

УДК 001.1, 001.18, 001.3, 001.8

ЦИФРОВАЯ НАУКА В ПРОГРАММЕ «ГОРИЗОНТ 2020»

М.З. ЗГУРОВСКИЙ, А.И. ПЕТРЕНКО

Цифровая наука, которая опирается на использование электронных инфраструктур, услуг и инструментов, основанных на ИКТ, делает более эффективными и прозрачными научные процессы, предлагает новые инструменты для научного сотрудничества, экспериментов и анализа и делает научное знание более доступным. Одновременно цифровая наука способствует появлению новых научных методов, дисциплин и парадигм по реагированию на новые вызовы через глобальные распределенные сообщества, в которых граждане и общество непосредственно участвуют в создании и потреблении научных знаний. Рассмотрены планы и организационные меры развития и использования в европейских программах цифровой науки. Это мероприятия по координации, поддержке, формированию и функционированию открытой однородной объединенной в федерацию производственной инфраструктуры для всей Европы, единого цифрового исследовательского пространства ERA (European Research Area). Ключевую роль в предоставлении услуг (сервисов) в этом онлайн-европейском научном пространстве играет Европейская грид-инфраструктура EGI (European Grid Infrastructure), которая объединяет и поддерживает исследователей разных научных дисциплин, предоставляя им возможность обрабатывать данные, полученные в интегрированной европейской вычислительной среде. Такой пример Европы по организации и активной поддержке научных исследований очень поучительный для Украины.

ПРОГРАММА «ГОРИЗОНТ 2020»

Термин «цифровая наука» появился в документах ЕС генеральной дирекции CONNECT (Communications Networks, Content and Technology — коммуникационные сети, контент и технологии) в марте 2013 года, посвященных обоснованию главных задач новой европейской программы «Горизонт 2020», которая продлится с 2014 по 2020 год с общим бюджетом около 80 млрд евро [1–8].

По сути, программа «Горизонт 2020» является не просто следующей седьмой по счету Рамочной программой по исследованиям и технологическому развитию. Она объединяет также Рамочную программу по исследованиям и инновационному развитию, Рамочную программу конкурентоспособности и инноваций и программы Европейского института инноваций и технологий для укрепления конкурентоспособности Европы в глобальном измерении, ее экономического роста и создания новых рабочих мест.

Цель работы — рассмотрение места цифровой науки в «Горизонт 2020», специальных требований к содержанию проектов, подаваемых на

конкурсы в программу, а также анализ всей многогранной деятельности CONNECT по развитию и применению цифровой науки в Европе.

ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ «ГОРИЗОНТ 2020»

Программа «Горизонт 2020» разделена на три основных блока.

Блок 1. Передовая наука

Укрепление позиций ЕС в передовой науке и исследованиях с бюджетом примерно 24,3 млрд евро со следующими целями:

- укрепление международной междисциплинарной и межотраслевой мобильности исследователей;
- поддержка талантливых и креативных ученых и научных коллективов по проведению передовых исследований высокого уровня через Европейский Исследовательский Совет;
- научное сотрудничество с целью поиска новых и перспективных областей исследований через поддержку будущих и перспективных технологий;
- предоставление исследователям возможностей для своего совершенствования в рамках программы Marie Skłodowska-Curie Actions;
- обеспечение доступа всех европейских исследователей к высококлассным исследовательским е-инфраструктурам.

Блок 2. Индустриальное лидерство

Укрепление индустриального лидерства с бюджетом около 17 млрд евро в индустриальных технологиях с поддержкой следующих направлений:

