

ОБЗОРЫ

ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЗАПОВЕДНИКОВ РОССИИ В ЦИФРОВОЙ ЭПОХЕ: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

К. А. Гребенников

*Государственный заповедник «Богдинско-Баскунчакский»
e-mail: kgrebennikov@gmail.com*

Поступила в редакцию 25.04.2016

Статья содержит краткое описание современного использования цифровых методов и средств в изучении биоразнообразия заповедников России в контексте мирового и отечественного опыта. На основе практических примеров рассмотрены возможные пути и перспективы дальнейшего развития исследования биоразнообразия заповедников России в цифровую эпоху.

Ключевые слова: биоразнообразие, заповедники России, методы исследований, цифровая эпоха.

Введение

Изучение и сохранение биологического разнообразия – одна из важнейших задач всего дела охраны природы. Разумеется, особую роль в исследовании естественного таксономического разнообразия биомов природных комплексов играют особо охраняемые природные территории как места наибольшей концентрации биологического разнообразия и размещения наиболее значимых его элементов (Brooks et al., 2006). При этом на территории Российской Федерации существует важная система природных резерватов – заповедников, представляющих собой специализированные научные учреждения, чья деятельность направлена не только на сохранение, но и непрерывное изучение наиболее ценных природных комплексов, полностью изъятых из хозяйственного использования.

Наступление периода, обычно условно называемого «цифровой эпохой» («digital age», Schmidt, Cohen, 2013) открыло совершенно новые возможности как в науке в целом, так и в изучении биологического разнообразия. Впервые, благодаря новым цифровым форматам данных и повсеместному распространению вычислительной техники, стало возможным получать, хранить и обрабатывать огромные объемы научных данных в предельно сжатые сроки с низкими затратами. Это не могло не привести к значительному ускорению получения значимых научных результатов во всех областях науки, включая биологию (Stein, 2008; Leonelli, 2013), в том числе – исследования разнообразия флоры и фауны.

Однако, несмотря на широту открывающихся перспектив использования цифровых технологий в изучении биологического разнообразия – как и

любая смена парадигмы, внедрение этих технологий в повседневную практику научной работы сталкивается с определенной инерцией и необходимостью решения «проблем переходного периода». И от успешности решения таких проблем в значительной степени зависит конкурентоспособность каждого конкретного научного коллектива и востребованность результатов его труда. Данная статья является попыткой провести анализ существующих новых возможностей изучения биоразнообразия заповедников России в цифровую эпоху, практики использования таких возможностей и дальнейшей перспективы внедрения новых методов и подходов в сложившихся реалиях работы научных коллективов заповедников. Такая попытка представляется актуальной в связи с отсутствием подобного анализа в отечественной литературе. Представленный анализ основан, помимо доступных источников, на личном опыте автора в области разработки и внедрения цифровых систем управления данными о биоразнообразии, в том числе в Богдинско-Баскунчакском заповеднике (Астраханская область).

Краткий обзор мирового опыта развития и внедрения цифровых технологий в изучение биоразнообразия

Безусловной первоосновой наступления новой эпохи в хранении и обработке данных, в том числе данных о биологическом разнообразии, были классические работы математика Эдгара Франка «Тэда» Кодда 1970-х и 1980-х гг. XX в. (Codd, 1970, 1990), разработавшего реляционную модель данных и принципы работы с ней. Очевидные удобство и эффективность новых ме-

тодов хранения и обработки научных данных одновременно с появившимся в это же время относительно широким доступом научных работников в электронно-вычислительной технике сразу привели к «буму» баз данных. Исключением не стали и данные о биологическом разнообразии. 1990-е гг. XX в. стали периодом повсеместного перехода от классических картотек, каталогов и журналов (часто рукописных) к электронным базам данных таксонов, коллекционных образцов и т.д. При этом практически сразу стали очевидны не только огромные перспективы, открываемые новыми технологиями, но и «проблемы переходного периода», многие из которых остаются не решенными и сейчас. Это, прежде всего, отсутствие единого формата и структуры данных, которые позволяли бы свободно переносить информацию из одной электронной базы данных в другую. Кроме того, большую проблему представляет объективная оценка точности и достоверности данных, вносимых в базу различными исследователями: ошибочные данные, внесенные в ту или иную электронную базу, легко могут привести к эффекту «ложки дегтя в бочке меда». Наконец, огромную проблему представляет собой необходимость перевода большого свода данных «доцифровой эпохи» в цифровой формат для возможности их автоматизированной обработки вместе с вновь поступающими данными. Указанные проблемы широко обсуждались в зарубежной научной литературе в конце 1990-х гг. XX в. (Bowker, 2000).

Новые горизонты в изучении биоразнообразия открылись в начале третьего тысячелетия в связи с почти одновременно ставшими широко доступными технологиями глобального спутникового позиционирования и глобальными вычислительными сетями. С одной стороны, среда обитания живых организмов теперь легко может быть представлена в виде цифровой модели в строгой системе географических координат. С другой – появилась технологическая возможность свободного доступа к цифровым данным о биоразнообразии практически из любой точки планеты. Совершенно логичным в новой технологической реальности стал планомерный переход от работы с локальными базами данных к созданию многопользовательских информационных систем (ИС), доступных из вычислительных сетей, прежде всего – глобальной сети Интернет. При этом фактическим стандартом в изучении биоразнообразия уже стало использование спутникового позиционирования и точная

геопространственная привязка вновь получаемых данных. В результате современные ИС, посвященные биоразнообразию, тесно интегрированы с геоинформационными системами (ГИС). Развитие таких систем исторически имело два направления.

