

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И БИОКОЛЛЕКЦИИ: ПРОБЛЕМА СООТВЕТСТВИЯ*

И.Я. Павлинов

Зоологический музей МГУ им. М.В. Ломоносова; igor_pavlinov@zmmu.msu.ru

В статье исследуются теоретические вопросы общей проблемы соответствия между биоколлекциями и биоразнообразием (БР). Кратко рассмотрены научные предпосылки возникновения интереса к БР, охарактеризованы фундаментальные проявления БР (фрагменты, уровни иерархии, аспекты). Очерчено расширенное понимание биоинформатики как дисциплины, изучающей информационное обеспечение исследований БР; биоколлекции являются частью этого обеспечения в качестве специфической ресурсной базы. Долговременно сохраняющиеся музейные биоколлекции гарантируют опытную выводимость и опытную проверяемость (верификацию) знания о БР, делая это знание вполне научным. Показано, что биоколлекция, в качестве информационного ресурса, в работах по БР выполняет роль исследовательской выборки. Рассмотрены основные характеристики биоколлекции: наиболее общей является её научная значимость, более частные делятся на три основные группы: «собственные» (содержательность, информативность, достоверность, адекватность, документированность, систематичность, объём, структура, уникальность, стабильность, лабильность), «внешние» (разрешающая возможность, используемость, этическая составляющая), «служебные» (музеефицированность, обеспеченность системой хранения, включённость в метаструктуру, стоимость).

BIODIVERSITY AND BIOCOLLECTIONS: PROBLEM OF CORRESPONDENCE

Igor Ya. Pavlinov

Zoological Museum of Lomonosov Moscow State University; igor_pavlinov@zmmu.msu.ru

The focus of biology, as a science, on the study and explanation of the similarities and differences between organisms led in the second half of the 20th century to the recognition of a specific subject area of biological research, viz. biodiversity (BD).

One of the most important general scientific prerequisites for this shift was understanding that (at the level of ontology) the structured diversity of nature is its fundamental property equivocal to subjecting of some of its manifestations to certain laws. At the level of epistemology, this led to the acknowledging that the “diversificationary” approach to description of the living nature is as justifiable as the formerly dominated “unificationary” approach.

This general trend has led to a significant increase of attention to BD proper. From a pragmatic perspective, its leitmotif was conservation of BD as a renewable resource; from a scientific perspective, the leitmotif was studying BD as a specific natural phenomenon. These two points of view are combined by recognition of the need for scientific substantiation of BD conservation strategy, which implies the need for detailed research of the very BD.

At the level of ontology, in the study of BD (leaving aside the question of its genesis), one of the key problems is elucidation of its structure, which is interpreted as a manifestation of the structure of the Earth’s biota itself. With this, it is acknowledged that the subject area of empirical research is not the BD as a whole (“Umgebung”) but its various particular individual manifestations (“Umwelts”). Within the latter, it is suggested herewith to recognize: fragments of BD (especially taxa and ecosystems), hierarchical levels of BD (primarily within- and interorganismal ones), and aspects of BD (before all taxonomic and meronomic ones).

Attention is drawn to a new interpretation of bioinformatics as a discipline that studies the information support of BD research and protection. An important fraction of this support are museum (and eventually any other) biocollections.

The scientific value of biocollections means that they provide a possibility of both empirical inferring and testing (verification) of the knowledge about BD. This makes biocollections, in their epistemological status, equivalent to experiments, and so it makes collection-based studies on BD quite scientific. It is emphasized that collections of natural objects (naturalia) contain primary (objective) information about BD, while information retrieved somehow from these objects is a secondary (subjective) one.

Collection, as an information resource, serves as a research sample in the studies of BD. Collection pool, as the totality of all materials kept in all collections over the world, can be treated as a general sample, with every single collection being a local sample. The main characteristic of collection as a sample is its representativeness; so the basic strategy of development of the collection pool is to maximize its representativeness as a means to ensure correspondence of the structure of the biocollection pool to that of BD itself.

The most fundamental characteristic of the collection pool, as an information resource for BD studies and protection, is its scientific significance. More particular characteristics of research collections are as following:

- the “proper” characteristics of every collection are its meaningfulness, informativeness, reliability, adequacy, documenting, systematicity, volume, structure, uniqueness, stability, lability;
- the “external” characteristics of collection are its resolution, usability, ethic constituent;
- the “service” characteristics of collection are its museofication, storage system security, inclusion in metastructure, cost.

In the contemporary world, development of the biocollection pool, as a specific resource for BD research and conservation, requires development of an “extravertal” strategy and considerable organizational efforts, including “information support” aimed at demonstrating necessity of the existence and development of museum biocollections.

Основной задачей биологической науки всегда было и остаётся выявление и объяснение сходств и различий между организмами: как они возникают, в чём проявляются, в чём их функциональный, адаптивный и эволюционный смысл и т. п. Вся классическая биология занималась решением этой глобальной головоломки: почему организмы разные (Уоддингтон, 1970). И хотя биология XX в., став во многом экспериментальной и сосредоточившись в основном на субклеточных и экологических уровнях организации живого вещества, попыталась «откреститься» от классики, на самом деле задача осталась той же: объяснить а) почему организмы дифференцированы структурно и функционально и б) почему они различаются по способам структуризации и по своей роли в природных сообществах.

В последней трети XX в. традиционное внимание к разнообразию организмов, раздробленное между разными биологическими дисциплинами, оформилось в особую целостную предметную область, получившую название биологическое разнообразие (биоразнообразие, БР) (Wilson, 1988). Редактор только что указанной книги в предисловии к ней назвал БР довольно поэтично «величайшим чудом нашей планеты». Прагматично на-

строенные чиновники в начале 1990-х гг. в законодательном порядке включили БР в число важнейших природных ресурсов, сохранение которого было объявлено одним из условий устойчивого развития человечества (Декларация..., 1992). Эта «Декларация Рио» послужила своего рода триггером в разворачивании бурного обсуждения и решения широкого круга вопросов и задач, так или иначе связанных с изучением, сохранением и использованием БР.

Частью этого обсуждения стало выяснение вопроса о том, что является эмпирической (ресурсной) базой для изучения БР: что позволяет судить о его структуре и динамике на глобальном и локальном уровнях. Поскольку в качестве ключевого аспекта БР с самого начала фигурировало таксономическое (главным образом видовое) разнообразие, а его фактологией традиционно были музейные коллекции, повышенное внимание к БР неизбежно распространилось и на коллекционные собрания.

Подчёркивая значение биокolleкций для изучения и отчасти сохранения БР, их афористически стали называть «архивом», «библиотекой» или «обсерваторией» БР (Калякин и др., 2001; Cotterill, 2002; Горяшко, Калякин, 2004; Winston,

2007; Калякин, Павлинов, 2012; ICOM..., 2013). Это вдохнуло «новую жизнь» в «старые музеи», показав их востребованность в решении современных проблем БР (Miller, 1985; Tyndale-Biscoe, 1992; Alberch, 1993; Chalmers, 1993; Miller, 1993; Duckworth et al., 1993; Shetler, 1995; Cotterill, 1996, 1997a,b, 2002; Mehrhoff, 1997; Butler et al., 1998; Krishtalka, Humphrey, 2000; Ponder et al., 2001; Bates, 2007; Ward, 2012). Новое понимание предназначения музейных собраний отразил термин Biodiversity Collections, а сами эти собрания были обозначены как Biodiversity Repositories (Biodiversity Collections..., 2008, 2013, 2015; Global..., 2013; Matsunaga et al., 2013).

При рассмотрении коллекционного фонда, объединяющего «коллекции биоразнообразия», в таком ключе — как преимущественно информационного ресурса, на основе которого проводятся исследования БР, — одной из ключевых является проблема *соответствия коллекций*. Последнее понятие весьма многозначно, для целей настоящей статьи для него достаточно указать два общих смысла. Один из них подразумевает соответствие музейных коллекций неким критериям научности: оно позволяет рассчитывать на то, что проводимые на основе коллекций исследования БР как природного явления являются «научными» в достаточно строгом значении этого слова. Другой смысл подразумевает, что структура коллекционного фонда соответствует структуре самого БР: в таком случае мы можем рассчитывать на то, что результаты изучения музейных коллекций с высокой надёжностью отражают реальные свойства БР.

В настоящей статье в достаточно сжатом виде (т. е. не обсуждая разные точки зрения и не вдаваясь в полемику) рассмотрены ключевые вопросы, относящиеся

к указанной «титულной» проблеме. В первую очередь изложены соображения, касающиеся научных предпосылок возникновения современного интереса к БР (раздел 1). Охарактеризованы фундаментальные проявления самого БР, которые являются конкретными предметами исследований, — его аспекты, фрагменты, уровни иерархии и т. п. (раздел 2). В связи с интерпретацией биокolleкций как информационного ресурса для изучения БР кратко охарактеризовано расширенное понимание биоинформатики как дисциплины, изучающей информационное обеспечение исследований БР (раздел 3). Вслед за этим кратко представлено понимание биокolleкций как специфического биоресурса для указанных исследований (раздел 4) и рассмотрены общие основания, позволяющие присваивать биокolleкциям статус научных (раздел 5). В завершение выделены базовые характеристики биокolleкций, рассматриваемых в таком ключе, которые позволяет считать их а) научными и б) надёжным информационным ресурсом для изучения БР. Очерчены три базовые группы этих характеристик и указано их основное содержание (раздел 6).

1. Разнообразие vs. единообразие

По-видимому, любая деятельность человека, направленная на внешний по отношению к нему мир (вещей и идей), так или иначе связана с упорядочением — прежде всего представлений об этом мире, а по мере необходимости и возможности и самого этого мира. Цель упорядочения — приспособить мир к своим нуждам, сделать глобальный «мир вообще» (Umgebung, «умгебунг») локальным «миром для себя» (Umwelt, «умвельт») (Утехин, 2005). В результате происходит некая редукция реального (объективно-

го) разнообразия к такому его уровню, с которым конкретно имеет дело человек в своей деятельности.

При этом понятно, что такое упорядочение само по себе «упорядоченно» — оно является мотивированным и формируется теми или иными потребностями упорядочивающего субъекта. Эти потребности и определяемые ими мотивы могут быть весьма разными, здесь необходимо указать две наиболее общие — конкретную утилитарную и абстрактную познавательную.

Утилитарная мотивация формирует вполне локальные цели и задачи, определяясь конкретными потребностями локальных сообществ людей. Поэтому достигаемая на её основе редукция разнообразия в каждом конкретном случае достаточно неполная, а результаты разных «локальных» редукций в той или иной мере различны.

В отличие от этого, познавательная мотивация в рамках доминировавшего до самого недавнего времени классического рационализма нацеливает субъект на всеобъемлющий охват «умгебунга» и тем самым делает его редукцию глобальной по изначальной интенции. В основе такой редукции лежит ключевая идея — представление об «умгебунге» как о рационально устроенной детерминированной системе, подчиняющейся единой причине (чем бы она ни была).

Начальная форма упорядочения всякого разнообразия, а тем самым и его начальная познавательно мотивированная редукция, — классифицирование в самом общем понимании. Оно заключается в выделении в наблюдаемом разнообразии некоторых группировок, объединяющих элементы разнообразия на основании их сходства по тем или иным классифицирующим признакам. В результате по-

тенциально бесконечное и потенциально непрерывное разнообразие редуцируется до некоторого конечной совокупности дискретных групп, составляющих некую *классификационную систему*. Последняя представляет собой форму *качественной* редукции разнообразия.

Основной мотивацией разработки классификационных систем на уровне онтологии с самого начала становления современной науки (XVI–XVII вв.) была и остаётся идея всеобщей Системы природы. На уровне эпистемологии ей первоначально соответствовало представление о всеобщем аналитическом языке «качественного» (в форме классификаций) научного описания всего сущего (Slaughter, 1982); новейшим воплощением такого языка можно считать т. н. классиологию (Покровский, 2006). Конечной целью является разработка такой единой всеобщей классификационной системы, основное назначение которой состоит в редукции всего разнообразия проявлений природы к некоторому единственному (по исходному условию) «наивысшему роду», полагая выделяемые «промежуточные роды» не более чем его детализациями. С точки зрения сущностного видения «умгебунга» основной смысл такой системы — связывание между собой бесконечного количества свойств, характеризующих элементы классифицируемого множества, через их (свойства) редукцию к некоторой ограниченной совокупности сущностей — в пределе, разумеется, к единственной. На этом основании можно считать, что полностью разработанная «естественная классификация» выполняет функцию законоподобного обобщения (Розова, 1986; Забродин, 1989).

Существенно иной является *количественная* форма редукции разнообразия, результатом которой являются *па-*

раметрические системы (о термине см.: Субботин, 2001). Последние редуцируют разнообразие, подводя его элементы под некую «формулу», которая чаще всего имеет математическое выражение. Как и классификационная система, параметрическая связывает между собой свойства элементов многообразия; важное отличие состоит в том, что всякая «формула» делает одни из свойств вычислимой функцией других — в пределе какого-то одного параметра (иногда его называют «любищевским», см.: Расницын, 2002). В результате «умгебунг» редуцируется до такого «умвельта», который задан градиентом значений такого параметра; при желании его можно соотносить с сущностью в эссенциалистской натурфилософии, что соответствует концепции «естественного рода» в понимании Куайна (1996). При этом понятно, что, как и в случае классификационной системы, параметризация «умгебунга» в пределе должна быть глобальной: идеалом является всеохватная количественная «формула», которая связывает с одним каким-то параметром (аргументом) все возможные свойства элементов «умгебунга» (Вайнберг, 2008). Очевидно, такая формула полностью отвечает условиям выше упомянутого аналитического языка науки: здесь крайности сходятся.

Несмотря на единство общего идеала, присущего классической рациональности, — разработки некой всеобщей системы, будь то классификационная или параметрическая, — между качественным и количественным способами редукции «умгебунга» существует важное различие. Первый представляет структуру разнообразия в явном виде — как так или иначе организованную совокупность группировок разного уровня общности; второй же это разнообразие скрывает, сводя его

к некоей «формуле» (Розов, 1995; Субботин, 2001). На этом основании в контексте основной проблематики данной статьи первый способ описания можно обозначить как «*диверсификационный*», в нём разнообразие подчёркивается. Второй способ заслуживает обозначения как «*унификационный*», в нём разнообразие так или иначе затушёвывается, считается чем-то вроде досадной «помехи» (например, при применении статистических методов реальное разнообразие низводится до статуса «погрешности»).

В той мере, в какой качественные характеристики элементов «умгебунга» не сводимы к количественным, классификационные системы не сводимы к параметрическим (Уайтхед, 1990; у него иная терминология). Впрочем, они могут так или иначе комбинироваться, порождая, например, периодические системы (Попов, 2008), а также совмещаться на уровне описания неких общих закономерностей организации БР (Пузаченко, 2010; также его статья в настоящем сборнике). Эта несводимость, по-видимому, означает, что «умгебунгу» изначально присущ некий неустранимый «базовый фон» разнообразия, представимый лишь средствами классификационной системы. Понимание недостаточности «унификационного» подхода заложено в одно из новейших представлений о том, каким образом на «диверсификационной» основе надлежит организовывать знание о безграничном разнообразии проявлений материального и духовного мира (Hey et al., 2009). Данное общее заключение, к которому мы ещё вернёмся, важно иметь в виду, поскольку оно имеет самое прямое отношение к исследовательской проблематике БР.

На этом основании оба указанных способа описания (редукции) «умгебунга» можно полагать равноправными в том

смысле, что каждый из них решает оптимальным способом некие специфические познавательные задачи, которые «не по зубам» другому. Такое понимание складывается в рамках современной неклассической научной рациональности: само по себе «диверсикационное», оно означает признание правомочности разнообразия исследовательских программ, которое в какой-то мере соответствует разнообразию форм упорядоченности (структуризации) познаваемого «умгебунга» (Куайн, 1996). Эта общая позиция более глубоко обосновывается эволюционной эпистемологией (см. далее настоящий раздел).

Проблема здесь в том, что до самого недавнего времени как в науке, так и, соответственно, в обывательских представлениях о ней, абсолютно доминировал идеал классической рациональности, в основе которого лежит представление о научной состоятельности лишь одного — и при этом строго «унификационного» — способа редукции «умгебунга». Это доминирование оказывало и пока ещё оказывает весьма сильное влияние на характер восприятия научным и «околонаучным» сообществом того, каков статус исследований, так или иначе связанных с БР. Поэтому указанному идеалу следует посвятить здесь хотя бы несколько абзацев.

Этот идеал, как кратко указано выше, заключается в признании следующего: а) «умгебунг» представляет собой детерминированную систему, подчиняющуюся единой и потому единственной причине, б) этой последней соответствует некоторая единая и потому единственная теория, которая исчерпывающе описывает «умгебунг», в) формой представления такой «всеобщей теории всего» служит единая и потому единственная «формула», синтаксис которой заимствуется из математики (в общем смысле).

Только что указанные позиции (а) и (б) восходят к Античности (к платоновскому Единому или к аристотелевскому Первоначалу). В период становления классической науки картезианского толка эту общую идею активнейшим образом подпитывала библейская монотеистическая натурфилософия — представление о том, что весь тварный мир во всём многообразии его проявлений является воплощением единого божественного «Плана творения», а его единственная начальная причина — «Божественный замысел» (или «промысел») (Гайденко, 1997). Это представление достаточно полно и глубоко выразил один из отцов-основателей современной биологической систематики Карл Линней, провозгласив: *Natura est lex Dei* (Breidbach, Ghiselin, 2007).

Позиция (в) также погружена в довольно глубокую натурфилософию всё того же библейского толка. Одной из важных предпосылок к этому стала метафора Авр. Августина, уподобившего саму Природу «книге Природы», которую можно читать точно так же, как Библию — «книгу Откровения» (Harrison, 2006). В конце XVI в. Г. Галилей, с именем и работами которого связано начало становления науки Нового времени, заявил, что эта «книга Природы написана на языке математики». В конце XVIII в. философ И. Кант в работе «Метафизические начала естествознания» закрепил этот афоризм чёткой формулировкой: «в любом частном учении о природе можно найти науки в собственном смысле лишь столько, сколько имеется в ней математики» (цит. по: Кант, 1999, с. 58). И наконец к началу XX в. этот общий тренд развития рациональности породил физикалистскую парадигму, согласно которой научно лишь то, что выразимо аналитическим количественным языком (= «формулой») физики.

В этом месте уместно напомнить, что на рубеже XVI–XVII вв. Ф. Бэкон, закладывая философские основания современного естествознания, разделил его на «естественную философию» и «естественную историю». Первая оперирует точным математическим языком и открывает законы, вторая оперирует классификациями и просто упорядочивает с их помощью наблюдаемые явления. В XIX в. этим двум разделам естествознания были присвоены эпитеты «номотетика» и «идеография» (У. Уэвэлл), в наше время относящимся к ним дисциплинам присвоен статус «теоретических» и «классифицирующих» («таксономических») (Розов, 1995). В рамках современной классической рациональности первая считается «наукой» в строгом смысле, вторая этого статуса лишена: вспомним известный афоризм (то ли Кельвина, то ли Резерфорда) о «физике» и «собирании марок».

Понятно, что вся проблематика изучения разнообразия живой природы на основе качественной формы редукции и разработки классификационных систем относится ко второй категории, т. е. — с точки зрения физикализма — должна считаться (и многими действительно считалась и считается) «ненаукой», «вещью второго сорта». Основным способом поднятия научного статуса этой проблематики и связанных с нею биологических дисциплин (прежде всего систематики) в рамках физикалистской доктрины полагается её номотетизация (Любищев, 1968, 1972) — т. е. подчинение «диверсификационного» способа исследования и представления структуры БР «унификационному». В частности, в рамках этой исследовательской программы предлагается выстраивать «логические классификации» (Любищев, 1972; Кожара, 1982)

или разрабатывать уже упоминавшиеся периодические системы для животных и растений по образу таковой системы химических элементов (Попов, 2008).

Этот общий «унификационный» тренд развития естествознания стал постепенно сдавать доминирующие позиции начиная со второй половины XIX в.

«Первой ласточкой» явилось отрицание самоочевидности и единственности аристотелевской логики, составляющей подспудную основу всей классической рациональности. Её заменило множество логических систем, по-разному обосновываемых *per se* и по-разному формулирующих правила вывода одних суждений из других (Шуман, 2001).

Следующим важнейшим шагом, с которым связано начало становления современной неклассической научной рациональности, стало признание равноправия разных исследовательских программ (в широком смысле) (Куайн, 1996; Хахлеег, Хукер, 1996; Лакатос, 2003). Этот переход радикально порвал с морально устаревшей претензией «унификационистов» на владение «единственно верным учением» о том, что такое наука как способ и совокупный результат познания структуры «умгебунга». Согласно новой научной парадигме, разным проявлениям (аспектам и т. п.) этой структуры соответствуют разные исследовательские программы, онто-эпистемологические основания которых наиболее адекватны соответствующим специфическим проявлениям исследуемой реальности. С данной точки зрения качественный способ построения «умгельта» ничуть не хуже количественного, а «классификации» ничуть не хуже «формул» — разумеется, строго в рамках сферы их компетенции.

Наконец, как представляется, для признания безусловной правомочности «ди-

версификационного» видения и описания структуры «умгебунга» определённое значение имеет активное развитие неравновесной термодинамики, или синергетики. Она на уровне онтологии утверждает разнообразие как неотъемлемое свойство всякой достаточно сложно устроенной системы, а диверсификацию — как неотъемлемое свойство её развития (Пригожин, Стенгерс, 1986; Баранцев, 2003); к числу таких систем относится биота (Brooks, Wiley, 1986). Примечательно, что этот общий принцип перенесён на эпистемологию, породив её новейшую эволюционную версию: она подводит свою теоретическую базу под только что отмеченное признание того, что развивающейся науке неизбежно присуща диверсификация познавательных систем (Hull, 1988; Хахлеер, Хукер, 1996; Поппер, 2000).