- *Компоненты и системы* — новое поколение интеллектуальных встроенных компонентов и систем, микро- и нанобиосистемы, органическая электроника, твердотельные устройства с большой степенью интеграции, технологии IoT (Internet of Things — Интернет вещей), интеллектуальные интегрированные системы, комплексные инженерные системы.
- *Вычисления следующего поколения* — процессоры и системная архитектура, технологии межсоединений и локализации данных, облачные вычисления, параллельные вычисления и моделирование программного обеспечения.
- *Будущий Интернет* — сети, программное обеспечение и услуги, кибер-безопасность, конфиденциальность и доверие, беспроводная связь между устройствами, оптические сети, увлекательное интерактивное мультимедиа.
- *Контентные технологии и управления информацией* — технологии распознавания речи, обучения, взаимодействия, сохранения, доступа и анализа цифрового контента; интеллектуальный анализ данных (datamining), машинное обучение, статистический анализ и визуализация вычислений.
- *Сервисно-ориентированная робототехника*, новейшие интерфейсы, интеллектуальные среды и «думающие» машины.
- *Ключевые технологии микро- и нанoeлектроники и фотоники* — дизайн, передовые технологические процессы, пилотные линии для изготовления, производственные технологии, а также связанные с ними демонстрационные действия для проверки, инновационные бизнес-модели.

Блок 3. Ответы на социальные вызовы

Примерно 31 млрд евро выделяется на решение социальных проблем европейцев, таких как:

- *Здоровье, демографические изменения и благополучие* — электронное здравоохранение, самоуправление здоровьем, улучшение диагностики, улучшение надзора, сбор данных о здоровье, активное старение.
- *Безопасная, чистая и эффективная энергетика* — «умные» города, энергоэффективные здания, «умные» электросети (green grid), возобновляемые источники энергии, интеллектуальные измерительные устройства и сенсоры.
- *Умный, зеленый и интегрированный транспорт* — «умное» транспортное оборудование, инфраструктура и услуги, инновационные системы управления транспортом, аспекты безопасности.
- *Изменение климата, эффективное использование ресурсов и сырья* — средства ИКТ для повышения эффективности использования ресурсов, наблюдения и мониторинг Земли.
- *Инновационное и безопасное общество* — цифровая среда, социальные инновационные платформы, услуги электронного правительства, электронные навыки и электронное обучение, электронная культура, кибербезопасность, обеспечение конфиденциальности и защита прав человека онлайн.

ПОДДЕРЖКА ЦИФРОВОЙ НАУКИ В ПРОЕКТАХ «ГОРИЗОНТ 2020»

По своей природе цифровая наука затрагивает все три компонента программы «Горизонт 2020». Поэтому предусмотрено существенное развитие цифровой науки путем ее координации, развития e-инфраструктур и реализация различных научно-исследовательских мероприятий по сотрудничеству с другими подразделениями ЕС (рис. 1).

Чтобы добиться улучшенного воздействия на науку, общество, политику и инновации, генеральная дирекция CONNECT запланировала значительный вклад в развитие европейского потенциала для будущих исследований путем:

- обеспечения того, чтобы в программе «Горизонт 2020» разрабатывались инструменты и модели объектов исследования, которые поддерживают развитие цифровой науки;
- поощрения использования цифровой науки во всех проектах «Горизонт 2020», где только возможно;
- эффективного обмена результатами проектов и передовым опытом между исследовательскими коллективами;
- поддержки цифрового потенциала науки в 27 странах ЕС с точки зрения электронных инфраструктур и человеческого капитала.

Для того, чтобы эффективно и своевременно поддержать цифровую науку в Европе, ее предложено непосредственного интегрировать в программу «Горизонт 2020», где введены специальные разделы «*Объекты запроса, признанные с точки зрения продвижения цифровой науки*»

и «Поддержка цифровой науки путем интеграции ее в правила подготовки и отбора проектов для «Горизонт 2020»».



Рис. 1. Радикальная трансформация природы науки и инноваций за счет интеграции ИКТ в процесс исследования

Дирекция CONNECT сформулировала несколько Рабочих программ по развитию цифровой науки на разных уровнях для сбора предложений и проектов по следующей тематике [5]:

- будущие и новейшие технологии;
- модели, методы и инструменты для будущих исследований и обработки информации;
- информационные и коммуникационные технологии;
- европейские исследовательские инфраструктуры (в том числе электронные инфраструктуры);
- наука с обществом и для общества;
- инновации цифровой науки, понимание и решение глобальных вызовов и другие.