В силу ряда причин как технического, так и социального характера первые ИС по биоразнообразию носили «глобальный» характер. Самым типичным и важным примером такой глобальной ИС является портал GBIF (**Global biodiversity information facility – Глобальная информационная система по биоразнообразию**). Разработка данной системы начата в 1999 г., первая версия портала запущена в 2004 г. (What is GBIF, 2016). Портал представляет собой попытку отразить в единой ИС данные о распространении всех живых организмов на всем земном шаре. К началу 2016 г. общая база данных GBIF содержала сведения о более чем 600 миллионах находок более полутора миллионов видов – более чем впечатляющие результаты, особенно с учетом относительно небольшого числа пользователей, поставляющих данные для системы (чуть более 800, то есть около миллиона указаний в расчете на одного пользователя). Не менее, а, возможно, и более важным результатом работы GBIF является выработка формата цифровых данных о биоразнообразии Darwin Core (Wieczorek et al., 2012). Часто данный формат указывают как общепринятый (Иванова, Шашков, 2014), однако, в связи с небольшим количеством пользователей, реально его использующих, это утверждение представляется автору чрезмерно оптимистическим. Однако, безусловно, это наиболее тщательно проработанный и распространенный стандарт данных из немногих существующих. Прочие ИС по биоразнообразию с глобальным или широко региональным охватом сосредоточены в большей степени единых систематических каталогов таксонов и предоставляют куда меньшие возможности для получения данных об их распространении и управления такими данными (de Jong et al., 2015; World Register..., 2016). При этом проблемы, обсуждавшиеся в «период локальных баз данных», глобальные ИС пока решают лишь частично. Если проблема стандартизации имеет, как минимум, одно технически законченное решение, а проблема интеграции «доцифровых» данных может быть решена за счет глобальной мобилизации ресурсов, то проблема достоверности данных пока далека от решения. Портал GBIF на начальном этапе своего

развития позволял свободное добавление данных практически кем угодно. Предсказуемым эффектом такого подхода стало обилие некорректных сведений о находках организмов – очевидных ошибок определения (находок видов в совершенно не свойственных им областях), очевидно ложных координат (находок сухопутных видов в открытом море, и наоборот) и т.п. Администрация портала «решила» эту проблему, оставив возможность добавлять данные в базу только организациям и установив возможность регистрации новых организаций-участников «с одобрения новых участников странами или международными организациями, которые уже являются членами GBIF» (Российский сайт..., 2016). То есть, по сути, проблема передана на уровень поставщиков данных, ставших «закрытым клубом», принципиального же ее решения не выработано.

Несмотря на важность интеграции изучения биоразнообразия Земли и разработки единых стандартов данных для свободного обмена ими, исследование локального разнообразия организмов и их распределения в экосистемах – несколько иная задача, для своего решения требующая часто специфических подходов, не всегда учитываемых глобальными ИС. Это, прежде всего, необходимость гораздо более точной геопространственной привязки данных о биоразнообразии. Если в глобальных системах вполне допустимо весьма приблизительное указание места находки организма (стандарт Darwin Core вообще не предусматривает другого способа пространственного описания места находки, кроме точки с указанием «точности», которая может составлять и десятки, и сотни километров), то для локального исследования предельно точное указание пространственного распространения организмов в экосистеме становится принципиальным (и часто может быть адекватно описано лишь с помощью линий и полигонов). Кроме того, глобальные ИС подразумевают и унификацию классификации организмов. В локальном же исследовании специалист часто имеет свой авторский взгляд на статус тех или иных таксонов, или же ставит задачу изучения внутривидовых форм, не учитываемых той или иной глобальной ИС. Таким образом, востребованность локальных ИС для изучения биоразнообразия отдельных территорий представляется достаточно очевидной. И для исследований разнообразия организмов в заповедниках России работа с такими ИС, разумеется, также актуальна.

Развитие локальных ИС по биоразнообразию, в свою очередь, имеет два основных исторически сложившихся направления. Первым и пока наиболее распространенным из них является «лобовое» решение: перенос созданных ранее локальных баз данных в вычислительные сети с созданием многопользовательского интерфейса к ним через протокол передачи гипертекста (HTTP). Несмотря на использование нового функционала, такие ИС, безусловно, наследуют все недостатки локальных баз данных, многократно обсуждавшиеся в научной печати и указанные автором выше. К настоящему моменту создано огромное множество таких локальных ИС по биоразнообразию, некоторые из которых перечислены в уже приводившихся выше источниках (Иванова, Шашков, 2014). Однако гораздо более перспективным автору представляется другое направление развития: создание стандартной программной платформы для накопления, обобщения и анализа данных о биоразнообразии конкретной территории. Такая платформа, с одной стороны, сделает возможной интеграцию отдельных локальных исследований, с другой – даст каждому локальному специалисту возможность автономного управления собственными данными, включая таксономию организмов и сведения об их пространственном и временном распределении. При этом отдельная обработка данных дает возможность выборочной интеграции, что является одним из решений проблемы достоверности данных. Однако, данное направление развития ИС по биоразнообразию является самым молодым, и его успехи пока более чем скромны. Тем не менее, уже существует несколько успешных проектов разработки и внедрения таких систем, построенных на основе свободного программного обеспечения и вполне доступных каждому исследователю. Первым и наиболее проработанным проектом такого рода является «Scratchpads» – разработка Британского музея естественной истории в рамках 7-й инфраструктурной программы Европейского союза по поддержке исследований и технологий. Будучи начат в 2007 г., данный проект достаточно давно и широко используется многими исследователями в мире для систематизации данных о биоразнообразии и обмена ими (Smith et al., 2011).