Всё это вместе взятое стало предпосылкой к вызреванию понимания того, что разнообразие как таковое не может и не должно исключаться из научной сферы как нечто «постороннее» по отношению к изыскиваемым наукой «унифицирующим» законам. Напротив, это разнообразие может и должно быть предметом познавательной деятельности (и вообще частью новейшей культурной традиции: см. статью С.В. Чебанова в настоящем сборнике). Соответственно этому усилия должны быть направлены на корректное определение самого этого предмета (что такое разнообразие, как оно организовано и т. п.), методологию его исследования (базовые алгоритмы и т. п.), способы его представления («классификации» и т. п.).

Понятно, что развитие «диверсификационного» подхода и включение его в сферу науки на равных правах с «унификационным» сыграло важную роль в формировании современных представлений о БР как о самостоятельном и вполне

самодостаточном объекте научных исследований. Это, в свою очередь, повлекло за собой повышение интереса к методологическим и эмпирическим основаниям таких исследований, в числе которых оказались научные коллекции.

2. Структура биоразнообразия

Сказанное в предыдущем разделе о том, что всякое изучение всеобщего «умгебунга» неизбежно сопряжено с его редукцией до некоторого множества частных «умвельтов» и что способ каждой из этих редукций неизбежно сопряжён с исходной мотивацией, надо полагать справедливым и в отношении БР. Это последнее, будучи в некотором глобальном масштабе уже неким «умвельтом», выделенным в результате некоторой операции редукции из глобального «умгебунга»-Вселенной, в рамках собственно биологической проблематики выступает в качестве локального «умгебунга», подлежащего дальнейшей редукции.

Очевидно, то, как оно понимается и определяется, какие проявления его структуры вычлениваются в качестве основных и подлежащих изучению, — всё это изначально зависит от (не побоюсь этого слова) мировоззренческой позиции (от номинализма через концептуализм до реализма) и целевой установки (от сугубого исследования до сохранения или использования) субъекта, обратившего своё внимание на БР.

2.1. Способы определения структуры биоразнообразия

Разнообразие точек зрения на то, что собой представляет БР, настолько велико, а посвящённая этой проблеме литература настолько обширна, что едва ли имеет смысл представлять здесь хотя бы беглый обзор. Большинство точек зрения

сложилось в конце прошлого столетия, их содержание достаточно полно отражено в одном из выпущенных в то время весьма «знаковым» сборнике (Reaka-Kudia et al., 1997). С тех пор, как представляется, в понимании того, что такое БР, мало что в сущности изменилось, разве что заметно развились IT-технологии в способах его представления, описания и оценки.

Вместо такого обзора, оставаясь в рамках основного контекста настоящей статьи, хотелось бы обратить внимание на то, что конкретное содержание концепции БР самым непосредственным образом может сказываться на понимании того, каким образом надлежит развивать биокolleкции как часть ресурсной базы для изучения БР. Действительно, «геоцентрическая» концепция БР, акцентирующая внимание на генетическом разнообразии живых организмов, делает во многом избыточным весь тот огромный «классический» коллекционный материал, который представляет морфологическое разнообразие. То же самое можно сказать о «видоцентричной» или «экоцентричной» концепциях БР, согласно которым в коллекциях достаточно сохранять только т. н. «ваучерные» экземпляры, служащие эталонами для выяснения видовой принадлежности добываемых в природных сообществах материалов. Столь же однобокой является, в сущности, «таксоцентрическая» концепция, согласно которой в основе исследований по БР лежит систематика, соответственно чему прочие его проявления имеют второстепенное значение.

Для дальнейшего изложения авторских представлений о том, что такое БР и как оно структурировано, необходимо очень кратко изложить некоторые ключевые понятия.

Условимся считать, что основной объектной областью для биологии, к ведению

которой относится БР, является *биота* — «живое вещество» планеты Земля. «Элементарным кирпичиком» биоты является *организм*.

При базовом элементаристском рассмотрении БР представимо как совокупность всех и всяческих различий и сходств между организмами: так его нередко и определяют.

Холистическое рассмотрение «живого вещества» ставит в центр внимания глобальную сложно структурированную биоту. С этой точки зрения БР можно мыслить как некий эпифеномен, в котором «внешне» проявляется структура самой биоты, и представлять его как всеобщую структуру разного типа отношений. Эта последняя структура в конкретной познавательной ситуации выступает как «умгебунг», который может быть редуцирован до некоторых частных «умвельтов». В таком качестве фигурируют разные проявления структуры БР, каковыми можно считать его аспекты, уровни и фрагменты (Павлинов, Россолимо, 2004; Pavlinov, 2007); о них подробнее см. далее в настоящем разделе. Одни из них объективно формируются теми или иными причинно-следственными связями, структурирующими саму биоту; другие субъективно вычлняются по каким-то основаниям, структурирующим отношение людей к биоте; а в конкретных познавательных ситуациях возникают сложные сети объектно-субъектных взаимодействий при структуризации БР.

Попутно замечу, что последнее означает принципиальную невозможность определить раз и навсегда заданную единую для всех целей и задач категоризацию проявлений БР. Скорее, речь может идти о разработке для разных категоризаций некой совокупной достаточно гибкой «фасетной классификации» (о ней см.: Broughton, 2006).

Таким (или любым иным) способом выделяемые проявления БР могут быть разного уровня общности и по-разному соотноситься с его глобальной структурой. Дебаты о том, какие из них более и какие менее «значимы», достаточно бесплодны вне указания того, на каких принципах вводятся критерии оценки их «значимости» — для изучения? для сохранения? для использования? ещё для чего-то? (Sarkar, 2002). Составляющий доминанту настоящей статьи научный (и отчасти философский) взгляд на БР предполагает, что выделяемые в нём самые разные частные «умвельты» имеют равный познавательный статус — в том смысле, что в равной мере могут претендовать на осмысленность и тем самым на необходимость их изучения. Соответственно этому равный статус имеют и конкретные исследовательские программы, каждая со своей предметной областью и задачей, со своими методами и своей фактологической базой. Прочие расстановки приоритетов в данном случае имеют вторичный характер.

Вся совокупность так или иначе формируемых «умвельтов» БР разного уровня общности организована иерархически. Важно подчеркнуть, что поскольку эти «умвельты» во всякой познавательной ситуации возникают не сами по себе, но лишь в связи со способами их вычленения субъектом-исследователем, здесь имеется в виду не только иерархия самих «умвельтов» в обыденном смысле (вроде стандартной таксономической), но и способов вычленения.

Как можно полагать, чем более редукционен тот или иной способ рассмотрения БР за счёт отбрасывания каких-либо его характеристик, тем более частным оказывается вычленяемое и исследуемое проявление (аспект, уровень, фрагмент) БР, тем

меньше в нём отражено свойств последнего. Например, можно реконструировать (в форме классификации) Естественную систему мира живых организмов на основе интегративного подхода, учитывающего все характеристики организмов, — а можно только на основе какой-то одной признаковой системы (например, семантической). Как представляется, в первом случае получаемое представление БР в форме названной системы будет более адекватно его структуре, чем во втором.

Впрочем, эта проблема последовательной редукции в какой-то мере и в каких-то частях снимается фрактальностью иерархически организованной структуры БР и способов её представления (Brown et al., 2002; Olffa, Ritchieb, 2002; Гелашвили и др., 2013). Следовательно, в любом осмысленно (не произвольно) выделенном проявлении БР, как можно полагать, в той или иной мере должна (или может?) быть отражена его структура в целом. Принципиальный вопрос здесь — в какой мере и от чего она зависит?

Общий ответ на этот вопрос может состоять в следующем. Для того, чтобы это представление было по возможности более полным и, соответственно, чтобы результаты исследования того или иного проявления структуры БР как можно полнее (как минимум неслучайным образом) соотносились бы с исследуемым предметом, последний (предмет, «умвельт») должен быть онтологизирован, т. е. вычленен из «умгебунга» неким естественным способом. Это в общем случае достигается указанием или (чаще) подразумеванием того, что тот или иной так или иначе фиксируемый (вычленяемый, определяемый) аспект, уровень, фрагмент т. п. БР: а) действительно присущ БР по «природе» его и б) может вычленяться и исследоваться как некая цельная отдельность, также наде-

лённая собственной «природой», которая не исчезает в результате его вычленения.

Понятно, что здесь мы неизбежно сталкиваемся с тем, что разные мировоззренческие позиции будут давать разные понимания «природы» и «естественности» как БР в целом («умгебунга»), так и каждого мыслимого его проявления, подлежащего исследованию в качестве того или иного «умвельта». Это нужно принимать в расчёт при обсуждении исследовательских программ и проектов, касающихся БР: при рассмотрении сфер их приложения (предметных областей) не делать вид, что мы исследуем то, что «есть на самом деле» (т. е. глобальный «умгебунг»), но честно признаваться в том, что предметы нашего исследования фиксируются нами самими как некие локальные (частные) «умвельты» и что основания для их фиксации (определения) могут быть разными. Такова позиция концептуализма, который составляет общий онто-эпистемологический фундамент современной неклассической науки (и настоящей статьи).

[Хорошей иллюстрацией сказанному могут служить разрабатываемые биологической систематикой представления о том, какова природа (причины и структура) таксономического разнообразия (ТР) и как её надлежит отображать в классификациях (Павлинов, 2011а; Павлинов, Любарский, 2011). Так, таксономические теории каузального толка (т. е. натурфилософские в широком смысле) полагают, что ТР должно определяться через порождающие его предполагаемые причины. В отличие от этого, феноменологические теории ограничиваются констатацией того, что структура ТР определяется операционально через сравнения реально наблюдаемых конкретных экземпляров (философия позитивизма). В первой группе теорий до начала XIX в. доминировало представление о том, что ТР, как и весь тварный мир, — «от Бога» и что естественные группы воплощают в се-

бе некие «божественные архетипы» (Линней, Агассис). Затем возобладала точка зрения, согласно которой всё это разнообразие — «от Эволюции» и что естественные группы должны определяться через генеалогическое родство (Дарвин, Геккель). В эволюционно интерпретированной систематике естественность групп трактуется в зависимости от того, каким образом видится процесс эволюции: согласно этому основной акцент делается: в популяционной биосистематике (Кемп, Турресон, «ранний» Майр) — на локальных расах, в эволюционной таксономии (Симпсон, «поздний» Майр) — на биологических видах, в филогенетике (от Геккеля до Хеннига) — на монофилетических группах высокого ранга. Воплощения этих идей в конкретные классификации дают существенно разные формы представления структуры ТР. Каждая из таких форм (классификаций), как можно полагать, отражает некую особенность этой структуры; согласно общему правилу (см. выше), чем более редуцирован классификационный подход, тем меньше свойств ТР он способен отразить. Поэтому, например, кладистические классификации (особенно разрабатываемые на основе молекулярной филогенетики) содержательно беднее классических филогенетических.]

Современная специализация способствует тому, что конкретные исследования по структуре БР выполняются чаще всего в рамках того или иного достаточно «узкого» его понимания. Но конечная задача, вообще говоря, состоит не в утверждении примата какой-то одной из частных форм представления БР, а в поисках возможных путей соединения разных форм в некую более полную и внутренне минимально противоречивую картину БР в целом (см. выше о «фасетных классификациях»).

2.2. Проявления структуры биоразнообразия

Чтобы «что-то» соединить, надо прежде это «что-то» разделить; в нашем случае — выяснить, какие проявления

БР имеет смысл вычленять и определять как некие отдельные «сущности», заслуживающие изучения. В данном случае более важным, чем разные способы их формального (логического) определения, представляется необходимость понять, каким образом вычленяются эти проявления-«сущности».

По-видимому, способы их вычленения можно свести к двум базовым принципам — предметному и аспектному. В первом случае имеются в виду сами природные объекты или по крайней мере такие проявления БР, которые можно считать «объектами», во втором — способы их субъектного рассмотрения. Здесь (без дополнительной «философической» аргументации) предлагается по предметному принципу выделять прежде всего фрагменты БР, а также (не столь очевидно, но допустимо) иерархические уровни БР; по аспектному принципу выделять (по тавтологии) собственно аспекты БР.

Далее каждая из этих трёх обозначенных основных категорий проявлений БР рассматривается несколько подробнее. И начнём мы, пожалуй, с того, что представляется более простым, — с иерархии.

Иерархические уровни БР, вообще говоря, — это уровни организации «живого вещества»; из чего следует, что их обсуждение имеет достаточно долгую историю, породившую широкое разнообразие точек зрения. Не вдаваясь в их разбор, можно отметить, что наиболее очевидно выделение трёх достаточно дискретных уровней — организменного (нередко отождествляемого с «генетическим», наверное не без влияния Докинза), популяционно-видового и биоценологического (Залепухин, 2003; Бродский, статья в настоящем сборнике). Кроме того, принято выделять иерархические уровни в пределах организма (от органов до биомолекул), а также для био-

ценозов (от биоты в целом до локальных экосистем).

Эта глобальная иерархическая организация БР может дробиться как по «вертикали», так и по «горизонтали»: в первом случае речь идёт о детализации иерархии каждой данной выстраиваемой системы, во втором — об иерархии способов выделения этих систем. В обоих случаях наглядным примером служит Естественная система таксономистов: в пределах этой общей концепции можно дробить иерархию а) выделяемых таксонов (классы>отряды>семейства>роды со всеми возможными приставками «над-» и «под-») или б) способов их выделения (типологически или филогенетически, во втором случае «слабо» или «строго» монофилетические, по морфологическим или генетическим признакам и т. п.).

Фрагменты БР можно, по всей очевидности, с большим или меньшим основанием выделять на любых уровнях иерархии. Во всех случаях речь идёт о неких «единицах» БР, которые в совокупности составляют его общую структуру. В качестве примера здесь можно указать способы их выделения на двух наиболее общих уровнях иерархии — внутриорганизменном и надорганизменном.

Единицами внутриорганизменного разнообразия являются, прежде всего, части биологического индивидуума — органы, тканевые образования, клетки, органеллы, биомолекулы. Они выделяются на основании стандартных критериев гомологии и могут рассматриваться как организменные мероны (партоны). Кроме того, сюда же имеет смысл включать фазы онтогенеза, особенно если они имеют (квази)дискретный характер — споро- и гаметофит у растений, личиночную и взрослую стадию у многих животных, особенно у насекомых с полным превра-

щением. В отличие от этого, те атрибуты организма, которые не могут быть индивидуализированы в качестве его частей (например, окраска, поведение и т. п.), наверное, не могут считать фрагментами структуры организменного разнообразия.

Единицами надорганизменного разнообразия, в полной мере претендующими на статус фрагментов БР, можно считать разного рода группировки индивидов; далее будет показано, что они определяются в основном аспектно. Наиболее очевидными являются таксоны и биоценозы, выделяемые (отчасти в терминах Симпсона, 2006), соответственно, по «сходству» (общность признаков) и по «смежности» (экологические или территориальные связи). Оба эти фрагмента структуры БР организованы иерархически, их иерархии формируют два соответствующих глобальных компонента БР — таксономический (филогенетический) и эколого-хорологический (Eldredge, 1992; Faith, 2003; Павлинов, Россолимо, 2004; Pavlinov, 2007). В таком же ракурсе можно интерпретировать био(эко)морфы, полагая их весьма значимыми единицами глобальной организации БР (Чернов, 1991; Pavlinov, 2007; Павлинов, 2010). В пределах биоценозов в качестве значимых фрагментов БР можно выделять сукцессионные стадии, которые, вообще говоря, более конкретны (существуют «здесь и сейчас»), чем собственно биоценозы (Разумовский, 1999). Сюда же следует причислить отображённые в структуре БР различные проявления социальной организации животных: многовидовые колониальные скопления (птичьи базары и т. п.), фундаментальные для некоторых организмов единицы внутривидовой организации (семьи, племена, касты) и т. д. Наконец, можно упомянуть также и другие проявления внутривидовой структу-

ры — например, половозрастные группы. Представленный здесь список, очевидно, не исчерпывающий.

Аспекты БР весьма многообразны: в общем случае они формируются согласно исходной мотивации субъекта, по той или иной причине обращающегося к БР как к объекту приложения своей активности.

Начать, видимо, следует с указания того, что в зависимости от характера этой мотивации так или иначе фиксируемые аспекты рассмотрения БР могут быть в большей или меньшей степени нагружены онтологией. Первые (больше онтологии) подразумеваются главным образом исследовательской мотивацией, вторые (меньше онтологии) — прагматической мотивацией.

Исследовательская мотивация рассмотрения БР может быть теоретической или эмпирической. В первом случае репрезентацией БР служит некая более или менее формализованная модель (например, математическая), рассмотрению подлежат его фундаментальные свойства (Пузаченко, 2010; также его статья в настоящем сборнике). Во втором случае БР анализируется в его конкретных проявлениях, но цель та же — познание БР. Прагматическая мотивация рассмотрения БР, очевидно, является в своей основе прикладной, связана с решением практических задач сохранения или использования БР.

В случае онтологической нагруженности выявляемые аспекты обычно приписываются самому БР, а не просто субъективному способу его рассмотрения.

Аспектность их выделения заключается в том, что (согласно концептуалистской эпистеме) именно субъект-исследователь указывает, исходя из собственной мотивации, по каким именно основаниям надлежит опознать тот или иной аспект БР. При этом (по умолчанию) подразумевается,

что (субъектный) аспект рассмотрения выделяет (объектный) аспект структуры собственно БР — т. е. что между ними есть определённое соответствие. Аспектный характер рассмотрения БР в таком «онтологическом» ключе фундаментально важен: строго говоря, практически все единицы межорганизменного разнообразия (фрагменты БР) распознаются, выделяются и анализируются сначала именно по аспектному принципу, а затем уже по предметному (Павлинов, 2011а). Действительно, при рассмотрении структуры БР в первую очередь фиксируются его таксономический и мерономический аспекты, а затем в пределах каждого выделяются те или иные его фрагменты. В первом случае вычлняются и исследуются фрагменты как таковые (организмы, таксоны, биоценозы и др.), во втором — их свойства как таковые (физиологические, типологические, экологические и т. п., несть им числа) (Мейен, 1977; Zeigler, 2007).

Действительно, всё, что мы имеем перед глазами, — это конкретные организмы со всем многообразием их собственных (обычно наблюдаемых) свойств и (иногда наблюдаемых, иногда нет) отношений между ними. Эти свойства и отношения рассматриваются в контексте мерономического аспекта и фиксируются в зависимости от задачи (мотивации) исследования. Выделяя те или иные свойства и/или отношения, мы на основании их анализа выявляем те или иные группировки организмов — экологические, биохорологические, таксономические, социальные и т. п. В пределах каждого из таким образом выделенного фрагмента БР общего порядка опять-таки на аспектной основе можно выделять более частные фрагменты: например, в пределах экологических групп по разным характеристикам выделяются локальные биоценозы, сукцессионные

стадии, синтаксоны, гильдии и т. п. В рамках биохорологического аспекта можно членить биогеографические выделы, скажем, на основе эколого-географического или историко-географического подходов. Таксоны, в зависимости от положенных в основу их выделения характеристик, задающих частные аспекты ТР, могут быть фенонами, монофилами, экоморфами и т. п. Фрагменты БР могут вычлняться и на более сложной аспектной основе: например, комплексный эколого-социально-пространственный аспект позволяет опознавать многовидовые колонии животных (вроде упомянутых ранее птичьих базаров).

Отчасти на аспектной основе, как можно полагать, вычлняются также и иерархические уровни структуры БР: в данном случае аспектность задана масштабом рассмотрения. Так, изучение макроморфологических признаков не подразумевает анализа гистологического или биохимического состава таким образом характеризуемых частей организмов. Для анализа структуры биохорологического разнообразия важны таксоны того или иного ранга, но не конкретные организмы, причём в зависимости от масштаба рассмотрения в качестве опорных таксонов могут выступать виды или семейства.

Отдельного упоминания заслуживает морфологическое разнообразие, которому в последнее время уделяется значительное внимание (Foote, 1997; McClain et al., 2004; Erwin, 2007; Павлинов, 2008а; MacLaurin, Sterelny, 2008; Pavlinov, 2011). Такой аспект рассмотрения организмов служит важным дополнением к другим аспектам, позволяя особым образом характеризовать специфику, скажем, экологически или таксономически выделяемых групп с точки зрения морфологической организации их членов. Поскольку струк-

тура морфологического и таксономического аспектов БР в общем случае не совпадает, первый выделяется в предметную область исследований, имеющую самостоятельное значение.

Ещё один специфический аспект рассмотрения БР формируется «инструментально»: разные методы анализа позволяют исследовать разные проявления (аспекты) разнообразия групп организмов, выделенных иным способом. Традиционным примером здесь служат разные количественные техники анализа ТР (прежде всего фенетические и кладистические), которые позволяют выявлять некоторые «тонкие» детали его организации. Другим примером служит применение количественных методов анализа размеров и формы организмов: они позволяют исследовать разные аспекты структуры морфологического разнообразия (см. статью А.Ю. Пузаченко в настоящем сборнике).

Аспекты рассмотрения БР, формируемые преимущественно или исключительно на прагматической основе, не подразумевают вычленения в структуре БР каких-либо конкретных фрагментов или иерархических уровней (хотя обычно бывают приложены лишь к некоторым из них). Такие аспекты связаны с разными видами прикладной деятельности — природоохранной, потребительской и т. п. и соответственно мотивируются. Они нередко упираются в экономические оценки БР и поэтому ныне в значительной мере сводятся к частной стратегии разработки неких «экосистемных услуг» (Pearce, Moran, 1997; Бобылев и др., 1999; Анализ..., 2010; Leadley et al., 2010; Букварёва, 2013; статья А. Бродского в настоящем сборнике).

3. «Новая» биоинформатика

В одной из мыслимых форм редукции всякого сложно организованного объекта,

особенно пространственно распределённого (каким является биота), он представим как информационная система, а все взаимодействия между её элементами — как процессы преобразования информации в ней. Соответственно, дисциплина, изучающая таким образом редуцируемые биосистемы, с достаточным основанием может обозначаться как *биоинформатика*.

