Геймификация научных исследований

Евгений Быков

Аспирант школы философии факультета гуманитарных наук Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».
Адрес: 105066, Москва, ул. Старая Басманная, 21/4.
E-mail: eugenius.solus@gmail.com.

Ключевые слова: геймификация науки; интуиции объекта; феноменология заинтересовывания; центры калькуляции; идентичность акторов; подход «мышление спектра»; *EteRNA*; *Foldit*; *Phylo*.

В статье исследуются специфические способы существования объекта естественно-научных исследований, когда те геймифицированы

Вместо предисловия

Февраль 2013 года, вечер. Темная комната, в углу светится включенный ноутбук. Я простужен, но сейчас это не так уж и важно. «Клик-клик». Новая команда запускает алгоритмический каскад, ЦП перераспределяет ресурсы между приложениями: открывается окно *flash*-игры. На экране — замысловатые фигурки из шариков четырех цветов, на заднем фоне поднимаются некие пузырьки (их можно отключить). Задача в том, чтобы собрать головоломку так, как показано в верхнем уголке окна.

(дополнены компьютерной игрой: на примере проектов EteRNA, Foldit, Phylo). Введение в историю темы позволяет перейти к описанию актуальных ситуаций: трехсторонних процессов заинтересовывания между учеными, игрой и игроками с обособлением двух тактов: 1) «[ученые ↔ игра] ← игроки», где объект игры создается коллективом с такой степенью структурного подобия лабораторному, при которой игроки способны взаимодействовать с ним как первичной данностью (проблема «действия на расстоянии»); 2) «ученые → [игра ↔ игроки]», где цель заключается в устойчивости интереса к игре, выстроенной вокруг объекта. Поскольку коллектив не может поддерживать интерес постоянно, возникает этап, когда сама игра должна начать вырабатывать его для игрока. В каждом из тактов отмечается особое изменение режимов переживания/мышления игрока («вворачивание лаборатории», аутофрагментация и др.). Далее предлагается модель центров калькуляции для описания отношений ученых и игроков, приводящая к вопросу о справедливости использования ресурсов последних. Вопрос затрагивает проблему взаимоизменения действующими силами идентичностей каждой: игроки = вычисляющие функции / игроки = нейросети / игроки + искусственные интеллекты = взаимообучение и др. Рассматривается амбивалентность меняющихся / неизменных характеристик центров калькуляции. Обращение отношения «использования» демонстрируется введением Толп (контекста краудосорсинга). На материале проведенного исследования автор предлагает подход «мышления спектра», где различные формы опыта соответствуют изменениям в сетях отождествления феноменально различных объектов в целостную идентичность. Уникальные навыки игроков (позволяющие им находить решения проблем, ускользавшие от ученых) понимаются тогда как опыт восприятия объекта, освобожденный от необходимости соотноситься — для игроков — с другими способами его существования (белок, код, теория и др.).

Я начинаю с того, что проверяю комплементарность урацилов, разбросанных по вторичной структуре. Очевидно, что *A-U* связки не самые сильные, но их нужно оставить в запасе, когда формальные ограничения заблокируют новые *G-C*: цитозиновые жестко фиксируют узлы молекулы (поэтому неудивительно, что их количество часто установлено заранее). Долго бьюсь над полукольцом, которое не желает замыкаться в кольцо — по краям выросли боковые «палочные мостики» пар, отталкивающие друг друга суммарным зарядом. Все нуклеотиды создают трехмерные заряды, тогда как я вижу лишь их двухмерную развертку, поэтому, как только запускается сравнение с требуемой конфигурацией, почти достигнутый эквилибриум выворачивается наизнанку, демонстрируя на экране остов какого-то чудовища с десятками малых отростков и ложноножек. Впрочем, именно столкновение с молекулярной монструозностью приводит к инсайту: если склеившихся пар так много, то работать надо в первую очередь с ними! Подстановка нуклеоти-

дов снова превращается в скальпель, и я медленно, шаг за шагом рассекаю наросшие по краям «палочные мостики», чтобы сводить друг с другом уже их комплементарные арки. Сравнение еще не запущено, но я уже знаю, что конструкция большого кольца молекулы выдержит тест: оно сомкнется устойчиво… но вот только получится ли «косметически» поменять оставшиеся фрагменты? На последних этапах лучше действовать аккуратно — лишний гуанин в побочном отростке способен создать локальный минимум заряда, стягивающий на себя другие сегменты дуги.

Как выясняется вскоре, оба предсказания верны: да, кольцо смыкается без разрывов, но — что куда интереснее — оно сворачивается *вовнутрь* теми выступами, которые мне надо было зафиксировать как внешние. Еще 5–10 минут перебора решений — и задание выполнено, можно переходить к следующему. Экран заполняют приснопамятные пузырьки, лавиной всплывшие снизу; из собранных молекул во все стороны бьют яркие бессмысленные лучи. Я делаю паузу, сохраняю статистику. В этот момент последовательность преобразований, приведших молекулу к искомой структуре, сбрасывает с себя пользовательский интерфейс и, опадая до алгоритмического ядра, отправляется в удаленные лаборатории. Спустя какое-то время молекула будет синтезирована, а полученные результаты покажут отклонение модели от конечной свертки РНК. Возможно, мой набор решений окажется наилучшим на одном из этапов или, напротив, окажется тривиальным настолько, что об этом даже не хочется думать.

Думать, однако, по-прежнему хочется — только движение мысли отнюдь не повторяет путь «причащения успеху», в конце которого делят триумф с победителями (в сотни раз ускорившими катализ химических реакций или расшифровавшими структуру вируса — см. далее). Уподобляясь строптивой молекуле, вопрос обращается вовнутрь: как мне вообще удавалось интуитивно предугадывать многосоставные конформации структуры? Как я делал это, не будучи молекулярным биологом, и почему это было интересно само по себе? Хотя часть ответов можно набросать уже сразу, картина останется неполной до тех пор, пока не станут видны тропинки, по которым в свое время к геймификации пришли ученые, чтобы, ввергнув меня в игру, дать возможность прибыть вместе с ней в этом тексте.

История о том, как ученые учились играть (и выигрывать)

Когда приходит время рассказать историю, одним из первых волевых решений приходится выбирать — какую именно: с начала 2000-х годов геймификация научных исследований продемонстрировала успехи в десятках проектов, выстроенных вокруг самых разных объектов — от малярийной инфекции в мазках крови[1] до нейронной структуры сетчатки[2]. Чтобы хоть сколько-нибудь совладать с этим «цветущим многообразием», я (в *не*равной мере) остановлюсь на трех примерах — тематически их сближают молекулярная биология/генетика, а каждый из них представляет собой прежде всего *компьютерную* игру.

Если большие периоды человеческой истории тесно (и успешно) связаны с «великими переселениями» народов, схожая фигура по-своему применима также и к научным объектам. К примеру, первая из «переселенческих» волн биомолекулярных структур началась в 1970–1980-е годы. Методы лабораторного синтеза тогда уже узаконили представление белка *in vivo* через его структуру, выращенную в виде кристалла и выявляемую спектроскопией[3]: миграционный коридор открылся тем структурам, чьи молекулярные модели могли быть рассчитаны достаточно точно для оцифровки. И хотя отождествление белков с их компьютерными версиями шло на фоне пророчеств вроде «закона Мура», собственная динамика процесса в основном зависела от успехов конкретных методологических новаций[4] и академического интереса.

Одним из ключевых (если не самым) для молекулярной биологии объектов является белок: многообразие функций, которое белки выполняют в живых системах (поддерживая их в та-

1. *Luengo-Oroz M., Arranz A., Frean J.* Crowdsourcing Malaria Parasite Quantification: An Online Game for Analyzing Images of Infected Thick Blood Smears // Journal of Medical Internet Research. 2012. Vol. 14. № 6. URL: http://www.jmir.org/2012/6/e167/.
2. *Gorman J.* Recruititng Help: Gamers // The New York Times. 26.05.2014. URL: http://www.nytimes.com/2014/05/27/science/recruiting-help-gamers.html?src=vidm&_r=0.
3. *Fuller S.* Research Trajectories and Institutional Settings of New Converging Technologies // (WP 1) KNOWLEDGE NBIC. Knowledge Politics and New Converging Technologies: A Social Science Perspective. European Commission FP6 project, 2008. P. 15.
4. См. обзор этапов в: *Goodsell D., Burley S., Berman H.* Revealing structural views of biology // Biopolymers. 2013. Vol. 99. № 11. P. 817–824.

ковом качестве), поистине огромно. Эффективность и скорость, с которой, например, протекают реакции ферментов, обусловлены «специализацией» белка — того набора активных элементов его структуры, которые непосредственно участвуют в реакции. В свою очередь, для понимания динамики белка (а также иных органических молекул вроде РНК) необходимо представлять *преобразование* его структуры, то есть знать не только начальную форму, но и итоговую, в которой молекула обретает минимальное значение энергии. Первые десятилетия «оцифровки» белков отчетливо показали всю вычислительную сложность для оценки такого преобразования. Учитывая, что для реакциоспособности молекулы крайне важна ее пространственная конфигурация, варьировать которую могут сотни тысяч аминокислот в составе (с локальным минимумом энергии каждая), задачи вычисления глобального минимума — или сворачивания (фолдинга)[5] белка — становились тем актуальнее, чем большее количество данных об аминокислотных последовательностях накапливалось в базах данных. Неудивительно, что одним из поворотных моментов часто считают окончание проекта «Геном человека» с наиболее полной расшифровкой его структуры в 2003 году.

