

УДК 001.1, 001.18, 001.3, 001.8

СТАНОВЛЕНИЕ И ГОРИЗОНТЫ ЦИФРОВОЙ НАУКИ

М.З. ЗГУРОВСКИЙ, А.И. ПЕТРЕНКО

В современном мире наука и высокие технологии все активнее вторгаются в пространство повседневной реальности, влияют на взаимодействие человека с окружающей средой, стремительно изменяют образ современного общества, усиливая и усложняя коммуникации, открывают новые возможности использования внешних и внутренних ресурсов. Рассмотрены и обобщены особенности современного состояния науки в обществе, основной причиной успеха которой является быстрое развитие новых компьютерных технологий, приводящих к созданию сложных и мощных распределенных систем или вычислительных грид-инфраструктур, обеспечивающих средства высокопроизводительных вычислений, быстрый доступ к огромным наборам данных и эффективные коммуникации. Такая наука, получившая название «цифровой науки», опирается на использование электронных инфраструктур, на услуги и инструментарий для обработки данных и проведения ресурсоемких исследований в виртуальных и распределенных средах, основанных на ИКТ в сочетании с возможностями открытости и сотрудничества через интернет. Кроме того, составными частями этой электронной инфраструктуры являются уникальные научные инструменты — сверхмощные электронные микроскопы, ускорители элементарных частиц, сложное медицинское оборудование и т.д. Новый инструментарий и новые исследовательские методы позволяют не только проводить исследования более эффективно, но и создавать новые направления науки и исследований, которые являются более открытыми, более глобальными и общими, более творческими и более близкими к обществу.

ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно влияние современных информационно-коммуникационных технологий (ИТК) на развитие человеческого общества, условия жизни людей, виды и средства их деятельности, в частности, на цели и инструментарий проведения научных исследований. В современном мире наука и высокие технологии все активнее вторгаются в пространство повседневной реальности, влияют на взаимодействие человека с окружающей средой, стремительно меняют облик современного общества, усиливая и усложняя коммуникацию, открывают новые возможности использования внешних и внутренних ресурсов.

Наука представляет собой систему знаний, а также методов овладения новыми знаниями, позволяющих прогнозировать и преобразовывать предметы и явления в природе и обществе. Традиционно принято подразделять науку на *фундаментальные* и *прикладные* исследования. Фундаментальные исследования направлены на раскрытие еще не известных законов природы

и общества, кроме того, они включают в себя исследования в сфере научных абстракций. Цель фундаментальных исследований состоит в раскрытии причин возникновения явлений, в увеличении объема научных знаний. Прикладные исследования направлены на практическое использование уже известных явлений природы и научных достижений. Их цель — разработка и совершенствование техники и технологии, которые имеют своей целью удовлетворение потребностей в различных областях человеческой деятельности.

Однако в последнее десятилетие появились, сменяя и дополняя друг друга, новые термины «*e-наука*», «*открытая наука*», «*наука 2.0*» и «*цифровая наука*», которые начали использоваться для характеристики нового состояния и методологии научных исследований, при этом описания некоторых из них нельзя пока найти даже в Википедии.

Цель работы — сравнительное рассмотрение содержания этих новых терминов и обоснование их места в современной организации научной работы. Учитывается также тот факт, что сама научная деятельность, по мнению Майкла Нильсена, «в ближайшие 20 лет изменится сильнее, чем за прошедшие 300 лет» [1].

Е – НАУКА

Термин «*e-наука*» определяет научно-исследовательскую деятельность, которая использует передовые возможности ИКТ и включает в себя новые методики исследований, основанные на доступе к:

- сети широкополосных коммуникационных научно-исследовательских инструментов и сервисов, хранилищам данных и связанным с ними стандартам и средствам управления данными;
- инструментам и высокопроизводительным вычислительным ресурсам, большому разнообразию хранилищ данных, компьютеров, систем и сетей;
- программному обеспечению инфраструктурных сервисов, поддерживающих обмен данными и сотрудничество между исследователями;
- конкретным инструментам, таким как устройства интенсивной визуализации, моделирования и средствам взаимодействия, которые поддерживают интерфейс пользователя, позволяющий исследователям взаимодействовать друг с другом и со своим инструментарием, вычислительными ресурсами и ресурсами данных [2–13].