Развитие биоинформатики и содержание этой дисциплины первоначально связывалось с изучением биополимеров, особенно семантид (нуклеиновых кислот), а её основной задачей считался анализ информационных процессов в молекулярных биосистемах (Hogeweg, 2011). Несколько позже под влиянием бурно развивающихся информационных и лабораторных биохимических технологий к числу основных задач биоинформатики была отнесена разработка компьютерных методов обработки информации, содержащейся в биополимерах (их секвенирование, сравнение сиквенсов и т. п.), создание больших баз данных (вроде ГенБанка), представление их структуры в древовидной форме для целей филоинформатики (Page, 2005; Attwood et al., 2011; Parrl et al., 2012).

Затем в содержание биоинформатики был внесён существенно новый акцент, связанный с активным развитием исследовательских и прикладных проектов по БР. В англоязычной литературе родилось словосочетание «Biodiversity Informatics» (Biodiversity Informatics..., 1999), которое со временем при сокращении обратилось во всё ту же «биоинформатику». От исходной «молекулярной» трактовки содержания этой дисциплины в ней осталась опора на современные информационные технологии; важным новшеством стал отказ от её привязки преимущественно к молекулярной биологии и включение в

сферу её приложения всего того, что более или менее тесно связано с БР (Bisby, 2000; Soberón, Peterson, 2004; Guralnick, Hill, 2009; Attwood et al., 2011; Heidorn, 2011; Lapp et al., 2011; Hardisty, Roberts, 2013). По сложившейся в науке традиции её нарекли *новой биоинформатикой* (Jones et al., 2006).

Основная задача этой «новой» биоинформатики — интеграция в единую информационную систему (электронную базу данных) самых разных данных и метаданных о материальных и информационных биоресурсах, позволяющих исследовать, сохранять и использовать БР. В первую очередь имеются в виду таксономические (систематика), геоинформационные (распространение) и экоинформационные (синэкология) ресурсы, в совокупности позволяющие оценивать глобальную и локальную структуру и динамику видового состава живых организмов. Из этого видно, что в основу «новой» биоинформатики заложено вполне традиционное — видо- и/или эоцентричное — понимание того, что такое БР. Вместе с тем, по мере развития этой проблематики в её рамках начинает зарождаться многообещающая идея необходимости включения в глобальные оценки БР интегрированного подхода, включающего и иные его проявления — например, морфологическое разнообразие (Peterson et al., 2010). В таком понимании «новая» биоинформатика действительно предоставляет достаточно широкую концептуальную и технологическую платформу для оценки и использования ресурсной базы по БР в его почти всеобъемлющем понимании.

Основным достигнутым к настоящему времени результатом развития биоинформатики в этом новом направлении стала организация огромного информационного сетевого ресурса — международной

интегрированной системы электронных баз данных по БР, в том числе: Biodiversity Information Platforms (Berendsohn et al., 2011), The World Information Network on Biodiversity (REMIB, 2008), Global Biodiversity Information Facility (Lane, Edwards, 2007; GBIF, 2016), European Biodiversity Observation Network (EU BON, 2012), Информационная система по биоразнообразию России (Информационная..., 2003). Одним из важных разделов работы в этом направлении является разработка стандартизированной системы описания и представления данных по БР, которая на языке IT-технологов называется «онтологией» (к философскому пониманию отношения не имеет) (Franz, Thau, 2010; Wiczorek et al., 2012; Соловьёв, 2014; Walls et al., 2014). Площадкой для обмена идеями и результатами в области «новой» биоинформатики стал журнал «Biodiversity Informatics».

С точки зрения основной темы настоящей статьи особо значимым является включение в сферу деятельности «новой» биоинформатики биологических коллекций как одного из ключевых разделов ресурсной базы для разнообразной деятельности, направленной на БР (Graham et al., 2004; Berendsohn, 2007; Scoble, Berendsohn, 2007; GBIF..., 2008; Ariño, 2010; Scoble, 2010; Drew, 2011; Буйкин и др., 2012; Digitisation..., 2012; Holetschek et al., 2012). Разговоры о «компьютеризации» музейных коллекций начались ещё в 1960-е гг. (Manning, 1969); позже именно разработки 1990-х гг. по интегрированию в цифровой формате метаданных о европейских коллекциях и основанных на их изучении публикаций стало одной из ключевых предпосылок к созданию современной сетевой базы стандартизованных данных по БР (Berendsohn et al., 1999, 2011; Scoble, Berendsohn, 2007).

Современная информатизация биокolleкций подразумевает их оцифровку — перевод традиционных музейных материалов в цифровой формат с использованием доступных новейших технологий (Anderson, 1999; Дремайлов, Лагутин, 2001; Baird, 2010; Beaman, Cellinese, 2012; Holetschek et al., 2012; Barbosa, 2013). Работа по оцифровке коллекционных материалов в настоящее время стала одной из вполне рутинных форм музейной деятельности, которая обычно поддерживается и финансируется международными и национальными программами и фондами (Chavan, Krishnan, 2003; Häuser et al., 2005; Blagoderov, Smith, 2012; Nyam, 2012). При крупных музеях организуются особые подразделения, основной задачей которых является оцифровка коллекционных фондов; в одном из музеев такое подразделение названо «Digitarium» (Tegelberg et al., 2012).

Это направление музейной работы может быть сведено к решению трёх основных задач: 1) оцифровка самих натуральных объектов, 2) оцифровка информации о них и представление этой информации в форме компьютерных баз данных (метаданных), 3) организация сетей, интегрирующих оцифрованные коллекционные материалы в единую глобальную цифровую базу метаданных.

Значительное разнообразие биокolleкций по их структуре, исторически сложившимся традиционным методам фиксации информации о коллекционных материалах, многогранный «субъективный» фактор и т. п. — всё это на начальном этапе реализации проектов по их оцифровке порождает некое «узкое горлышко» в форме специфических проблем, не всегда поддающихся тривиальным легко формализуемым решениям (Murphey et al., 2004; Beaman et al., 2007; Cromeu,

2010; Vollmar et al., 2010; Haston et al., 2012). Из-за этого возникают достаточно специфические технические проблемы, связанные с тем, что «погоня за количеством» на основе стандартных процедур, позволяющих проводить оцифровку «конвейерным методом» (Tann, Flemons, 2008; Blagoderov et al., 2012; Flemons, Berents, 2012; Haston et al., 2012; Tegelberg et al., 2014), может приводить к потере качества извлекаемой информации (Ariño, Galicia, 2005; Mononen et al., 2014).

Достижение конечной (в рамках общего «проекта информатизации») цели подразумевает в качестве одного из необходимых начальных этапов выработку специфической «онтологии», уже упоминавшейся выше, но в данном случае со специфическим музейным оттенком (Walls et al., 2014). Последнее подразумевает выработку приоритетов и детальных стандартов описания и представления коллекционных данных и метаданных (An Information..., 1992; Berendsohn et al., 1999; Chapman, 2005; Berents et al., 2010; Walls et al., 2014).

Одна из руководящих идей развития «новой» биоинформатики применительно к коллекциям заключена в лозунге «вывести коллекции из тьмы» хранилищ и сделать их доступными для публики (Smith, Blagoderov, 2012). Наверное, эту цель можно считать благой, поскольку её достижение в какой-то мере позволяет оправдать существование музейных коллекций в глазах обывателей (налогоплательщиков) и чиновников. Более того, размещённые в сети фотографии музейных предметов, особенно организованные в ресурсы вроде Morphobank (Morphobank, 2012), действительно могут быть полезными — например, предоставлять важные материалы для образовательных и популяризационных программ (Stoitsis, Tsilimparis, 2012;

Cook et al., 2014; также статья последнего автора в настоящем сборнике). Однако в научных исследованиях потенциальные возможности такого рода материалов вряд ли стоит высоко оценивать. Во всяком случае, уравнивание «электронных экземпляров», особенно типовых, с натурными музейными предметами (Monk, Baker, 2001; Speers, 2005; Cromeu, 2012) нельзя считать корректным. На самом деле такие «экземпляры» представляют не первичную, а вторичную информацию, поэтому их потенциальная научная значимость существенно ниже, чем натуральных объектов (об этом см. раздел 5.1).

Решение третьей из указанных выше общих задач в рамках данного раздела «новой» биоинформатики привело к разработке международной сети коллекционных баз данных в составе упомянутых выше информационных платформ по БР. Интеграция с их помощью данных и метаданных о биокolleкциях облегчает доступ к хранящейся в них информации и тем самым повышает используемость коллекций. Здесь следует указать прежде всего глобальную информационную систему Biological Collections Access Service (BioCAsE), её дополняют Access to Biological Collection Data (ABCD) (Holetschek et al., 2012), Biological Collection Information Service in Europe (BioCISE) (Berendsohn, Güntsch, 2001) и некоторые другие более локальные, в том числе российские (Байков и др., 2000; Смирнов и др., 2003).

4. Биокolleкции как специфический биоресурс

Выше представленное общее понимание биокolleкций как важной части общей ресурсной базы, которая обеспечивает разные формы деятельности, связанной с БР, подразумевает, что сами эти коллекции являются специфическим биоресурсом.

Во всяком случае, такая их трактовка вполне укладывается в понимание того, что хранимые в музеях материалы можно рассматривать как особого рода ресурсы, обеспечивающие те или иные потребности человеческого сообщества (Keen, 2008; Latham, Simmons, 2014). В той мере, в какой этот ресурс представлен так или иначе сохраняемым коллекционным биологическим материалом, его можно обозначать в общем случае как коллекционный биоресурс.

В зависимости от того, в какой форме представлен этот биоресурс и каким образом он вовлекается в только что указанную деятельность, его можно разделить на две основные категории — *материальный биоресурс* и *информационный биоресурс*.

Материальный коллекционный биоресурс представляет собой совокупность биологических объектов, которые непосредственно (как таковые) вовлекаются в деятельность, направленную на БР. Сюда относятся «живые» коллекции зоопарков и вивариев, ботанических садов, микробиологические культуры; также «условно живые» коллекции — высушенные и/или замороженные микроорганизмы, семена растений, гаметы животных. Здесь также уместно упомянуть разного рода биокolleкции, собираемые и используемые в сугубо прикладных целях, не связанных с БР (биомедицина, биотехнология и т. п.).

Информационный коллекционный биоресурс, в отличие от предыдущего, состоит из объектов, которые вовлекаются в деятельность, направленную на БР, не как таковые (в своём «материальном» выражении), но *опосредованно*. Имеется в виду, что коллекционные предметы, используемые в таком качестве, служат источником разного рода информации, оставаясь при этом (почти) неизменными.

ми. Сюда относятся коллекционные материалы, представленные собственно натурными объектами (анатомические и гистологические препараты, пробы тканей и др.), эписоматические материалы (записи голосов, фото- и киноматериалы и зарисовки, следы жизнедеятельности и др.), разного рода полевая документация.

Эти две базовые формы представления биокolleкций разграничены не дискретно. Причина в том, что коллекционные предметы, относящиеся ко второй из указанных категорий, в ходе исследований выступают нередко в качестве «материального» биоресурса. К их числу относятся, например, объекты, используемые в экспериментальной систематике для гибридологических экспериментов — как сами животные (например, Малыгин, 1983; Мейер, 1984), так и выборки тотальной ДНК (например, Попов и др., 1973; Sibley, Ahlquist, 1984; Goris et al., 2007).

Следует подчеркнуть следующие важные обстоятельства, характеризующие биокolleкцию как специфический ресурс.

Прежде всего, это *пополняемый* ресурс: научные биокolleкции постоянно пополняются вновь поступающими материалами (см. раздел 6.1).

С другой стороны, это в определённой мере *невозобновляемый* ресурс: деградация природных сообществ и исчезновение видовых популяций делает невозможным повторный сбор «тех же» коллекционных материалов (Cato et al., 2001).

Наконец, это *падающий* ресурс: при необходимости повторно исследовать какую-либо природную популяцию можно обращаться к ранее собранным и сохранённым материалам, а не добывать новые.

5. Научный статус биокolleкций

С точки зрения основного предмета настоящей статьи важнейшую часть коллек-

ционного фонда, входящего в ресурсную базу исследований БР, составляют научные биокolleкции. В настоящем разделе они рассмотрены с теоретической точки зрения в двойном ракурсе: а) в каком смысле коллекции могут считаться научными и б) что именно делает их таковыми.

В истории биологии коллекции возникают, сохраняются и развиваются не спонтанно, но с вполне определённой научной целью. Как только что было сказано, они обеспечивают необходимой ресурсной базой специфические исследовательские и связанные с ними прикладные задачи, решаемые некоторыми биологическими дисциплинами. Эту общую цель можно считать ключевой мотивацией существования и развития коллекций в биологии.

Значение биокolleкций многогранно — научное, образовательное, культурное, историческое, эстетическое, практическое, стоимостное и др. Из этого видно, что сфера их использования выходит далеко за пределы собственно науки. Однако можно полагать, что их научный статус имеет основополагающее и в некотором смысле «первичное» значение: именно от него зависит эффективность многих прочих форм использования коллекций. Так, от того, насколько коллекция соответствует статусу научной согласно некоторым заданным критериям (об этом см. далее), в конечном итоге зависит, насколько научными (достоверными) являются те «вторичные» и «третичные» знания, которые извлекаются из неё по мере её вовлечения в учебную и просветительную деятельность. То же самое верно и в отношении сугубо прикладных аспектов использования той или иной биокolleкции: результаты этого использования (например, в биомедицине, биотехнологии) во многом зависят от того, насколько научными (достоверными) являются хранимые в кол-

лекции и предоставляемые пользователям-прагматикам биоматериалы.

5.1. Научное значение коллекций

Научное значение коллекций, в самом общем случае, определяется возможностью решения с их помощью главным образом исследовательских и иных близких к ним по содержанию задач.

На этом основании авторы, характеризуя научное значение коллекций, обычно ограничиваются перечислением такого рода задач (Pettitt, 1989; Nicholson, 1991; Allmon, 1994, 2005; Davis, 1996; Jeram, 1997; Butler et al., 1998; Kress et al., 2001; Funk, 2004; Suarez, Tsutsui, 2004; A matter..., 2005; Winker, 2005; Pinto et al., 2010; Pyke, Ehrlich, 2010; Clemann et al., 2014; MacLean et al., 2016). Разумеется, это весьма важно в качестве «информационной поддержки» деятельности коллекционных собраний (см. 6.3). Но, как представляется, такого перечисления совершенно недостаточно для глубокого и полноценного понимания того, что такое и чем определяется научный статус и научное значение биокolleкций. На самом деле обсуждение этого ключевого вопроса следует начинать с его постановки в более общем смысле — говорить об этом статусе и значении с точки зрения, если угодно, «философии науки» (Павлинов, 1990, 2008б; Cotterill, 1997а,б, 2002; статья последнего автора в настоящем сборнике).

Для этого, очевидно, необходимо апеллировать к общезначимым критериям, которые позволяют отличить науку от «ненауки» — не в том узком смысле, который вложен в вышеупомянутое физикалистское понимание науки, а в более общем эпистемологическом. Таковых критериев в общем немного (Ильин, 2003), среди них один из ключевых — *опытная проверка-*

мость утверждений об исследуемом объекте. Именно в нём — принципиальное отличие научного знания от любой другой формы представлений об окружающем нас мире. Названный общий критерий «обслуживают» два более частных: а) обоснование знания *фактами* и б) *воспроизводимость* такого знания.

Его значение позволяет понять историю возникновения и развития научных музейных коллекций.

Ясное осознание эмпирического характера науки Нового времени в начальный период её становления (XVI в.) привело к тому, что основной «доказательной базой» знания, претендующего на научный статус, стала апелляция не к Слову (к Священному писанию, к иным авторитетным источникам «истины в последней инстанции»), а к Факту — к тому, что поддаётся наблюдению, опытной проверке и т. п. Именно это обстоятельство, как подчёркивают исследователи истоков формирования музейного дела в Европе, стало причиной превращения прежних кунсткамер в систематизированные научные коллекции (Hooper-Greenhill, 1992; Boylan, 1999; Impey, Macgregor, 2001; Юренева, 2002, 2003; Lourenço, 2003; Alexander, Alexander, 2008). Они возникли как опытная (эмпирическая, фактологическая) основа исследований, так или иначе связанных с разработкой представлений о Естественной системе, тем самым укладывая их в общее русло рационального научного естествознания (Фуко, 1994; Павлинов, Любарский, 2011).

Утверждение этой общезначимой эпистемологической максимы связано во многом с именем уже упоминавшегося Ф. Бэкона. Он же, как указано выше, разделил естествознание на две основные ветви — на «естественную философию» и «естественную историю». Кроме разделя-

ющего их ключевого критерия, также указанного выше, — характера обобщающего знания (номотетика или идеография, соответственно), их принципиально различает характер фактологии, используемой для обоснования эмпирического знания. В «естественной философии» (физика, химия) её основу составляют эксперименты, в «естественной истории» (биология, геология и др.) — научные коллекции (Уэвелл, 1867; Мауг, 1982).

Какими бы важными ни были различия между этими двумя общими категориями фактологии, их объединяет одна общая фундаментальная черта — и эксперименты, и коллекции обеспечивают возможность воспроизведения ранее полученных знаний о соответствующих природных объектах, а тем самым и его опытную проверку на предмет истинности или ложности. Из этого следует важное общее заключение: с точки зрения эпистемологии коллекции в «естественной истории» по своему фундаментальному значению вполне аналогичны экспериментам в «естественной философии», поскольку и те, и другие служат средством получения, воспроизведения и верификации научного знания. Поэтому «естественная история» не может обходиться без коллекций, точно так же как «естественная философия» не может обходиться без экспериментов. Соответственно, собрания научных коллекций «обречены» и на сохранение, и на развитие — точно так же, как лаборатории, в которых проводятся физические эксперименты, химические опыты и проч. (Павлинов, 2008б).

Столь высокий научный статус музейных коллекций обеспечивается тем фундаментальным обстоятельством, что в них собираются и хранятся на долгосрочной неизменной основе подлинные предметы естественной истории — *натурные объек-*

ты. Принимая во внимание ту информационную терминологию, в которую ныне принято облекать рассуждения о коллекциях и их значения для изучения БР (см. предыдущий раздел), это основополагающее (и поэтому в общем-то тривиальное для всякого музейщика) утверждение (Шляхтина, 2016) можно акцентировать следующим образом (Павлинов, 2008б).

Принципиальное значение собрания натуральных объектов, с точки зрения эпистемологии, заключается в том, что оно содержит *первичную информацию* о том «умельте», для описания которого эти объекты собираются и хранятся. Будучи заключённой в самих коллекционных материалах, эта информация в определённом смысле является *объективной*: её содержание зависит лишь от структуры самих этих материалов (хотя, разумеется, её существенно ограничивают способы препаровки последних).

В отличие от этого, та информация, которую исследователь извлекает из коллекционных материалов и отображает в той или иной форме, является *вторичной*: она представляет собой результат некоторой так или иначе мотивированной операции над этими материалами. Поэтому вторичная информация во многом *субъективна*: её содержание зависит от теоретических воззрений и практического опыта исследователя, от целей исследования, от использованных методов и т. п. Иными словами, подобная информация, сколько бы скрупулёзной она ни была, представляет собой не объект как таковой, а его интерпретацию; поэтому в современной эпистемологии «факт» и «интерпретацию» нередко отождествляют (Поппер, 2000; Ильин, 2003). Это верно в отношении любых сведений, так или иначе извлекаемых из коллекционных материалов, будь то измерения или описание окраски макро-

анатомических объектов, изготовленные по определённой методике гистологические или цитогенетические препараты, помещённые в ГенБанк расшифровки молекулярных сиквенсов, фотографии коллекционных экземпляров (в том числе «виртуальные коллекции») и т. д.

Из этого видно, что первичную информацию можно считать потенциально неисчерпаемой: формулировка новых задач, развитие новых методов — всё это делает возможным вновь обращаться к коллекционным материалам, чтобы извлечь из них новую информацию, неинтересную или недоступную ранее. Содержание вторичной информации существенно беднее: оно всегда ограничено ментальными, техническими и иными возможностями и потому является «конечной». Из этого следует фундаментальный вывод: натурные объекты (*naturalia*) подлежат долгосрочному хранению как коллекционные материалы не только для верификации информации, извлечённой из них ранее, но и для извлечения новой информации в будущем.

5.2. Научная коллекция как выборка

Для понимания того, каким образом соотносятся между собой БР и биокolleкции и каким образом между ними устанавливается некое соответствие, принципиальное значение имеет трактовка научной коллекции как *выборки*. Эта трактовка вытекает из следующих соображений.

Прежде всего, следует напомнить, что БР представляет собой сложное природное явление, непосредственное наблюдение и изучение которого в его всеобщности (таковости) принципиально невозможно (см. выше раздел 1). Это верно как в отношении БР в целом («умгебунга»), так и любого из его частных проявлений («умвельтов»). Оно изучается не непосредственно, не само по себе, но

лишь опосредованно — через некоторую совокупность извлечённых из биоты её «элементарных кирпичиков»-организмов. Такая совокупность, согласно стандартным формулировкам, представляет собой только что упомянутую выборку.

Далее. В конкретных исследованиях эти организмы репрезентируют биоту не сами по себе, а лишь в форме так или иначе фиксированных фрагментов, на основании анализа которых исследователи составляют их конкретные описания (признаки) исходя из своих конкретных исследовательских задач. Это «фрагментирование» имеет место в любой познавательной ситуации и справедливо для любого организма: даже если исследователь имеет дело с живым существом, он описывает не его тотальность, а лишь тот или иной аспект или фрагмент (скажем, пищевое или половое поведение, особенности сигнальной окраски и т. п.). Такое «фрагментирование» тем более справедливо в тех случаях, когда в качестве материального носителя описаний выступают те или иные остатки или дериваты мёртвого организма. Именно фрагменты, а не сами организмы как таковые, в совокупности составляют выборку для изучения структуры БР.