Проектные предложения должны учитывать соответствующие требования Рабочих программ и содержать конкретные описания предлагаемых вкладов в развитие цифровой науки, а их результаты должны эффективно распространяться среди других проектов и заинтересованных партнеров. В дополнение к этому во всех CONNECT проектах должны применяться основные методы цифровой науки, чтобы стимулировать развитие передового опыта и навыков использования цифровой науки и привлечения различных заинтересованных сторон, в том числе со стороны промышленности.

С целью поддержки исследователей при использовании цифровой науки все проекты «Горизонт 2020», имеющие отношение к цифровой науке, планируется систематически поощрять. Эту поддержку цифровой науки планируется осуществлять такими организационными средствами [9–11].

1. Все договоры о грантах должны включать:

- обязательное условие об открытом доступе к публикациям, так и обязательства, что все публикации будут представлены на *Open Aire* портале;
- использование соответствующего менеджмента цифровых данных исследования с учетом средств их хранения, совместного использования и распространения;
- возможность специального соглашения об открытости входных данных.

2. Проектные предложения должны содержать следующее:

- источник данных, описание исходного варианта менеджмента цифровых данных для исследований и связанных с ними метаданных (хранение и обмен);
- описание, в случае необходимости, воздействия проекта по цифровую науку в конкретных областях, в том числе на развитие научного открытого сотрудничества; научных навыков, ориентированных на будущее; на взаимодействие науки и общества и использование е-инфраструктур.

3. При внедрении проекта необходимо обеспечить его открытость путем:

- демонстрации используемых методов цифровой науки и их потенциальных преимуществ;
- включения менеджмента данных цифровых исследований в отчеты по результатам проекта;
- мониторинга и отчетности по применению цифровой науки в проекте, таких как: сотрудничество с более широким сообществом; участие граждан в исследованиях; распространение знаний в обществе; образовательная деятельность; публикации; наборы данных, открытый код и алгоритмы, созданные в рамках проекта, их повторное использование и прочее.

ОСНОВНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ ЦИФРОВОЙ НАУКИ

Интернет-технологии, крупномасштабные вычислительные ресурсы и ресурсы хранения, инструменты поиска данных, мобильные устройства, социальные медиа и их широкое распространение среди различных групп научных сообществ в значительной степени изменили средства создания и передачи знаний. Они способствовали радикальному преобразованию природы науки и инноваций [12]. Цифровая наука опирается на использование е-инфраструктур и их сервисов, созданных на базе ИКТ, для проведения научных исследований в виртуальных и общих средах в сочетании с использованием открытости и сотрудничества в интернете. Новые инструменты и новые исследовательские методы позволяют не только проводить исследования более эффективно, но и создавать новые типы науки и исследований, которые являются более открытыми, более глобальными и общими, более творческими и приближенными к обществу.

Тем не менее, есть политически определенные социальные препятствия на пути использования всего потенциала цифровых наук. Поэтому необходимо изменить традиционные исследовательские методики, чтобы лучше оценить и воспользоваться открытостью и сотрудничеством. С целью получения большей выгоды необходимо привлечение более широкого круга

европейских научно-исследовательских организаций, различных научных дисциплин. Это также потребует признания и оценки возможных рисков и негативных последствий от внедрения новых способов ведения исследования. Таким образом, существует необходимость поддерживать эффективное развитие и развертывание цифровой науки для достижения больших результатов в науке, обществе, политике и инновациях в Европе.

Цифровая наука делает эффективными и прозрачными научные процессы, предлагает новые инструменты для научного сотрудничества, экспериментов и анализа, делает научное знание более доступным. Одновременно она способствует появлению новых научных методов, дисциплин и парадигм по реагированию на новые вызовы через глобальные распределенные сообщества, в которых граждане и общество являются участниками и непосредственными потребителями научного знания [1–2].

Новые методы исследования

Применение ИКТ изменило способ проведения научных исследований. Коммуникационные сети, вычислительные ресурсы и хранилища данных позволяют выполнять исследовательские задачи, требующие значительных объемов вычислений и данных, а инструменты позволяют проводить виртуальные эксперименты, что не представлялось возможным ранее.