Сложно сказать, насколько очевидным или специфичным развитие интернета могло казаться в 1980-х, но, когда к концу 1990-х к нему уже было подключено свыше 50 млн компьютеров (а цифра эта продолжала экспоненциально расти), постепенно вырисовывался новый тип вычислительных ресурсов, доступных научным коллективам. Альтернатива использованию немногих существовавших в мире суперкомпьютеров или все более трудоемким оптимизациям кода (для расчета свертки) тогда выглядела примерно так: «Если требование высокой специфичности архитектуры вычислительной системы или ее программного кода переформулировать через *распараллеливание* алгоритмических задач, то необходимые ресурсы у нас практически есть». Правда, разбросанные по планете, но дело теперь оставалось за малым. Поскольку в отличие от зари эпохи ЭВМ (и хакеров, максимизировавших отдачу от «железа»[6]) пользователь начала XXI века редко использует центральный процессор на 100%, требовалось создать фоновое приложение, которое бы,

5. Согласно классификации четырех уровней структуры белка, здесь речь идет о *третичной* — уникальной пространственной структуре белка, вычисленной из последовательности аминокислот в его составе.
6. См.: *Дрейфус С.* Компьютерный андерграунд: история о хакерах, безумии и одержимости. М.: У-Фактория, 2003.

не тормозя работу ОС, оперировало свободными мощностями сотен тысяч ЦП. Наиболее известным в этом жанре стало и до сих пор остается разработанное в 2002 году кросс-платформенное приложение *BOINC* (*Berkeley Open Infrastructure for Network Computing*), превзошедшее суперкомпьютеры по мощности: его интерфейс позволяет подключиться к любому проекту распределенных вычислений из списка[7]. Подключенные компьютеры получают модульные пакеты данных, требующие обработки, которые затем отправляются обратно в базы проекта. А коль скоро участие в этом изначально добровольное, к факторам неопределенности относятся только загруженность конкретного устройства и (в пределе) удаление приложения. Все остальные издержки распределенные вычисления взяли на себя. До миграции объектов на территорию игр остается всего пара шагов, из которых один был сделан в сторону раскрытия возможностей, а другой — самоограничения чисто компьютационного подхода.

Чтобы сделать приятное любителям науки, выделяющим резерв своего ЦП для столь специфической задачи, как расчет свертки белков[8], авторы входившего в *BOINC* проекта *Rosetta @home* добавили визуальности: отныне приложение позволяло вывести на экран условно расцвеченную модель обрабатываемой молекулы и указывало время, оставшееся до конца цикла расчета. Расширение это, интересное само по себе как эстетизация научного пограничья, привело к довольно неожиданному следствию: на адрес проекта начали поступать сообщения от подключенных участников, причем последние заверяли, что даже они, глядя на алгоритмы машинного перебора, часто ви-

7. «Суперкомпьютером №1 считается разработка *IBM* и *DOE's NNSA — BlueGene/L*... достигший производительности в 280,6 терафлопс (триллионов вычислений в секунду) и единственный превысивший уровень в 100 терафлопс. <...> С другой стороны, уже для проекта *SETI@Home* пользователи суммарно давали мощность 250+ терафлопс... полная средняя мощность, собираемая *BOINC*, ~700+ терафлопс и продолжает расти» (см. эту и другие детали истории *BOINC*: http://www.angelfire.com/jkoulouris-boinc/). На июль 2014 года *BOINC* поддерживает более 70 проектов (URL: http://boincstats.com/en/stats/projectStatsInfo) — хорошее представление о них (в их связи с научными исследованиями разработчиков) дает список соответствующих публикаций: https://boinc.berkeley.edu/wiki/Publications_by_BOINC_projects.
8. В рамках проекта решались еще 2 типа задач: обратная данной (поиск аминокислотной последовательности с наименьшей энергией для заданной структуры белка) и вычисление взаимодействия комплекса белок–белок. См. детали по адресу проекта: http://boinc.bakerlab.org/rosetta/.

дят более удачные варианты[9]. Впрочем, такое развитие событий можно считать сравнительно удачным — со стороны других групп, заинтересованных в «распределенных вычислениях», заведомо скромнее были даже ожидания: во многом такая оценка касалась класса так называемых *NP*-сложных задач, решение которых порождением эвристик требовало мощностей на порядки больших[10]. Как бы то ни было, вслед за компьютерами новый вычислительный ресурс был обнаружен сидящим *перед* компьютерами: им оказался пользователь или, точнее, способность последнего решать головоломки определенного вида.

Довольно быстро намерение освоить новую производственную базу столкнулось с резонным вопросом: как увлечь отвлеченными алгоритмическими задачами горячих, импульсивных и непредсказуемых людей в отличие от надежных, логичных и холодных ПК, обрабатывавших пакеты данных автоматически? Отправлять конечному пользователю полновесные версии программ (созданных в лаборатории и *для* лаборатории) было бы по меньшей мере наивно. Даже если отдельные компетентные участники *Rosetta@home* смогли бы через пару-другую недель примерно разобраться в них (*soft part of the «hard science»*), это сразу исключало бы тысячи не столь сведущих, но не менее искренних добровольцев по всему земному шару. Поэтому, если вовлекать в вычисления неспециалистов, новый подход следовало обеспечить как минимум доступным интерфейсом, одним из частных решений которого и выступало создание компьютерных *игр*.

Несмотря на то что сюжет выше можно прочесть как предысторию изысканий молекулярных биологов, приведшую к проекту *Foldit*, он также демонстрирует способы перемещений и преобразований объектов, без которых нечто не могло бы *возникнуть* в виде компьютерной игры. Поэтому без дополнительных отступлений вместе с ним я вкратце опишу детали онлайн-проектов *EteRNA* и *Phylo* — все они еще потребуются далее.

- *Foldit*[11] — компьютерная игра, выступающая парадигмальным примером всего подхода геймификации в целом. Ее цель — найти трехмерную структуру белка, свободная энергия ко-

9. См.: *Bourzac K.* Biologists Enlist Online Gamers // Technology Review. 08.05.2008. URL: http://www.technologyreview.com/news/410098/biologists-enlist-online-gamers/page/1/.
10. См.: *Wang L., Jiang T.* On the Complexity of Multiple Sequence Alignment // Journal of Computational Biology. 1994. Vol. 1. № 4. P. 337–348.
11. См. URL: http://fold.it/.

торой была бы минимальна. Чтобы справиться с такой задачей, пользователю доступны различные пути модификации молекулы: как самостоятельные (вращение α-спиралей белка вокруг их осей, применение слабых ограничений в определенных участках и др.), так и автоматизированные (уже прописанные в игре как заготовленные шаблоны локальных операций). Кроме того, *Foldit* подсказывает игроку варианты оптимизации фолдинга, а игроки могут делиться друг с другом разработанными ими алгоритмическими рецептами (у проекта есть своя *Wiki*). Игра не только имеет свою историю (существует с 2008 года) и огромную аудиторию (~250 000 участников), но и не раз демонстрировала пригодность проводимых в ее среде расчетов для научных исследований (чему во многом и обязана своей известностью). Наиболее известны из них расшифровка структуры кристалла ретровирусной протеазы *M-PMV*[12] и модификация участвующего в реакции Дильса–Адлера белка, которая повысила его активность в 18 раз[13].

12. См.: *Khatib F., Dimaio F., et al.* Crystal Structure of a Monomeric Retroviral Protease Solved by Protein Folding Game Players // Nature Structural & Molecular Biology. 2011. Vol. 18. № 10. P. 1175–1177.

13. См.: *Eiben C., et al.* Increased Diels-Alderase Activity Through Backbone Remodeling Guided by Foldit Players // Nature Biotechnology. 2012. Vol. 30. № 2. P. 190–192.

1. Протеазы — ферменты, расщепляющие пептидную связь между аминокислотами в белках. Ретровирус *M-PMV* можно назвать аналогом ВИЧ для обезьян (так как ВИЧ тоже ретровирус, и подобно ему *M-PMV* вызывает у обезьян СПИД). Предполагается, что знание структуры ретровирусных протеаз поможет понять механику их активности в ретровирусе в целом, в том числе поможет разрабатывать ингибиторы протеаз ВИЧ на основе полученных моделей. Игроки решили задачу на 10-й из 21 дня ее доступности на *Foldit*, тогда как ученые мало продвинулись в этом за 15 лет; основной вклад внесли всего три человека, о чем пойдет речь далее.

2. Реакция Д.–А. — органическая реакция, позволяющая получать как *карбо-*, так и *гетеро*циклические соединения (в их числе хлорорганические пестициды циклодиенового ряда), лежащие в основе многих классов органических соединений (например, стероидов). Поскольку «существующие компьютерные расчеты ферментов *de novo* дают хорошие результаты, но... не позволяют добиться непрямой перестройки структурного каркаса белка, улучшавшей бы его функции» (*Eiben C., et al.* Op. cit. P. 1), рассчитанный на компьютере фермент катализа *DA_10_20* был предложен игрокам *Foldit* уже не с целью определения его структуры, но ее оптимизации. Двухмолекулярная реакция Д.–А. *стереоселективна*, то есть ее ферментативный катализ зависит от пространственной геометрии активных участков катализатора (см.: *Siegel J., et al.* Computational Design of an Enzyme Catalyst for a

· *EtERNA*[14] — компьютерная игра, отчасти сходная с *Foldit* (в том числе по составу команд разработчиков); выпущена в 2010 году. Объектом, для моделирования которого она спроектирована, являются уже не белки, а цепочки РНК, причем представленные в двумерном виде[15]: их надо сворачивать к заданной форме через замену нуклеотидов по длине цепочки. Четыре основания РНК (в игре — различных цветов) образовывают связи друг с другом (с различной энергией устойчивости каждая), но всего тремя типами сочетаний. Игроку помогают два способа отображения молекулы — фактический (показывающий связи оснований РНК и конфигурацию молекулы на текущий момент) и целевой (когда фактическая цепочка РНК сворачивается к искомому виду с наложенными ограничениями, указывая, где замены еще предстоит внести). Кроме того, игроки голосуют за понравившиеся им РНК: победителей этого голосования впоследствии ожидает лабораторный синтез и сравнение наблюдаемых данных о конфигурации с расчетной моделью (благодаря чему модель улучшается). С помощью игры разработчики планируют создать исчерпывающую базу правил сверток РНК, что поможет использованию этих молекул как компонентов наноструктур. Более 300 соединений было синтезировано для сравнения с моделями уже к 2011 году; на январь 2014 года проект включает ~37 000 участников[16].
· *Phylo*[17] — компьютерная игра о множественном выравнивании последовательностей (МВП): филогенетической задаче по восстановлению расхождения видов от общего предка через сравнение ДНК и обнаружение неизменных участков; выпущена в 2010 году. Последовательности нуклеотидов, относящиеся к различным таксонам, даны игрокам в виде блоков из четырех цветных элементов — перемещая, их нужно соотнести друг с другом так, чтобы совпало наибольшее количество нуклеотидов. Фактически деятельность

Stereoselective Bimolecular Diels-Alder Reaction // Science. 2010. Vol. 329. № 5989. P. 309–313), а игроки могли их менять.