Для того, чтобы соответствовать выше указанным основным критериям научности (см. раздел 5.1), совокупности организменных фрагментов должны сохраняться согласно определённым стандартам, обеспечивающим их стабильность. В принятой терминологии такие сохраняемые совокупности принято обозначать как коллекции. Следовательно, биокolleкция, включающая фрагменты организмов в качестве коллекционных материалов как носителей первичной информации, по отношению к БР выступает как *исследовательская выборка*.

Исследуемое биологами БР как сложно организованное природное явление, согласно этой же стандартной терминологии, представляет собой генеральную совокупность; очевидно, это же верно в отношении того или иного проявления БР. Весь наличный коллекционный материал самого разного содержания, предназначенный для изучения БР, представляет собой генеральную выборку, которую можно обозначить как *фонд коллекций биоразнообразия*, или просто *биокolleкционный фонд* (biocollection pool). Его основной структурной единицей — локальной выборкой — является конкретная коллекция как совокупность биоматериалов, с указанной целью собираемых и на протяжении достаточно продолжительного времени сохраняемых в минимально изменяемом состоянии в каком-то одном месте.

Биокolleкция-выборка в исследованиях выполняет функцию специфической операциональной модели (репрезентации) БР в целом или какого-то его проявления; результаты изучения выборки экстраполируются (в рамках принятого доверительного интервала) на БР (проявление БР) как на генеральную совокупность. Надёжность этой экстраполяции определяется тем, насколько выборка *репрезентативна* — т. е. насколько полно в ней отражено БР (проявление БР). Коль скоро выше было отмечено, что основным предметом исследования на коллекционном материале является структура БР, то данное утверждение можно переформулировать так: репрезентативность биокolleкционного фонда вообще и отдельных биокolleкций в частности определяется тем, *насколько полно в их структуре отражена структура БР* в целом или структура отдельных его проявлений (аспектов, фрагментов, уровней, см. раздел 2.2).

Таким образом, вынесенная в заголовки статьи проблема соответствия БР и биокolleкций на операциональном уровне — это прежде всего проблема репрезентативности коллекционного фонда как генеральной выборки. В более узком понимании она раскладывается на две важные характеристики — достоверности и адекватности, рассматриваемые далее (см. раздел 6.1).

Соответствие двух указанных структур — БР и коллекционного фонда — можно рассматривать двояко: «сверху» и «снизу». В первом случае речь идёт о взгляде на всю эту познавательную ситуацию с позиции исследователя-теоретика, во втором — с позиции исследователя-эмпирика. Каждая из этих точек зрения имеет свои резоны и поэтому своё право на существование, что видно из следующего.

Взгляд «сверху» подразумевает, что некое общее представление о структуре БР служит основанием для суждения о том, какова должна быть структура коллекционного фонда. Например, исходя из этого решается, нужно или нет собирать серийные материалы для изучения морфологического разнообразия. В результате репрезентативность генеральной выборки максимизируется (оптимизируется) на той или иной теоретической основе, чтобы обеспечить её соответствие предполагаемой (постулируемой) структуре БР.

Взгляд «снизу» имеет неоспоримый эмпирический фундамент: именно структура коллекционного фонда, вообще говоря, служит основанием для суждения о структуре БР. Обращаясь к наиболее очевидной и, возможно, наиболее изученной составляющей последнего — к таксономическому разнообразию, мы можем констатировать, что репрезентативность нашей генеральной выборки не слишком велика, поэтому обсуждаемое

соответствие далеко от желаемого. В этом убеждает анализ динамики ежегодного описания новых таксонов: судя по их темпам, наличная генеральная выборка биокolleкционного фонда отражает лишь малую часть реального разнообразия живых организмов, особенно в группах, ранее не входивших в число приоритетных в науке (Mora et al., 2011; Zhang, 2013). Причина несоответствия кроется в тех разнообразных стимулах и ограничениях, под воздействием которых развивается коллекционный фонд, — начиная от исторических и кончая технологическими и даже субъективными.

Из предыдущего можно заключить, что эмпирическая генеральная выборка коллекционных материалов, на основании которой мы судим о структуре БР, является существенно смещённой. Это заключение можно считать справедливым — даже в более сильной форме — и в отношении отдельных биокolleкций. Каждая из них репрезентирует лишь незначительную часть БР, при этом чем меньше масштаб коллекции, тем менее она в целом репрезентативна.

Как представляется, это общее заключение имеет принципиальное значение как для оценки существующего состояния, так и для выработки ближайшей общей стратегии развития биокolleкционного фонда. Несмотря на возражения, выдвигаемые «зелёными алармистами» (см. раздел 6.2), дальнейшее накопление коллекционных материалов представляется совершенно необходимым для максимизации репрезентативности генеральной коллекционной выборки (Peterson et al., 1998; Patterson, 2002; Pyke, Ehrlich, 2010; Feeley, Silman, 2011; Rocha et al., 2014). При этом следует всячески наращивать разнообразие форм хранимого материала, чтобы не только обеспечить более полное

соответствие биокolleкционного фонда структуре БР, но и подготовить его (фонд) к «пост-БР эре» (Winker, 2004).

Для последовательной максимизации соответствия структуры коллекционного фонда структуре БР важное значение имеет корректное определение приоритетов при планировании сбора коллекционных материалов. По-видимому, следует отказываться от традиционной «интравертной тактики», когда пополнение коллекции зависит от интересов конкретных исследователей, в пользу «экстравертной стратегии», которая предполагает акцентирование внимания на репрезентации наименее изученных проявлений БР (Humphrey, 1991).

В частности, при разработке стратегии развития как всего коллекционного фонда, так и его отдельных составляющих, приоритет должен отдаваться, очевидно, сбору материалов по тем таксономическим группам и биотическим комплексам, которые согласно экспертным оценкам считаются «белыми пятнами» и «горячими точками» БР. Такую стратегию можно уподобить той, которая подразумевается при планировании сети заповедников: их следует размещать не там, где возможно, а там, где действительно нужно (Pressey et al., 1993; Myers et al., 2000).

Выше было сказано о необходимости сбора и сохранения (включая музейфикацию) тех материалов, которые собираются для молекулярно-генетических исследований. Специального развития заслуживает фонд генетических ресурсов, который объединяет «живые» и «условно живые» коллекции, поддерживаемые *ex situ* в зоопарках и аквариумах, садах, в хранилищах семян и т. п. (Hutchins et al., 1995; Hohn, 2007; Fowler, 2008; Hassapakis, 2009; Rogers et al., 2009; Молканова и др., 2010; Blackburn, Boettche, 2010; Си-

лаева, 2012; Zimkus, Ford, 2014). К этой категории относятся микробиологические коллекции, для которых существуют специфические организационные формы (Colwell, 1976; Malik, Claus, 1987; Smith, 1997; Похиленко и др., 2009; Stackebrandt, 2010; Калауцкий, Озерская, 2011). Многие из таких «генетических банков» имеют главным образом коммерческое значение, но велика их роль и в качестве потенциального ресурса для изучения и сохранения БР.

Следует особо отметить значение коллекционных выборок, которые служат специфической репрезентацией экосистем как особых фрагментов, выделяемых в структуре БР. Имеются в виду «экологические» коллекции: этот термин был введён в научный оборот достаточно давно (например, Carpenter, 1936; Maug, Goodwin, 1956), но сейчас, по-видимому, забыт. Подобные комплексные коллекции (например, планктонные и бентосные сборы) обычно содержатся в музеях недолго в качестве «сырьевых» и со временем разбираются по таксономической принадлежности. Тем не менее, их продолжительное (как минимум десятки лет) компактное хранение в качестве *мониторинговых* коллекций (Павлинов, 1990; Spellerberg, 2005; Смирнов и др., 2006) может быть вполне оправдано: они позволяют отслеживать (отсюда название) временную динамику структуры локальных природных сообществ. По-видимому, к этой категории коллекций можно отнести также комплексные пробы так называемой «средовой ДНК», получаемые в ходе метагеномных исследований природных сообществ микроорганизмов (Wolfgang, Rolf, 2010).

6. Основные характеристики научной биокolleкции

Очевидно, коллекции можно характеризовать с самых разных точек зрения

— например, с естественнонаучной (коллекция как «инструмент» познания), музейно-эведческой (коллекция как совокупность музейных объектов), «материальной» (какие именно и в какой форме предметы составляют коллекцию) и т. п. (Шляхтина, 2016). Коль скоро основная тема настоящей статьи — *соответствие между БР и биокolleкциями*, то и характеристики последних будут рассматриваться именно с этой точки зрения.

В настоящем разделе рассмотрены характеристики, определяющие прежде всего научный статус биокolleкции. Их обоснованное выделение имеет достаточно глубокий смысл. С одной стороны, они позволяют в совокупности оценивать конкретную коллекцию с точки зрения её соответствия критериям научности и возможности вовлечения в решения научных задач, относящихся к проблематике БР. С другой стороны, эти характеристики выражают определённые параметры коллекционного фонда в целом, оптимизируя которые, можно содействовать его развитию в желаемом направлении.

К сожалению, мне не известны работы, в которых были бы эксплицитно и системно представлены характеристики научных биокolleкций, рассматриваемых в предлагаемом здесь ключе — в качестве коллекционных исследовательских выборок. Следуя общему стилю настоящей статьи, я позволю себе не вдаваться в пространное обсуждение этого важного вопроса, а просто изложу свои соображения, опираясь на ранее опубликованную предварительную их версию (Павлинов, 1990, 2008б).

Наиболее общей интегрирующей характеристикой всякой коллекции, очевидно, является её **значимость**. Как мне представляется, несмотря на созвучие, она не тавтологична вынесенному в заголовок

предыдущего подраздела *значению*. Это последнее можно считать чем-то вроде некоего общего «оценочного суждения», значимость же более конкретна. Она может быть определена как возможность на основе научной коллекции решать разного рода задачи, связанные прежде всего с познавательной, а также с другими связанными с нею формами деятельности человека, ради которых коллекция собирается, хранится и пополняется. Очевидно, что чем более широкий круг такого рода задач позволяет решать коллекция, тем в целом выше её значимость.

В наиболее широком контексте значимость коллекции может быть определена как *потребительская*: коллекция обеспечивает конкретные потребности обращающихся к ней субъектов для решения тех или иных конкретных задач (Boylan, 1999; Winker, 2004; Keen, 2008; Latham, Simmons, 2014; Шляхтина, 2016). Для коллекции, основное назначение которой — обеспечение научных исследований, эта значимость и обозначается (по тавтологии) как *научная*. Коль скоро в настоящей статье речь идёт о БР, в целом значимость биокolleкции определяется тем вкладом, который она вносит в развитие представлений о БР, обоснование принципов его сохранения и т. п. задач.

Характеристики более частного порядка, обеспечивающие в совокупности научную значимость биокolleкции, несколько условно можно делить на три основные категории — «собственные», «внешние» и «служебные». Характеристики первой группы имеют отношение к коллекции как таковой, второй группы — к её включению в решение пользовательских задач, третьей — к обеспечению возможности такого включения.

Следует отметить, что излагаемая здесь система характеристик не претен-

дует ни на оригинальность, ни на завершённость. Она лишь призвана показать, в каком направлении можно развивать этот раздел музееведения, который затрагивает биокolleкции как важный материальный и информационный биоресурс.

6.1. «Собственные» характеристики

К этой категории относятся, так сказать, «сущностные» характеристики всякой биокolleкции — такие, которые имеют отношение к ней самой и в основном определяют её научный статус.

По-видимому, наиболее важной сущностной характеристикой коллекции можно считать её **содержательность**: именно она определяет значимость последней, позволяя решать определённые научные задачи. Содержательность коллекции очевидным образом зависит от (по тавтологии) её содержания — от того, какие материалы и в каком количестве в ней представлены. Детализация этой характеристики зависит от того, каким образом главным образом используется коллекция — как материальный (здесь не рассматривается) или как информационный ресурс.

Коль скоро научная биокolleкция служит в основном в качестве информационного ресурса, её содержательность можно определить как **информативность** — т. е. объём (количество) и содержание (качество) имеющейся в ней первичной информации. Из этого определения видно, что информативность коллекции возрастает по мере увеличения её объёма и расширения качественного состава (об этих характеристиках см. далее).

При оценке информативности коллекции следует иметь в виду, что, согласно одной из многочисленных трактовок информации (Хургин, 2007), она не существует «сама по себе» вне субъекта, который её так или иначе считывает и

обрабатывает. Принимая это во внимание, информативность биокolleкции следует рассматривать двояким образом. Как таковая, как проявление собственно «содержания» коллекции (без вмешательства пользователя), информативность существует в *потенциальной* форме. Она переходит в *реализуемую* форму по мере того, как пользователи обращаются к коллекции для решения с её помощью конкретных исследовательских или иных задач. Очевидно, в первом случае речь идёт о первичной информации, во втором — скорее о вторичной информации.

Признание первичного информационного содержания биокolleкций как во многом потенциального имеет важное значение для понимания того, что их имеет смысл собирать не только для решения каких-то текущих задач, но и в расчёте на будущее. Существует весьма значительная часть первичной информации, накапливаемой в коллекционном фонде, которая может перейти в реализуемое состояние лишь при определённом её количестве и при определённых запросах на неё. Так, потребность в изучении внутривидовой изменчивости возникла в середине XIX в. в связи с формированием дарвиновской микроэволюционной концепции — но понимание значения внутривидовой изменчивости могло появиться лишь на фоне постепенного накопления всё большего объёма коллекционных материалов, которые, собственно говоря, и побудили систематиков и эволюционистов «увидеть» этот природный феномен и начать размышлять о нём (Павлинов, 2011б). Другим примером того, как проявляется потенциальная информативность коллекций, служит вовлечение «классических» музейных материалов в молекулярно-генетические исследования (см. далее).

С точки зрения основной темы статьи, подчёркнутой в начале настоящего раздела, принципиальное значение имеют две взаимодополнительные характеристики коллекции — достоверность и адекватность. Первая характеризует соответствие коллекции самой структуре БР («внутреннее» соответствие), вторая — её соответствие тем задачам, которые возникают при изучении этой структуры («внешнее» соответствие). Их соотношение задаётся только что отмеченным двояким пониманием информативности коллекции — как её собственного свойства и как проявления взаимодействия между коллекцией и её пользователями. Обе они имеют отношение к оценке репрезентативности коллекционного фонда как генеральной выборки (см. выше раздел 5.2).

Достоверность коллекции как источника информации — очень важная её характеристика, в конечном итоге во многом определяющая научную значимость коллекции. Здесь в первую очередь имеется в виду точность данных, сопровождающих коллекционные объекты и тем самым делающих содержащуюся в них и извлекаемую информацию *предметной* — «привязанной» к определённому таксону, региону, сезону и т. п.

Адекватность, как только что сказано, означает соответствие коллекции тем конкретным запросам, ради которых она создаётся и хранится. Таким образом, адекватность по содержанию является не только «собственной» характеристикой коллекции, но в определённой мере и «внешней». При рассмотрении адекватности как «собственной» характеристики коллекции её можно считать частью содержательности, но между ними нет строгой прямой корреляции. Например, коллекция собирается в качестве справочной в данном заповеднике: её содержатель-

ность не слишком велика в сравнении, скажем, с коллекцией общего назначения в каком-нибудь крупном научном центре, но конкретная «локальная» адекватность может быть выше, чем в этой последней.

Систематичность коллекции означает, что составляющие её коллекционные материалы хранятся в упорядоченной форме, обеспечивающей её использование. Иными словами, научная коллекция — это не «куча» экземпляров, а их систематизированная (и потому системная) совокупность. При этом формы систематизации могут быть достаточно разными, что определяется мотивацией создания и поддержания коллекции. Научные коллекции, уходящие своими корнями во времена изучения Естественной системы, прежде всего упорядочены по таксономическому принципу; проблематика БР делает не менее актуальным организацию коллекций по экологическому принципу (см. выше). Свои коррективы в систематизацию музейных коллекции вносит разнообразие форм хранимых материалов (например, «сухие» и «влажные»), требующих раздельного размещения и курирования.

Документированность коллекции означает, что в её состав, кроме самих натуральных предметов, в качестве обязательного элемента входит связанная с ними выше упомянутая «предметная» информация, хранящаяся в разной форме на разного рода носителях — от традиционных музейных этикеток и учётных журналов до электронных баз данных. Здесь важно подчеркнуть, что музейная документация, фиксирующая эту информацию, является таким же коллекционным материалом, что и сами натурные предметы. Это столь же неотъемлемая и неотчуждаемая часть коллекции, без такой документации последняя не может претендовать на статус научной.

Объём коллекции является универсальной характеристикой: он определяется достаточно тривиально через количество единиц хранения в её составе. В настоящее время общий объём научного фонда биокolleкций по приблизительным оценкам составляет от 1.5 до 2.5 млрд единиц, хранящихся в 6.5 тыс. музеев и гербариев (Duckworth et al., 1993; Mares, 1993; Ariño, 2010). В этих рамках распределение отдельных коллекций по их объёму, как можно с достаточным основанием полагать, подчиняется ранговому распределению Цифпа–Мандельброта: больших коллекций значительно меньше, чем коллекций малого объёма. Наиболее крупной является коллекция National Museum of Natural History в Вашингтоне, её объём оценивается в 126 млн единиц хранения; впрочем, сюда входят не только биоматериалы (Research..., 2016).

Структура (состав) коллекции зависит от разнообразия и специфики форм хранения (*качественный состав*), широты охвата таксонов (*таксономический состав*), регионов (*географический состав*) и т. п. Очевидно, что чем разнообразнее структура представленных в данном собрании коллекционных материалов, тем в целом выше его значимость и информативность.

В качестве отдельной «собственной» характеристики имеет значение **уникальность** коллекции. Она не столь очевидна, как прочие рассматриваемые в настоящем разделе, поскольку зависит, причём отнюдь не «линейно», от самых разных показателей. С одной стороны, уникальность прямо пропорциональна объёму и структурному разнообразию коллекционных материалов, собранных в одном месте. С другой стороны, хорошо составленная небольшая коллекция, позволяющая решать какие-то специфиче-

ческие задачи, может с достаточным основанием считаться и сохраняться как некий частный «уникум».

Стабильность коллекции означает её определённую устойчивость по отношению к тем или иным внешним воздействиям, способным снизить её содержательность. Эта стабильность, кроме очевидного «бытового», имеет весьма серьёзный научный смысл, связанный с выше определённым эпистемологическим статусом научной коллекции. Дело в том, что она служит одной из необходимых предпосылок воспроизводимости и проверяемости знаний, извлекаемых из научной коллекции. Действительно, если в физике и химии средством верификации служат проводимые согласно стандартным протоколам эксперименты и опыты, то в биологических дисциплинах это обеспечивается стандартизацией условий долгосрочного хранения — а тем самым стабильности — коллекционных материалов.

Лабильность коллекции очевидным образом обратна стабильности. При этом следует различать как минимум две общие формы лабильности — «негативную» и «позитивную». Первая связана с деградацией коллекций и вступает в противоречие с требованием их стабильности, вторая связана с развитием коллекций и дополняет их стабильность.

В теоретическом плане «негативную» лабильность, связанную с нарушением сохранности коллекционных материалов, можно рассматривать как прирост энтропии в совокупном коллекционном фонде (Simmon, Muñoz-Saba, 2003). Из этого явствует, что некоторый темп постепенной деградации коллекций — вещь неизбежная; минимизировать этот процесс призвана комплексная система их хранения (см. далее раздел 6.3).

Основной причиной «позитивной» лабильности коллекций является поступление новых материалов, увеличивающих объём и расширяющих качественный состав (структуру), а вследствие этого — их содержательность. Поэтому всякая нормально развивающаяся коллекция — это растущая коллекция.

«Позитивная» динамика коллекционного фонда очевидным образом определяется динамикой мотивации самого его существования, обеспечивающей его развитие в направлении максимизации соответствия его собственной структуре структуре БР — т. е. его репрезентативности как коллекционной выборки. Это означает, что научные коллекции обречены развиваться вслед за развитием опирающихся на них биологических дисциплин. Изменение содержания, методологии и технологии последних приводит к изменению запросов, предъявляемых к коллекциям, что в свою очередь ведёт к изменению самих коллекций. Если раньше научные коллекции формировались в основном таким образом, чтобы позволять реконструировать Естественную систему по «существенным» признакам, то в настоящее время в основу их формирования положены представления о многоаспектной структуре БР во всём многообразии его проявлений. Наглядная иллюстрация «позитивной» лабильности биоколлекций — их современная «молекуляризация» вслед за «молекуляризацией» систематики и отчасти экологии.

Лабильность коллекционного фонда, наряду с «внешней» мотивацией, определяемой главным образом потребностями науки, в определённой мере задаётся некой «внутренней» логикой его развития. Будучи неким объектом системной природы, он (фонд) отчасти способен развиваться «сам по себе», без особых внешних

побудительных причин, что приводит к росту потенциальной информативности коллекций.

Тот факт, что лабильность научных биокolleкций не отвергает, а дополняет их стабильность, означает, что поступления новых коллекционных материалов ни в коем случае не означает ликвидацию прежних. Долгосрочно существующие коллекции представляют собой нечто вроде «слоёного пирога», в котором старые коллекционные материалы соседствуют с постоянно поступающими новыми, причём последние со временем также становятся «старыми» (Cotterill, 1997a; Павлинов, 1999, 2008б; Любарский, 2015).

Поскольку долгое время хранящиеся и накапливающиеся коллекции позволяют решать большое количество содержательных научных и основанных на них прикладных задач, можно утверждать, что «устаревших» научных коллекций не бывает (Cotterill, 1997a,b; Pettitt, 1997). Более того, из-за невозобновимости некоторых коллекционных материалов их научное значение со временем возрастает (Sato et al., 2001). А поскольку некоторые задачи изучения БР могут решаться только при наличии больших объёмов данных, научных коллекций не бывает «слишком много» (Laubitz et al., 1983; Павлинов, 2011б).