Отечественная практика в целом соответствует рассмотренным выше мировым тенденциям использования цифровых технологий в изучении биоразнообразия, с гораздо меньшей, по очевидным причинам, интенсивностью разра-

ботки ИС по биоразнообразию и их обсуждения. Как правило, внедрение новых технологий в отечественных исследованиях биоразнообразия ограничивается созданием локальных баз данных произвольного формата и структуры. ИС, чаще всего, представляют собой лишь систематизированные каталоги таксонов (Базы данных проекта..., 2016), либо каталоги коллекций (Информационно-аналитическая система..., 2016), и не предполагают удаленного участия в их редактировании. Интеграция исследований биоразнообразия России в глобальные ИС развита весьма слабо (Российский сайт..., 2016). Собственные отечественные разработки в области многопользовательских ИС по биоразнообразию крайне малочисленны и развиваются медленно. Тем не менее, существуют важные наработки и в этой области, связанные, в том числе, и непосредственно с изучением биоразнообразия заповедников (ИАС «ООПТ РФ», 2016).

Технологический уровень и востребованность цифровых технологий в изучении биоразнообразия заповедников России

Являясь государственными учреждениями, заповедники России ведут научно-исследовательскую деятельность, включая изучение биоразнообразия управляемых ими природных территорий, на основе официально утвержденных программ исследований и методических рекомендаций. К сожалению, действующие в настоящее время методические рекомендации для заповедников были разработаны и утверждены более 25 лет назад (Филонов, Нухимовская, 1990). Несмотря на методическую и научную ценность данного издания, обобщившего опыт работы заповедников СССР за десятки лет, в части сбора и обработки данных, включая данные о биоразнообразии, действующие методические указания безнадежно отстали от развития технологий исследований. Какое-либо использование вычислительной техники и цифровых форматов данных «Летопись природы» не предусматривает в принципе. При этом авторы пособия прекрасно осознавали, например, необходимость предоставления свободного доступа к научной продукции заповедников и рекомендовали обеспечивать такую доступность существующими тогда способами, прежде всего – депонированием «Летописей» в специализированных учреждениях. Важными моментами, с точки зрения составителей методических указаний, является

и формализация данных – создание единых каталогов таксонов и составление всех других перечней только на их основе, обеспечение возможности статистической обработки количественных данных и т.д. Примечательно и их отношение к использованию изображений объектов как научных фактов: «Фотографирование – это дополнительный способ получения научной информации, и его следует применять гораздо шире». Таким образом, если следовать «духу» этого документа, а не его формальной «букве» – внедрение новейших методов исследований в научную работу заповедников является не только возможным, но и совершенно необходимым. И невозможно поставить в вину разработчикам то, что они не рекомендовали использовать в заповедниках СССР цифровые технологии, которые в то время лишь зарождались. Более того: например, любые точные пространственные данные в географической системе координат на момент издания пособия являлись в СССР государственной тайной и в принципе не могли использоваться заповедниками. По сути, разработчики «Летописи природы в заповедниках СССР» сделали все возможное на момент подготовки книги, чтобы подготовить научную работу заповедников к переходу на новые технологические «рельсы», до появления которых оставались считанные годы.

Однако, несмотря на то, что авторы официально действующего методического пособия по научной работе в заповедниках, включая изучение их биоразнообразия, указывали на необходимость совершенствования методов исследований, формально все рекомендации этого издания относятся к «доцифровой» эпохе. Более современных методических указаний, обязательных для использования в работе заповедников, на данный момент не существует. При этом сами заповедники как научные организации, разумеется, не могут существовать в полном отрыве от современной науки и ее технологического уровня. Внедрение концепций и методов «цифровой эпохи» в исследование биоразнообразия заповедников России – историческая неизбежность, обусловленная мировым научно-техническим прогрессом.

Тем не менее, пока такое внедрение происходит преимущественно «явочным порядком» – его способы и объемы, по сути, определяются самостоятельно каждой организацией или даже отдельными научными работниками по своему усмотрению. Открытая информация о технологическом уровне исследований биоразнообразия

в заповедниках крайне малочисленна и разрозненна. Собственно, даже «Летописи природы» – основные научные отчеты заповедников – зачастую не доступны вне самих заповедников, несмотря на указанную выше рекомендацию действующих методических указаний. Однако, как анализ доступных научных отчетов заповедников, так и личный опыт взаимодействия автора с заповедниками России показывают достаточную их оснащенность цифровыми средствами исследования биоразнообразия и широкое их использование. Все такие организации оснащены вычислительной техникой, цифровыми камерами, приемниками систем спутникового позиционирования (GPS, ГЛОНАСС), имеют и используют программное обеспечение для создания и ведения электронных баз данных и геоинформационных систем.