Термин «*e-наука*» (*e-Science*) был введен в 1999 году *Джоном Тейлором*, генеральным директором научных советов Соединенного Королевства, для объединения новых революционных методов проведения коллективных экспериментальных научных исследований, включающих компьютерное моделирование и организацию виртуальных экспериментальных сред [5]. Методы электронной науки поддерживаются инфраструктурными возможностями современных вычислительных грид. Электронная наука создает возможности для получения результатов исследований на новом уровне качества, демонстрируемых различными инициативами по всему миру, включая программу кибер-инфраструктуры в США, проект Европейской исследовательской инфраструктуры, японский проект научного грид и т.д. [8].

Проект *TeraGrid* финансируется Национальным научным фондом США. В его рамках создается одна из крупнейших в мире распределенная кибер-инфраструктура для выполнения открытых научных исследований. Проект был начат в 2001 году под названием Distributed Terascale Facility. На основе выделенной оптической сети с пропускной способностью 40 гигабит/с связывались компьютеры, системы визуализации и управления данными, расположенные в четырех узлах сети. Сегодня в состав *TeraGrid* входит 25 платформ, расположенных на 11 площадках, при этом обеспечивается доступ к суммарной вычислительной мощности более чем в один петафлопс и к средствам хранения данных объемом в десятки петабайт.

При создании *TeraGrid* преследовались три основных цели: поддержка тех научных направлений, прогресс в которых невозможен без использования средств *TeraGrid*, расширение числа пользователей научного сообщества, которые применяют в своих исследованиях методы электронной науки, и достижение совместимости между отдельными грид и их информационными службами для обеспечения возможности разработки интероперабельных (совместимых) интерфейсов выполнения заданий в *TeraGrid*.

Аналогичный европейский проект **EGI** (European Grid Infrastructure) обеспечивает с 2010 года доступ к вычислительным ресурсам европейских исследователей, работающих в различных областях науки — от физики высоких энергий до гуманитарных наук. На сегодня **EGI** объединяет ресурсы 351 центров (провайдеров) с 470 000 процессорами, 143 петабайтами дисковой памяти, 138 петабайтами ленточной памяти. Структурная схема **EGI** приведена на рис. 1.

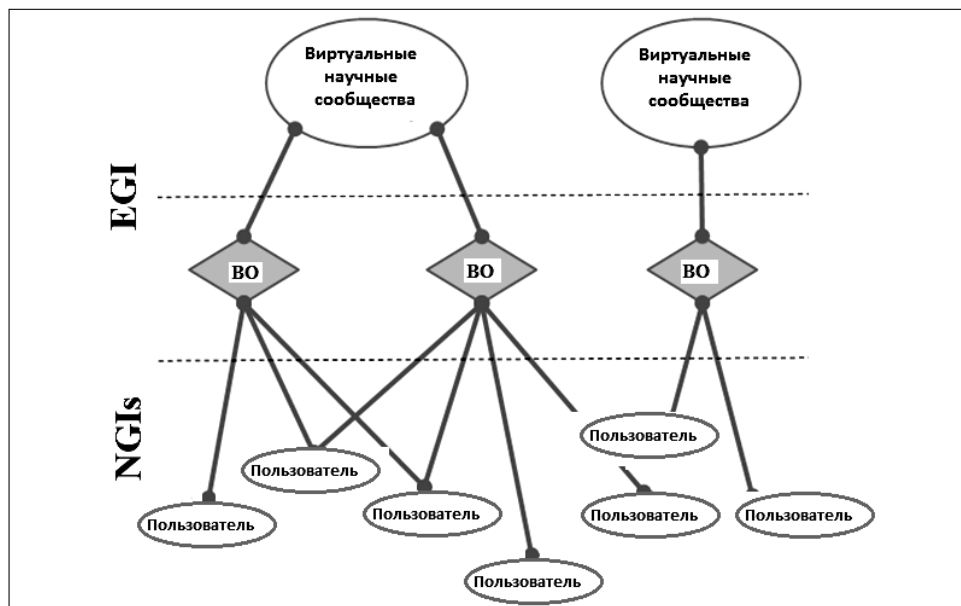


Рис. 1. Структурная схема **EGI**

На первом ее уровне расположены национальные грид-инфраструктуры (NIGIs-National Grid Initiatives), среди которых в качестве ассоциативного члена на выступает Украинская национальная грид-инфраструктура (UNGI), а на втором уровне — собственно сама **EGI** (рис. 1). Зарегистрировано 21714 пользователей, объединенных в 233 виртуальные организации (ВО). На роль объеди-

няющей сети передачи данных реально претендует сеть **GEANT** (Gigabit European Advanced Network Technology). Еврокомиссия поставила задачу к 2020 году объединить все существующие исследовательские инфраструктуры и ученых Европы посредством е-инфраструктур в единое цифровое исследовательское пространство [6].