Тем не менее, кураторам коллекций приходится тратить силы и время на отстаивание необходимости не только сохранения, но и пополнения коллекций (особенно «классического» типа) перед сторонниками всяческих новаций, «алармистами» от охраны природы, а равно перед чиновниками, пекущимися о расходовании финансов (Danks, 1991; Chalmers, 1994; Pettitt, 1997; Suarez, Tsutsui, 2004; Гельтман, 2012; Roche et al., 2014; Schilthuizen et al., 2015). В связи с этим кураторы обычно приводят конкретные

наглядные примеры той роли, которую «старые» коллекции могут играть в актуальных исследованиях некоторых аспектов динамики БР вообще и экосистем в частности (Thompson et al., 1992; Remsen, 1995; Shaffer et al., 1998; Green, Scharlemann, 2003; Rocque, Winker, 2005; Winker, 2005; Cherry, 2009; Hoeksema et al., 2011; Lister et al., 2011; Rowe et al., 2011). Самая недавняя блестящая демонстрация возможностей «отложенного» использования музейных коллекций — открытие в долгое время хранившихся бентосных сборах уникального древнейшего животного *Dendrogramma* (Just et al., 2014).

Стабильность и лабильность имеют отношение не только к совокупному коллекционному фонду и отдельным коллекциям, но (или даже прежде всего) к самим коллекционным предметам. Один из непреложных канонів музейного дела утверждает, что музейные предметы должны быть максимально стабильными, а любые формы пользования ими — максимально щадящими. Однако к научным биокolleкциям это требование, строго говоря, не применимо в полной мере. Во-первых, их подготовка к хранению (начальная музейфикация) всегда подразумевает ту или иную препаровку и поэтому почти всегда является «разрушающей» (Williams, 1999). Во-вторых, их использование в научных исследованиях также может подразумевать их частичное разрушение. Такова, например, препаровка гениталий у коллекционных образцов в некоторых группах животных для определения их видовой принадлежности. Частично разрушающим является также «перевод» цельных коллекционных экземпляров в иное состояние — в микроанатомические или гистологические препараты, взятие проб тканей для анализа их молекулярного состава и т. п.

Поэтому в случае предметов, хранящихся в научных биоколлекциях, речь может (и должна) идти не об их тотальной безусловной сохранности, а о том, что в процессе использования они должны подвергаться минимальной порче и лишь по весьма уважительной причине, остатки их частичной деструкции должны сохраняться в музеях в форме специфических коллекционных материалов (препаратов и т. п.), полученные результаты должны быть опубликованы как научно значимые (Danks, 1991; Michalski, 1992; Cato, 1994; Lane, 1996; Nudds, Pettitt, 1997; Metsger, Byers, 1999; Payne, Sorenson, 2003; Suarez, Tsutsui, 2004; Williams, Hawks, 2007).

6.2. «Внешние» характеристики

Характеристики этой категории — в известном смысле «вторичные» по отношению к «собственным». Они в значительной мере складываются под влиянием внешних обстоятельств (отсюда и название), прежде всего со стороны предъявляемых к коллекциям тех или иных запросов. Именно в этом их ключевое значение: они делают возможным реализацию «сущностных» характеристик коллекций и поэтому, строго говоря, принципиально важны для определения и осуществления их научного статуса.

Разрешающая возможность коллекции задаётся количеством вторичной информации, которую *потенциально* можно извлечь из коллекции на том или ином этапе развития биологической науки. Эта характеристика очевидным образом зависит от выше рассмотренной содержательности, в наибольшей степени связана с возможностью перевода потенциальной информации в реализуемую. Она во многом зависит от того, какие запросы могут быть и действительно бывают обращены к биокolleкциям, а эти запросы меня-

ются по мере развития биологических знаний, их теоретического базиса и инструментария. Соответственно этому разрешающая возможность коллекций может существенно увеличиваться: например, в настоящее время из многих «старых» сухих и заспиртованных материалов можно извлекать ДНК.

Используемость коллекции определяется объёмом вторичной информации, которая *реально* извлекается из коллекционных материалов. Она очевидным образом зависит от того, в какой мере коллекции реально вовлечены в научный оборот, — прежде всего от их доступности для специалистов, руководствующихся соответствующими исследовательскими задачами и вооружённых необходимыми техническими средствами.

Неоднократно упомянутое выше вовлечение «классических» музейных материалов в молекулярно-генетические исследования — наглядный пример этого. Возможность экстрагирования фрагментов «древней ДНК» из музейных коллекционных экземпляров впервые была показана в 1980–1990-е гг.: сначала это были представители современных организмов, а затем и ископаемых (Paabo, 1989; Golenberg et al., 1991; Herrmann, Hummel, 1994; Thomas, 1994; Bada et al., 1999; Prendini et al., 2002); так родилась палеогеномика, она же «молекулярная палеонтология» с её разделом «молекулярная археология» (Birbaum et al., 2000; Scheitzer, 2003, 2004; Ariffin et al., 2007; Heintzman et al., 2015). Источником ДНК стали хранящиеся в музеях и гербариях засушенные дериваты животных и растений, замороженные и фиксированные в спирте образцы тканей, фоссилизованные остатки; выяснилась возможность использования для этих целей и формалинных материалов (Tang, 2006; Palero et al., 2010). Первоначальные

опыты давали довольно короткие фрагменты ДНК, но затем стало технически возможным извлекать «мегапоследовательности» (Poinar et al., 2006). Современные методы, дополненные идеологией «баркодинга жизни», сделали такого рода исследования вполне рутинными и широкомасштабными (Mulligan, 2005; Ellis, 2008; Knapp, Hofreiter, 2010; Malone, 2010; Särkinen et al., 2012; Bi et al., 2013; Nachman, 2013; Costa, Roberts, 2014; Га-рафутдинов и др., 2015; Choi et al., 2015). В конечном итоге родилась некая дисциплина, которую называют «музейной геномикой», «музеогеномикой» или совсем коротко — «музеомикой» (Rowe et al., 2011; Guschanski et al., 2013; Волков, 2015).

В настоящее время при использовании коллекционных материалов для молекулярно-генетических исследований всё более актуальными задачами «музеомики» становятся поиски методов «щадящего» взятия музейных проб (особенно из типового материала), особых форм фиксации музейных материалов специально для генетического анализа, а также корректной музеефикации самого генетического материала (Rohland et al., 2004; Wisely et al., 2004; Martin, 2006; Mandrioli, 2008; Stuart, Fritz, 2008; Rowe et al., 2011; Jackson et al., 2012; Puillandre et al., 2012; Applequist, Campbell, 2014; Tin et al., 2014).

С другой стороны, заработала «обратная связь»: накопление генетических данных по большому количеству организмов повлекло за собой понимание необходимости сохранения в музеях так называемых *удостоверяющих* (voucher) экземпляров, позволяющих проверять правильность таксономической идентификации сиквенсов, размещённых в ГенБанке и других аналогичных ресурсах (Funk et al., 2005; Dubois, Nemésio, 2007; Lee et al., 2007; Rowley et al., 2007; Pleijel et al.,

2008; Jonas et al., 2013; Collection..., 2015; Federhen, 2015). Как стало понятно, несохранение в музеях коллекционных ваучеров или хотя бы отсутствие ссылок на них в журнальных публикациях делает «как бы самую передовую науку», основанную на анализе молекулярных данных, невозможной (Kageyama, 2003; Wheeler, 2003; Kageyama et al., 2007; Culley, 2013; Turney et al., 2015) — а тем самым, принимая во внимание сказанное выше (см. раздел 5.1), фактически «ненаукой».

Используемость коллекций в большинстве случаев значительно ниже их разрешающих возможностей. Так, согласно прикидочным оценкам, в настоящее время не менее половины коллекционного фонда остаётся невостребованным в текущих исследованиях по БР (Thomson, 2005). Следует подчеркнуть, однако, что это ни в коей мере не снижает значимость научных коллекций: в ней неявно присутствует «отложенная» используемость. Как указано выше, в музеях коллекционные материалы собираются и хранятся в расчёте на перспективу — на то, что они будут востребованы и исследованы в будущем.

Одним из очевидных ключевых условий повышения используемости коллекций является их включение в глобальные и региональные сетевые базы данных, отчасти упомянутые выше (Lane, Edwards, 2007; Walls et al., 2014; см. также след. подраздел).

В рассмотрении «внешних» характеристик коллекции, по-видимому, имеет смысл включать стоящую несколько особняком **этическую составляющую** коллекционного дела. В пользу этого недвусмысленно говорит недавно утверждённый ICOM «Кодекс этики для естественно-исторических музеев» (ICOM Code..., 2013). Эта характеристика многоаспектна, подразумевает определённые формы

регулирования а) изъятия организмов из живой природы для их превращения в музейные предметы научной коллекции, б) обеспечения необходимых стандартов хранения и использования этих предметов в научных и иных целях, в) соблюдения определённых специфических этико-моральных норм в случае антропологических материалов.

Пункт (а) отражает главным образом озабоченность сообщества «зелёных алармистов» тем отрицательным эффектом, который «сверхколлекционная» активность может сказываться на (в принятых здесь терминах) структуре природных сообществ, прежде всего на численности редких видов; в данном случае речь идёт о биоэтике в её природоохранном (а не биомедицинском) значении (Loftin, 1992; Norton et al., 1994; Winker, 1996; Remsen, 1997; Collar, 2000; Donegan, 2008; Winker et al., 2010; Minter et al., 2014). Пункт (б) направлен на то, чтобы поступающие в коллекции материалы не выпадали из научного и образовательного оборота: такое выпадение (синдром «скупого рыцаря») означает, что все траты на сбор и хранение коллекций, не говоря о влиянии на природные сообщества, оказываются «зряшными»; здесь имеется в виду прежде всего профессиональная этика кураторов (Павлинов, 1990; American..., 1992; Besterman, 1992; Developing..., 2012; Turner, 2014; Ekosaari et al., 2015). Пункт (в) особенно активно обсуждается в связи с проблемой хранения и реституции материалов, если на них претендуют национальные, этнические, религиозные и т. п. сообщества (Sullivan et al., 2000; Verna, 2011; Kakaliouras, 2014; Nichols, 2014).

6.3. «Служебные» характеристики

Здесь включены «третичные» характеристики служебного характера, кото-

рые в совокупности отражают саму возможность собрания натуральных предметов считаться музейной (в широком смысле) коллекцией.

Этот перечень открывает **музеефицированность** — интегральная характеристика, которая означает, что коллекция, как вся в целом, так и каждый коллекционный предмет в отдельности: а) пригодна к долгосрочному хранению в минимально изменённом состоянии и б) это хранение действительно осуществляется. В несколько более широком толковании ей приблизительно соответствует *музейность* (Шляхтина, 2016). Музеефицированность складывается из нескольких важных компонентов, рассматриваемых ниже.

Начать следует, наверное, с указания **музеефикации** — подготовки натуральных предметов к долгосрочному хранению согласно определённым стандартам и в то же время допускающей их научное использование также согласно определённым стандартам. Хотя музеефикация как процедура, строго говоря, не является «характеристикой», её включение в данный раздел представляется принципиально важным: без музеефикации нет музеефицированности (да простится эта тавтология). Без большого преувеличения можно утверждать, что вся история развития естественнонаучных музеев — это во многом история разработки методов и стандартов музеефикации. Проблем здесь много, по мере развития коллекций одни из них так или иначе решаются, на их месте возникают новые в связи с расширением структуры биокolleкций, они постоянно обсуждаются в текущей литературе и отражены в издаваемых руководствах и стандартах (см. далее данный подраздел). Так, в настоящее время одним из наиболее актуальных стало решение

задачи музеефикации материалов, собираемых, хранимых и используемых для молекулярно-генетических исследований.

Обеспеченность системой хранения — одна из ключевых «служебных» характеристик любой коллекции, хоть сколько-нибудь претендующей на статус научной. Причина достаточно очевидна: лишь надлежащее хранение коллекции, включая её защиту от разного рода повреждающих агентов, профессиональное курирование, развитую инфраструктуру (в том числе информационно-поисковую систему) и т. п., может гарантировать как её стабильность, так и возможность вовлечения в решение научных и иных пользовательских задач.

Необходимость обеспечения стандартов музеефикации, системы сохранения и развития коллекций служит основной причиной возникновения особого рода коллекционных «концентраторов». Согласно исторической традиции и специализации, такие «концентраторы» называются музеями, гербариями, зоопарками, ботаническими садами и т. п. В последнее время для их обозначения в оборот введены термины из современного «бюрократического новояза» — *биодепозитарии* (в русскоязычном обороте нередко фигурирует калька «репозиторий»), *биобанки*, *биоресурсные центры* (например, Биокolleкции..., 2015; Биобанк..., 2016; Global..., 2016; Biological..., 2016; NMNH..., 2016; и т. п.). Правда, таким образом чаще всего называют собрания биокolleкций прикладного характера, используемых в биомедицине, биотехнологии и т. п. Но, по-видимому, ничто не мешает придать этому термину более общий смысл и обозначать как *биодепозитарии* любые «концентраторы» биокolleкций самого разного содержания. Принимая во внимание вовлечение биодепозитариев (в при-

нятом здесь понимании) в решение задач, так или иначе связанных с проблематикой БР, их иногда в общем случае называют *центрами (коллекциями) биоразнообразия* (например, Global..., 2013; ADBC, 2016; NA3..., 2013).

Развитая система сохранения, по понятным причинам, присуща прежде всего крупным коллекционным собраниям с долгой историей. Небольшие коллекции, особенно в развивающихся странах, в этом отношении наименее благополучны (Carter, Walker, 1999).

Включённость в метаструктуру отражает положение коллекций в общем коллекционном фонде, от чего в значительной мере зависит не только их высокий научный и иной пользовательский статус, но порой и сама возможность их полноценного существования и развития. Под *метаструктурой* здесь понимается совокупность организаций, так или иначе поддерживающих, координирующих и отчасти регулирующих коллекционное дело.

Названная метаструктура, рассматриваемая в глобальном масштабе, организована во многом иерархически, но с заметным присутствием особенностей сетевой и ячеистой организации. Её основу составляют следующие важнейшие элементы:

— международные, региональные, национальные и локальные профессиональные объединения и организации. Наиболее крупным из них является International Council of Museums (в русскоязычной версии Международный совет музеев) (ICOM, 2016); для реального развития коллекционного дела большее значение имеют более специализированные общества, среди которых особого упоминания заслуживают (перечислены в алфавитном порядке) Association of Systematics Collections (ASC, 2015), Natural Science Collections Alliance (NSC, 2004), Natural

Sciences Collections Association (NatSCA, 2016), Network Integrated Biocollections Alliance (Network, 2010); Society For The Preservation of Natural History Collections (SPNHC, 2010); коллекции культур микроорганизмов объединены в World Federation for Culture Collections (WFCC, 2016); «утилитарные» (сервисные) биокolleкции объединены в Global Biological Resource Centre Network (GBRCN, 2012);

— международные проекты, поддерживающие те или иные формы коллекционной деятельности, в последние годы связаны главным образом с вовлечением биокolleкций в оценки БР и их оцифровку: Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2016), The World Information Network on Biodiversity (World..., 2008), Distributed Information Network for Biological Collections (SpeciesLink, 2016), Integrated Digitized Biocollections и Advancing Digitization of Biodiversity Collections (ADBC, 2016), Biological Collection Access Service (Biological..., 2016);

— международные конгрессы и конференции, посвященные коллекционному делу; среди них особого упоминания заслуживает World Congress on the Preservation and Conservation of Natural History Collections (Palacios et al., 1993; Cannon-Brookes, 1996);

— разные формы обучения коллекционному (и вообще музейному) делу, начиная с курсов музееведения при ВУЗах и колледжах и кончая школами и семинарами по разным вопросам коллекционного дела; в качестве примера можно упомянуть ежегодную школу Natural History Collections and Biodiversity (Advanced..., 2015–2016)

— подготовка руководств по принципам, формам и методам музейной работы, хранению коллекций, частью в рамках читаемых учебных курсов, частью имеющих

самостоятельное значение (например, Herholdt, 1990; Paine, 1992; Duckworth et al., 1993; Hoagland, 1994; Collins, 1995; Rose et al., 1995; Юренева, 2004; Digitisation..., 2008; Сотникова, 2011; Шлягина, 2016).

— обсуждение и разработка приоритетов и стандартов коллекционного (и вообще музейного) дела на международном и/или национальном уровнях (например, Michalski, 1992; Rose, de la Torre, 1992; Cato, 1994; Hoagland, 1994; Metsger, Byers, 1999; Williams, 1999; Cato et al., 2001; Williams, Hawks, 2007; Macdonald, 2011); в рамках отечественной традиции особое значение имеют разного рода директивные документы («инструкции»), особенно те, которые исходят из правительственных офисов (например, Единые правила..., 2009);

— международные и национальные периодические издания, посвященные коллекционному делу, среди них наиболее значимы: «Museum Management and Curatorship», «Journal of Natural Science Collections», «Collection Forum», «Curator», «Вопросы музеологии».

Стоимость коллекции также относится к числу её важных потребительских «третичных» характеристик. Это в первую очередь относится к коллекционным биоресурсам прикладного характера, вовлеченным в разного рода коммерческие биомедицинские и биотехнологические проекты; здесь они не рассматриваются. Стоимостное выражение научных биокolleкций не очень принято обсуждать, однако и для них в некоторых случаях считается необходимым использовать «монетарный эквивалент» научного и иного значения (Cato, Williams, 1993; Doughty, 1993; Price, Fitzgerald, 1996).

Стоимостная характеристика коллекции подразумевает те финансовые и иные

ресурсные затраты, без которых невозможно серьёзное коллекционное (и вообще музейное) дело. Это значит, что научные коллекции действительно *стоят денег* — как они сами, так и средства их сохранения, развития и использования, а также подготовка профессиональных хранителей, организация метаструктурной сети со всеми её многообразными проявлениями и т. п. Имеющихся средств всегда не хватает, их недостаток серьёзно ограничивает содержательность и «позитивную» динамику коллекций и, наоборот, повышает их «негативную» динамику. При этом приходится принимать во внимание то важное обстоятельство, что работа по хранению научных коллекций подобна непрерывному производственному процессу: она требует постоянного внимания и постоянного вложения финансовых и иных средств. Всё это делает финансовое и иное материальное обеспечение коллекций предметом особого внимания музейных менеджеров (Maug, Goodwin, 1956; Danks, 1991; Allmon, 1994; Nudds, Pettitt, 1997; Dalton, 2003; Bradley et al., 2014; Муzychук, Хаунина, 2015; Шляхтина, 2016).

В связи с последним комментарием хотелось бы обратить внимание на следующее важное обстоятельство. В большом современном внимании к биокolleкциям, о чём свидетельствует довольно объёмный список литературы в конце настоящей статьи (более 300 наименований), присутствует тревожная нотка. Появление многих публикаций обусловлено необходимостью доказывать важность существования и развития коллекций лицам, от которых зависит финансовая и иная поддержка коллекционного фонда. Некоторые авторы прямо пишут о явных признаках угрожающего состояния научных коллекций, в том числе и достаточно

известных, с высокой международной репутацией (Cotterill, 1997a, 2002; Левановский, 2010; Гельтман, 2012; Gropp, 2013; Funk, 2014; Hammond, 2015; Paknia et al., 2015). Примечательно, что эта тревога высказывается и по поводу перспектив развития налаженной системы коллекций «вторичной» информации по генетическим материалам в форме ГенБанка и т. п. (Strasser, 2008).

Всё это означает, что коллекционный фонд, чтобы и далее эффективно функционировать в качестве важного биоинформационного ресурса, нуждается не только в налаженном текущем хранении, но и в постоянной «агитационной» работе, направленной на демонстрацию необходимости существования и, соответственно, поддержки биокolleкций даже и в «post-biodiversity» эру (Winker, 2004).

7. Заключение

Ориентация биологии как науки, направленной на изучение и объяснение сходств и различий между организмами, во второй половине XX в. привела к вычленению специфической предметной области биологических исследований — биологического разнообразия (БР).

Одной из важных общенаучных предпосылок к этому стало понимание того, что (на уровне онтологии) структурированное разнообразие природы — столь же фундаментальное её свойство, как и подчинение некоторых её проявлений определённым закономерностям. На уровне эпистемологии это привело к признанию того, что «диверсификационный» подход к описанию живой природы столь же правомочен, как и доминировавший прежде «унификационный».

Этот общий тренд привёл к значительному росту внимания к БР: его лейтмотивом с точки зрения прагматики стало

сохранение БР как возобновляемого ресурса, с точки зрения науки — его изучение как специфического природного явления. Эти две точки зрения объединяет признание необходимости научного обоснования стратегии сохранения БР, что предполагает необходимость детального изучения самого БР.

На уровне онтологии в изучении БР (оставляя в стороне вопрос о его генезисе) одной из ключевых проблем считается определение его структуры, которая трактуется как проявление структуры самой биоты. Признаётся, что предметной областью эмпирических исследований является не БР в целом («умгебунг»), а его отдельные проявления («умвельты»). В качестве таковых предлагается рассматривать фрагменты БР (прежде всего таксоны и экосистемы), иерархические уровни БР (прежде всего внутри- и межорганизменный) и аспекты БР (прежде всего таксономический и мерономический).

Обращается внимание на новую трактовку биоинформатики как дисциплины, изучающей информационное обеспечение исследований БР. Частью этого обеспечения являются биокolleкции.

Научное значение коллекций заключается в том, что они обеспечивают опытную выводимость и опытную проверяемость (верификацию) знания о БР. Это делает биокolleкции по своему эпистемологическому статусу эквивалентными экспериментам, а исследования БР — вполне научными. Подчёркивается, что коллекции натуральных объектов содержат первичную (объективную) информацию о БР; та информация, которая так или иначе извлекается из коллекционных материалов, является вторичной (субъективной).

Коллекция, в качестве информационного ресурса, в работах по БР выполняет роль исследовательской выборки. Кол-

лекционный фонд как общая совокупность всех коллекционных материалов выступает в качестве генеральной выборки, всякая отдельная коллекция фигурирует как локальная выборка. Основная характеристика коллекции как выборки — её репрезентативность; основная стратегия развития коллекционного фонда — максимизация его репрезентативности как средство обеспечения соответствия структуры биокolleкций и БР. При разработке общей стратегии развития коллекционного фонда приоритет должен отдаваться сбору материалов по наименее изученным проявлениям (аспектам, фрагментам и т. п.) БР.