- Данные генерируются в больших масштабах благодаря использованию изображений, сенсоров, моделированию, онлайн-деятельности человека, и все эти данные можно хранить для дальнейшей обработки, стимулируя новые исследования (например, в области социальных наук и моделирования поведения человека).

- Объединение данных из различных источников и новый инструментарий для поиска и анализа данных позволяют делать новые открытия, решать новые исследовательские задачи (например, в биологии и генетике).

- Эффективные вычислительные ресурсы, включающие суперкомпьютеры, вычислительные гриды и облачные вычислительные ресурсы, позволяют ставить сложные задачи и разрабатывать модели, которые требуют вычислительной мощности для их тестирования и применения.

- Виртуальные лабораторные эксперименты, удаленный доступ к специальному оборудованию (например, роботизированные телескопы) и среды моделирования позволяют проводить исследования, основанные на вычислительном эксперименте, в новых областях для более широкой аудитории.

Новый доступ к научным результатам и процессам

Открытый доступ к результатам научных исследований с помощью цифровых средств позволяет быстрее и более широко распространять научные знания. Философия открытости в цифровой науке еще более широкая, направленная на открытость всего процесса исследования и результатов с помощью цифровых средств массовой информации и совместной работы научных партнеров и общественности.

- Открытый доступ к научным публикациям в журналах свободного доступа или депозитариев статей делает их свободно доступными для всех, в то время как новые инструменты для цитирования, метаданные и совместимость депозитариев улучшают процедуры выявления научного знания на новом уровне.

- Свободный доступ к опытным данным, лежащим в основе научных публикаций, позволяет воспроизводить исследования другими специалистами для проверки результатов и повторного использования данных для новых исследовательских целей.

- Прозрачность исследования улучшается за счет обнародования методики экспериментов и результатов исследований, которые не опубликованы в традиционных научных журналах (например, результатов клинических экспериментальных испытаний, которые не подтверждают ожидаемую гипотезу).

- Новые технологические решения в сочетании с открытым доступом к научно-исследовательским ресурсам способствуют цитированию и перекрестным ссылкам между публикациями, данными и авторами, что позволяет проследить новые потоки научных исследований и новые связи между научно-исследовательской тематикой и авторами. Они также, отслеживают повторяющиеся научные работы, позволяют ввести новую метрику оценки эффективности науки, заменяя традиционную оценку через показатели, основанные на публикациях, на показатели, ориентированные на само исследование.

- Открытость исследовательских ресурсов облегчает контроль, а обратная связь со стороны партнеров и общественности, уже в процессе исследований, позволяют усовершенствовать и повысить качество исследовательского подхода за счет дополнительных составляющих.

Сотрудничество при исследованиях

Возможности сотрудничества при проведении исследований резко изменились за счет применения коммуникационных сетей и социальных медиа, которые поддерживают совершенно новые масштабы научного сотрудничества. Виртуальное сотрудничество между исследователями и научными организациями на сегодняшний день является неотъемлемой частью всех научных мероприятий — глобальные вызовы не могут быть решены одним ученым или одной дисциплиной.

- Внедрение совместных проектов поддерживается с помощью инструментов и онлайн-платформ, которые обеспечивают обмен данными между исследователями, совместное выполнение исследований, коммуникации во время исследований и создание совместных знаний в виртуальных исследовательских сообществах в глобальном масштабе.

- Новые инструменты и платформы способствуют созданию крупномасштабного сотрудничества, которое может использовать коллективный разум любых заинтересованных субъектов.

- Внедрение социальных медиа и инструментов социальных сетей в научно-исследовательские процессы (например, открытые ноутбуки,

аннотации) обеспечивает динамическое спонтанно возникающее сотрудничество в решении или рассмотрении конкретных задач.

- Неформальное сотрудничество появляется в виртуальных сообществах благодаря обмену личными ресурсами знаний, которые поддерживают потоки знания и опыта в сетевой системе и за пределами конкретных исследовательских задач.