В японском проекте **NAREGI** (National Research Grid Initiative), начатом в 2003 году, основной задачей является разработка промежуточного программного обеспечения для национальной инфраструктуры грид, а также нескольких приложений е-науки для ключевых научных отраслей, в которых использование грид приносит максимальную пользу (нанотехнологии и химия).

Растущая связность нашего мира (на основе инструментария сбора данных, центров данных, суперкомпьютеров, ведомственных и персональных компьютеров) позволяет обеспечить доступ к разнообразной информации в любом месте. Этому способствует использование стандартов интернет и Web (HTTP, HTML, XML и др.), обеспечивающих новые мощные возможности для клиентов и серверов. Достижения отдельных отечественных научных коллективов в области е-науки (физики высоких энергий, астрофизике, биоинформатике, геофизике, инженерии) отражены в [2], а также регулярно освещаются на сайте Главного Операционного центра UNGI [7].

ОТКРЫТАЯ НАУКА

Благодаря интернету у ученых появились новые возможности для обмена знаниями и опытом, в частности, при проведении научных исследований. Американский химик *Жан-Клод Брэдли* ввел для этих возможностей в 2012 году концепцию «открытой науки» (Open Notebook Science) [14–24].

Открытая наука — обобщающий термин для научной деятельности, цель которой — сделать научные исследования, научные данные и их распространение доступными на всех уровнях общества как для любителей, так и для профессионалов [19]. Идея «открытой науки» предельно проста и заключается в максимальной её прозрачности: каждый шаг ученого отражается в открытых и общедоступных интернет-источниках (как правило, в специальных научных блогах). Вся информация публикуется открыто для дальнейшего использования: на ее основе другие авторы могут готовить собственные статьи, ее можно перепроверять и корректировать и т.д. Последнее время много сторонников «открытой науки» предпочитают формат wiki или Web-сайты, структуру и содержимое которых пользователи могут самостоятельно изменять с помощью инструментов, предоставляемых самим сайтом. Этот формат позволяет лучше показывать, которые исследовательские процедуры осуществлялись в конкретные промежутки времени.

АРГУМЕНТЫ В ПОДДЕРЖКУ ОТКРЫТОЙ НАУКИ

В пользу «открытой науки» можно привести следующие аргументы [15–17]:

- Открытость позволяет ученым оперативно получать отклик от аудитории, реагировать на замечания и исправлять ошибки. Благодаря ей повы-

шается производительность научной работы: существенно уменьшается количество дублирующих друг друга исследований. Кроме того, получение информации о ходе исследований коллег в режиме реального времени помогает ученым избежать многих ошибок и способствует установлению продуктивных научных контактов.

- Прозрачность позволяет также существенно повысить уровень общественной экспертизы (экологической, экономической, этической) научных проектов. Она способствует лучшему взаимопониманию между учеными и представителями других сфер деятельности (например, бизнеса); прозрачность также способствует выработке новых подходов ко многим проблемам философии и методологии науки.

АРГУМЕНТЫ ПРОТИВ ОТКРЫТОЙ НАУКИ

При всех своих преимуществах полная открытость в науке может породить много сложных проблем, в частности:

- Стремление к открытости данных во многих случаях идет вразрез с существующим законодательством об авторском и патентном праве.
- Публикация всей информации о ходе исследовательского процесса не является панацеей против фальсификаций.
- Требование максимальной прозрачности исследовательского процесса влечет за собой требование максимальной научной честности: ни для кого не секрет, что те же блоги часто используются учеными для пропаганды своих успехов, а писать о неудачах «в прямом эфире» сложнее.
- Ученые не могут справиться с избытком несортированной информации. Ряд ученых рассматривает как стимулирующий фактор ограниченное количество информации, которую они получают от других.
- Некоторые результаты науки могут быть использованы во вред людям и окружающей среде.
- Общественность может не понять научных данных, неверно интерпретировать эти данные или исказить их вследствие неточного цитирования.
- Увеличение объемов информации усложняет проверку открытий. Чем больше людей публикуют свои данные, тем сложнее их собрать и обработать, прежде чем прийти к выводам. Кроме того, при увеличении массива данных повышается и доля низкокачественной информации.