14. См. URL: http://eternagame.org/web/.
15. Ср. схему: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Ciliate_telomerase_RNA.PNG из научной статьи с моделью, предлагаемой для ознакомления на заглавной странице http://eternagame.org/web/.
16. См.: *Lee J., et al.* RNA Design Rules from a Massive Open Laboratory // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014. Vol. 111. № 6. P. 2122–2127.
17. См. URL: http://phylo.cs.mcgill.ca/.

пользователей расширяет базу эвристик, применяемых для той же задачи специальными алгоритмами — стратегии игроков сравниваются также друг с другом (с отбором лучших). По состоянию на начало 2012 года от ~12 000 зарегистрированных участников поступило более 350 000 различных эвристик: это позволило на 70% улучшить существующие решения МВП для связанных с заболеваниями генов у 44 видов позвоночных[18].

Таковы особенности трех компьютерных игр, для создания которых (с точки зрения на них как уже существующих) ученым пришлось проделать извилистый — вплоть до самоналожения[19] — путь. Впрочем, чем дольше следуешь по нему, тем более размытой начинает казаться исходная перспектива игрока, приходящего к игре снаружи. Координация того, как происходит встреча этих перспектив, — следующий описательный такт. Теперь он должен привести к играм нас.

Триангуляция заинтересовывания {ученые, игра, игроки}

Долго ли, коротко ли, но встреча игроков (при помощи ученых) с игрой происходит. Описать это событие с должной степенью оттенков позволяет прежде всего разработанная в делёзианском ключе модель «зазеркального времени» Кэрролла. Встреча с игрой — вбрасывание контекста, погружение в само Зазеркалье, уже в котором игроки (Алиса) и ученые (Черная королева) продолжают двигаться вместе. Но вот в чем разница: Алиса пришла извне в чертоги Черной королевы и остается частично чужой ее миру, влача «остаточные» законы собственного. Поэтому, еще не присвоенная «альтернативной физикой», Алиса идет с обычной скоростью, чтобы пройти вперед, то есть ее скорость пошагово совпадает со значением пути, который пройден. Черная

18. *Kawrykow A., et al.* Phylo: A Citizen Science Approach for Improving Multiple Sequence Alignment // PLoS ONE. 2012. Vol. 7. №3. P. 1.
19. Уточняя описания выше: *Phylo* не всецело предпочел результаты людей ИИ-алгоритмам, но, напротив, лишь благодаря последним способен анализировать результаты пользователей. Что же до *Foldit*, то для обеспечения игре пространства «алгоритмических возможностей» должны просчитываться новые энергии для модификаций белка, предлагаемых игроками, для чего используется уже упомянутая выше *Rosetta@home*, из которой *Foldit* возникла. Пройденные ранее этапы формируют сцену, позволяющую новым подходам быть как осмысленными (не покидать поле), так и работоспособными в принципе.

королева, однако, как уроженка зазеркальных земель, вынуждена всегда прикладывать усилия уже к тому, чтобы оставаться на том месте, где находишься,— что говорить о перемещениях! Те в принципе парадоксальны (и все-таки происходят).

Игроки, погружающиеся в данность игры, когда она им представлена, взаимодействуют с ней всецело, поскольку им не представлено иного. Ученые же, создающие игру-как-данность вовне, предельно озабочены поддержанием коллективной идентичности — между тем, что игра представляет игрокам, и тем, что игра представляет *им* (в сравнении с представлениями, производимыми профессионально). Эта дополнительная работа, затрачиваемая на то, чтобы оставаться теми же самыми (одними и теми же), маркирует геймификацию как *медиацию*, отмечая один из ее полюсов.

1. Такт медиации: (ученые ↔ игра) ← игроки

Место, где возникает игра,— это исследовательский центр, пункт интеграции и реализации данных. Он наполнен техническими навыками, теоретическими знаниями и способами взаимодействия с объектами, которые в совокупности и отвечают на вопрос о достоверности полученных данных, отличая этим лабораторную достоверность от суждений внешних инстанций. Места, в которые игра должна прибыть,— это пестрые рои пользователей, чье предшествующее существование могло вполне мирно протекать вдали от эпицентров научного производства (предполагать обратное — рискованно для проекта).

В отличие от приснопамятных фермеров, чьи коровники Пастер уподобил своему центру посредством регулярности гигиенических процедур, дозирования вакцинации и ведения списков[20], связанные с проектами распределенных вычислений группы ученых не в силах *превращать* в лаборатории удаленные места (чтобы никогда не покидать пределов собственной). Поэтому неспособные передать оборудование или обучить добровольцев пользоваться реактивами разработчики по-новому подходят к вопросу о действии на расстоянии и условиях, требуемых для его совершения.

Итак, *игра* получает свое определение в данном такте. Она — это впитывающая поверхность, запечатлевающая в своей ар-

20. См.: *Латур Б.* Дайте мне лабораторию, и я переверну мир // Логос. 2002. № 5–6 (35). С. 211–242.

хитектуре как можно больше особенностей объекта, искомых учеными. С точки зрения последних, на весь «цикл фактификации» игра неполна и отрывочна (более того, зачастую избыточна), и тем не менее она обеспечивает доступ. Соответственно, находясь в режиме доступа через игру, пользователь постепенно облачается в новый навык, проникающий сквозь кожу его пальцев, распаковывает «психоконфигурационный подарок»: теперь в чем-то он *сам* думает как лаборатория — отныне она воссоздана *в* нем (поскольку и объекты, отношения между ними, и большинство других параметров задано учеными). Так, по мере погружения алгоритмы, выстраивающие объект на уровне кода, становятся внутренними собственному мышлению-действию игрока, становятся его интуициями — и ты сам начинаешь *знать*, где напряжение молекулярной связи будет критичным или где уместнее менять участок генома (в чем, безусловно, огромную роль играет «видеодвижок» как способ представления объекта[21]). При этом с точки зрения вычислимости игра «знает», к какому результату приведет конкретное действие, но, когда форма такого знания передается игроку (в том числе как предчувствие 100–200-нуклеотидной перестройки в начале текста), далее речь идет уже о перепроизведенном пользователе: игроке, собранном заново, так же, как и собираемые им РНК. Пространство их различий впервые открывается как пространство возможностей.

Делая реверанс в сторону строптивой молекулы, отказавшейся сворачиваться в нужную форму, аналогично можно представить и весь такт медиации: в процессе создания игры лаборатория выворачивается наизнанку, тогда как пользователю предстоит вворачивать ее в себя; о-сваивать ее. Тем не менее «свертка-развертка» такого рода указывает отнюдь не на воспроизводство шаблона или бихевиористское научение, но на условия, в которых начинает проявляться эффект «зазеркального времени». В то время как разработчики озабочены поддержанием переводимостей одних идентичностей объекта в другие, пользователи успевают создать нечто *иное*. Будь то новый химический катализатор, полученный благодаря моделированию белка, или сотни конкретных эвристик, применяемых для множественного сравнения геномов, игроки-любители оказываются в принципе способными создать их, потому что для них объекты игры и есть объекты мира.

21. *Lv Zh., et al.* Game On, Science — How Video Game Technology May Help Biologists Tackle Visualization Challenges // PLoS One. 2013. Vol. 8. № 3. P. 3.

Осуществляя медиацию, игра концентрирует все, что было виртуализировано для взаимодействия с моделью ученых. Однако отсеченная от прежних цепочек превращения модель чего-то становится объектом *сама* — в первую очередь в операциональном смысле, поскольку дана так во взаимодействии (поэтому даже для тех, кто писал код игры, *объект*-«модель» не дан, если они сами не игроки). Последовательность аминокислотных остатков, прописанная для третичной структуры белка в *Foldit*, ничего не замещает собой; она в строгом смысле не является моделью реальной молекулы для игрока, так как игра не содержит в себе возможности осуществить набор действий, восстанавливающих отношение «модель ↔ объект» для разработчиков/ученых (хотя на каждом сайте подобных игр-проектов есть целый раздел, *рассказывающий* о структуре отношений между объектами и моделями). Пространство манипуляций замкнуто, поэтому модели перестают моделировать.

Иное, привносимое игроками, является следствием *иного* вворачивания в них того, что вывернула лаборатория: даже более того, игроки ценны как раз тем, что являются неисчерпаемым ресурсом возможного иного (различного, скорее, по сложности). Со своей стороны по мере и степени геймификации пользователи иначе открываются сами себе — они начинают произрастать интуициями, которые никогда бы не ожидали от себя, не став игроками. Как такие интуиции могут быть разработаны долговременно и устойчиво или, что не менее интересно, что они начинают представлять собой? Ответ на этот вопрос маркирует другой полюс, где медиация обращается к собственному феноменальному.