Взаимодействие с обществом

Привлечение граждан и общества возможно в абсолютно новом виде благодаря новым инструментам и платформам для научных исследований и повышению их открытости. Заинтересованные граждане могут способствовать науке как через свои интеллектуальные усилия и наблюдения, так и с помощью цифровых инструментов и ресурсов, что создает новые отношения между наукой и обществом.

- Специальные инициативы и сети делают доступными вычислительные ресурсы через упрощенные интерфейсы для общественности (например, предварительно установленные в ноутбуках Sony VAIO), что позволяет любому пользователю сделать вклад в науку с помощью своих ресурсов в сфере ИКТ.

- Привлечение граждан при сборе данных улучшает охват возможных источников, например, от большего количества географических районов, с большей интенсивностью или в течении долгосрочного систематического сбора в сравнении с тем, как это было бы возможным, когда исследовательские группы действуют в одиночку. Также традиционные формы содействия науке со стороны граждан (например, наблюдение за перелетами птиц) приобрели совершенно новый вид через онлайн-овые глобальные коммуникации.

- Введение совместных инициатив позволяет заинтересованным гражданам без глубокого научного знания вносить свой вклад в совместные мероприятия на основе своих интеллектуальных усилий, например, при формировании местного контекста или других существенных дополнительных вкладов в работу профессиональных исследователей.

- Открытость результатов и процессов исследования и привлечение граждан как активных участников научно-исследовательских процессов (а не объектов исследования) также способствует разработке этических и эффективных моделей науки. При этом, граждане и общество не только делают вклады в проводимые исследования, но и участвуют в формировании самих исследований (например, выдвижением оригинальных исследовательских идей и обсуждением научных результатов).

Как показано выше, все свойства (аспекты) цифровой науки поддерживают друг друга и вносят свой вклад в трансформацию научных методов. Рис. 2 подытоживает особенности основных свойств цифровой науки с примерами их пересечений.

Политика в отношении цифровой науки предполагает широкое и эффективное использование e-инфраструктур в Европе, которые курируются EGI (Европейской Грид Инфраструктурой).



Рис. 2. Иллюстрация основных свойств цифровой науки

ПОТЕНЦИАЛ И ЗАДАЧИ ЦИФРОВОЙ НАУКИ

Трансформация науки. Цифровая наука — это наука о тенденциях развития в обществе и экономике, обусловленных развитием технологий, способствующих трансформации научной системы, демократизации доступа к ее исследованиям и созданию новых связей между наукой, обществом, политикой и инновациями [13–22].

- Иерархически организованные и специализированные области науки становятся более связанными друг с другом также направлениями их применения. Это приводит к созданию новых междисциплинарных и междисциплинарных исследований, которые способствуют появлению новых дисциплин и их соединений для изучения возникающих вопросов и тем.

- Научные внедрения становятся более эффективными и заслуживают доверия через открытость, что позволяет проверять результаты исследований прозрачно, обеспечивать доказательные связи и новые формы дополнительного сотрудничества. Разрабатываемой метрике оценки качества науки присущи возможность проверки и повторного использования результатов научных исследований вместо только информации о публикациях, как это делается сегодня.

- Научные методы, процессы и знания становятся более доступными для всех членов общества с помощью доступного инструментария. Узнать о науке становится легче, научные курсы и семинары могут включать вопросы обзора и участия в научных сообществах, что позволит будущим

исследователям ознакомиться с методами цифровой науки еще до получения специальности.

- Отношения между наукой, обществом и политикой развиваются в сторону нового симбиоза и общей тематики научных исследований. Через доступ к научной информации и научным процессам граждане осведомлены о потенциальных возможностях и ограничениях формирования научного знания и могут принимать участие в изучении и мониторинге вопросов, интересующих их.