Большинство теоретиков и практиков «открытой науки» составляют ученые-естествоиспытатели. Гуманитарии, практикующие Open Notebook Science, пока редки. Незначительная активность гуманитариев в открытой науке вполне объяснима. В естественных науках личностный фактор сведен к минимуму — ученый занимается не столько созданием собственного продукта, сколько фиксацией закономерностей окружающего мира, существующих независимо от наших желаний, ценностей, установок и т.д. В гуманитарных науках процесс познания во многих случаях оказывается ближе к художественному творчеству, чем к беспристрастному выявлению законов природы. Естественно, что размещение продуктов личного творчества в открытом доступе многими воспринимается болезненно. Поэтому среди гуманитариев открытые сетевые проекты ведут, в первую очередь, лингвисты:

они лишь фиксируют актуальное состояние языка, не привнося ничего от себя, и в этом их работа похожа на то, чем занимаются ученые-естествоиспытатели. Однако ситуация меняется: с развитием цифровых технологий идеология открытых ресурсов влияет и на искусство. Можно предположить, что проникновение этих воздействий в область гуманитарных наук — всего лишь вопрос времени.

«ОТКРЫТАЯ НАУКА» В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Некоторые из ее идей и принципов вполне могут быть внедрены в практику подготовки студентов и аспирантов, особенно в университетах научно-исследовательского профиля. Возможные шаги в данном направлении можно представить так:

- С целью развития студенческой и аспирантской науки студенческие и аспирантские исследовательские группы поддерживают собственные блоги и wiki-ресурсы. Какие плюсы подобной практики? Прежде всего, это установление контактов с другими членами научного сообщества. С помощью интернет-сайтов аспиранты и научные руководители могут находить друг друга. Кроме того, открытые исследовательские ресурсы могут представлять интерес и для работодателей, а также для инвесторов и бизнес-агентов (примеры финансирования и монетизации открытых проектов есть). Открытость могла бы существенно повысить качество подготовки к проведению студенческих конференций и семинаров. Представим себе такую ситуацию — участники конференции размещают тезисы докладов в специальном блоге, комментируют тексты друг друга, участвуют в дискуссиях. Подобная практика позволит докладчикам скорректировать тексты собственных выступлений, а их оппонентам — продумать и уточнить свою позицию и аргументы в ее защиту.

- В некоторых случаях ведение открытого научного проекта может стать альтернативой традиционной практике написания курсовых работ. Общеизвестно, что уровень культуры письма и логического изложения своих мыслей у современных студентов существенно снизился. Нередко курсовые (и дипломные) работы компилируются из интернет-источников, и студенты даже не заботятся о том, чтобы привести взятые с разных источников части к единому стилю. Открытость могла бы способствовать созданию уникальных текстов пояснительных записок к дипломным и курсовым работам.

НАУКА 2.0

Наука 2.0 — это еще один предложенный новый подход к науке, который базируется на обмене информацией и сотрудничестве ученых благодаря использованию сетевых технологий [25–31]. Она отличается от «открытой науки» концентрацией внимания в основном на открытости самого научного процесса, подчеркивая роль инструментария Web 2 как средства открытого сотрудничества между всеми заинтересованными участниками. Термин был введен *Бургелманом* в 2010 году, и отображает возможности на базе общих онлайн-инструментов и открытых научных моделей:

- увеличения числа научных авторов (как профессиональных, так и любителей);
- увеличения числа научных публикаций (различных видов от промежуточных для предварительного обсуждения до традиционных научных работ);
- увеличения количества данных и их обработки из-за появления новых официальных и неофициальных источников данных.

Наука 2.0 использует средства совместной работы такие, как wiki, блоги и видео-журналы, чтобы обмениваться результатами, первичными данными и мнениями. Инструментарий Web 2 позволяет поддерживать научное сотрудничество за пределами конкретных исследовательских проектов через совместное использование ресурсов и неформальные коммуникации, а также коммуникации в социальных сетях, ломая границы между работой и отдыхом. Онлайн-общение научного сообщества стало новой формой поддержки исследователей, благодаря которой они делятся и обсуждают свои идеи, создают новые исследовательские проекты, устанавливают соответствующие контакты или ресурсы.

Общее мнение таково, что Наука 2.0 набирает обороты, и количество Web-сайтов неустанно увеличивается, несмотря на значительное сопротивление со стороны части научного сообщества и не прекращающиеся дискуссии о том, что именно этот термин означает.