2. Феноменальное знакомство: ученые → (игра ↔ игроки)

В тот период, когда лаборатория старательно овнешествляет собственные аппараты в игру, самих игроков (за исключением их операционально «прописанного» портрета) еще нет — они лишь предположены. Развертке их феноменального тем самым предположено, предпослано *знакомство*, где они с игрой будут представлены друг другу. У разработчиков и инициаторов со своей стороны не самый широкий набор риторических стратегий, способствующих этому событию,— неудивительно поэтому, что инвестиции идут в ту из них, которой они обязаны собственным статусом: ученые начинают апеллировать к Природе.

На сегодняшний день публичная подача проекта как *естественно-научного* — реклама прямой связи последнего с под-

линной реальностью. От аутичной развлекательности игр его отличает «серьезность», выстраиваемая возвратным движением результатов игры в научные коллективы и их последующая материальная циркуляция[22]. Для того чтобы удостоиться внимания (быть замеченным), каждый из проектов геймификации выводит на заглавную страницу характерные слоганы: «Делай молекулы, развивай науку» (*EteRNA*), «Игра-головоломка, способствующая исследованию генетических болезней» (*Phylo*), «Игрок вроде тебя нанес на карту более 100 реальных нейронов» (*EyeWire*), «*Fold*it (Сверни*это*): решай пазлы для науки» и т. д. Удовольствие от участия в некоем большом и настоящем деле, провозглашаемое таким образом, компенсирует первоначальную (косвенно очевидную) незначительность отдельного игрока, ведь «я *тоже* вношу свой скромный вклад в науку!»

Безусловно, «реальностно-ориентированный» способ представления игры верен в логике научного коллектива, такую реальность поддерживающего, однако ошибочен с точки зрения взаимодействия, изложенной в предыдущей части: игроки не только не работают с единой и неизменной Природой, но, напротив, активно ее конструируют (или, что интереснее, создают новую *из-за* ограниченности доступа к уже-Природе). Впрочем, как бы то ни было, благородный порыв, как и одноименные газы, склонен улетучиваться: любители науки, чьи чувства описываются положительной неубывающей непрерывной функцией,— явление крайне редкое. Каждодневное рациональное напоминание себе, что компьютерная игра, где ты изощренно вертишь молекулы ради общечеловеческого прогресса, стоит потраченного времени, в скором времени само выцветает в ритуализацию. Полученные данные подтверждают это допущение: из ~12 000 зарегистрированных участников лишь ~3 000 заходили несколько раз, причем (в распределении достижений) 42% игроков от общего числа не решили ни одного пазла, а 90% решили менее 25 пазлов[23]. Первая вспышка энтузиазма захватывает людей на день-другой, на неделю, после чего волна сходит, оставляя буквально на порядок меньше участников, чем было вначале: именно оставшимся 10% игроков принадлежит решение 80% (~150 000) пазлов, каждый из *Top 20*

22. См.: *Быков Е.* Игрофицируя науку: «(не)серьезность» и аппараты удовольствия//Сборник материалов Всероссийской научной конференции с иностранным участием «Компьютерные игры — театр активных действий»/Под ред. В. В. Савчука. СПб.: РХГА, 2014.
23. *Kawrykov A., et al.* Op. cit. P. 4.

единолично решил более 700, а лидер списков, пользователь *stephano*,— более 5000[24]. Однако, если следить за знакомством людей с игрой в *ее собственном* времени, оптимизм на данном этапе лишь квазистационарен: пока не ясно, что удержит остаточные группы от рассеяния. Чтобы впервые произвести интуиции объекта в игроках, нужны дисциплина и время, тогда как пользователи своенравны и неподконтрольны, что, с другой стороны, и есть подсказка: это они должны увлекать себя сами.

Здесь ученые раскрывают руки и выпускают нечто, что более им не принадлежит и что отныне должно обрести жизнь, создав соответствующую форму. Сделать интерес самоподдерживающимся означает не что иное, как *сделать игру игрой*. Есть сотни причин начать играть и еще больше — играть *без* причин: игра сама становится причиной играть в нее. Если сменить фазовое пространство онтологических различий на пространство интересов (заинтересовываний), игра занимает место субстанции: *causa sui* своего рода — производимое ей интересное есть интересное *per se*. Великолепная графика, захватывающий сюжет, увлекательная стратегия или кровавые разборки — все эти параметры существенны, но не относятся к существу: даже такие пращуры видеоигр, как *Tetris* или *Lines*, не обладавшие ничем из перечисленного, порождали интерес, взаимодействуя с игроком так.

Развертка напряжения интереса в удовольствие и есть *игра*, игра-процесс (по отношению к игре-объекту). Игра *само*дисциплинирует индивида: отныне не внешняя инстанция напоминает ему о важности дела (и, получив очередную инъекцию благородства прямо в сердце, он снова приступает к работе[25]), но иг-

24. Ibidem.

25. Стоит отметить интересную генеалогическую петлю: развитие новоевропейской науки (и институтов образования) также шло в логике субстанционального интереса. Познание устройства природы служило достаточным обоснованием построения теорий и проведения эмпирических исследований. Самоотверженное погружение в загадки мироздания (когда на заре установления границ «научного» речь идет об энтузиазме одиночек/малых групп, см.: *Price D.* Little Science, Big Science, and Beyond. N.Y.: Columbia University Press, 1986) черпало увлеченность из себя самого, обучая этому же и новые поколения потенциальных исследователей (см.: *Кирющенко В.* Чарльз Сандерс Пирс, или Оса в бутылке. Введение в интеллектуальную историю Америки. М.: Территория будущего, 2008. Гл. 1–2). Современный контекст позволяет констатировать здесь двойное смещение: декларативно сохраняя

рок хочет играть сам, поскольку в нем продолжается (длится) желание продолжения. Интимность отношения с игрой во многом напоминает аутофрагментацию: практика игры расчленяет играющего до уровня таких его психоконфигураций, которые начинают дифференцироваться относительно нее. В то время как одни из его режимов сборки «выпадают в осадок», проявляя в целом нейтральную реакцию, другие ликуют, взрываются и открываются игре-объекту: в игре-процессе интенциональный фокус игрока организуется потоками именно *их* интенсивности. Игрок-сырец как рудная порода: его слишком много, чтобы играть. Поэтому, если аутофрагментации не происходит, для игры это означает провал заинтересовывания — и обратно: если селекция психоконфигураций успешна, игра перепроизводит игрока — то, что она выращивает в нем, я называю аппаратами удовольствия[26].

Геймификацию научного исследования тогда можно считать сбалансированной, когда свежевырабатываемые интуиции объекта совпадают с аппаратами удовольствия или, точнее, когда внутренняя циркуляция интенционального фокуса сквозь последние формирует соответствующую интуицию в одной и той же практике.

Медиация отвечает за то, чтобы ($М_{лаб}$) представленное было представлено верно, и за то, чтобы ($М_{игр}$) не получить от игроков тавтологии и/или тривиальные результаты. Феноменальное интереса необходимо для того, чтобы игрок получал от игры качественно иной тип интереса, чем от них обоих получает лаборатория. Расслаивая эти аспекты, легко представить, как выглядят провалы геймификации: со своей стороны разработчики могут перегрузить игру количеством подробностей, корректно описывающих модель объекта, но утомляющих в режиме до-

и воспроизводя ценность научного поиска «как такового», сегодня сети технонаучного производства куда более чувствительны к требованиям «быть прикладными» и активны в преобразовании повседневного мира. Образование, прививая интерес к науке, зачастую реферирует к облику последней, не существующему более, тогда как сами образовательные институты конкурируют с уже сформировавшейся и быстро растущей индустрией игр (чьи ресурсы «заинтересовывания» часто обесцвечивают практики преподавания, не успевшие трансформироваться). В психоконфигурационном отношении увлечься молекулярной биологией, ранее не зная о ней, — то же самое, что увлечься игрой, построенной молекулярными биологами: только последнее происходит *легче* и непринужденнее.

26. См.: *Быков Е.* Указ. соч.

ступа к объекту-«модели». Игроки же, когда чаша весов склоняется в сторону их удовольствия, могут участвовать в геймифицированном исследовательском проекте месяцами, не ожидая ни малейшей конверсии собственных достижений за дверями лабораторий, если объект-«модель» игры был лишен параметров, необходимых ученым для работы над материализацией связки «модель ↔ объект».

Однако, как только медиаторно-феноменальное динамическое равновесие достигнуто и десятки тысяч людей за своими компьютерами начинают регулярно овнешествляться в игру, движение геймификации продолжается — в действие приходит механизм «обратного захвата». Как теперь выглядит полный цикл и те, кто стал его частями? Или, точнее, как следует описывать их всех *вместе*?

Центр калькуляций и карнавал идентичностей (путешествие между точками зрения)

Когда, следуя за траекториями «науки-в-действии», Бруно Латур доходит до водораздела ир|рациональности, он приводит один показательный пример[27]. Как только экспедиция Лаперуза (одной из целей организации которой было узнать, является ли Сахалин островом или полуостровом) добирается до места назначения, один из местных жителей в ходе беседы чертит на песке довольно точную карту земель — земель, где он живет. Перед ним не стоит проблемы, что наброски вскоре смоет прилив. Тогда как Лаперуз оказался так далеко от дома *только лишь* для того, чтобы узнать истинные контуры побережья, зарисовать их и отослать обратно. Великое Различие, «|» в ир|рациональности создается *возвратным* движением записей — множество карт, стекающееся в Версаль из разных концов земного шара, позволяет создать его картографию. Она позволит последующим экспедициям перевозить солдат, миссионеров и торговцев без страха встретить на пути «край земли» или «морских змеев», в то время как абориген довольствуется своей ойкуменой. В латуровской терминологии место подобного накопления называется Центром калькуляции[28].