Цифровая наука для общества. Открытый доступ к результатам и процессам научных исследований и более широкое использование социальных медиа для исследовательских целей способствуют улучшению научной грамотности граждан в целом и усиливают интерес молодежи к знаниям в области науки и техники, несмотря на их возраст, образование или социально-экономическое положение. Открытый подход к цифровой науке помогает развитию образования, интеграции и занятости путем поддержки на протяжении всей человеческой жизни нескольких ключевых профессиональных компетенций (компьютерной, социальной и гражданской), чувству инициативы и предпринимательства. В результате граждане привлекаются к научной деятельности, несмотря на определенные риски. Это способствует их обучению и тем самым их включению в информационное общество и его экономику.

Цифровая наука для политики. Различные свойства цифровой науки повышают доверие к ней и улучшают доступность науки для лиц, принимающих решения (политиков). Кроме того, и что более важно, расширение прав и возможностей граждан на доступ, понимание и принятие участия в научных процессах повышает восприятие ими политики, которая основана на научных данных и которая допускает участие граждан в ее разработке и мониторингу. Научный подход к формированию политики позволяет создавать совместные инициативы, где политики в сотрудничестве с учеными и гражданами ищут, разрабатывают и сравнивают возможные варианты решения глобальных проблем. Привлечение граждан к научному развитию, лежащему в основе политических решений, также поощряет их выбор и участие в реализации социальных изменений на благо общества.

Цифровая наука для инноваций. Новые инструменты и методы исследования вместе с открытостью, сотрудничеством и участием общественности в научных исследованиях формируют результаты исследований в более доступной форме для промышленности и малого-среднего бизнеса. Кроме того, они обеспечивают модели (открытые инновационные платформы), которые также могут быть использованы для коммерческих инноваций или для создания совместного продукта и развития услуг на основе инноваций и вкладов пользователей. Улучшение доступа к результатам научных исследований может стать движущей силой для инноваций, особенно в развивающихся регионах, но и участие в совместных исследованиях, основанных на принципах цифровой науки, также может предоставить выгоду для коммерческих субъектов. Цифровая наука способствует эффективному сотрудничеству большой группы людей из разных слоев общества, генерации идей, которые могут быть реализованы в коммерческих продуктах, хотя фундаментальные исследования делаются в общественном секторе (по аналогии с открытой разработкой программного обеспечения).

Вызовы для цифровой науки. Хотя есть много потенциальных преимуществ от подходов цифровых науки и успешных примеров их применения, трансформация науки не происходит одинаково во всех организациях и дисциплинах по разным причинам.

- В некоторых дисциплинах преимущества методов цифровой науки более очевидны, чем в других. Некоторые области уже трансформированы (например, астрономия), а другие отстают (например, социальные науки). Нужен дальнейший анализ дисциплинарной динамики и конкретных преимуществ использования различных свойств цифровой науки.

- Открытость научных публикаций и результатов исследований являются признанными целями, но их не всегда можно реализовать, поскольку в большинстве случаев исследователи не имеют свободы выбора источника, в котором могут быть напечатаны их результаты. Их профессиональный рост оценивается сегодня на основании метрик, которые противоречат целям открытости.

- Исследователи не могут быть уверенными в преимуществах открытости результатов и процессов также с точки зрения отсутствия гарантий взаимности. Кроме того, существуют сомнения в целесообразности публикации результатов текущих научно-исследовательских процессов, особенно когда речь идет об инновациях и разработке продуктов для бизнеса.

- Сложно организовать и поддерживать открытость совместных научных инициатив, в которых принимают участие различные типы субъектов, в том числе граждане. Инициатива должна одновременно удовлетворять личную заинтересованность различных типов участников, которые тратят свое время и усилия, а также обеспечивать научную ценность полученных результатов. Таким образом, тщательное планирование качественных аспектов обеспечения развития научного знания и профессии, а также мотивационных стимулов имеет решающее значение для создания успешных и устойчивых открытых научных сообществ.