Науке 2.0 присущи многие особенности е-науки и открытой науки, но есть и несколько новых аспектов: открытое сетевое сотрудничество и открытые данные. Возможности первого поколения Web быстро трансформировались в поиск информации и поддержку розничной торговли. Последующие разработки, такие как блоги и социальные сети, получившие название Web 2, также быстро расширили возможности людей не только потреблять информацию онлайн, но опубликовывать и редактировать ее, а также сотрудничать. Сначала небольшое, но быстро растущее число исследователей (и не только молодых) начали выполнять свои исследования, используя свободный инструментарий Web 2. На сегодняшний день своим опытом они показывают, что Наука 2.0 является не только более коллегиальной, чем традиционная наука, но и значительно более продуктивной.

Конечно, многие ученые опасаются такой открытости, особенно в конъюнктурных биомедицинских областях, где патенты и положение могут зависеть от того, кто первым опубликовал новое открытие. Для этих прагматиков Наука 2.0 кажется опасной — приглашение изложить свою серьезную работу в блоге или в социальной сети они рассматривают, как открытое приглашение взломать свой ноутбук, планшет или, что еще хуже, как угрозу похищения их лучших идей и их публикации соперником.

Но другие ученые считают переход к Web 2 совершенно естественным, поскольку Web 2 прекрасно согласуется с тем, как работает наука. Поэтому вопрос состоит не в том, произойдет ли переход к Науке 2.0, а в том, как быстро это произойдет. Как ни странно, Web обеспечивает лучшую защиту авторских прав, чем традиционные журналы. Каждое изменение на wiki получает метку времени, так что, если кто-то на самом деле пытается «позаимствовать» вашу идею, то будет очень легко доказать ваш приоритет и разоблачить «нарушителя».

Традиционно ученый ждет выхода журнала со своей публикацией в среднем шесть-девять месяцев. А Наука 2.0 фиксирует его приоритет на открытие или идею сразу же. При этом все отражается на сайте — экспериментальные протоколы, успешные результаты, неудачные попытки, даже обсуждение докладов, которые готовятся к публикации. Отметки времени для каждой записи не только устанавливают приоритет, но и позволяют отслеживать вклад каждого члена научной группы, даже при большом количестве сотруidничающих одновременно участников.

ЦИФРОВАЯ НАУКА

Термин «*цифровая наука*» появился в документах Европейского Союза генеральной дирекции CONNECT (Communications Networks, Content and Technology) в марте 2013 года, посвященных обоснованию главных задач новой европейской программы «Горизонт–2020», которая продлится с 2014 до 2020 года с общим бюджетом около 70 млрд. евро [32, 33].

Цифровая наука учитывает все аспекты, присущие е-науке, открытой науке и Науке 2.0 (рис. 2). Разные термины для науки отражают развитие новых её возможностей для проведения научных исследований с использованием ИКТ, включая свойства предыдущих концепций и добавляя новые особенности. Цифровая наука определяет новый рост науки и исследований за счет новых возможностей, постоянно развивающихся благодаря совершенствованию сетей связи, цифровой форме научного контента (содержания) и новых видов деятельности и взаимодействия ученых, обусловленных новыми технологиями [42–45].

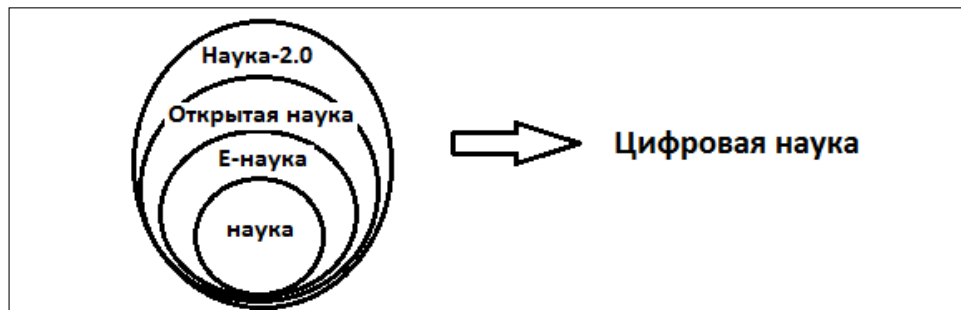


Рис. 2. Трансформация научных процессов на пути к «цифровой науке»

Обзор различных концепций, проведенный выше, позволяет выделить три основных перспективы и важных составляющих цифровой науки (рис. 3):

- **Новые методы, основанные на использовании ИКТ** — изменили способ проведения научных исследований. Инфраструктура связи, вычислительная техника и хранилища данных позволяют выполнять научно-исследовательские работы, требующие интенсивных вычислений и больших объемов данных, которые не были возможны ранее, а также создавать новые средства для генерации и обработки данных, которые позволяют делать научные открытия. Специальное научное программное обеспечение позволяет использовать новые предметно-ориентированные методы исследования, а новые платформы и социальные медиа предоставляют возможности для формирования и управления крупными научными сообществами. Развива-

ются инструменты новых научных метрик оценки результатов исследований и научного их признания (reputation systems).