27. См.: *Латур Б.* Пересборка социального. Введение в акторно-сетевую теорию. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. Гл. 6.
28. Там же. С. 345.

В первом и довольно неплохом приближении лаборатория, запустившая цикл геймификации, действительно может быть описана таким образом: в особенности взаимным пренебрежением интересов сторон на длинных интервалах, следующим из различий миров, в которых те обитают. Новые сборки белков или РНК (шире — фрагменты кода), производимые игроками, безусловно, важны для ученых, однако лишь в виде части объекта, понятого как объекта *исследования:* без лабораторного синтеза, кристаллографической экспертизы и конкретных химических испытаний невозможно сказать даже, что полученное соединение и есть искомое[29]. С другой стороны, своей активностью игроки признают предложенную учеными игру увлекательной, как признают и тысячи других компьютерных игр, существующих сегодня. Популярные по всему миру игры эти *болезненно бесполезны* для научных исследований:

> Миллиарды «человеко-мозговых вычислительных петафлопс» ежедневно тратятся впустую на игры, не дающие никакого вклада в продвижение [научного] знания[30].

Симметрия, впрочем, вновь идеальна: даже если бы пользователи старательно изучали нюансы объектов, моделируемых геймификацией, у женщины-бухгалтера из Рио-де-Жанейро или любопытного подростка из Копенгагена было бы не многим больше прежнего способов *что-то сделать* с белком на экране компьютера (даже если тот свернут ими к минимальной энергии с помощью *Rosetta@home* и с известными погрешностями). Процедуры, выступающие водоразделом практик (а потому лучше всего подходящие на роль центрокалькуляционных), заключаются в замыкании «петли кода». Речь о последовательности операций над алгоритмическим каркасом игры, которая вернет ставшую пазл-головоломкой научную задачу в ее лабораторную семантику: преобразует результаты игры в формулы, сопоставит им образцы, предъявит методологию и, конечно же, сведет все результаты в статью.

29. См.: Там же. Гл. 2; *Хоффман Р.* Такой одинаковый и разный мир. М.: Мир, 2001.
30. *Kawrykov A., et al.* Op. cit. P. 7. Стоит отметить, что данная мысль фигурирует не просто в общем контексте заключения, но специально вынесена в аннотацию статьи, где переформулирована как одно из ключевых достижений проекта (по успешному использованию этих ранее расходуемых «человеко-мозговых петафлопс»).

Когда РНК свернуты, ДНК-последовательности выровнены, а структура белка раскрыта, какое отношение между игроками и научным коллективом маркирует текст? Хотя описывающих весь цикл статей такого типа сегодня немного, тональность существующих вполне определенна. Там, где современная естественно-научная статья большого коллектива соавторов заканчивается распределением их заслуг и благодарностями, явствует:

> *F.C.G.* (*Foldit Contenders Group*) и *F.V.C.G.* (*Foldit Void Crusher Group*) внесли вклад путем своего геймплея, который произвел результаты для данной статьи[31].
>
> Игроки *Foldit* спроектировали новый каркас протеина и его последовательности[32].
>
> Мы благодарим более чем 12 000 игроков, которые своей игрой в *Phylo* внесли вклад в этот проект, а также дюжину пользователей, которые сделали ценные предложения по улучшению игры[33].

Фактически речь идет о нетривиальной технической работе, позволившей создать модель, то есть созданием «особого объекта» *высказывание* игроков в статье и исчерпывается. Риторическое «мы» текста неравнозначно: игроки не говорят от своего имени, но подписываются им. Далекий от теоретических выкладок или формулировки критических экспериментов, доступный игрокам регистр речи сводится в основном к предложениям по корректировке игры (как обживаемого ими изнутри пространства) и направлен в адрес разработчиков. Так, благодарности удостаиваются «дюжина пользователей, которые сделали ценные предложения по улучшению игры» — это оказывается возможным, в частности, потому, что «у нас также есть… чат с разработчиками, где участники могут общаться напрямую с людьми, работающими над проектом»[34]. Положение дел становится тем более интересно, когда (вторичная) статья приоткрывает завесу именования:

> Мы также обнаружили, что участники могут предпочитать неканоническую форму упоминания их вклада — гражданские ученые куда меньше заинтересованы в соавторстве. Все

31. *Khatib F., Dimaio F., et al.* Op. cit.
32. *Eiben C., et al.* Op. cit. P. 3.
33. *Kawrykov A., et al.* Op. cit. P. 8.
34. *Cooper S., Khatib F., Baker D.* Increasing Public Involvement in Structural Biology // Structure. 2013. Vol. 21. № 9. P. 1483.

> три участника *Foldit*, чьи модели позволили решить задачу *MPMV-PR*, отклонили соавторство — вместо этого они предпочли быть опубликованными под именами своих команд в *Foldit*[35].

Правда аборигенов — в их самодостаточности: игроки и приходят из *внешнего* науки, и уходят во *внешнее* науки, где неуниверсальна котируемость уже академических типов капитала.

Впрочем, упомянуты игроки поименно или нет, вырисовывающийся баланс сил все же оказывается на удивление выгодным для представителей Центра. Из их собственных заявлений (как инициаторов геймификации) достаточно ожидаемо следует, что перед нами — дальнейшее и закономерное развитие науки, служащей интересам людей: просто теперь неспециалисты сами вовлечены в научное производство (а помогают им в этом подход «гражданской науки» и интернет-коммуникации[36]). Возникающий в равной степени закономерно и перпендикулярно взгляд критической социологии на ситуацию не столь оптимистичен — он различает в последней одно из проявлений «нового духа капитализма»[37], и на сей раз — в научной сфере: похоже, нам сперва следует обеспокоиться правами людей, эксплуатируемых столь изящно. Однако чуть более концептуальная постановка вопроса о справедливости использования игроков в работе лабораторий (в том числе в рамках критики центрокалькуляционности[38]) нуждается в детализации «использования» как отношения

35. Ibid. P. 1482. Стоит отметить, что в тексте их игровые имена прописаны (в том числе как метки-маркеры, различающие вычислительные этапы): утаивающихся соавторов зовут *spvincent, grabhorn* и *mimi* (*Khatib F., Dimaio F., et al.* Op. cit. P. 2).
36. См.: *Nielsen M.* Reinventing Discovery: The New Era of Networked Science. Princeton: Princeton University Press, 2011. Ch. 6; *Good B., Su A.* Crowdsourcing for bioinformatics // Bioinformatics. 2013. Vol. 29. № 16. P. 1925–1933. Сформулированная в начале XX века концепция «гражданской науки» (*citizen science*) заключалась в привлечении энтузиастов-любителей в научно-исследовательские проекты на уровне сбора данных, первичной их организации и т. д. При этом очевидно, что развитие таких проектов было структурно ограничено каналами коммуникации, по которым множество разрозненных материалов передавались центральной группе.
37. См.: *Болтански Л., Кьяпелло Э.* Новый дух капитализма. СПб: Новое литературное обозрение, 2011.
38. Фокусировка исследовательского внимания на центрах калькуляции как моделеобразующих была подвергнута критике представителями Ланкастерской школы *ANT*, чьим демаршем стало описание «текучих технологий». Центральный пример — зимбабвийский втулочный насос

между: необходимо уточнить как идентичности тех, отношением между кем оно является, так и их «идентификацию», коль скоро они меняются в запущенном ими же процессе.

Как только игра, игроки и их результаты вводятся в цикл научного производства, это сопровождается каскадным изменением и их самих, и других акторов, с которыми они образуют связи. Причем в силу своей практической вписанности модификации такого рода оставляют различимые следы.

Первый пример довольно прост: *игроки — более не люди.* Функциональная логика жестко локализует их: из многообразия жизней десятков тысяч людей из различных стран, играющих с моделями биологических молекул на своих ПК, интересен лишь требуемый программой когнитивный навык[39]. Второй пример интереснее: *игроки — это искусственный интеллект, причем верно и обратное.* Фактически в таких играх, как *Phylo*, пользователи встают на один уровень с формальной алгоритмизацией: они тренируют систему машинного порождения эвристик, а она — их[40]. Результаты упорядочения генетических последовательностей человеческими агентами улучшают и корректируют существующие компьютерные программы, но не замещают, а лишь дополняют их. С одной стороны, в случае *NP*-сложных задач дают о себе знать ограничения вычислительных мощностей (и тогда люди предпочтительнее), с другой — по мере обучения машин людьми происходит алгоритмическое самоустранение последних там, где новые решения работают без их участия: «эквипотенциальность кода» игры открывает перспективы *элиминативного краудсорсинга.* Обманчивость поверхностного впечатления зависит от того, какая из поверхно-

(см.: *De Laet M., Mol A.* The Zimbabwe Bush Pump: Mechanics of a Fluid Technology // Social Studies of Science. 2000. Vol. 30. № 2. P. 225–263), чьи распространение и способ существования не *центро*-центрированы. См. концептуализацию этого кейса в работе: *Ло Дж.* Объекты и пространства // Социология вещей / Под ред. В. Вахштайна. М: Территория будущего, 2006. С. 223–243. Частично принимая их критику, я склоняюсь к тому, что взглянуть на Центр калькуляции иначе, чем как на гегемона, возможно, благодаря описанию «подвижности идентичностей», образующих его, а геймификация дает материальность другим точкам зрения, между которыми описание способно перемещаться.

39. Строго говоря, если бы пользователь создал аккаунт в игре, переключил управление мышкой на клавиатуру, а потом предоставил своему хомяку свободу бегать по ней, то речь бы все еще шла об игроке специфического типа (хотя успехи/неудачи нетренированного хомяка носили бы стохастический характер).