Отдельные публикации и материалы сайтов организаций в сети Интернет также свидетельствуют о достаточно давно ведущейся активной разработке заповедниками электронных баз данных, в том числе по биоразнообразию, и интеграции их с ГИС (Поспелов, 2000; Центрально-Лесной..., 2016). Хотя о какой-либо стандартизации этой деятельности пока говорить не представляется возможным. Стихийно сложившимся техническим стандартом является использование при создании баз данных программ фирмы Microsoft Excel и Access, и ГИС на основе программы MapInfo одноименной фирмы. Структура данных разрабатывается каждым специалистом для своих нужд, и какого-либо стандартного абстрактного представления данных о биоразнообразии заповедников не существует, хотя и были попытки его разработки (Гребенников, 2013). Случаи создания открытых информационных систем на основе таких баз данных автору не известны, и традиционно используемая для их ведения техническая платформа мало этому способствует. Успешные попытки интеграции и обобщения локальных баз данных биоразнообразия заповедников пока также отсутствуют, хотя существуют попытки организации такой интеграции, рассмотренные ниже.

Первая попытка объединить данные по биоразнообразию заповедников России была предпринята в 2003 г. Институтом проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН совместно с Зоологическим институтом РАН и Московским государственным университетом (Петросян и др., 2006). Созданная ИС является обширным электронным справочником, содержащим све-

дения о части групп организмов, отмеченных на территориях заповедников (преимущественно по литературным данным) – их наличии на территории той или иной ООПТ, а также краткие сведения о самих заповедниках. Разработка справочника закончена, пополнение и уточнение не ведется, удаленное редактирование специалистами не предусмотрено. При очевидной полезности данной ИС как информационного ресурса текущие исследования биоразнообразия заповедников России с ней непосредственно не связаны.

Значительно более перспективная попытка интеграции исследований флоры и фауны заповедников была предпринята в 2010 г. в рамках уже упоминавшейся выше ИС «ООПТ РФ» (База биоразнообразия..., 2016). База данных этой ИС, в отличие от базы, созданной ИПЭЭ РАН доступна для пополнения и редактирования специалистами заповедников. Благодаря исключительной энергии и настойчивости руководителя проекта Алексея Максимовича Томилина (заведующего лабораторией геоинформационных технологий Арктического и Антарктического НИИ) – в работу над «Базой биоразнообразия» было вовлечено значительное число научных работников, в том числе – сотрудников ООПТ. Результатом этой работы стал большой свод данных о биоразнообразии отдельных заповедников, основанных на литературных источниках и неопубликованных научных отчетах. Однако в этой ИС содержатся данные также лишь о факте нахождения вида на той или иной территории, внесение и получение более детальной информации в данный момент недоступно, хотя разработка такого функционала ведется (ИАС «ООПТ РФ», 2016). Таксономическое деление и систематическое положение организмов в ИС определяются запросами к набору внешних таксономических баз данных, нередко пересекающихся, что может приводить к таким коллизиям, как указание одного таксона под несколькими названиями – хотя оригинальное название (данное в источнике) в ИС сохраняется. Кроме того, ИАС «ООПТ РФ» не могла не столкнуться и с другими общими проблемами «глобальных» ИС, указанными в предыдущем разделе настоящей статьи. Данная ИС использует свой собственный стандарт структуры данных, доступное описание которого отсутствует, то есть интеграция данной ИС с другими системами представляется проблематичной. Достоверность данных призваны обеспечить служебное положение поставщика данных (такowymi могут

быть лишь научные работники ООПТ, кандидатуры которых одобрены администрацией заповедников) и ссылками на литературные источники – как и в случае портала GBIF, решение носит формальный характер. С проблемой интерпретации «доцифровых» данных о биоразнообразии ИАС «ООПТ РФ» пока не столкнулась лишь по причине предельно простой структуры данных. Несмотря на указанные особенности, данная ИС является первым успешным отечественным опытом создания открытой многопользовательской ИС по особо охраняемым природным территориям России, включая их биоразнообразие.

Таким образом, несмотря на наличие всех технических возможностей для не только широкого, но и комплексного интегрированного использования цифровых средств и методов в изучении биоразнообразия заповедников России, реальное использование таких возможностей в данных работах пока остается в целом на уровне «периода локальных баз данных», для мировой науки более характерного для рубежа предыдущего и текущего веков. Из этого можно заключить, что повышение эффективности исследований разнообразия живых организмов и их распределения на наиболее ценных природных территориях России требует, в первую очередь, мер организационного характера, а также стандартизации методов и подходов на основе использования наиболее современного мирового опыта. Возможные практические пути, а также некоторый опыт реализации таких мер, изложены в следующем разделе статьи.

Перспективы внедрения цифровых технологий в изучение биоразнообразия заповедников России

Представляется очевидным, что совершенствование и повышение эффективности исследований биоразнообразия заповедников России в части использования технологий «цифровой эпохи» имеет два основных направления. Первое из них – повышение количества и качества исходных цифровых данных о нахождении живых организмов на территории заповедников. Без представления данных в формальном цифровом виде их дальнейшая автоматизированная обработка невозможна, что приводит к резкому снижению эффективности труда научного работника, лишая его конкурентоспособности в современном мире. Всякое наблюдение живого организма на территории, сбор образца или пробы должны быть не просто «задокументированы», а