ЦИФРОВАЯ НАУКА И ЕВРОПЕЙСКАЯ ГРИД ИНФРАСТРУКТУРА (EGI)

Развитие цифровой науки мировым сообществом целесообразно рассмотреть на примере планов и усилий одного из сообществ e-инфраструктуры — EGI [23–34]. EGI сообщество с руководящим органом — Советом EGI, состоящем из представителей национальных грид-инициатив (NGIs) и поддерживаемых EGI научных сообществ, в настоящее время предлагает амбициозную программу по инвестициям в открытые инфраструктуры распределенных вычислений, которые будут опираться на существующие европейские и национальные инвестиции для:

- *Обеспечения высокоэффективной европейской способности выполнять высокопроизводительный анализ данных*, которая поддерживается планами расширения до 2020 года нынешней EGI федеральной инфраструктуры до структуры с 10 миллионами вычислительных ядер и памятью до 1-го экзбайта.

- *Обеспечения гибких виртуальных исследовательских сред*, которые упрощают доступ к ресурсам EGI и ускоряют способность исследователей

для проведения научных исследований за счет использования опыта и возможностей NGI к внедрению технических инноваций в производство по всей Европе.

- *Определения и разработки человеческого капитала* для повышения квалификации и профессионализма исследовательских сообществ с помощью национальных центров передового опыта, которые поддерживаются EGI вместе с NGIs и которые могут передавать опыт в пределах EGI по обработке данных молодым ученым.

Пользователи-исследователи получают расширенные вычислительные возможности для научных исследований в виде виртуальных ресурсов, которые реализуются в любой среде, выбираемой пользователем, облачные хранилища для облегчения обмена данными, а также ряд вспомогательных услуг для обеспечения эффективного функционирования прикладных приложений.

Стратегия EGI состоит в том, чтобы играть ключевую роль в предоставлении сервисов в онлайн-европейском научном пространстве ERA, поддерживаемом инвестициями национальных и европейских финансовых органов, и тем самым успешно способствовать использованию цифровой науки в Европе. ERA с e-инфраструктурой мирового класса в состоянии поддерживать инновационные совместные виртуальные лаборатории для моделирования, совместного использования больших данных (Big Data) и операций по анализу этих данных, а также поддерживать это сотрудничество жизнеспособным в течение многих десятилетий.

ВЫВОДЫ

Новейшие инструменты и новые исследовательские методологии цифровой науки позволяют не только проводить исследования более эффективно, но и создавать новые направления науки и исследований, поддерживать тенденции развития в обществе и экономике, способствовать трансформации научной системы, демократизации доступа к исследованиям и установлению новых связей между наукой, обществом, политикой и инновациями.

Проекты программы «Горизонт 2020» способствуют развитию цифровой науки на разных уровнях и включают технологии и компоненты для сбора данных и функционирования сетевых систем; модели, методы и инструменты для будущих исследований и обработки информации; платформы и инфраструктуры, которые могут поддерживать совместные междисциплинарные исследования; коллективную европейскую реакцию на соответствующие глобальные вызовы и проблемы.

Без сомнения, отечественным специалистам полезно ознакомиться с опытом Европы по разработке и использованию цифровой науки, обобщенным в данной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Згуровський М.З., Петренко А.І. Становлення і горизонти цифрової науки // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2014. — № 4. — С. 7–19.