40. *Kawrykov A., et al.* Op. cit. P. 7–8.

стей запечатлевает иную: *да*, мы видим, что это все-таки люди тренируют программы, но в то же время *нет*, в вычислительном центре лаборатории эвристики людей и программ различаются с помощью одних и тех же параметров, и даже более — игра вообще *не видит* программ, если для нее не прописан внутренний реестр, посредством которого они бы запускались в ней, а игроков опознает только с его помощью. Элиминативный или нет, описанный краудсорсинг в одном из аспектов является практическим *нейро*аутсорсингом: *играет не игрок, но его мозг*. Когнитивные навыки, оцененные в терминах вычислительной эффективности, еще сильнее снижают «антропоморфный ценз»: коль скоро головоломка решена нейронными сетями высших отделов мозга игрока, в перспективе это осуществимо и развитыми нейросетевыми алгоритмами (за счет «нечетких логик», старающихся обойти *NP*-ограничение с другой стороны: биоморфные или чисто программные, такие проекты сегодня уже ведутся, но пока еще на ранних стадиях[41]). Перефразируя цепочку: вместо суперкомпьютеров ученые передают модели белка на аутсорсинг собственникам просчитывающих их нейросетей — с нюансом, что собственники и есть *эти же* нейросети[42].

Отмеченные трансформации, что характерно, отнюдь не исчерпывают существующие геймификационные решения: другой способ рассмотреть палитру последних заключается в том, чтобы «прочитать» технические особенности игр как прямые указания на различия способов вворачивания лабораторных интуиций (и различные режимы доступа как следствие).

Foldit — наиболее детальный и усложненный (в смысле $М_{лаб}$) пример: сохраняя десятки структурных элементов молекулы белка и предлагая еще большее количество манипуляций

41. См.: The Human Brain Project. A Report to the European Commission / R. Walker (ed.), H. Markram (coord.). The HBP-PS Consortium, Lausanne, April 2012. URL: https://documents.epfl.ch/groups/h/hb/hbp-mediabox/www/Documents%20and%20releases/HBP_flagship_report_for_Europe.pdf.
42. Наиболее интригующим отличием от мысли Маркса про труд рабочего, распоряжающегося собственным телом (и от производства смыслов в капитализме символического), мне кажется предел той фокусировки, в которую сам же научный дискурс сводит «быть и иметь» — аутсорсинг и его нейросубъекта. Напряжение сплетенных в этом клубке конструкций указывает на возможность по-новому расплести его (или сплести еще более замысловато); одно из движений в этом направлении я отмечаю у Малабу (см.: *Malabou C.* What Should We Do With Our Brain? N.Y.: Fordham University Press, 2009).

с ними, он приближается к лаборатории настолько, что индивидуальные участники технически *могут* вносить вклад, хоть сколько-нибудь сопоставимый с соавторами-учеными (здесь алгоритмизация минимальна).

EteRNA со своей стороны, скорее, позволяет уточнять моделирование сверток РНК (создавая из них стабильную базу данных), поэтому интерфейсу игры нет необходимости отображать даже детали нуклеотидов, если речь идет о задаче по их замене в позициях. Смещение публичности к голосованиям участников по поводу того, какую структуру синтезировать следующей[43], в этой логике снижает исследовательский характер проекта.

Что же касается *Phylo*, то, будучи задачей по сути алгоритмической, множественное сравнение геномов настолько упрощено геймификацией, что вообще не касается вопросов синтеза (или иных лабораторных практик), лишь сопоставляя модели представленных,— что, в частности, и позволяет результатам людей сопоставляться с машинными эвристиками.

Предложенное разбиение частично следует из типологии проектов геймификации, выделяющей микро- или макроцели как их образующие[44]: оно зависит от фрагментарности объекта-«модели», с которым взаимодействует игрок, и — шире — от исходной научной задачи, [не] позволяющей решать ее через те или иные способы фрагментации. Взгляд с этой стороны, в частности, проясняет *архитектуру возможного* игр, которая предопределяет разрешенные/запрещенные конверсии идентичностей (при том, что телеологическая перспектива создания игры — не единственная из доступных).

Пользователи, в среде которых можно проследить и статистически оценить распространение придуманных эвристик белкового фолдинга[45]; пользователи, создающие алгоритм-бот, действующий как игрок (по их собственному набору правил — *EteRNA Bot*)[46], и др.— все эти способы участвовать в научном исследовании, которых ранее не существовало, вносят свои штрихи в картину рассредоточения научного субъекта в XX веке.

При этом, если переход от ученых-одиночек к исследовательским коллективам проходил в логике усиления специали-

43. *Lee J., et al.* Op. cit. P. 2123.
44. *Good B., Su A.* Op. cit. P. 6.
45. См.: *Khatib, F., Cooper, S., et al.* Algorithm Discovery by Protein Folding Game Players // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2011. Vol. 108. №47. P. 18949–18953.
46. *Lee J., et al.* Op. cit. P. 2125.

заций, ранее знакомых научным дисциплинам, особую группу рассредоточения составляют «нечеловеческие замещения», когда техническому устройству делегируется не только функция обработки данных, ранее лежавшая на человеческом операторе, но способность производить суждения и доказательства, фигурирующие в дискурсе дисциплины наравне с человеческими (наиболее яркие примеры — компьютерные доказательства теорем в математике[47] и робот-химик, выдвигающий и проверяющий собственные гипотезы[48]).

Геймификация научных исследований демонстрирует, что этот процесс может быть еще более комплексным, так как она сама одновременно опирается и на алгоритмическую достоверность расчетов (что модель все же *моделирует*), и на распределенных пользователей, которые неодинаково являются субъектами-людьми (градиент проводится по замещаемости полученных ими результатов). «Заниматься наукой» теперь означает быть зависимым от все умножающихся действующих сил и усложняющихся отношений между ними: они меняют Центр калькуляции изнутри, тогда как для незаинтересованного внешнего наблюдателя тот остается «примерно таким же».

Проблема идентичности, одновременно меняющейся и длящейся, несмотря на абстрактность формулировки, может быть прояснена на политологическом примере. Анализируя процессы демократизации в современном мире, Фарид Закария отдельно останавливается на утрате авторитета институтами власти и размывании элит в США[49]. Он рассматривает, как в течение XX века в различных областях повседневной жизни решения закрытых центральных групп становились все более и более восприимчивы к «мнению общественности»[50]. Желание охва-

47. См.: *Macpherson R.* Machine Computation and Proof // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2005. № 363.
48. См.: *King R., et al.* The Automation of Science // Science. 2009. Vol. 324. № 5923. P. 85–89.
49. См.: *Закария Ф.* Будущее свободы: нелиберальная демократия в США и за их пределами. М.: Ладомир, 2004. Гл. 6.
50. Банки — «джентльменские клубы», ориентировавшиеся на преуспевающих граждан и корпорации; к началу XXI века поглощены своими конкурентами, открывшими кредитные линии для среднего и низшего классов (*J. P. Morgan* поглощен *Chase Manhattan*). Сетки телерадиовещания трех центральных каналов США середины 1950–1970-х годов, формировавшиеся главными редакторами с осознанием ответственности (Там же. С. 241: «мы хотим гордиться этой программой»), проигра-

тить бóльшую аудиторию требовало представлять, что она такое, а повышение «аппаратной чувствительности» неизбежно меняло отношения между отдельными элементами институтов, что, однако, не привело к размыванию ядер *идентификации практик*.

Напротив, именно высокоструктурированность операций помогала демократизации идти: банковский документооборот подстроился под кредитование простых граждан, формирование политики банка стало включать в себя результаты социологических опросов — банки менялись как акторы, но оставались теми же как способы идентификации. Положение ученых с такой точки зрения, безусловно, более специфично: взаимодействие с объектами, «неподконтрольными желаниям публики», позволяет им сохранять выделенную позицию[51]. Тем не менее эта модель удачно описывает введение людей в научное производство через геймификацию, которая и изменяет Центр (поскольку даже «калькуляция» в нем теперь осуществляется иначе), и оставляет прежним (поскольку, в случае испытания результатов «на прочность», центрокалькуляционное ядро идентификации проявит себя наиболее разветвленными способами сопротивления).

Полученный вывод облекаем и в парафразу примера, с которого начинается раздел: Великие географические открытия, в ходе которых экспедиции Васко да Гамы и Колумба возвращались обратно не только с товарами и донесениями, но и картами, изменяли все способы существования последних. Чтобы упорядочить приток данных, пришлось разработать системы каталогов (материальная организация записей), коэффициенты погрешностей при сведении карт вместе [Меркатор] и методы триангуляции [Снеллиус] (содержательная конверсия записей), ввести работу с документами в сферу защиты государственных интересов (регуляция доступа к записям; это хорошо показано в социальной истории астрономии в Российской империи[52]) —

ли кабельным телешоу, которые возвращают аудитории ее собственные интересы, кропотливо определяемые фокус-группами. Даже среди движений религиозных фундаменталистов наибольшего успеха к началу 2000-х добиваются евангелические проповедники и секты, пожертвовавшие жесткостью собственной доктрины во имя строительства «христианского Диснейленда», распространения веры-терапии, веры-наслаждения и других элементов «народной теологии прощения».

51. В более широкой перспективе «демократизация» науки происходит через рыночную ориентацию исследований, определяющую их актуальность через выгоду от прикладного использования.

52. См.: *Иванов К.* Небо в земном отражении: История астрономии в России в XIX–XX вв. М.: Территория будущего, 2008. Гл. 1.

отныне это были далеко не те кунсткамероподобные архивы, с которых эпоха мореплавания началась! Если мы наблюдаем, как Центр кумулирует силу и способности действовать, из этого не следует экстраполяция существовавшей иерархии между его частями на новую форму.