представлены в виде формализованного набора данных с точной привязкой к моменту времени и пространства. Необходимый минимум цифрового оборудования для создания такого представления (цифровая камера и GPS/ГЛОНАСС приемник) в настоящее время доступны практически любому человеку, их использование почти не требует знаний и навыков, и отсутствие их в работе научного сотрудника заповедника не может быть вызвано никакими причинами, кроме организационных. Более того, действующие методические указания прямо указывают на желательность такой точной фиксации, разумеется – без указания приборов, на момент разработки указаний не существующих. Отражение наблюдений живых организмов в заповедниках исключительно в виде бумажных «карточек» или журналов, исходя из практического опыта автора данной статьи – не что иное, как увеличение «технического долга» учреждения и снижение эффективности его работы, уменьшающее и конкурентоспособность научного коллектива в современном мире. Желательным представляется, напротив, переводение в формальный цифровой вид данных «доцифровой эпохи». Личный опыт работы автора в Богдинско-Баскунчакском заповеднике показывает возможность привлечения дополнительных общественных ресурсов для такой работы. В 2014 г. группой волонтеров из нескольких городов России на безвозмездных общественных началах в течение нескольких месяцев был формализован (переведен в табличное представление: вид (точное название таксона); дата наблюдения; место наблюдения; наблюдатель) большой массив имеющихся в учреждении журналов, составленных ранее по карточкам и дневникам наблюдений. Использование же новых цифровых методов позволит избежать получения неинтерпретируемых данных – таких, как «бабочка с оранжевыми крыльями» или «птицы, похожие на дроф» (реальные примеры из записей наблюдений сотрудников Богдинско-Баскунчакского заповедника). Обязательное цифровое представление данных о биоразнообразии, кроме того, обеспечит их автоматическую интеграцию с другими данными (метеорологическими, пространственными и т.д.). Это, в свою очередь, откроет новые возможности для анализа закономерностей распределения биоразнообразия, увеличит связность комплексного мониторинга состояния природных сообществ, а также повысит эффективность труда научных работников учреждения.

С сожалением, однако, приходится отметить, что инструменты интегрированной обработки цифровых данных, связанных с биоразнообразием, которые можно было бы использовать в работе заповедников, развиты пока крайне недостаточно. Автором в рамках организации работ в Богдинско-Баскунчакском заповеднике была разработана и успешно апробирована собственная система обработки фотонаблюдений (Глаголев, Гребенников, 2015). Данная система дает возможность автоматизированного пространственного анализа наблюдений на основе цифровых изображений и показаний приемника систем глобального позиционирования. Многопользовательский веб-интерфейс позволяет предоставлять удаленный доступ к данным, в том числе редактирование данных привлеченными экспертами. Простота сбора первичных данных для внесения в разработанную систему дает возможность привлечь к наблюдениям в заповеднике самый широкий круг лиц. Опыт работы с волонтерами – фотографами-любителями – показал, что для качественного выполнения таких работ даже в случае лиц, не имеющих специальной подготовки, краткий (1–3 ч) полевой тренинг вполне достаточен для квалифицированного выполнения наблюдений. Таким образом, автором на практике доказана возможность и перспективность как минимум частичного перехода к более эффективным способам фиксации объектов биоразнообразия в заповедниках, нежели традиционное ведение записей в дневниках и карточках.

Несомненно, дальнейшее повышение эффективности и интенсивности работ по исследованию биоразнообразия заповедников России должно быть связано, в том числе, с развитием и широким внедрением информационных систем для хранения, обработки и обмена цифровыми данными. И здесь с сожалением приходится отметить, что такие работы в данный момент почти не ведутся. Попытки вовлечения научных коллективов в работу в рамках существующих «глобальных» ИС не имеют заметного успеха. При этом указанные выше особенности этих систем делают сомнительной целесообразность интеграции работы заповедников с ними. Примеры успешного построения открытых локальных ИС по биоразнообразию заповедников на основе какого-либо стандарта, тем более – их интеграции в некую сеть пока отсутствуют. Тем не менее, автору этот путь представляется наиболее перспективным в текущей организационной и технологической реальности, с учетом имеющихся в

мировой практике разработок. Опыт последнего времени показывает вполне реалистичную возможность создания подобных «национальных сетей биоразнообразия» (The National..., 2016). Однако независимо от конкретной реализации внедрения цифровых технологий в изучение биоразнообразия заповедников России, только движение в этом направлении в контексте мировой практики, по мнению автора, может сделать исследовательскую работу данных учреждений конкурентноспособной и востребованной мировым научным сообществом. Любой другой подход к организации таких работ неизбежно будет вести к увеличению разрыва между общечеловеческой наукой и «заповедной» и способствовать превращению последней в «технологическое гетто», что никак не может соответствовать интересам изучения и сохранения биоразнообразия России как уникального невозобновляемого природного ресурса.

Заключение

Таким образом, выше было наглядно показано неизбежность изменения методов и приемов изучения биоразнообразия в «цифровую эпоху» в связи с резким ускорением научно-технического процесса. Научно-исследовательская работа в заповедниках России в этом направлении в целом следует мировым тенденциям, хотя и с заметным отставанием. Однако практический опыт свидетельствует, что сокращение такого отставания вполне достижимо и требует, чаще всего, лишь организационных мер, в первую очередь, стандартизации методов и приемов на основе передового мирового опыта.