- **Открытость исследований** — стала признанным фактором в повышении эффективности научных знаний путем обеспечения их доступности для всех через онлайн-медиа и которая способствует качеству, прозрачности и воспроизводимости результатов исследований. Она включает в себя открытый, непосредственный и свободный доступ к научным работам и результатам исследований, а также к программному обеспечению и моделям, используемым для генерации результатов. Последние тенденции открытости связаны также с доступом к материалам самого научного процесса как ресурса знаний для дальнейших научных поисков. Такой доступ реализуется через публикации промежуточных результатов, лабораторные книги и через личные знания исследователей и их совместные рабочие ресурсы.



Рис. 3. Средства цифровой науки [31]

- **Сотрудничество при проведении исследований** — резко изменилось благодаря коммуникационным сетям и социальным медиа, поддерживающим совершенно новые масштабы научного сотрудничества. Дистанционное сотрудничество между исследователями и научными организациями на сегодняшний день является неотъемлемой частью всех научных мероприятий, направленных на поддержку междисциплинарных научно-исследовательских проектов с международными командами.

Кроме того, научное сотрудничество развивается в сторону крупномасштабных проектов, которые поддерживают открытое участие любых заинтересованных субъектов, формирование коллективного разума групп, состоящих из как профессиональных, так и любительских исследователей. Открытость исследовательских процессов позволяет динамически расширять сотрудничество при решении конкретных научных задач и объединять онлайн-сообщества научных работников также за пределами конкретных исследовательских задач.

Основной причиной успеха цифровой науки является быстрое развитие новых компьютерных технологий, которые приводят к созданию сложных и мощных распределенных систем или вычислительных грид/облаков, обеспечивающих средства высокопроизводительных вычислений, быстрый доступ к огромным наборам данных и эффективные коммуникации. Кроме того, составными частями этой вычислительной инфраструктуры являются также уникальные научные инструменты: сверхмощные электронные микроскопы, ускорители элементарных частиц, сложное медицинское оборудование и т.д.

Цифровая наука основана исключительно на электронных инфраструктурах, используемых для:

- развития и совместного использования методов научных исследований, основанных на ИКТ;
- обеспечения бесшовного онлайн-доступа к научным ресурсам, публикациям и данным;
- обеспечения и разработки платформ и методов удаленного крупномасштабного сотрудничества.

«Цифровая наука» — это наука о взаимодействии электронных инфраструктур и общества с помощью ИКТ, инструментария научных исследований и сотрудничества при исследованиях через интернет. «Цифровая наука» означает радикальную трансформацию природы науки и инноваций. Она является более открытой, более глобальной и общей, более творческой и более близкой к обществу. Привлечение граждан к научным процессам становится новым инструментом и методом самого исследования. При этом участие граждан может быть частью глобальных научных инициатив или инициировано как самими гражданами, так и учеными-любителями. Кроме того, открытый доступ и общение с научными знаниями позволяет гражданам быть лучше информированными о научных достижениях и тем самым более уверенными в научном обосновании принимаемых в обществе решений. Таким образом, взаимодействие «наука-общество» следует рассматривать как важный аспект цифровой науки.

ЦИФРОВЫЕ ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

В обиход был введен также термин «*цифровые гуманитарные науки*» как собирательный термин для широкой сферы применения новых информационных технологий в качестве вспомогательного средства для поддержки гуманитарных наук, для сохранения, реконструкции, передачи и интегрирования знаний людей [34–36]. При этом речь идет не только о традиционных гуманитарных отраслях, но и о множестве других дисциплин, таких как история, антропология, искусство и архитектура, информатика, кино и медиаисследования, археология, география и социальные науки.

Выделяют две волны в развитии «цифровых гуманитарных наук» [36]. Первая волна исследований соответствует периоду конца 1990-х – начала 2000-х годов и характеризуется реализацией широкомасштабных проектов по оцифровке данных и созданием технологической инфраструктуры. Целью второй волны «цифровых гуманитарных наук», которая началась в 2007 году и продолжается в настоящее время, является разработка инструмента-

рия для создания, управления и взаимодействия со знанием, которое представлено в различных цифровых контекстах.