Наиболее общей характеристикой коллекции как информационного ресурса является её научная значимость. Выделены следующие три основные группы характеристики более частного порядка:

— «собственные» характеристики коллекции: содержательность, информативность, достоверность, адекватность, объём, структура, уникальность, стабильность, лабильность;

— «внешние» характеристики коллекции: разрешающая возможность, использование;

— «служебные» характеристики коллекции: музеифицированность, обеспеченность системой хранения, документированность, систематичность, включённость в метаструктуру, стоимостное значение.

В современном мире развитие биокolleкционного фонда, обеспечивающего исследования БР, требует значительных организационных усилий, включая работу по их «информационной поддержке», направленную на демонстрацию необходимости существования биокolleкций не только в современной, но и в будущей «post-biodiversity» эре (Winker, 2004).

Благодарности

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РНФ № 14-50-00029 и РФФИ № 15-29-02445.

Литература

- Анализ... 2010. Анализ общей картины оценки биоразнообразия и экосистемных услуг. UNEP/IPBES/3/INF/1/Add.1. http://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/UNEP_IPBES_3_INF_1_Add.1_RU.pdf.
- Байков К.С., Ермаков Н.Б., Колчанов Н.А. и др. 2000. Электронные коллекции и проблемы биоразнообразия. — Вторая всероссийская научная конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции», 26–28 сентября 2000 г. Протвино. С. 58–65.
- Баранцев Р.Г. 2003. Синергетика в современном естествознании. Москва: УРСС. 144 с.
- Биобанк. 2016. Биобанк СЗФМИЦ им. В.А. Алмазова. http://www.almazovcentre.ru/?page_id=4750.
- Биокolleкции... 2015. Биокolleкции, биоресурсные центры. <http://mydocx.ru/7-60759.html>.
- Бобылев С.Н., Медведева О.Е., Сидоренко В.Н. и др. 1999. Экономическая оценка биоразнообразия. Москва: Проект ГЭФ «Сохранение биоразнообразия». 112 с.
- Буйкин С.В., Брагина Е.Ю., Конева Л.А., Пузырёв В.П. 2012. Базы данных коллекций биологического материала: организация сопроводительной информации. — Бюллетень сибирской медицины, 1: 111–120.
- Букварёва Е.Н. (ред.). 2013. Экосистемные услуги наземных экосистем России: первые шаги. Status quo report. Москва: Центр охраны дикой природы. 45 с.
- Вайнберг С. 2008. Мечты об окончательной теории: Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. Изд. 2. Москва: URSS. 256 с.
- Волков А. 2015. Музеогеомика – новая научная ниша. — Знание-сила, 11: 5–16.
- Гайденок П.П. 1997. Христианство и генезис новоевропейского естествознания. — Философско-религиозные истоки науки. Москва: Инст. философии РАН. С. 45–87.
- Гарафутдинов Р.Р., Нагаев Н.Р., Сахабутдинова А.Р., Чемерис А.В. 2015. Аутентичность, сохранность и доступность древней ДНК. — Вестник Башкирского университета, 20 (2): 432–439.
- Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С. и др. 2013. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородс. госуд. универ. 370 с.
- Гельтман Д. 2012. Российская наука и научные коллекции. — Троицкий вариант, 22 (116). <http://elementy.ru/lib/431778>.
- Горяшко А., Калякин М. 2004. Архив биоразнообразия. Формирование, хранение и значение зоологических коллекций. — Биология, 18. http://bio.1september.ru/view_article.php?ID=200401801.
- Декларация... 1992. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml.
- Дремайлов А.В., Лагутин А.Б. 2001. АДИТ. От компьютеризации музеев к информационному менеджменту. <http://www.future.museum.ru/part01/010603.htm>.
- Единые правила организации формирования, учета, сохранения и использования музейных предметов и музейных коллекций, находящихся в музеях Российской Федерации (утв. приказом Минкультуры РФ от 8 декабря 2009 г. № 842). <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/97240/>.
- Забродин В.Ю. 1989. К проблеме естественности классификаций: классификация и закон. — Кочергин А.И., Митрофанова С.С. (ред.). Классификация в современной науке. Новосибирск: Наука. С. 59–73.
- Залепухин В.В. 2003. Теоретические аспекты биоразнообразия. Волгоград: Изд-во Волгоград. госуд. универ. 192 с.
- Ильин В.В. 2003. Философия науки. Москва: Изд-во Московск. госуд. универ. 360 с.
- Информационная... 2003. Информационная система по биоразнообразию России. <http://www.zin.ru/biodiv/Index.html>.
- Калакуцкий Л.В., Озерская С.М. 2011. Биологические ресурсные центры: совре-

- менное состояние в России и мире, проблемы организации, перспективы развития. — Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова, 7 (1): 28–40.
- Калякин М.В., Павлинов И.Я. 2012. О стратегии научного использования зоологических коллекций. — Зоологические коллекции в России в XVIII–XXI веках: социально-политический и научный контекст. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ Санкт-Петербург». С. 13–29.
- Калякин М.В., Редькин Я.А., Томкович П.С. 2001. Коллекционное дело: состояние к 2001 г. и перспективы. — Достижения и проблемы орнитологии Северной Евразии на рубеже веков. Труды междунар. конф. «Актуальные проблемы изучения и охраны птиц Восточной Европы и Северной Азии». Казань: Магариф. С. 50–67.
- Кант И. 1999. Метафизические начала естествознания. Москва: Мысль. 1710 с.
- Кожара В.Л. 1982. Функции классификации. — Теория классификации и анализ данных. Ч. 1. Новосибирск: ВЦ СО АН СССР. С.5–19.
- Куайн У.В.О. 1996. Онтологическая относительность. — Современная философия науки. Москва: Издат. корп. «Логос». С. 40–61.
- Лакатос И. 2003. Методология исследовательских программ. Москва: АСТ. 380 с.
- Левановский В. 2010. Вавиловская коллекция под угрозой уничтожения. — Скепсис. http://scepsis.net/library/id_2796.html.
- Любарский Г.Ю. 2015. Невидная наука Зоологического музея. — Знание-сила, 11: 124–127.
- Любищев А.А. 1968. Проблемы систематики. — Воронцов Н.Н. (ред.). Проблемы эволюции, Т. 1. Новосибирск: Наука. С. 7–29.
- Любищев А.А. 1972. К логике систематики. — Воронцов Н.Н. (ред.). Проблемы эволюции, Т. 2. Новосибирск: Наука. С. 45–68.
- Малыгин В.М. 1983. Систематика обыкновенных полевок. Москва: Наука. 207 с.
- Мейер С.В. 1977. Мерономия и таксономия. — Вопросы методологии в геологических науках. Киев: Наукова думка. С. 25–33.
- Мейер М.Н. 1984. Комплексный таксономический анализ в систематике грызунов на примере серых полевок (род *Microtus*) фауны СССР. Дисс... докт. биол. наук. Ленинград: Зоологический инст. РАН. 538 с.
- Молканова О.И., Коротков О.И., Ветчинкина Е.М. и др. 2010. Генетические банки растений: проблемы формирования, сохранения и использования. — Вестник Удмуртского универ., 3: 33–39.
- Музычук В.Ю., Хаунина Е.А. 2015. Механизмы поддержки музеев в условиях экономического кризиса (на примере крупнейших музеев Европы и России). — Журнал Новой экономической ассоциации, 1 (25): 132–161.
- Павлинов И.Я. 1990. Научные коллекции как феномен культуры. — Природа, 4: 3–9.
- Павлинов И.Я. 2008а. Морфологическое разнообразие: общие представления и основные характеристики. — Сборник трудов Зоологического музея МГУ, 49. С. 343–388.
- Павлинов И.Я. 2008б. Музейные коллекции как феномен науки. — Известия Музейного фонда им. А.А. Браунера (Одесса), 5 (4): 1–4.
- Павлинов И.Я. 2010. Замечания о биоморфике (экоморфологической систематике). — Журнал общей биологии, 71 (2): 187–192.
- Павлинов И.Я. 2011а. Как возможно выстраивать таксономическую теорию. — Зоологические исследования, 10: 45–100.
- Павлинов И.Я. 2011б. Когда коллекций не бывает слишком много. — Природа, 10: 48–50.
- Павлинов И.Я., Любарский Г.Ю. 2011. Биологическая систематика: эволюция идей. Сборник трудов Зоологического музея МГУ, 51. Москва: Т-во науч. изд. КМК. 667 с.
- Павлинов И.Я., Россолимо О.Л. 2004. Структура биологического разнообразия. — Аграрная Россия, 4: 21–24.
- Покровский М.П. 2006. Классификация как система. — Вопросы философии, 7: 95–104.
- Попов И.Ю. 2008. Периодические системы и периодический закон в биологии. Москва: Т-во науч. изд. КМК. 223 с.

- Попов Л.С., Антонов А.С., Медников Б.М., Белозерский А.Н. 1973. О естественной системе рыб: итоги применения метода гибридизации ДНК. — Доклады Академии наук СССР, 211 (3): 737–739.
- Поппер К.П. 2000. Эволюционная эпистемология. — Лахути Д.Г., Садовский В.Н., Финн В.К. (ред.). Эволюционная эпистемология и логика социальных наук: Карл Поппер и его критики. Москва: УРСС. С. 57–74.
- Похиленко В.Д., Баранов А.М., Детушев К.В. 2009. Методы длительного хранения коллекционных культур микроорганизмов и тенденции развития. — Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки, 4 (12): 99–121.
- Пригожин И., Стенгерс И. 1986. Порядок из хаоса. Москва: Прогресс. 432 с.
- Пузаченко Ю.Г. 2010. Биологическое разнообразие в биосфере: системологический и семантический анализ. — Биосфера, 1 (1): 25–38.
- Разумовский С.М. 1999. Избранные труды: Сборник научных статей. Москва: КМК Sci. Press. 560 с.
- Расницын А.П., 2002. Процесс эволюции и методология систематики. — Труды Русского энтомологического общества, 73. 108 с.
- Розов М.А. 1995. Классификация и теория как системы знания. — На пути к теории классификации. Новосибирск: Изд-во Новосибирск. госуд. универ. С. 81–127.
- Розова С.С. 1986. Классификационная проблема в современной науке. Москва: Наука. 222 с.
- Силаева О.И. 2012. Хранение коллекции семян мировых растительных ресурсов в условиях низких положительных температур – оценка, состояние, перспективы. — Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, 169: 230–239.
- Симпсон Дж. Г. 2006. Принципы таксономии животных. Москва: Т-во науч. изд. КМК. 293 с.
- Смирнов И.С., Лобанов А.Л., Алимов А.Ф., Кривохатский В.А. 2003. Электронные коллекции Зоологического института РАН. — Труды 5-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции», Санкт-Петербург, Россия, 2003. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербург. госуд. универ. С. 275–278.
- Смирнов И.С., Лобанов А.Л., Алимов А.Ф. и др. 2006. Зоологические электронные публикации: коллекции и идентификационные системы. — Интернет и современное общество. Труды IX всероссийской объединенной конференции, 14–16 ноября 2006 г., Санкт-Петербург. Санкт-Петербург: Санкт-Петербург. госуд. универ. С. 115–118.
- Соловьёв И.В. 2014. Онтологии предметной области в науках о Земле. — Perspectives of Science and Education, 1: 74–78.
- Сотникова С.И. 2011. Естественноисторическая музеология. Томск: Изд-во Томск. госуд. универ. 304 с.
- Субботин А.Л. 2001. Классификация. Москва: Инст. филос. РАН. 89 с.
- Уайтхед А.Н. 1990. Избранные работы по философии. Москва: Прогресс. 717 с.
- Утехин И.В. 2005. Введение в семиотику. ИДПО «Европейский университет в Санкт-Петербурге». http://old.eu.spb.ru/ethno/courses/et_p10_add.htm.
- Уоддингтон К. 1970. На пути к теоретической биологии, Т. 1. Прологомены. Москва: Мир. 184 с.
- Уэвелл У. 1867. История индуктивных наук, Т. 2. Санкт-Петербург: Изд-во Русск. книж. торг. 431 с.
- Фуко М. 1994. Слова и вещи. Археология гуманитарных наук. Санкт-Петербург: А-сэд. 406 с.
- Хахлеег К., Хукер К. 1996. Эволюционная эпистемология и философия науки. — Современная философия науки. Москва: Логос. С. 158–198.
- Хургин В.М. 2007. Об определении понятия «информация». — Информационные ресурсы России, 3 (97): 1–8.
- Чернов Ю.И. 1991. Биологическое разнообразие: сущность и проблемы. — Успехи современной биологии, 111 (4): 499–507.
- Шляхтина Л.М. 2016. Основы музейного дела: теория и практика. Санкт-Петербург: Изд-во «Лань». 248 с.

- Шуман А.Н. 2001. Философская логика: истоки и эволюция. Минск: Экономпресс. 368 с.
- Юренева Т.Ю. 2002. Западноевропейские естественно-научные кабинеты XVI–XVII веков. — Вопросы истории естествознания и техники, 4: 765–786.
- Юренева Т.Ю. 2003. Музей в истории мировой культуры. Москва: Русское слово. 532 с.
- Юренева Т.Ю. 2004. Музееведение. Москва: Академический Проект. 560 с.
- A matter... 2005. A matter of life and death: Natural science collections: why keep them and why fund them? — NatSCA. 2005. A report published by the Natural Sciences Collections Association in the UK. 14 p. <http://www.spnhc.org/media/assets/AMatterOfLifeAndDeath.pdf>.
- ADBC. 2016. The National Science Foundation's Advancing Digitization of Biodiversity Collections (ADBC). <https://www.idigbio.org/content/nsf-adbc-program-information>; https://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=503559.
- Advanced... 2015–2016. Advanced Courses — Natural History Collections and Biodiversity. <http://ce3c.ciencias.ulisboa.pt/training/ver.php?id=17>.
- Alberch P. 1993. Museums, collections, and biodiversity inventories. — Trends in Ecology and Evolution, 8 (10): 372–375.
- Alexander E.P., Alexander M. 2008. Museums in motion. An introduction to the history and functions of museums. New York: Altamira Press. 352 p.
- Allen B., Steel M. 2001. Subtree transfer operations and their induced metrics on evolutionary trees. — Annals of Combinatorics, 5: 1–13.
- Allmon W. D. 1994. The value of natural history collections. — Curator, 37 (1): 82–89.
- Allmon W.D. 2005. The importance of museum collections in paleobiology. — Paleobiology, 31 (1): 1–5.
- American Association of Museums. 1992. Code of ethics. American Association of Museums, Washington (DC). 4 p.
- An information model for biological collections. 1992. Report of the Biological Collections Data Standards Workshop August 18–24, 1992. Association of Systematics Collections
- Anderson M. 1999. Museums of the future: the impact of technology on museums practices. — America's Museums, 128 (3): 129–162.
- Applequist W.L., Campbell L.M. (eds). 2014. DNA Banking for the 21st Century. Proceedings of the U.S. Workshop on DNA Banking. St. Louis (MO): The William L. Brown Center at the Missouri Botanical Garden. 194 p.
- Ariffin S.H.Z., Wahab R.M.A., Zamrod Z. et al. 2007. Molecular archeology of ancient bone from 400 year old shipwreck. — Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology, 15 (1): 27–31.
- Ariño A. 2010. Approaches to estimating the universe of natural history collections data. — Biodiversity Informatics, 7 (2): 81–92.
- Ariño A.H., Galicia D. 2005. Taxonomic-grade images. — Häuser C.L., Steiner A., Holstein J., Scoble M.J. (eds). Digital imaging of biological type specimens. A manual of best practice. Results from a study of the European Network for Biodiversity Information. Stuttgart: Staatliches Museum für Naturkunde; London: The Natural History Museum. P. 87–125.
- ASC. 2015. Association of Systematics Collections. https://en.wikipedia.org/wiki/Association_of_Systematics_Collections; http://siarchives.si.edu/collections/siris_arc_217612.
- Attwood T.K., Gisel A., Eriksson N.-E., Bongcam-Rudloff E. 2011. Concepts, historical milestones and the central place of bioinformatics in modern biology: A European perspective. — Mahdavi M.A. (ed.). Bioinformatics — trends and methodologies. In Tech — Open Access Publ. P. 1–38. <http://www.intechopen.com/books/bioinformatics-trends-and-methodologies>.
- Bada J.L., Wang X.S., Hamilton H. 1999. Preservation of key biomolecules in the fossil record: current knowledge and future challenges. — Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. B, Biological Sci., 354: 77–86.
- Baird R. 2010. Leveraging the fullest potential of scientific collections through digitization. — Biodiversity Informatics, 7 (1): 130–136.

- Barbosa C.C. 2013. Innovation in museums through the use of ICTs. Master Programme in European Studies of Society, Science, and Technology (ESST). Oslo: University of Oslo. 105 p. https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/35928/CostaBarbosa_MasterESSTTIKsenter.pdf?sequence=1.
- Barrowclough G.F. 1985. Museum collections and molecular systematics. — Miller E.H. (ed.). *Museum collections: Their roles and future in biological collections*. Victoria: British Columbia Provincial Museum. P. 43–54.
- Bates J. 2007. Natural history museums. World centers of biodiversity knowledge now and in the future. — *The Systematist*, 29: 3–6.
- Beaman R., Macklin J., Donoghue M., Hanken J. 2007. Overcoming the digitization bottleneck in natural history collections: A summary report on a workshop held 7–9 September 2006 at Harvard University. http://www.etaxonomy.org/wiki/images/b/b3/Harvard_data_capture_wkshp_rpt_2006.pdf.
- Beaman R.S., Cellinese N. 2012. Mass digitization of scientific collections: New opportunities to transform the use of biological specimens and underwrite biodiversity science. — *ZooKeys*, 209: 7–17.
- Berendsohn W.G. (ed.). 2007. Access to biological collection data. ABCD Schema 2.06 — ratified TDWG Standard. TDWG Task Group on Access to Biological Collection Data, BGBM, Berlin. <http://www.bgbm.org/TDWG/CODATA/Schema/default.htm>.
- Berendsohn W.G., Anagnostopoulos A., Hagedorn G. 1999. A comprehensive reference model for biological collections and surveys. — *Taxon*, 48 (8): 511–562.
- Berendsohn W.G., Güntsch A. 2001. Resource identification for a Biological Collection Information Service in Europe (BioCISE). — *Boccone*, 13: 257–260.
- Berendsohn W.G., Güntsch A., Hoffmann N. et al. 2011. Biodiversity information platforms: From standards to interoperability. — Smith V., Penev L. (eds). *e-Infrastructures for data publishing in biodiversity science*. *ZooKeys*, 150: 71–87.
- Berents P., Hamer M., Chavan V. 2010. Towards demand-driven publishing: Approaches to the prioritization of digitization of natural history collection data. — *Biodiversity Informatics*, 7 (2): 113–119.
- Besterman T. 1992. Disposals from museum collections: Ethics and practicalities. — *Museum Management and Curatorship*, 11 (1): 29–44.
- Bi K., Linderoth T., Vanderpool D. et al. 2013. Unlocking the vault: Next generation museum population genomics. — *Molecular Ecology*, 22 (24): 6018–6032.
- Birnbaum D., Coulier F., Pébusque M.-J., Pontarotti P. 2000. “Paleogenomics”: Looking in the past to the future. — *Journal of Experimental Zoology*, 288 (1): 21–22.
- Biodiversity Collections ... 2008. Biodiversity Collections Index. <http://hangingtogether.org/?p=477>.
- Biodiversity Collections... 2013. Biodiversity Collections. Department of Integrative Biology. <https://integrativebio.utexas.edu/biodiversity-collections>.
- Biodiversity Collections ... 2015. Biodiversity Collections. Science @ NYBG. <http://www.nybg.org/science-new/explore/biodiversity-collections.php>.
- Biodiversity Informatics... 1999. Biodiversity Informatics — The Term. <http://www.bgbm.org/BioDivInf/TheTerm.htm>.
- Biological... 2016. Biological Collection Access Service. <http://www.biocase.org/>.
- Bisby F.A. 2000. The quiet revolution: biodiversity informatics and the internet. — *Science*, 289 (10): 2309–2312.
- Blackburn H.D., Boettche P.J. 2010. Options and legal requirements for national and regional animal genetic resource collections. — *Animal Genetic Resources*, 47: 91–100.
- Blagoderov V., Kitching I.J., Livermore L. et al. 2012. No specimen left behind: Industrial scale digitization of natural history collections. — *ZooKeys*, 209: 133–146.
- Blagoderov V., Smith V.S. 2012. No specimen left behind: Mass digitization of natural history collections. Sofia–Moscow: PenSoft. 267 p.
- Boylan P.J. 1999. Universities and museums: Past, present and future. — *Museum Management and Curatorship*, 18 (1): 43–56.
- Bradley R.D., Bradley L.C., Garner H.J., Baker R.J. 2014. Assessing the value of natural history collections and addressing issues re-