Перемещения между различными позициями и различимостями их друг другом приводят к выводам, которые могут быть контринтуитивными (как взгляд на пользователя с точки зрения лабораторных вычислений), но не являются противоречивыми. Та позиция, откуда выстраивался бы *единый* облик игрока и определялась бы согласованность остальных позиций, оказывается недоступна: идентичности, образующие Центр, приходят в движение. Это не означает, что взгляд научного коллектива на игрока нивелируется — скорее, это означает, что способность видеть не является его прерогативой: дверь всегда была открыта.

Весь цикл геймификации, как он был представлен, ничуть не хуже различим и из перспективы краудсорсинга, которой пользуются и в которой осмысляют себя многие участники описанных выше проектов. Куда более широкая, но слишком аморфная для тотализации, она предлагает масштабную инверсию позиций. Стоит только отдалиться от центрокалькуляционного фокуса, где ведутся дебаты, кипят страсти и эксплуатируются игроки, лабораторная монополия неожиданно уменьшается и отступает в тень другой силы — Толп (собственно, *Crowds*: отчасти их можно рассмотреть как аналоги Хора[53]). Ничто иное, кроме предпочтения следовать за учеными, создавшими игру, связавшую их с Толпами, не препятствовало взглянуть на то же самое со стороны связываемых.

Едва проступая на карте интернет-ресурсов в начале 2000-х, Толпы приковывают к себе колоссальное внимание, словно источник возобновляемой энергии, чью природу надо успеть выяснить прежде всех остальных. А для того чтобы определить, чем Толпы являются, разные силы используют каждый свои способы заинтересовывания. Толпы *вынуждены* рассматривать изображения типа *reCAPTCHA* и набирать их с клавиатуры, улучшая алгоритмы визуального распознавания своими результатами[54]; Толпам *платят* за просмотр компьютерных колонографических

53. См.: *Кралечкин Д.* Дети реляций: стаи и Хор // Censura.ru. 15.01.2012. URL: http://www.censura.ru/articles/vinge.htm.

54. См.: *Ahn L., et al.* reCAPTCHA: Human-Based Character Recognition via Web Security Measures // Science. 2008. Vol. 321. № 5895. P. 1465–1468.

снимков и указание, есть ли на снимке полип (означающий возможность колоректального рака[55]; Толпы *просто так*, на чистом энтузиазме участвуют в каталогизациях астрономических объектов (*Galaxy Zoo* обработали более 8 000 000 изображений[56]).

Думать, что Толпы загнаны за компьютеры силой и подключены к игре коварством — значит недооценивать их собственные коварство и силу, а также сотни других качеств, которые они (если захотят) способны продемонстрировать. Игрок из этой перспективы является одной из форм Толп, которая выбрала вариантом инвестиций своего времени интерес, предпочтя его деньгам, тогда как другие Толпы поступили наоборот — и чем детальнее выстраивается эта картина, тем меньше на ней выглядит лаборатория. Ей, ввергнутой в конкуренцию за ресурс Толп, еще *надо постараться* сделать игру такой, чтобы та не просто была интересной, но интересной достаточно, чтобы быть предпочтенной всему остальному!

Инверсия цикла геймификации с помощью Толп — возможность еще раз увидеть, сколь редки и хрупки формирующиеся научные сети. Если бы от берегов островного архипелага внезапно отхлынуло море и мы бы увидели, что одни из островов теперь возвышаются над другими как гигантские скалы, дело было бы не только в том, что жители тщательно работали на прибрежных склонах, а в том, что море отхлынуло.

На правах заключения

Когда тексту приходит пора перестать прирастать и разродиться заключением, последнее часто ограничивает себя пересказом содержания уже написанных предложений на малом масштабе немногих новых. Такое маленькое отражение, такая печальная участь; я попробую избежать ее хотя бы отчасти — и вот почему.

Блок, в который входит эта статья, разворачивает панораму исследований видеоигр, где работа кипит на смеси *case studies* и концептуального анализа. В составе же блока данный текст отличается тем, что рассматривает один из недавно возникших и малоизученных фронтиров существования игр: там они — *зоны обмена* с наукой (а правила креольского «языка пограничья»

55. См.: *Nguyen T., et al.* Distributed Human Intelligence for Colonic Polyp Classification in Computer-Aided Detection for CT Colonography // Radiology. 2012. Vol. 262. № 3. P. 824–833.
56. См.: *Clery D.* Galaxy Evolution. Galaxy Zoo Volunteers Share Pain and Glory of Research // Science. 2011. Vol. 333. № 6039. P. 173–175.

прописаны учеными непосредственно в коде). Общая предыстория развития и описания конкретных проектов геймификации, задающая общую систему отсылок в последующих частях работы, в дополнительной детализации не нуждается (если, конечно, целиком не становиться на путь дескриптивистской истории науки). В свою очередь, конкретные шаги исследования и предложенные в них средства работы не проясняются более подробно, поскольку это вело бы к диспропорции текста[57], а, работая *в связке*, они выстраивают относительно связный сюжет. «Относительность» при этом указывает на асимметрию в структуре последнего: теоретическое обобщение-сведение промежуточных решений не могло бы предшествовать ходу анализа, поданное как «исходная перспектива», так как сама его обоснованность и предпочтение иным подходам неочевидны вне движения по следам исследуемых («прагматическая очевидность» возникает в процессе). Пожалуй, поэтому именно связке — пучку имплицитных следствий концептуального характера, поддерживаемому опорой на предыдущие этапы как на уже проделанные,— посвящается заключительная часть.

В такте медиации игрок предстает тем, кому доступен причудливый опыт нового объекта и, соответственно, иная точка зрения на мир. Для ее возникновения, однако, должен измениться весь участок сети, который непосредственно участвовал в этом. Было бы ошибкой удовлетвориться пополнением списка действующих сил на одну новую сущность, поскольку (из перспективы именования) это означает, что все прочие остались теми же, кем и были, а новый участник прибывает вполне собранным и законченным, сразу вписываясь в контекст. Изменение сети разворачивается как изменение идентичностей в той степени, в которой идентификаты заинтересованы в обмене данными с новой точкой зрения и в которой их связи с ней ее конституируют (ученых относительно людей, алгоритмов относительно людей, игры относительно алгоритмов и т. д.).

Предложенная схема тем не менее не является двучленной каузацией (сеть → объект → опыт), так как отношение между ее концевыми элементами замыкается: всякое изменение сети со-

57. Детализация некоторых допущений/концепций, принятых в процессе, способна поглотить контекст, в который те встроены. Тем не менее отдельные линии рассуждения в перспективе ждут уточнения: так (в *обратную* сторону), данная статья расширяет проблемное поле и сильно смещает акценты рассмотрения геймификационных сюжетов, которые ранее были затронуты с другой позиции (см.: *Быков Е.* Указ. соч.).

провождается возникновением нового опыта, но и обратно — возникновение последнего означает, что в сети должно было произойти изменение, коль скоро раньше для него не было места. Сеть же, сама существующая в режиме плетения и перевода (связи между действующими силами должны поддерживаться и проверяться на прочность), таким образом, оказывается постоянно наполнена различными формами опыта, из которых многие не являются человеческими (так, техническое расширение центрифуги позволяет ей зафиксировать некий пептид как реальный). В свою очередь, хотя опыт и изменение сети производятся как одно событие, их взаимная конвертация отнюдь не ведет к прямому реляционному эмпиризму (хотя и несет его черты): из того, как изменена сеть, не явствует своеобразие опыта, отличающее его как новый, — тогда как опыт, ставший доступным из новой точки зрения, вполне может исключать из своей перспективы многие сопутствовавшие изменения обстановки. Отношение между ними осложнено возникающим объектом и тем, что его появление привносит. В то время как Латур шесть лет спустя после умаления слов, именующих проект *Actor-Network Theory* (включая дефис[58]), восстанавливает в правах каждое (включая дефис[59]), здесь я намеренно дистанцируюсь от «акторов/актантов» в пользу объекта. Как это ни парадоксально, но так оказывается легче ввести феноменально-чувствительное решение, которое вообще скорее далеко, чем близко *ANT*. Речь о мышлении *спектра* — горизонта опыта объекта, взятого в плане тождественности последнего. Несмотря на то что анализ феноменов нивелирует объектную постановку вопроса, он необходим здесь (поскольку, отсутствуя как данность, фигурирует как способ их схождения).

Опыт объекта, «остающегося тем же самым, будучи разным», — вот один из пунктов, упускаемых акторно-сетевым описанием. Стена коричневого цвета и солнечный ожог кожи, серые тени в очках ночного видения и звонящий мобильный телефон — каждая из этих данностей вполне самодостаточна, чтобы не нуждаться в связи с другой для описания. С другой стороны, представленные как видимый свет ультрафиолет, инфракрасный и радиоволна оказываются частями одного и того же — спектра электромагнитной волны (с различной частотой колебания

58. См.: *Latour B.* On Recalling ANT//Actor Network Theory and After/J. Law, J. Hassard (eds). Oxford: Blackwell, 1999. P. 15–25.
59. См.: *Латур Б.* Пересборка социального. Гл. 1.

каждый). Мышление спектра призвано прояснить, как феноменально различные данности могут сходиться в объект, который не дан ни как одна из них, но уверенность в котором позволяет действовать, не испытывая сомнений. Основным различием для этого служит словарь теории цвета, где спектр *испускания* (воспринимаемыми извне как сам цвет) — это все те данности, каждая из которых воспринимается как элемент более общей идентичности (спектральные пики), а спектр *поглощения* — нарушение работы отождествления, когда референция их к объекту разваливается, и каждая данность остается сама по себе (спектральные провалы). В отличие от сугубо физического понимания, спектр никогда не существует целиком, но — в силу феноменального характера точки зрения — всегда дан весь сразу. При том что интервалы спектра действительно формируются сетью, отнюдь не из всякого узла сети можно увидеть все остальные: это можно пояснить следующим сравнением.