По представлению автора данной статьи, основанном на практическом опыте, указанные меры для выполнения поставленной цели должны быть сконцентрированы на трех направлениях. Прежде всего, это последовательная стандартизация работ по изучению биоразнообразия заповедников России в новую технологическую эпоху. Безусловно, начальный необходимый этап стандартизации – выработка «единого языка» данных (формата и структуры). При этом целесообразным представляется ориентироваться на уже имеющийся мировой опыт. Несмотря на критику стандарта Darwin Core, с которой регулярно выступает автор, на данный момент принципиальной альтернативы этому «языку» данных о биоразнообразии не существует. А уже относительно широкое его внедрение делает рациональной ориентацию на будущую интегра-

цию работ в заповедниках в мировое научное общество с помощью этого стандарта. Следует отметить, что, несмотря на некоторые недостатки, структура Darwin Core в целом, безусловно, удачна, и, более того – является, возможно, единственным разумным вариантом представления данных о биоразнообразии на текущий момент. Пока не обнаруженный опыт автора по интеграции собственных данных в оригинальном формате (Гребенников, 2013) в ИС «Scratchpads» (использующую стандарт Darwin Core) показал возможность достаточно простого переноса данных между ними. Таким образом, представляется разумным придерживаться в целом уже существующего международного стандарта – с возможной некоторой его модификацией (что допускает заложенный в стандарт механизм «расширений» – extensions). Единый стандарт цифровых данных о биоразнообразии, будучи внедрен в заповедниках России, позволит стандартизировать также средства и приемы получения данных. Это значительно снизит затраты (финансовые, временные и организационные) на технологический переход и позволит полностью и повсеместно отказаться от морально устаревших неэффективных «доцифровых» методов. Стандартное представление данных во всех ООПТ позволит также перейти от локальных БД собственной разработки к стандартным многопользовательским ИС заповедников по биоразнообразию. Здесь автор также считает более целесообразным заимствование передового мирового опыта, нежели попытки «изобретения колеса». Программные модули, разработанные и апробированные в рамках проекта «Scratchpads», уже широко используются в других системах, являются свободно распространяемыми и модифицируемыми, просты во внедрении и поддержке и представляют собой «конструктор», из которого может быть собрана собственная ИС, легко интегрируемая с другими, построенными на основе тех же модулей. Разумеется, при создании шаблона ИС заповедника потребуется локализация (перевод на русский язык), и, вероятно, некоторая модификация модулей. Но эти работы потребуют несравнимо меньше ресурсов, чем написание ИС «с нуля», позволят избежать уже решенных другими разработчиками трудностей и проблем и обеспечат максимально широкую интеграцию локальных ИС (в том числе с зарубежными). По мере же массового перехода заповедников России на представление стандартных данных в стандартных локальных ИС станет

возможным создание эффективного действующего «единого центра данных», интегрирующего все данные о биоразнообразии заповедников. Создание единой национальной ИС по биоразнообразию до стандартизации работ «на местах» представляется автору преждевременной попыткой решить проблему технологического перехода без необходимого базиса, которая может даже негативно сказаться на процессе перехода в целом. Предварительная же подготовка работ в заповедниках сделает создание единой ИС естественным шагом, с минимальными затратами удовлетворяющим уже сформированные нужды исполнителей работ и их непосредственных руководителей. Созданная предлагаемым путем единая система учета объектов биоразнообразия в заповедниках России также обеспечит прозрачность и эффективное планирование работ по мониторингу биоразнообразия, в настоящее время тоже ведущихся «явочным порядком» без единой строгой методики.

Во-вторых, описанный планомерный и последовательный переход потребует разработки и исполнения «дорожной карты» таких работ, то есть строгого и обязательного к исполнению подробного поэтапного плана перехода к новым технологиям – как для каждого заповедника, так и для всей природоохранной системы России в целом. Данная организационная мера обеспечит ясность и предсказуемость процесса перехода – как для исполнителей работ, так и для руководителей всех уровней. На основе анализа продвижения каждого учреждения по такой «дорожной карте» можно будет оценивать успешность и эффективность выполнения соответствующих поручений и принимать те или иные меры воздействия при необходимости. Также организованное продвижение по «дорожной карте» позволит выявлять типовые трудности учреждений и выработать необходимые типовые пути их решения, что значительно снизит общие затраты на организацию процесса.

Вполне естественным третьим направлением организационных мер по единому переходу заповедников России в цифровую эпоху в части изучения их биоразнообразия и устранения наметившегося отставания от общего мирового уровня являлось бы создание единого центра управления такими работами. С функциональной точки зрения, такой центр может иметь любую организационную форму – специализированное учреждение, рабочая группа, экспертный совет и т.д. Необходимым представляется

ся лишь наличие у такого центра возможности осуществлять две основные функции. С одной стороны, это функция контроля – оперативно и в полном объеме получать информацию о продвижении работ каждым из исполнителей. С другой – функция обратной связи: на основе полученной информации эффективно воздействовать на исполнителей при необходимости (влиять на выделение или перераспределение ресурсов, кадровую политику и т.д.). При отсутствии такого функционального центра успешная реализация двух предыдущих направлений реформирования работ по изучению биоразнообразия в заповедниках представляется автору сомнительной в разумных временных рамках, как и любая стихийная самоорганизация порядка из хаоса. Следует отметить, что успех указанных в данной статье международных и национальных проектов по биоразнообразию был бы, вероятно, невозможен без деятельного участия управленческих структур – государственных и наднациональных, соответственно. В связи с этим может быть логичным предоставление предлагаемому «центру управления» работами по биоразнообразию более широких полномочий по контролю и корректировке научных исследований в заповедниках России в целом (разумеется, не перегружая его излишними административно-хозяйственными функциями).