- garding long-term growth and care. — *BioScience*, 64 (12): 1150–1158.
- Breidbach O., Ghiselin M.T. 2007. Baroque classification: A missing chapter in the history of systematics. — *Annals of the History and Philosophy of Biology*, 11 (2006): 1–30.
- Brooks D.R., Wiley E.O. 1986. *Evolution as entropy*. Chicago: Univ. Chicago Press. 335 p.
- Broughton V. 2006. The need for a faceted classification as the basis of all methods of information retrieval. — *Aslib Proceedings: New Information Perspectives*, 58 (1/2): 49–72.
- Brown J.H., K. Gupta V. Li B.-L. et al. 2002. The fractal nature of nature: power laws, ecological complexity and biodiversity. — *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. B, Biological Sci.*, 357: 619–626.
- Butler D., Gee H., Macilwain C. 1998. Museum research comes off list of endangered species. — *Nature*, 394: 115–117.
- Cannon-Brookes P. 1996. Second World Congress on the preservation and conservation of natural history collections, 1996. — *Museum Management and Curatorship*, 15 (3): 323–325.
- Carpenter J.R. 1936. Quantitative community studies of land animals. — *Journal of Animal Ecology*, 5 (2): 231–245.
- Carter D., Walker A. 1999. *Care and conservation of natural history collections*. Oxford (UK): Butterworth-Heinemann Ltd. 288 p.
- Cato P.S. 1994. Guidelines for the care of natural history collections. — *Society for the Preservation of Natural History Collections*. <http://cool.conservation-us.org/byorg/spnhc/spnhc1.html>.
- Cato P.S., Dicus D.H., von Endt D. 2001. Conservation research: Results of a survey of the SPNHC membership. — *Priorities for natural history collections research: Results of a survey of the SPNHC membership*. *Collection Forum*; 15 (1–2): 1–25.
- Cato P.S., Williams S.L. 1993. Guidelines for developing policies for the management and care of natural history collections. — *Collection Forum*, 9 (2): 84–107.
- Chalmers N. 1993. Achieving strategic change: Natural history collections for the twenty-first century. — Rose C.L., Williams S.L., Gisbert L. (eds). *International Symposium and First World Congress on the preservation and conservation of natural history collections: Congress book, Vol. 3*. Madrid: Dirección General de Bellas Artes y Archivos, Ministerio de Cultura. P. 143–146.
- Chalmers N. 1994. The failure of the natural history museum: a reply to Y.Z. Erzinçlioğlu. — *Journal of Natural History*, 28 (3): 739–740.
- Chapman A.D. 2005. Principles and methods of data cleaning — primary species and species-occurrence data, version 1.0. Report for the Global Biodiversity Information Facility. Copenhagen. 71 p.
- Chavan V., Krishnan S. 2003. Natural history collections: A call for national information infrastructure. — *Current Science*, 84 (1): 34–42.
- Cherry M.I. 2009. What can museum and herbarium collections tell us about climate change? — *South African Journal of Science*, 105 (1/2): 87–88.
- Choi J.H., Lee H.J., Shipunov A. 2015. All that is gold does not glitter? Age, taxonomy, and ancient plant DNA quality. — *PeerJ* 3: e1087. DOI 10.7717/peerj.1087.
- Clemannnn N., Rowe K.M.C., Rowe K.C. et al. 2014. Value and impacts of collecting vertebrate voucher specimens, with guidelines for ethical collection. — *Memoirs of Museum Victoria*, 72: 141–151.
- Collar N.J. 2000. Collecting and conservation: cause and effect. — *Bird Conservation International*, 10: 1–15.
- Collection... 2015. Collection of voucher specimens. *Animal Research Review Panel Guideline 5*. <http://www.animaethics.org.au/policies-and-guidelines/wildlife-research/voucher-specimens>.
- Collins C. (ed.). 1995. *Care and conservation of paleontological materials*. Oxford: Butterworth-Heinemann Publ. 139 p.
- Committee on Computerization and Networking. <http://cool.conservation-us.org/lex/datamodl.html>.
- Cook J.A., Edwards S.V., Lacey E. et al. 2014. Aiming up: Natural history collections as emerging resources for innovative under-

- graduate education in biology. — *BioScience*, 64 (8): 725–734.
- Costa C.M., Roberts R.P. 2014. Techniques for improving the quality and quantity of DNA extracted from herbarium specimens. — *Phytoneuron*, 48 (1): 1–8.
- Cotterill F.P.D. 1996. The socio-economic values of biodiversity collections and the challenges of measuring organismal and ecological biodiversity. Invited Keynote Address. — *Second World Congress on Natural Science Collections*. Cambridge, UK, 20th to 24th August 1996, Cambridge University. <https://www.researchgate.net/publication/292931602>.
- Cotterill F.P.D. 1997a. The second Alexandria tragedy, and the fundamental relationship between biological collections and scientific knowledge. — Nudds J.R., Pettitt C.W. (eds). *The value and valuation of natural science collections: Proceedings of the International Conference, Manchester, 1995*. London: The Geological Society. P. 227–241.
- Cotterill F.P.D. 1997b. The growth of the WCCR or the extinction of biosystematic resources? Beyond the Second World Congress on Natural History Collections. — *ICOM Natural History Collections Newsletter*, 11: 7–11.
- Cotterill F.P.D. 2002. The future of natural science collections into the 21st Century. — *Conferencia De Clausura. Actas Del I Simposio Sobre El Patrimonio Natural En Las Colecciones Públicas En Espaca*. Vitoria. P. 237–282.
- Colwell R.R. (ed.). 1976. *The role of culture collections in the era of molecular biology*. Washington (DC). American Society for Microbiology. 76 p.
- Cromey D.W. 2010. *Digital imaging: Ethics*. Southwest Environmental Health Sciences Center, University of Arizona, Tucson, Arizona. http://www.columbia.edu/cu/compliance/pdfs/Digital_Imaging_Ethics.pdf.
- Cromey D.W. 2012. Digital images are data: And should be treated as such. — *Methods in Molecular Biology*, 931: 1–27.
- Culley T.M. 2013. Why vouchers matter in botanical research. — *Applications in Plant Sciences*, 1 (11): 1–5.
- Dalton R. 2003. Natural history collections in crisis as funding is slashed. — *Nature*, 423: 575.
- Danks H.V. 1991. Museum collections: Fundamental values and modern problems. — *Collection Forum*, 7 (2): 95–111.
- Davis G.M. 1996. Collections of biological specimens essential for science and society. — *Association of Systematic Collections Newsletter*, 24: 77–78, 88–90.
- Developing... 2012. *Developing a collections management policy*. Alliance reference guide. American Alliance of Museums. 12 p. <http://www.aam-us.org/docs/default-source/continuum/developing-a-cmp-final.pdf?sfvrsn=4>.
- Digitisation... 2008. *Digitisation of natural history collections data*. GBIF training manual 1. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. 518 p.
- Digitisation... 2012. *Digitisation: A strategic approach for natural history collections*. CSIRO. <http://www.ala.org.au/wp-content/uploads/2011/10/Digitisation-guide-120223.pdf>.
- Donegan T.M. 2008. New species and subspecies descriptions do not and should not always require a dead type specimen. — *Zootaxa*, 1761: 37–48.
- Doughty R.S. 1993. Collections assessments and long-range planning. — *International Symposium and First World Congress on the Preservation and Conservation of Natural History Collections*, Vol. 3. Madrid: Dirección General de Bellas Artes y Archivos, Ministerio de Cultura. P. 275–288.
- Drew J. 2011. The role of natural history institutions and bioinformatics in conservation biology. — *Conservation Biology*, 25 (6): 1250–1252.
- Dubois A., Nemésio A. 2007. Does nomenclatural availability of nomina of new species or subspecies require the deposition of vouchers in collections? — *Zootaxa*, 1409: 1–22.
- Duckworth W.D., Genoways H.H., Rose C.L. 1993. *Preserving natural science collections: chronicle of our environmental heritage*. Washington (DC): National Institute for the Conservation of Cultural Property. 140 p.

- Eglinton G., Curry G.B. (eds). 1991. Molecules through time: Fossil molecules and biochemical systematics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. B, Biological Sci.*, 333. 119 p.
- Ekosaari M., Jantunen S., Paaskoski L. 2015. A checklist for museum collections management policy. *Museum 2015 Project and National Board of Antiquities*. 26 p. <http://www.nba.fi/fi/File/2404/museum-collections-management-policy.pdf>.
- Eldredge N. 1992. Where the twain meet: causal intersections between the genealogical and ecological realms. — Eldredge N. (ed.). *Systematics, ecology and the biodiversity crisis*. New York: Columbia Univ. Press. P. 1–14.
- Ellis R. 2008. Rethinking the value of biological specimens: Laboratories, museums and the Barcoding of Life Initiative. — *Museum and Society*, 6 (2): 172–191.
- Erwin D.H. 2007. Disparity: morphological pattern and developmental context. — *Palaeontology*, 50 (1): 57–73.
- EU BON. 2012. EU BON — Building the European Biodiversity Observation Network. http://www.eubon.eu/show/project_2731/.
- Faith D.P. 2003. Biodiversity. — Zalta E.N. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2003 edition). <http://plato.stanford.edu/archives/sum2003/entries/biodiversity/>.
- Federhen S. 2015. Type material in the NCBI Taxonomy Database. — *Nucleic Acids Research*, 43 (Database issue): D1086–D1098.
- Flemons P., Berents P. 2012. Image based digitisation of entomology collections: Leveraging volunteers to increase digitization capacity. — *ZooKeys*, 209: 203–217.
- Foote M. 1997. The evolution of morphological diversity. — *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 28. P. 129–152.
- Fowler C. 2008. The Global Crop Diversity Trust: securing the future of agriculture. 28 p. https://blogs.worldbank.org/files/climatechange/The%20Svalbard%20Seed%20Vault_Global%20Crop%20Diversity%20Trust%202008.pdf.
- Franz N.M., Thau D. 2010. Biological taxonomy and ontology development: Scope and limitations. — *Biodiversity Informatics*, 7 (1): 45–66.
- Feeley K.J., Silman M.R. 2011. Keep collecting: Accurate species distribution modeling requires more collections than previously thought. — *Diversity and Distributions*, 17: 1132–1140.
- Funk V. 2004. 100 uses for an herbarium. The Yale University Herbarium. 4 p. <http://www.peabody.yale.edu>.
- Funk V. 2014. The erosion of collections-based science: Alarming trend or coincidence? — *Plant Press*, 17 (4): 1–4.
- Funk V.A., Hoch P.C., Prather L.A., Wagner W.L. 2005. The importance of vouchers. — *Taxon*, 54 (1): 127–129.
- GBIF. 2008. GBIF training manual 1: Digitation of natural history collections. Global Biodiversity Information Facility. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.org/resource/80630>.
- GBIF. 2016. Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.org/>.
- GBRCN. 2012. Global Biological Resource Centre Network. <http://www.gbrcn.org/>.
- Global... 2013. The Global Registry of Biodiversity Repositories (GRBio). <http://grbio.org/>.
- Global... 2016. Global Biobank Directory, Tissue Banks and Biorepositories. <http://specimencentral.com/biobank-directory/>.
- Golenberg E., Brown T.A., Bada J.L. et al. 1991. Amplification and analysis of Miocene plant fossil DNA [and discussion]. — *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. B, Biological Sci.*, 333: 419–427.
- Goris J., Konstantinidis T.K., Klappenbach J.A. et al. 2007. DNA–DNA hybridization values and their relationship to whole-genome sequence similarities. — *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 57 (1): 81–91.
- Graham C.H., Ferrier S., Huettman F. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. — *Trends in Ecology and Evolution*, 19 (9): 497–503.
- Green R.E., Scharlemann J.P.W. 2003. Egg and skin collections as a resource for long-term

- ecological studies. — *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 123A: 165–176.
- Gropp R.E. 2013. Are university natural science collections going extinct? — *BioScience*, 53 (6): 550.
- Guralnick R., Hill A. 2009. Biodiversity informatics: automated approaches for documenting global biodiversity patterns and processes. — *Bioinformatics*, 25 (4): 421–428.
- Guschanski K., Krause J., Sawyer S. 2013. Next-generation museomics disentangles one of the largest primate radiations. — *Systematic Biology*, 62 (4): 539–554.
- Hardisty A., Roberts D. 2013. A decadal view of biodiversity informatics: challenges and priorities. — *BMC Ecology*, 13: 16. <http://www.biomedcentral.com/1472-6785/13/16>.
- Harrison P. 2006. The Bible and the emergence of modern science. — *Science & Christian Belief*, 18 (1): 115–132. http://epublications.bond.edu.au/hss_pubs/68/.
- Hassapakis C. 2009. The Frozen Ark Project: the role of zoos and aquariums in preserving the genetic material of threatened animals. — *Issue International Zoo Yearbook*, 43 (1): 222–230.
- Haston E., Cubey R., Harri D.J. 2012. Data concepts and their relevance for data capture in large scale digitisation of biological collections. — *International Journal of Humanities and Arts Computing*, 6 (1–2): 111–119.
- Haston E., Cubey R., Pullan M. et al. 2012. Developing integrated workflows for the digitization of herbarium specimens using a modular and scalable approach. — *ZooKeys*, 209: 93–102.
- Häuser C.L., Steiner A., Holstein J., Scoble M.J. (eds). 2005. *Digital imaging of biological type specimens. A manual of best practice. Results from a study of the European Network for Biodiversity Information*. Stuttgart: Staatliches Museum für Naturkunde; London: The Natural History Museum. 309 p.
- Heidorn P.B. 2011. Biodiversity informatics. — *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, 37 (6): 38–44.
- Heintzman P.D., Soares A.E.R., Chang D., Shapiro B. 2015. Paleogenomics. — *Reviews in Cell Biology and Molecular Medicine*, 1: 243–267.
- Herholdt E.M. (ed.). 1990. *Natural history collections: Their management and value*. Pretoria: Transvaal Museum. 172 p.
- Herrmann R.G., Hummel S. (eds). 1994. *Ancient DNA: Recovery and analysis of genetic material from paleontological, archeological, museum, medical and forensic specimens*. New York: Springer Verlag. 262 p.
- Hey T., Tansley S., Tolle K. (eds). 2009. *The fourth paradigm: Data-intensive scientific discovery*. Redmond (WA): Microsoft Research. 251 p.
- Hoagland K.E. 1994. Risks and opportunities for natural history collections: Moving toward a unified policy. — *Curator*, 37 (2): 129–132.
- Hoagland K.E. (ed.) 1994. *Guidelines for institutional policies and planning in natural history collections*. Washington (DC): Association of Systematics Collections. 120 p.
- Hogeweg P. 2011. The roots of bioinformatics in theoretical biology. — *PLoS Computational Biology*, 7 (3): e1002021.
- Hoeksema B.W., van der Land J., Svan der Meij E.T. et al. 2011. Unforeseen importance of historical collections as baselines to determine biotic change of coral reefs: the Saba Bank case. — *Marine Ecology*, 32 (1): 135–141.
- Hohn T.C. 2007. *Curatorial practice for botanical gardens*. Lanham (MD): AltaMira Press. 227 p.
- Holetschek J., Droege G., Güntsch A., Berendsohn W.G. 2012. The ABCD of rich data access to natural history collections. — *Plant Biosystems*, 146 (4): 771–779.
- Hooper-Greenhill E. 1992. *Museums and the shaping of knowledge*. London: Routledge. 183 p.
- Hull D.L. 1988. *Science as a process*. Chicago: Univ. Chicago Press. 586 p.
- Hammond E. 2015. Amid controversy and irony, Costa Rica's INBio surrenders biodiversity collections and lands to the State. — TWN Third World Network. <http://www.twn.my/title2/biotk/2015/btk150401.htm>.
- Hutchins M., Willis K., Wiese R.J. 1995. Strategic collection planning: Theory and practice. — *Zoo Biology*, 14 (1): 5–25.
- Hyam R. 2012. NA3 Task 2.3 — Metadata on European Collections. Report and Forward

- Plan. http://www.hyam.net/blog/wp-content/uploads/2011/06/report_02.pdf.
- ICOM... 2013. ICOM Code of Ethics for Natural History Museums. http://icom.museum/uploads/media/nathcode_ethics_en.pdf.
- ICOM. 2016. International Council of Museums — ICOM. <http://icom.museum/the-organisation/>; <http://icom-russia.com/>.
- Impey O., Macgregor A. (eds.). 2001. The origins of museums: The cabinet of curiosities in sixteenth- and seventeenth-century Europe, 2nd ed. London: House of Stratus. 431 p.
- Jackson J.A., Laikre L., Baker C.S. et al. 2012. Guidelines for collecting and maintaining archives for genetic monitoring. — *Conservation Genetics Resources*, 4 (2): 527–536.
- Jeram A.J. 1997. Criteria for establishing the scientific value of natural science collections. — Nudds J.R., Pettitt C.W. (eds). *The value and valuation of natural science collections: Proceedings of the International Conference, Manchester, 1995*. London: The Geological Society. P. 61–67.
- Jonas J.A., Zhou X., Misof B. 2013. The importance of biobanking in molecular taxonomy, with proposed definitions for vouchers in a molecular context. — *ZooKeys*, 365: 67–70.
- Jones M.B., Schildhauer M.P., Reichman O.J., Bowers S. 2006. The new bioinformatics: Integrating ecological data from the gene to the biosphere. — *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 37: 519–544.
- Just J., Kristensen R.M., Olesen J. 2014. *Dendrogramma*, new genus, with two new non-bilaterian species from the marine bathyal of southeastern Australia (Animalia, Metazoa incertae sedis) — with similarities to some medusoids from the Precambrian Ediacara. — *PLoS ONE*, 9 (9): e102976.
- Kageyama M., Monk R.R., Bradley R.D. et al. 2007. The changing significance and definition of the biological voucher. — Williams S.L., Hawks C.A. (eds). *Museum studies. Perspectives and Innovations*. Washington (DC): Society for the Preservation of Natural History Collections. P. 257–264.
- Kageyama M. 2003. Re-evaluation of museum voucher specimens in the modern biological research. Abstr. thesis in museum science. Lubbock (TX): Texas Tech University. 50 p. <https://repositories.tdl.org/ttu-ir/bitstream/handle/2346/10835/31295019165942.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Kakaliouras A.M. 2014. When remains are “lost”: Thoughts on collections, repatriation, and research in american physical anthropology. — *Curator*, 57 (2): 213–223.
- Keen S. 2008. Collections for people. Museums’ stored collections as a public resource. London: Institute of Archaeology. 84 p.
- Knapp M., Hofreiter M. 2010. Next generation sequencing of ancient DNA: Requirements, strategies and perspectives. — *Genes (Basel)*, 1 (2): 227–243.
- Kress W.J., Miller S.E., Krupnick G.A., Lovejoy T.E. 2001. Museum collections and conservation efforts. — *Science*, 291: 828–829.
- Krishtalka L., Humphrey P.H. 2000. Can natural history museums capture the future? — *BioScience*, 50 (7): 611–617.
- Lane M.A. 1996. Roles of natural history collections. — *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 83 (4): 536–545.
- Lane M.A., Edwards J.L. 2007. The Global Biodiversity Information Facility. — Curry G.B., Humphries C.J. (eds). *Biodiversity databases: Techniques, politics, and applications. The Systematics Association Special Volume Series, 73*. Boca Raton (FL): CRC Press. P. 1–4.
- Lapp H., Morris R.A., Catapano T. et al. 2011. Organizing our knowledge of biodiversity. — *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, 37 (4): 38–42.
- Latham K.F., Simmons J.E. 2014. *Foundations of museum studies: Evolving systems of knowledge*. Santa Barbara (CA): Libraries Unlimited. 152 p.
- Laubitz D.R., Shih C.T., Sutherland I. 1983. Why should a museum maintain a large collection? — Faber D.J. (ed.). *Proceedings of 1981 Workshop on Care and Maintenance of Natural History Collections. Syllogeus*, 44 (2): 169–171.
- Leadley P., Pereira H.M., Alkemade R. et al. 2010. Biodiversity scenarios: Projections of 21st century change in biodiversity and associated ecosystem services. Technical

- Series no. 50. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 132 p.
- Lee W.L., Bell B.M., Sutton J.F. 2007. Characterization of voucher specimens. — Knell S.J. (ed.). *Museums in a material world*. Abingdon: Routledge. 46–50.
- Lister A.M., Brooks S.J., Fenberg P.B. et al. 2011. Natural history collections as sources of long-term datasets. — *Trends in Ecology and Evolution*, 26 (4): 153–154.
- Loftin R.W. 1992. Scientific collecting. — *Environmental Ethics*, 14 (3): 253–264.
- Lourenço M. 2003. Contributions to the history of university museums and collections in Europe. — *Museologia*, 3 (1–2): 17–26.
- Macdonald S. 2011. *A companion to museum studies*. Malden (MA): Wiley-Blackwell. 487 p.
- MacLaurin J., Sterelny K. 2008. *What is biodiversity*. Chicago: Univ. Chicago Press. 217 p.
- MacLean B.S., Bell K.C., Dunnum J.L. et al. 2016. Natural history collection-based research: Progress, promise, and best practices. — *Journal of Mammalogy*, 97 (1): 287–297.
- Malik K.A., Claus D. 1987. Bacterial culture collections: Their importance to biotechnology and microbiology. — *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 5 (1): 137–198.
- Malone M.E. 2010. *Increasing the use and value of collections: Finding DNA. A Thesis...* Degree of Master of Arts. Waco (TX): Baylor University. 104 p.
- Mandrioli M. 2008. Insect collections and DNA analyses: How to manage collections? — *Museum Management and Curatorship*, 23 (2): 193–199.
- Manning R.B. 1969. Automation in museum collections. — *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 82: 671–686.
- Mares M.A. 1993. Natural history museums: Bridging the past and the future. — Rose C.L., Williams S.L., Gisbert L. (eds). *International Symposium and First World Congress on the preservation and conservation of natural history collections: Congress book, Vol. 3*. Madrid: Dirección General de Bellas Artes y Archivos, Ministerio de Cultura. P. 367–404.
- Martin G. 2006. The impact of frozen tissue and molecular collections on natural history museum collections. — *NatSCA News*, 10: 31–47.
- Matsunaga A., Thompson A., Figueiredo R.J. 2013. A computational- and storage-cloud for integration of biodiversity collections. — *eScience. 2013 IEEE 9th International Conference on e-Science*. Beijing. P. 78–87. DOI 10.1109/eScience.2013.48.
- Mayr E. 1982. *The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge (MA): Belknap Press. 974 p.
- Mayr E., Goodwin R. 1956. *Biological materials. Part 1. Preserved materials and museum collections*. Biology Council Division of Biology and Agriculture Publication 399. Washington (DC): National Academy of Sciences. 20 p.
- McClain C.R., Johnson N.A., Rex M.A. 2004. Morphological disparity as a biodiversity metric in lower bathyal and abyssal gastropod assemblages. — *Evolution*, 58 (2): 338–348.
- Mehrhoff L.J. 1997. Museums, research collections, and the biodiversity challenge. — Reaka-Kudia M.L., Wilson D., Wilson E.O. (eds). *Biodiversity II: Understanding and protecting our biological resources*. Washington (D.C.): Joseph Henry Press. P. 447–466.
- Metsger D.A., Byers S. 1999. *Managing the modern herbarium*. Washington (DC): Society for the Preservation of Natural History Collections. 384 p.
- Michalski S. 1992. *Standards in the museum care of biological collections*. London: Museums & Galleries Commission. 55 pp.
- Miller E.H. (ed.). 1985. *Museum collections: Their roles and future in biological research*. Victoria: British Columbia Provincial Museum. 222 p.
- Miller E.H. 1993. Biodiversity research in museums: A return to basics. — Fenger M.A., Miller E.H. et al. (eds). *Our living legacy: Proceedings of a Symposium on Biological Diversity*. Victoria: Royal British Columbian Museum. P. 141–173.