Существует явное противоречие между существующими вычислительными методами и новыми задачами обработки специфических данных искусства и гуманитарных наук [36]. Реализация моделей гуманитарных наук в цифровой среде дает возможность для развития новых форм исследования и подходов к анализу взаимоотношений между гуманитарными исследованиями и обществом. Кроме того, появление и повсеместное распространение вычислительных сред создает и открывает новые объекты для гуманитарных изысканий. К компетенции цифровых гуманитарных наук следует отнести *создание электронных (цифровых) библиотек* — собраний, в которых все материалы хранятся в цифровом формате и доступны для работы с компьютера. Они содержат не только текстовые материалы, но и изображения скульптур, картин, моделей и любых других экспонатов, переведенные в электронную форму. Одну из первых цифровых библиотек основала Британская библиотека, которая в 1993 году не только создала полный каталог ее хранилища, но и оцифровала 80 процентов своих полнотекстовых изданий. Еще раньше — в 1989 году была учреждена Японская национальная электронная библиотека. Наряду с национальными и континентальными проектами электронных библиотек в 2005 году в ООН был учрежден глобальный международный проект «*Мировая цифровая библиотека*» (World Digital Library) [37]. Ресурс для него человечество накапливало тысячелетиями. Этот проект успешно стартовал в 2009 году при поддержке ЮНЕСКО. Его инициировала Библиотека Конгресса США — крупнейшее в мире книгохранилище. И уже сегодня к нему присоединились более 80 библиотек и архивов из 52 стран мира. Совсем недавно участником стала и Украина.

Мировое сообщество неуклонно стремится к тому, чтобы вся информация, представленная в интернете, была бы оцифрована в ближайшие 10–15 лет. За несколько последних лет родилось, как минимум, еще два проекта мирового уровня. Электронный гигант Google в 2005 году создал собственную *Всемирную библиотеку* и выложил в открытый доступ тридцать миллионов книг, видео и аудио файлов. Мощным и популярным стал второй проект цифровой библиотеки *Europeana*, объединяющий страны Европейского Союза (но и не только), к которому Украина пока не присоединилась [38].

ВЫВОДЫ

Цифровая наука предусматривает радикальную трансформацию методологии проведения научных исследований и осуществления инноваций за счет интеграции технологий ИКТ в процесс исследования и использования интернет-культуры открытости и обмена. Она является более открытой, более глобальной и общей, более творческой и находящейся ближе к обществу. Она опирается на использование электронных инфраструктур, то есть на услуги и инструменты, основанные на средствах ИТК, для обработки данных и проведения исследований в виртуальных и распределенных средах. Цифровая наука сегодня — это тесное взаимодействие научных организаций, университетов и изобретателей, которые занимаются решением науч-

ных, инновационных и образовательных задач, обладая необходимой информационно-коммуникационной инфраструктурой, а также имея доступ к объединенным вычислительным ресурсам, хранилищам данных и научно-технической информации, инновационным проектам и средствам компьютерного моделирования, успешно применяемым для достижения новых экспериментальных научных результатов.

Наука сегодня становится открытой и доступной каждому — коммуникация науки и общества становится важнейшим фактором успешного развития страны. Далекие раньше от широкой публики научные институты и университеты, высокотехнологичные производства, исследовательские центры начинают новый диалог с обществом, объясняют цели, принципы и ценность своей работы. Цифровая наука — это способ вовлечения в процесс познания членов строящегося информационного общества, в котором используются самые разные форматы и методы общественной коммуникации. Успешными иллюстрациями этого могут служить, с одной стороны, сотрудничество ученых при расшифровке структуры человеческого генома, показавший насколько интернет может стать важным элементом в коллективном научном исследовании, а с другой — привлечение множества любителей к обработке фотографий астрономических объектов.