Литература

- База биоразнообразия. ООПТ России. Точка доступа: <http://oopt.aari.ru/bio> [дата обращения: 14.04.2016].
- Базы данных проекта «Биоразнообразие России». Точка доступа: http://www.zin.ru/biodiv/bd_dbas.htm [дата обращения: 14.04.2016].
- Глаголев С.Б., Гребенников К.А. 2015. Новые методы и подходы в мониторинге состояния территории Богдинско-Баскунчакского заповедника // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность: материалы II Всеросс. научн.-практ. конф. (Волгоград, 13–15 мая 2015 г.). Волгоград: Изд-во ВолГУ. С. 218–220.
- Гребенников К.А. 2013. База данных биоразнообразия Богдинско-Баскунчакского заповедника: опыт решения проблемы представления топографических объектов в биологических базах данных. // Электронный периодический научный журнал «SCI-ARTICLE.RU». № 4. С. 395–400.
- Иванова Н.В., Шашков М.П. 2014. Перспективы создания открытого всероссийского информационного ресурса по биоразнообразию на основе международного стандарта GBIF // *Математическая биология и биоинформатика*. Т. 9 (2). С. 396–405.
- ИАС «ООПТ РФ». Точка доступа: <http://oopt.aari.ru> [дата обращения: 14.04.2016].
- Информационно-аналитическая система (ИАС) Депозитария Биоресурсного центра МГУ. Точка доступа: <http://bio.labinform.ru/> [дата обращения: 14.04.2016].
- Петросян В.Г., Решетников Ю.С., Кузьмин С.Л., Корнеева Т.М., Нухимовская Ю.Д., Варшавский А.А., Павлов А.В., Бессонов С.А., Дергунова Н.Н., Дорофеева Е.А., Сиделева В.Г., Павлинов И.Я., Орлова В.Ф. 2006. Информационная поисковая система по фауне и флоре заповедников России. Точка доступа: <http://www.sevin.ru/natreserves/> [дата обращения: 14.04.2016].
- Поспелов И.Н. 2000. База данных «Природа Таймырского заповедника» – опыт создания комплексной региональной базы данных по биоразнообразию // Сохранение биологического разнообразия Приенисейской Сибири: материалы 1-й межрегиональной научн.-практ. конференции. Ч. 1. (Красноярск, 28–30 ноября 2000 г.). Красноярск. С. 115–116.
- Российский сайт Глобальной Информационной Системы по Биоразнообразию – GBIF. Точка доступа: <http://gbif.ru/> [дата обращения: 14.04.2016].
- Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д. 1990. Летопись природы в заповедниках СССР. Методическое пособие. М.: Наука. 143 с.
- Центрально-Лесной Государственный Природный Биосферный заповедник – базы данных. Точка доступа: http://www.clgz.ru/page.php?al=sci_base [дата обращения: 14.04.2016].
- Bowker G.C. 2000. Biodiversity Datadiversity // *Social Studies of Science*. Vol. 30. P. 633–683.
- Brooks T.M., Mittermeier R.A., Da Fonseca G.A., Gerlach J., Hoffmann M., Lamoreux J.F., Mittermeier C.G., Pilgrim J.D., Rodrigues A.S. 2006. Global biodiversity conservation priorities // *Science*. Vol. 313 (5783). P. 58–61.
- Codd E.F. 1970. A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks // *Communications of the ACM*. Vol. 13 (6). P. 377–387.
- Codd E.F. 1990. The Relational Model for Database Management (Version 2, ed.). Addison Wesley Publishing Company. 538 p.
- de Jong Y., Kouwenberg J., Boumans L., Hussey Ch., Hyam R. [et al. – total of 113 authors]. 2015. PESI – a taxonomic backbone for Europe // *Biodiversity Data Journal*. Vol. 3. P. e5848.
- Leonelli S. 2013. Global Data for Local Science: Assessing the Scale of Data Infrastructures in Biological and Biomedical Research // *BioSocieties*. Vol. 8 (4). P. 449–465.
- Schmidt E., Cohen J. 2013. The New Digital Age: Reshaping the future of people, nations and business. London: John Murray. 336 p.
- Smith V., Rycroft S., Brake I., Scott B., Baker E., Livermore L., Blagoderov V., Roberts D. 2011. Scratchpads 2.0: a Virtual Research Environment supporting scholarly collaboration, communication and data publication in biodiversity science // *ZooKeys*. Vol. 150. P. 53.
- Stein L.D. 2008. Towards a cyberinfrastructure for the biological sciences: Progress, visions and challenges // *Nature Reviews Genetics*. Vol. 9 (9). P. 678–688.
- The National Biodiversity Network (NBN). Available from: <http://nbn.org.uk/> [accessed: 14.04.2016].
- What is GBIF. Available from: <http://www.gbif.org/what-is-gbif> [accessed: 14.04.2016].
- Wieczorek J., Bloom D., Guralnick R., Blum S., Dorrington M., Gilovanni R., Robertson T., Vieglais D. 2012. Darwin core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard // *PLoS ONE*. Vol. 7 (1). P. 1–8.

World Register of Marine Species. Available from: <http://www.marinespecies.org/> [accessed: 14.04.2016].