2. *Digital Science*. — <http://ec.europa.eu/digital-agenda/digital-science>.
3. Tom Bo Clausen. DG INFSO (soon to be DG CONNECT), Unit C2: Strategy and Innovation. — <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/ssai/docs/future-cc-2may-clausen-presentation.pdf>.
4. *Horizon 2020 Programme*. — <http://cerneu.web.cern.ch/horizon2020>.
5. *Horizon 2020 Work Programme Summaries*. — <http://exquisitelife.researchresearch.com/exquisite%20life/horizon-2020-work-programme-summaries.html>.
6. *Horizon 2020 – Vision 2020: The Horizon Network*. — www.2020visionnetwork.eu/horizon%2020/.
7. *Horizon 2020 // Державне агентство з питань електронного урядування України*. — <http://old.dknii.gov.ua/?q=node/1736>.
8. *Communications Networks, Content and Technology*. European Commission Directorate General. — <http://ec.europa.eu/dgs/connect/what-we-do>.
9. *Recommendations for the European Commission — recode*. — http://recodeproject.eu/wp-content/uploads/2013/04/2013_OARD_Recommendations_public.pdf.
10. *Calls – Research Participant Portal – European Commission*. — <http://ec.europa.eu/research/participants/h2020/>.
11. *Digital Science in Horizon 2020*. — <https://www.google.com.ua/#q=11.%09Digital+science+in+Horizon+2020>.
12. *Шлях до Європейського грид / Ред. Загородній А.Г., Згуровський М.З.* — К.: Політехніка, 2013. — 258 с.
13. *Ala-Mutka K.* Review of Learning in ICT-enabled Networks and Communities. — <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/publications/pub.cfm?id=2721>.
14. *Hay T., Trefethen A.* The UK e-Science Core Programme and the Grid // *Future Generation Computer Systems*. — 2002. — №18. — P. 1017–1031.
15. *Nielsen M.* Reinventing discovery: the new era of networked science. — New Jersey: Princeton University Press, 2012. — 272 p.
16. *Burgelman J., Osimo D., Bogdanowicz M.* Science 2.0, *FirstMonday*, 15(7), 2012. — <http://firstmonday.org/htbin/cgiwrap/bin/ojs/index.php/fm/article/viewArticle/2961/2>.
17. *Digital Culture and Europeana*. — <http://ec.europa.eu/dgs/connect/en/content/digital-culture-and-europeana>.
18. *Atkins D.E., Droegemeier K.K., Feldman S.I., Garcia-Molina H., Klein M.L., Messina P.* Revolutionizing Science and Engineering through Cyberinfrastructure: Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cyberinfrastructure. Washington, DC: National Science Foundation. — www.nsf.gov/cise/sci/reports/atkins.pdf.
19. *Hay T., Tansley S., Tolle K.* (eds.). *The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery*. — <http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/>.
20. *Jankowski N.W.* Exploring e-science: An introduction // *Journal of Computer-Mediated Communication*. — 2007. — N 12(2), article 10. — P. 549–562. — <http://jcmc.indiana.edu/vol12/issue2/jankowski.html>.
21. *Nentwich M.* *Cyberscience: Research in the Age of the Internet*. Vienna: Austrian Academy of Sciences, 2003. — <http://hw.oeaw.ac.at/3188-7>.
22. *DG Connect priorities*. — <http://ec.europa.eu/dgs/connect/en/content/mission-and-priorities>.
23. *European Grid Infrastructure*. — www.egi.eu/.
24. *The EGI strategy for 2020: Secure, federated data-analysis capability for the ERA* — <http://www.egi.eu/export/sites/egi/news-and-media/publications/EGI-Grand-Vision-V6.pdf>.

25. *EGI Federated cloud*. — <http://www.egi.eu/solutions/fed-cloud/index.html>.
26. *EGI Federated operations*. — <http://www.egi.eu/solutions/fed-ops/index.html>.
27. *EGI High-throughput data analysis*. — <http://www.egi.eu/solutions/htc/index.html>.
28. *EGI Community-driven innovation and support*. — <http://www.egi.eu/solutions/community-innovation-support/index.html>.
29. *EGI Platform architecture*. — <http://www.egi.eu/infrastructure/architecture/>.
30. *EGI service catalogue*. — <http://www.egi.eu/services/catalogue/>.
31. *EGI Applications database (AppDB)*. — <http://www.egi.eu/services/catalogue/appdb.html>.
32. *EGI Public Service Review brochure 2013*. — <http://www.egi.eu/news-and-media/publications/>.
33. *Tiziana Ferrari*. *EGI – future strategies for the European Research Area*. — *EGI User Forum 2014 Book of Abstracts*, Helsinki, May 2014.
34. *EGI-In SPIRE (Integrating Resources into the EGI Production Infrastructure)*. — http://infrastructure.kiev.ua/upload/Integrating_Resources_into_EGI.pdf.

Поступила 08.09.2014