- Minteer B.A., Collins J.P., Love K.E., Puschendorf R. 2014. Avoiding (re)extinction. — *Science*, 344: 260–261.
- Monk R.R., Baker R.J. 2001. e-Vouchers and the use of digital imaginary in natural history collections. — *Museology*, 10: 1–8.
- Mononen T., Tegelberg R., Sääskilähti M. et al. 2014. DigiWeb – a workflow environment for quality assurance of transcription in digitization of natural history collections. — *Biodiversity Informatics*, 9 (1): 18–29.
- Mora C., Tittensor D.P., Adl S., et al. 2011. How many species are there on earth and in the ocean? — *PLoS Biol*, 9 (8): e1001127.
- Morphobank. 2012. Morphobank – Homology of Phenotypes over The Web. <http://www.morphobank.org/index.php/Home/Index>.
- Mulligan C.J. 2005. Isolation and analysis of DNA from archaeological, clinical, and natural history specimens. — *Methods in Enzymology*, 395. *Molecular Evolution, Producing the Biochemical Data, Part B*: 87–103.
- Murphey P.C., Guralnick R.P., Glaubitz R. 2004. Georeferencing of museum collections: A review of problems and automated tools, and the methodology developed by the Mountain and Plains Spatio-Temporal Database-Informatics Initiative (Mapstedi). — *PhyloInformatics*, 3: 1–29.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G. et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. — *Nature*, 403: 853–858.
- NA3... 2013. NA3 Task 2.3 – Metadata on European Collections – Report and Forward Plan. http://www.hyam.net/blog/wp-content/uploads/2011/06/report_02.pdf.
- Nachman M.W. 2013. Genomics and museum specimens. — *Molecular Ecology*, 22 (24): 5966–5968.
- NatSCA. 2016. Natural Sciences Collections Association – NatSCA. <http://www.natsca.org/>.
- Network. 2010. A strategic plan for establishing a Network Integrated Biocollections Alliance. https://digbiocol.files.wordpress.com/2010/08/niba_brochure.pdf.
- Nichols C.A. 2014. Lost in museums: The ethical dimensions of historical practices of anthropological specimen exchange. — *Curator*, 57 (2): 226–236.
- Nicholson T.D. 1991. Preserving the Earth's biological diversity: The role of museums. — *Curator*, 34 (2): 85–108.
- NMNH. 2016. NMNH Biorepository. <http://naturalhistory.si.edu/rc/biorepository/>.
- Norton D.A., Lord J.M., Given D.R., De Lange P.J. 1994. Over-collecting: An overlooked factor in the decline of plant taxa. — *Taxon*, 43 (2): 181–185.
- NSC. 2004. Natural Science Collections Alliance (NSC). <http://www.gulfbase.org/organization/view.php?oid=nsc>.
- Nudds J.R., Pettitt C.W. (eds). 1997. The value and valuation of natural science collections: Proceedings of the International Conference, Manchester, 1995. London: The Geological Society. 276 p.
- Olffa H., Ritchie M.E. 2002. Fragmented nature: consequences for biodiversity. — *Landscape and Urban Planning*, 58 (1): 83–92.
- Pääbo S. 1989. Ancient DNA: extraction, characterization, molecular cloning, and enzymatic amplification. — *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 86 (6): 1939–1943.
- Page R.D.M. 2005. Phyloinformatics: Towards a phylogenetic database. — Zaki M.J. et al. (eds). *Data mining in bioinformatics, advanced information and knowledge processing*. Berlin: Schpringer Verlag. P. 219–241.
- Paine C. (ed.). 1992. Standards in the museum care of biological collections. London: Museums & Galleries Commission. 5 p.
- Paknia O., Rajaei H.S., Koch A. 2015. Lack of well-maintained natural history collections and taxonomists in megadiverse developing countries hampers global biodiversity exploration. — *Organisms Diversity and Evolution*. 11 p. http://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/paknia_et_al_2015_biodiversity.pdf.
- Palacios F., Martínez C., Thomas B. et al. (eds). 1993. International Symposium and First World Congress on the preservation and conservation of natural history collections: Congress book, Madrid, Spain, 10–15 May 1992. Madrid: Dirección General de Bellas

- Artes y Archivos, Ministerio de Cultura. 328 p.
- Palero F., Hall S., Clark P.F. et al. 2010. DNA extraction from formalin-fixed tissue: New light from the deep sea. — *Scientia Marina*, 74 (3): 465–470.
- Parrl C.S., Guralnick R., Cellinese N., Page R.D.M. 2012. Evolutionary informatics: unifying knowledge about the diversity of life. — *Trends in Ecology and Evolution*, 27 (2): 94–103.
- Patterson B.D. 2002. On the continuing need for scientific collecting of mammals. — *Journal of Neotropical Mammalogy*, 9 (2): 253–262.
- Pavlinov I.Ya. 1996. Global biodiversity and museum collections: Problem of adequacy. — Abstr. International Senckenberg Conference “Global Biodiversity Research in Europe”. Frankfurt am Main. Rose: Senckenberg Museum. P. 59–60.
- Pavlinov I.Ya. 2007. On the structure of biodiversity: Some metaphysical essays. — Schwartz J. (ed.). *Focus on Biodiversity Research*. New York: Nova Sci. Publ. P. 101–114.
- Pavlinov I.Ya. 2011. Morphological disparity: An attempt to widen and to formalize the concept. — I.Ya. Pavlinov (ed.). *Research In Biodiversity: Models And Applications*. InTech – Open Access Publ. P. 341–364. <http://www.intechopen.com/articles/show/title/morphological-disparity-an-attempt-to-widen-and-to-formalize-the-concept>.
- Payne R.B., Sorenson M.D. 2003. Museum collections as sources of genetic data. — *Bonner zoologische Beiträge*, 51 (3/4): 97–104.
- Pearce D., Moran D. 1997. *The economic value of biodiversity*. London: Earthscan Publ. Ltd. 171 p.
- Peterson A.T., Knapp S., Guralnick R. et al. 2010. The big questions for biodiversity informatics. — *Systematics and Biodiversity*, 8 (2): 159–168.
- Peterson A.T., Navarro-Sigüenza A.G., Benítez-Díaz H. 1998. The need for continued scientific collecting: A geographic analysis of Mexican bird specimens. — *Ibis*, 140 (2): 288–294.
- Pettitt C.W. 1989. Uses of biological specimens: a survey. — *Biology Curators Group Newsletter*, 5 (1): 1–2.
- Pettitt C.W. 1997. The cultural impact of natural science collections. — Nudds J.R., Pettitt C.W. (eds). *The value and valuation of natural science collections: Proceedings of the International Conference, Manchester, 1995*. London: The Geological Society. P. 94–103.
- Pinto C. M. Baxter B.D. Hanson J.D. et al. 2010. Using museum collections to detect pathogens. — *Emerging Infectious Diseases*, 16 (2): 356–357.
- Pleijel F., Jondelius U., Norlinder E., Tholleson M. 2008. Phylogenies without roots? A plea for the use of vouchers in molecular studies. — *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 48 (1): 369–371.
- Poinar H.N., Schwarz C., Qi J. et al. 2006. Metagenomics to paleogenomics: Large-scale sequencing of mammoth DNA. — *Science*, 311 (5759): 392–394.
- Ponder W.F., Carter G.A., Flemons P., Chapman R.R. 2001. Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. — *Conservation Biology*, 15 (3): 648–657.
- Prendini L., Hanner R., DeSalle R. 2002. Obtaining, storing and archiving specimens and tissue samples for use in molecular studies. — DeSalle R., Giribet G., Wheeler W. (eds). *Techniques in molecular systematics and evolution*. Basel: Schpringer Verlag. P. 176–248.
- Pressey R.L., Humphries C.J., Margules C.R. et al. 1993. Beyond opportunism: Key principles for systematic reserve selection. — 8 (4): 124–128.
- Price J.C., Fitzgerald G.R. 1996. Categories of specimens: A collection management tool. — *Collection Forum*, 12 (1): 8–13.
- Puillandre N., Bouchet P., Boisselier-Dubayle M.-C. et al. 2012. New taxonomy and old collections: integrating DNA barcoding into the collection curation process. — *Molecular Ecology Resources*, 12 (3): 396–402.
- Pyke G.H., Ehrlich P.R. 2010. Biological collections and ecological/environmental research: a review, some observations and a look to the future. — *Biological Review of*

- Cambridge Philosophical Society, 85 (2): 247–266.
- REMIB. 2008. The World Information Network on Biodiversity – REMIB. http://www.conabio.gob.mx/remib_ingles/doctos/remib_ing.html.
- Remsen J.V. 1995. The importance of continued collecting of bird specimens in ornithology and bird conservation. — *Bird Conservation International*, 5 (2–3): 177–212.
- Remsen J.V. 1997. Museum specimens: science, conservation and morality. — *Bird Conservation International*, 7 (4): 363–366.
- Research... 2016. Behind the Scenes: NMNH Research and Collections. <http://naturalhistory.si.edu/rc/>.
- Rocha L.A., Aleixo A., Allen G. 2014. Specimen collection: An essential tool. — *Science*, 344: 814–815.
- Rocque D.A., Winker K. 2005. Use of bird collections in contaminant and stable-isotope studies. — *Auk*, 122 (3): 990–994.
- Rogers D.L., Qualset C.O., Mcguire P.E. 2009. The silent biodiversity crisis: Loss of genetic resource collections. — Amato G. et al. (eds). *Conservation genetics in the age of genomics*. New York: Columbia Univ. Press. P. 141–159.
- Rohland N., Siedel H., Hofreiter M. 2004. Non-destructive DNA extraction method for mitochondrial DNA analyses of museum specimens. — *BioTechniques*, 36 (5): 814–821.
- Rose C.L., Hawks C.A., Genoways H.H. (eds). 1995. *Storage of natural history collections, Vol. 2: A preventive conservation approach*. Iowa: Society for the Preservation of Natural History Collections. 448 p.
- Rose C.L., de la Torre A.R. (eds.) 1992. *Storage of natural history collections, Vol. 2: Ideas and practical solutions*. Pittsburgh: Society for the Preservation of Natural History Collections. 346 p.
- Rowe K.C., Singhal S., Macmanes M.D. et al. 2011. Museum genomics: Low cost and high-accuracy genetic data from historical specimens. — *Molecular Ecology Resources*, 11 (6): 1082–1092.
- Rowley D.L., Coddington J.A., Gates M.W. 2007. Vouchering DNA-barcoded specimens: test of a nondestructive extraction protocol for terrestrial arthropods. — *Molecular Ecology Notes*, 7 (6): 915–924.
- Sarkar S. 2002. Defining “biodiversity”; assessing biodiversity. — *The Monist*, 85 (1): 131–155.
- Särkinen T., Staats M., Richardson J.E. et al. 2012. How to open the treasure chest? Optimising DNA extraction from herbarium specimens. — *PLoS ONE* 7 (8): e43808.
- Scheitzer M.H. 2003. The future of molecular paleontology. — *Palaeontologia Electronica*, 5 (2): 1–11.
- Schweitzer M.H. 2004. Molecular paleontology: Some current advances and problems. — *Annales de Paléontologie*, 90 (2): 81–102.
- Schilthuizen M., Vairappan C.S., Slade E.M. et al. 2015. Specimens as primary data: Museums and ‘open science’. — *Trends in Ecology and Evolution*, 30 (5): 237–238.
- Scoble M.J. 2010. Natural history collections digitization: rationale and value. — *Biodiversity Informatics*, 7 (1): 77–80.
- Scoble M.J., Berendsohn W.G. 2007. Networking biological collections databases: Building a European infrastructure. — Curry G.B., Humphries C.J. (eds). *Biodiversity databases: Techniques, politics, and applications. The Systematics Association Special Volume Series 73*. Boca Raton (FL): CRC Press. P. 23–36.
- Shaffer H.B., Fisher R.N., Davidson C. 1998. The role of natural history collections in documenting species decline. — *Trends in Ecology and Evolution*, 13 (1): 27–30.
- Shetler S.G. 1995. Association of Systematic Collections strategic plane: Diverse institutions, common goals. — *Association of Systematic Collections Newsletter*, 23: 49–51.
- Sibley C.G., Ahlquist J.E. 1984. The phylogeny of the hominoid primates, as indicated by DNA–DNA hybridization. — *Journal of Molecular Evolution*, 20 (1): 2–15.
- Simmons J.E., Muñoz-Saba Y. 2003. The theoretical bases of collections management. — *Collection Forum*, 18 (1–2): 38–49.
- Slaughter M. 1982. *Universal languages and scientific taxonomy in the seventeenth century*. Cambridge (UK): Cambridge Univ. Press. 288 p.

- Smith D. 1997. Microbial genetic resources: Their use and organization. — Nudds J.R., Pettitt C.W. (eds). The value and valuation of natural science collections: Proceedings of the International Conference, Manchester, 1995. London: The Geological Society. P. 38–48.
- Smith V.S., Blagoderov V. 2012. Bringing collections out of the dark. — *ZooKeys*, 209: 1–6.
- Soberón J., Peterson A.T. 2004. Biodiversity informatics: managing and applying primary biodiversity data. — *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. B, Biological Sci.*, 359: 689–698.
- SpeciesLink. 2016. SpeciesLink — Distributed Information Network for Biological Collections. [http://splink.cria.org.br/index? &setlang=Zen&setlang=en](http://splink.cria.org.br/index?&setlang=Zen&setlang=en).
- Speers L. 2005. E-types – a new resource for taxonomic research. — Häuser C.L., Steiner A., Holstein J., Scoble M.J. (eds). 2005. Digital imaging of biological type specimens. A manual of best practice. Results from a study of the European Network for Biodiversity Information. Stuttgart: Staatliches Museum für Naturkunde; London: The Natural History Museum. P. 13–18.
- Spellerberg I. 2005. Monitoring ecological change, 2d ed. Cambridge (MA): Cambridge Univ. Press. 411 p.
- SPNHC. 2010. The Society for the Preservation of Natural History Collections (SPNHC). <http://www.spnhc.org/>.
- Stackebrandt E. 2010. Diversification and focusing: strategies of microbial culture collections. — *Trends in Microbiology*, 18 (7): 283–287.
- Stoitsis G., Tsilimparis X. 2012. Biodiversity digital collections. Challenges for educational use. The approach of Natural Europe Project. <http://open-up.eu/sites/open-up.eu/files/10.Biodiversity%20Digital%20Collections%20Challenges%20for%20Educational%20Use.pdf>.
- Strasser B.J. 2008. GenBank — natural history in the 21st century? — *Science*, 322: 537–538.
- Stuart B.L., Fritz U. 2008. Historical DNA from museum type specimens clarifies diversity of Asian leaf turtles (*Cyclemys*). — *Biological Journal of the Linnean Society*, 94 (1): 131–141.
- Suarez A.V., Tsutsui N.D. 2004. The value of museum collections for research and society. — *BioScience*, 54 (1): 66–74.
- Sullivan T.J., Abraham M., Griffin D.J.G. 2000. NAGPM: effective repatriation programs and cultural change in museums. — *Curator*, 43 (3): 231–260.
- Tang E.P.Y. 2006. Path to effective recovering of DNA from formalin-fixed biological samples in natural history collections. Washington (DC): The National Academies Press. 41 p.
- Tann J., Flemons P. 2008. Data capture of specimen labels using volunteers. — Australian Museum. 17 p. <http://australianmuseum.net.au/document/data-capture-of-specimen-labels-using-volunteers>.
- Tegelberg R., Haapala J., Mononen T. 2012. The development of a digitising service centre for natural history collections. — *ZooKeys*, 209: 75–86.
- Tegelberg R., Mononen T., Saarenmaa H. 2014. High-performance digitization of natural history collections: Automated imaging lines for herbarium and insect specimens. — *Taxon*, 63 (6): 1307–1313.
- Thomas R.H. 1994. Molecules, museums and vouchers. — *Trends in Ecology and Evolution*, 9 (11): 413–414.
- Thompson D.R., Furness R.W., Walsh P.M. 1992. Historical changes in mercury concentrations in the marine ecosystem of the north and north-east Atlantic Ocean as indicated by sea bird feathers. — *Journal Applied Ecology*, 29 (1): 79–84.
- Thomson K.S. 2005. Natural history museum collections in the 21st Century. — *Actionbioscience*. N. p. <http://www.actionbioscience.org/evolution/thomson.html>.
- Tin M.M.-Y., Economo E.P., Mikheyev A.S. 2014. Sequencing degraded DNA from non-destructively sampled museum specimens for RAD-tagging and low-coverage shotgun phylogenetics. — *PLoS ONE*, 9 (5): e96793.
- Turner T.R. 2014. Large scale collections of biological material and ethical first principles. — *Curator*, 57 (2): 259–267.
- Turney S., Cameron E.R., Cloutier C.A., Budde C.M. 2015. Non-repeatable science: as-

- sessing the frequency of voucher specimen deposition reveals that most arthropod research cannot be verified. — *PeerJ* 3:e1168; DOI 10.7717/peerj.1168.
- Tyndale-Biscoe H. (ed). 1992. Australia's biota and the national interest: The role of biological collections. *Australian biologist*, 5 (1). Darlinghurst (N.S.W.): Australian Institute of Biology. 106 p.
- Verna M. 2011. Museums and the repatriation of indigenous human remains. — Responsibility, Fraternity, and sustainability in law. A symposium in honour of Charles D. Gonthier. Montréal: Canadian Institute for the Administration of Justice. 17 p. <http://cisdl.org/gonthier/public/pdfs/papers/Conf%20Charles%20D%20Gonthier%20-%20Mara%20Verna.pdf>.
- Vollmar A., Macklin J.A., Ford L.S. 2010. Natural history specimen digitization: challenges and concerns. — *Biodiversity Informatics*, 7 (1): 93–112.
- Walls R.L., Deck J., Guralnick R. et al. 2014. Semantics in support of biodiversity knowledge discovery: An introduction to the biological collections ontology and related ontologies. — *PLoS ONE*, 9 (3): e89606.
- Ward D.F. 2012. More than just records: Analysing natural history collections for biodiversity planning. — *PLoS ONE*, 7 (11): e50346.
- WFCC. 2016. World Federation for Culture Collections. <http://www.wfcc.info/>.
- Wheeler T.A. 2003. The role of voucher specimens in validating faunistic and ecological research. A brief prepared by the Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods). Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods) Document series no. 9. http://www.academia.edu/4913100/The_Role_of_Voucher_Specimens_in_Validating_Faunistic_and_Ecological_Research.
- Wieczorek J., Bloom D., Guralnick R. et al. 2012. Darwin Core: An evolving community-developed biodiversity data standard. — *PLoS ONE*, 7 (1): e29715.
- Williams S.L. 1999. Destructive preservation: A review of the effect of standard preservation practices on the future use of natural history collections. — *Acta Universitatis Gothoburgensis*. 206 p.
- Williams S.L., Hawks C.A. (eds). 2007. *Museum studies. Perspectives and innovations*. Washington (DC): Society for the Preservation of Natural History Collections. 281 p.
- Wilson E.O. (ed.). 1988. *Biodiversity*. Washington (DC): National Academy Press. 538 p.
- Winker K. 1996. The crumbling infrastructure of biodiversity: The avian example. — *Conservation Biology*, 10 (3): 703–707.
- Winker K. 2004. Natural history museums in a postbiodiversity era. — *BioScience*, 54 (5): 455–459.
- Winker K. 2005. Bird collections: Development and use of a scientific resource. — *The Auk*, 122 (3): 966–971.
- Winker K., Reed J.M., Escalante P. et al. 2010. The importance, effects, and ethics of bird collecting. — *The Auk*, 127 (3): 690–695.
- Winston J.E. 2007. Archives of a small planet: The significance of museum collections and museum based research in invertebrate taxonomy. — Zhang Z.-Q., Shear W.A. (eds). *Linnaeus tercentenary: Progress in invertebrate taxonomy*. *Zootaxa*, 1668: 47–54.
- Wisely S.M., Maldonado J.E., Fleischer R. 2004. A technique for sampling ancient DNA that minimizes damage to museum specimens. — *Conservation Genetics*, 5 (1): 105–107.
- Wolfgang S., Rolf D. (eds). 2010. *Metagenomics. Methods and Protocols*. New York: Humana Press. 341 p.
- World... 2008. The World Information Network On Biodiversity. http://www.conabio.gob.mx/remib_ingles/doctos/remib_ing.html.
- Zhang, Z.-Q. (ed.). 2013. Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (Addenda 2013). — *Zootaxa*, 3703 (1): 1–82.
- Zeigler D. 2007. *Understanding biodiversity*. Westport (CT): Praeger Publ. 173 p.
- Zimkus B.M., Ford L.S. 2014. Genetic resource collections associated with natural history museums: A survey and analysis to establish a benchmark of standards. — Applequist W.L., Campbell L.M. (eds). *DNA Banking for the 21st Century*. St. Louis (MO): Missouri Botanical Garden. P. 9–44.