References

- Base of biodiversity. Available from: <http://oopt.aari.ru/bio> [accessed: 14.04.2016]. [In Russian]
- Bowker G.C. 2000. Biodiversity Datadiversity. *Social Studies of Science* 30: 633–683.
- Brooks T.M., Mittermeier R.A., Da Fonseca G.A., Gerlach J., Hoffmann M., Lamoreux J.F., Mittermeier C.G., Pilgrim J.D., Rodrigues A.S. 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313 (5783): 58–61.
- Central Forest State nature biosphere reserve – Databases. Available from: http://www.clgz.ru/page.php?al=sci_base [accessed: 14.04.2016]. [In Russian]
- Codd E.F. 1970. A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks. *Communications of the ACM* 13 (6): 377–387.
- Codd E.F. 1990. *The Relational Model for Database Management (Version 2, ed.)*. Addison Wesley Publishing Company. 538 p.
- Databases of the project «Biodiversity of Russia». Available from: http://www.zin.ru/biodiv/bd_dbas.htm [accessed: 14.04.2016]. [In Russian]
- de Jong Y., Kouwenberg J., Boumans L., Hussey Ch., Hyam R. [et al. – total of 113 authors]. 2015. PESI – a taxonomic backbone for Europe. *Biodiversity Data Journal* 3: e5848.
- Filonov K.P., Nukhimovskaya Yu.D. 1990. *Chronicle of nature in reserves of USSR*. Moscow: Nauka. 143 p.
- Glagolev S.B., Grebennikov K.A. 2015. A new methods and approaches in monitoring of the territory of nature reserve «Bogdinsko-Baskunchakskiy». *Anthropogenic transformation of geospace: history and contemporaneity: materials of II science conference (Volgograd, 13–15 May 2015)*. Volgograd: Volgograd State Univ. P. 218–220. [In Russian]
- Grebennikov K.A. 2013. Data base of biodiversity of reserve «Bogdinsko-Baskunchakskiy»: the experience of solution of the problem representation of topographic objects if biological databases. *Digital periodical science journal «SCI-ARTICLE.RU»* 4: 395–400. [In Russian with English summary]
- IAS «Protected areas of Russia». Available from: <http://oopt.aari.ru> [accessed: 14.04.2016]. [In Russian]
- Informational-analytic system (IAS) of Depository of Bio-resource centre of Moscow State University. Available from: <http://bio.labinform.ru/> [accessed: 14.04.2016]. [In Russian]
- Ivanova N.V., Shashkov M.P. 2014. Perspectives of making open Russian information recourse for biodiversity, based on international standard GBIF. *Mathematical biology and bioinformatics* 9 (2): 396–405. [In Russian]
- Leonelli S. 2013. Global Data for Local Science: Assessing the Scale of Data Infrastructures in Biological and Biomedical Research. *BioSocieties* 8 (4): 449–465.
- Petrosyan V.G., Reshetnikov Yu.S., Kuzmin S.L., Korneyeva T.M., Nukhimovskaya Yu.D., Varshavskiy A.A., Pavlov A.V., Bessonov S.A., Dergunova N.N., Dorofeyeva E.A., Sideleva V.G., Pavlinov I.Ya., Orlova V.F. 2006. Information Retrieval System for Fauna and Flora in Protected Natural Areas of the Russian Federation. Available from: <http://www.sevin.ru/natreserves/> [accessed: 14.04.2016].
- Pospelov I.N. 2000. Database «Nature of Reserve “Taymyrkiy”» – attempt of creation of regional database for biodiversity. Conservation of biodiversity of Siberia near Enisey. *Materials of 1-st international science conference. Vol. 1 (Krasnoyarsk, 28–30 November 2000)*. Krasnoyarsk. P. 115–116. [In Russian]
- Russian site of the Global Informational system for biodiversity – GBIF. Available from: <http://gbif.ru/> [accessed: 14.04.2016]. [In Russian]
- Schmidt E., Cohen J. 2013. *The New Digital Age: Reshaping the future of people, nations and business*. London: John Murray. 336 p.
- Smith V., Rycroft S., Brake I., Scott B., Baker E., Livermore L., Blagoderov V., Roberts D. 2011. Scratchpads 2.0: a Virtual Research Environment supporting scholarly collaboration, communication and data publication in biodiversity science. *ZooKeys* 150: 53.
- Stein L.D. 2008. Towards a cyberinfrastructure for the biological sciences: Progress, visions and challenges. *Nature Reviews Genetics* 9 (9): 678–688.
- The National Biodiversity Network (NBN). Available from: <http://nbn.org.uk/> [accessed: 14.04.2016]
- What is GBIF. Available from: <http://www.gbif.org/what-is-gbif> [accessed: 14.04.2016]
- Wieczorek J., Bloom D., Guralnick R., Blum S., Dorrington M., Gilovanni R., Robertson T., Vieglais D. 2012. Darwin core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standart. *PLoS ONE* 7 (1): 1–8.
- World Register of Marine Species. Available from: <http://www.marinespecies.org/> [accessed: 14.04.2016]

STUDY OF BIODIVERSITY OF NATURE RESERVES OF THE RUSSIA IN THE DIGITAL AGE: EXPERIENCE AND PERSPECTIVES

K. A. Grebennikov

*State Nature Reserve «Bogdinsko-Baskunchakskiy»
e-mail: kgrebennikov@gmail.com*

In the paper is given a short review of the modern state of implementation of digital methods and facilities in the study of biodiversity of nature reserves in Russia in the context of global and domestic experience. Based on practical examples, some possible ways and perspectives for future development of research on nature reserves' biodiversity in Russia in the digital age are considered.

Key words: biodiversity, digital age, methods of research, nature reserves in Russia.