Возможности сотрудничества в области исследований существенно изменились из-за наличия коммуникационных сетей и социальных медиа, обеспечивающих совершенно новые масштабы научного сотрудничества. Виртуальное сотрудничество между исследователями и научными организациями на сегодняшний день является неотъемлемой частью всех научных мероприятий — сегодняшние вызовы человечеству не могут быть решены в одиночку отдельным ученым или одной научной дисциплиной.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Nielsen M.* Reinventing Discovery: The New Era of Networked Science. — Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2011. — 272 p.
2. *Шлях до Європейського ґрід / Під редакцією Загороднього А.Г., Згуровського М.З.* — Київ: Політехніка, 2013. — 258 с.
3. *Згуровський М.З., Петренко А.І.* На шляху до екзабайтного інформаційного середовища е-науки. — [http://www.hpc-ua.org/hpc-ua-11/files/proceedings/1.15\(84\).pdf/](http://www.hpc-ua.org/hpc-ua-11/files/proceedings/1.15(84).pdf/).
4. *Згуровський М.З., Петренко А.І.* Grid-технології для е-науки і освіти // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2009. — №2. — С.10–17.
5. *Getov V.* e-Science: The Added Value for Modern Discovery. — www.computer.org/.../mco2008110030.html/.
6. *European Grid Infrastructure.* — www.egi.eu/.
7. *Грід-інфраструктура України: керівництво Грід.* — <http://ung.in.ua/>.
8. *Кузнецов С.* Перспективы электронной науки. — <http://citforum.ru/computer/2008-11/>.
9. *e-Science Magazine.* — <http://sciences.adelaide.edu.au/schools-resources/e-science/>.
10. *E-Science Grid.* — www.escience-grid.org.uk/.
11. *e-ScienceTalk.* — www.e-sciencetalk.org/.
12. *Shannon Bohle.* What is E-science and How Should it be Managed? — http://www.scilogs.com/scientific_and_medical_libraries/what-is-e-science-and-how-should-it-be-managed/.

13. *e-Science: Harnessing the power of the internet for environmental research.* — <http://www.nerc.ac.uk/research/funded/programmes/escience/escience.pdf/>.
14. *Opening Science* / Edited by Sönke Bartling & Sascha Friesike. — Publishing Bartling, 2014. — IX. — 339 p. — <http://book.openingscience.org/>.
15. *Открытая наука и открытое образование.* — <http://habrahabr.ru/post/124383/>.
16. *Наука под замком. Первая часть.* — <http://habrahabr.ru/post/189944/>.
17. *Наука под замком. Вторая часть (перевод).* — <http://habrahabr.ru/post/190046/>.
18. *Nielsen M. The future of science.* — <http://michaelnielsen.org/blog/the-future-of-science/>.
19. *Открытая наука.* — http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=221&d_no=89974#.VHCFC_1_vso/.
20. *Center for Open Science.* — <http://www.centerforopenscience.org/>.
21. *Open Science Directory* (about 13000 scientific journals). — <http://www.opensciencedirectory.net/>.
22. *Open Science Data Cloud.* — <https://www.opensciencedatacloud.org/>.
23. *ScienceOpen.* — <https://www.scienceopen.com/>.
24. *The Open Science Repository.* — www.open-science-repository.com/.
25. *Consultation on «Science 2.0»: Science in Transition.* — <http://blog.agro-know.com/?p=1780/>.
26. *Burgelman J.-C., Osimo D., Bogdanowicz M. Science 2.0 // First Monday.* — 2010. — **15**, № 7. — <http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/2961/2573#author/>.
27. *Greenhalgh L. Science 2.0 emerges on European agenda. Commission plans consultation on «future of science».* — http://www.researchresearch.com/index.php?articleId=1341042&option=com_news&template=rr_2col&view=article/.
28. *What's Science 2.0? // SpreadingScience.* — <http://www.spreadingscience.com/our-approach/what-is-science-20/>.
29. *Public consultation «Science 2.0: Science in transition» launched.* — <http://www.cetaf.org/news/public-consultation-science-20-science-transition-launched/>.
30. *Greenhalgh L. Science 2.0 emerges on European agenda // Research Europe.* — 2014. — № 379. — P.1–2.
31. *EU Call: Open Digital Science.* — <http://uelresearch.wordpress.com/2014/08/01/eu-call-open-digital-science/>.
32. *Digital Science.* — <http://ec.europa.eu/digital-agenda/digital-science/>.
33. *Digital Sciences as a key Enabler for Innovation.* — <http://www.picturelab.tv/2013/01/26/digital-science-overview/>.
34. *Presner T.S., Johanson C. The Promise of Digital Humanities: A White Paper.* 1–19, 2009. — <http://www.digitalhumanities.ucla.edu/>.
35. *Svensson P. The Digital Humanities as a Humanities Project // Arts and Humanities in Higher Education, 2012.* — **11**. — № 1–2. — P. 42–60.
36. *Журавлева Е.Ю. Современные модели развития гуманитарных наук в цифровой среде.* — http://vphil.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=325&Itemid=52/.
37. *World Digital Library.* — www.wdl.org/.
38. *Пелагеша Н. Цифровая библиотека для всей Европы // Зеркало недели. Украина.* — № 6. — С. 14.

Поступила 05.09.2014