Мутноватая жижа в пробирке, кристаллографический снимок, расчетная модель, цитата в монографии, познавательное *3D*-изображение, заглавие темы на конференции, объект компьютерной игры — мы видим, мы пробуем, мы ощущаем, что эти вещи, пожалуй, довольно разные, но при этом они — одно и то же. Однако, отвечают молекулярные биологи, чтобы ваше ощущение (и верование — как вариант интуиции) оказалось возможно для опознания их как относящихся к *белку*, он должен быть экстрагирован (выращен на кристаллах), экстракт экстрагирован алгоритмами до состояния модели (которые тоже — он), модель должна быть превращена в игру и представлена людям, которых должна заинтересовать, развита внутри них, потом свернута и извлечена обратно, произведен синтез и т. д. — где разрыв любой из связок в цепи превращений будет означать, что белок частично исчез. Удаленный из всех баз данных без возможности восстановления, он более не существует — для взаимодействий, зависящих от его цифровой идентичности. Проблема такого рисунка сети, описанного последовательностью трансформаций, — в указании перспективы опыта большей, чем доступна из спектров большинства точек зрения. Если какое-то из превращений не произойдет, оно поставит под сомнение то, что другие участки спектра действительно испускают. Однако, само при этом разворачивая еще один спектр, оно (как описание) оказывается нечувствительным к различиям в распределении идентичностей, которое сформировано спектрами точек зрения всех образующих сеть.

Непосредственный каркас геймификационного проекта создается учеными, для которых он заведомо включен в спектр испускания известных молекулярных структур. Возникнув в качестве новой точки зрения, он формирует для игроков новый интервал спектра, способный выступить как спектральным пиком, так и провалом, но, что куда важнее, способный в отношении самой этой дистинкции оказаться глубоко вторичным (в сравнении со своеобразием нового опыта). Высокоспецифичные интуиции тогда являются примером тщательно созданной спектральной роскоши, где взаимодействие с объектом может позволить себе *не касаться* вопроса отнесения новой данности к веренице взаимных идентификации (в отличие от тех, кто предоставил эту возможность). Новый опыт возникает здесь потому, что происходит локальное освобождение объекта.

Спектральное мышление объекта необходимо, если речь идет о построении картины дифракционных возможностей опыта о нем: таков один из возможных ответов на ряд вопросов, поставленных в самом начале. Единственен ли он? Не думаю — и самоограничение это не вызвано к жизни неформальным регулятивом «академической скромности»: его питает восхищение тем игронаучным опытом, который я раньше не мог и представить как освоенную интуицию.

По мере того как все большие Толпы подключаются к сети, обозначая свое существование, все более разноплановые проекты геймификации могут быть созданы в ближайшем будущем — и даже понравиться нам, если им удастся. Около 8–9 лет назад, когда описанные игры еще не снискали сегодняшней популярности, мой компьютер был одним из узлов распределенных вычислений, на котором вела свои вычисления *Rosetta@home*. Сегодня ее же результаты возвращаются мне в новом виде. Возможно, через 10–20 лет, когда друг друга сменят целые генерации игр, а технонаучные сети станут столь же густыми и тонкими, как капиллярные, для решения иных задач игрок будет выстраивать каскады воображения, сегментировать свою личность или совершать наборы телесно-виртуальных усилий — и этот опыт откроет дорогу вопросам, разрешимым лишь в материальности своего времени. В конце концов, на такие перспективы остается надеяться: равно как и на то, что стать их частью вживую будет по крайней мере интересно.

Gamification in the Sciences

Evgeny Bykov. Postgraduate student at the School of Philosophy of the Faculty of Humanities of the National Research University — Higher School of Economics.
Address: 21/4 Staraya Basmannaya str., 105066 Moscow, Russia.
E-mail: eugenius.solus@gmail.com.

Keywords: gamification in sciences; intuitions of object; phenomenology of interestment; centers of calculation; identification of actors; "thinking in spectrum" approach; EteRNA; Foldit; Phylo.

The paper focuses on the peculiar modes of existence of scientific objects that have been gamified (extended by computer game; examples of EteRNA, Foldit, Phylo projects are used). An introduction to the history of the subject lets the author describe present situations in terms of trilateral processes of involvement between scientists, game and players — wherein two stages are indicated: 1)"[Scientists ↔ Game] ← Players" in which a gamified object appears, constructed with some level of resemblance to its laboratorial analogue but simple enough for gamers to interact with it as a primary given (problem of "acting on a distance"); 2)"Scientists → [Game ↔ Players]" in which the aim is for the game to sustain player interest in itself (since the developers can't sustain it for the entire time). There are specific changes mentioned in regimes of player experience / thought for both stages. After that, the model of Centers of Calculation is proposed to describe the relationship between scientists and players; it leads to questions about the just use of player resources. The question raises the problem of interchanges of agent identities by each other's actions. Diversity of player entities and ambivalence of changeable/unchangeable characteristics of Centers of Calculation are considered. The relationship of "use" is reversed by taking Crowds into account (crowdsourcing context). Finally, the author proposes a new conceptual approach — "thinking in spectrum": different forms of experience here correspond with alterations in networks of identification (that of phenomenally different objects into an integral identity).

References

Ahn L., et al. reCAPTCHA: Human-Based Character Recognition via Web Security Measures. *Science*, 2008, vol. 321, no. 5895, pp. 1465–1468.

Boltanski L., Chiapello E. *Novyi dukh kapitalizma* [Le nouvel esprit du capitalisme], Saint Petersburg, New Literary Observer, 2011.

Bourzac K. Biologists Enlist Online Gamers. *Technology Review*, May 8, 2008. Available at: http://technologyreview.com/news/410098/biologists-enlist-online-gamers/page/1/.

Bykov E. Igrofitsiruia nauku: "(ne) ser'eznost'" i apparaty udovol'stviia [Gamificating Science: "(Lack of) Seriousness" and Pleasure Devices]. *Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s inostrannym uchastiem "Komp'iuternye igry — teatr aktivnykh deistvii"* [Proceedings of Russian-Wide Scientific Conference with International Participants "Computer Games — The Theater of Dynamic Actions"] (ed. V. V. Savchuk), Saint Petersburg, Russian Christian Humanitarian Academy, 2014.

Clery D. Galaxy Evolution. Galaxy Zoo Volunteers Share Pain and Glory of Research. *Science*, 2011, vol. 333, no. 6039, pp. 173–175.

Cooper S., Khatib F., Baker D. Increasing Public Involvement in Structural Biology. *Structure*, 2013, vol. 21, no. 9.

De Laet M., Mol A. The Zimbabwe Bush Pump: Mechanics of a Fluid Technology. *Social Studies of Science*, 2000, vol. 30, no. 2, pp. 225–263.

Dreyfus S. *Komp'iuternyi andergraund: istoriia o khakerakh, bezumii i oderzhimosti* [Underground: Hacking, Madness and Obsession on the Electronic Frontier], Moscow, U-Faktoriia, 2003.

Eiben C., et al. Increased Diels-Alderase Activity Through Backbone Remodeling Guided by Foldit Players. *Nature Biotechnology*, 2012, vol. 30, no. 2.

Fuller S. Research Trajectories and Institutional Settings of New Converging Technologies. *(WP 1) KNOWLEDGE NBIC. Knowledge Politics and New Converging Technologies: A Social Science Perspective*, European Commission FP6 project, 2008.

Good B., Su A. Crowdsourcing for Bioinformatics. *Bioinformatics*, 2013, vol. 29, no. 16, pp. 1925–1933.

Goodsell D., Burley S., Berman H. Revealing Structural Views of Biology. *Biopolymers*, 2013, vol. 99, no. 11, pp. 817–824.

Gorman J. Recruititng Help: Gamers. *The New York Times*, May 26, 2014. Available at: http://nytimes.com/2014/05/27/science/recruiting-help-gamers.html?src=vidm&_r=0.

Hoffman R. *Takoi odinakovyi i raznyi mir* [The Same and Not the Same], Moscow, Mir, 2001.

Ivanov K. *Nebo v zemnom otrazhenii: Istoriia astronomii v Rossii v XIX–XX vv.* [The Sky in Its Earthly Reflection: The History of Astronomy in 19th and 20th Century Russia], Moscow, Territoriia budushchego, 2008.

Kawrykow A., et al. Phylo: A Citizen Science Approach for Improving Multiple Sequence Alignment. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no. 3.

Khatib F., Dimaio F., et al. Crystal Structure of a Monomeric Retroviral Protease Solved by Protein Folding Game Players. *Nature Structural & Molecular Biology*, 2011, vol. 18, no. 10.

Khatib F., Cooper, S., et al. Algorithm Discovery by Protein Folding Game Players. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, vol. 108, no. 47, pp. 18949–18953.

King R., et al. The Automation of Science. *Science*, 2009, vol. 324, no. 5923, pp. 85–89.

Kiryushchenko V. *Charl'z Sanders Pirs, ili Osa v butylke. Vvedenie v intellektual'nuiu istoriiu Ameriki* [Charles Sanders Peirce, or the Wasp in the Bottle. An Introduction to the Intellectual History of America], Moscow, Territoriia budushchego, 2008.

Kralechkin D. Deti reliatsii: stai i Khor [Children of Relations: Packs and the Choir], *Censura.ru*, January 15, 2012. Available at: http://censura.ru/articles/vinge.htm.

Latour B. Daite mne laboratoriiu, i ia perevernu mir [Give Me a Laboratory and I will Raise the World]. *Logos. Filosofsko-literaturnyi zhurnal* [Logos. Philosophical and Literary Journal], 2002, no. 5–6 (35), pp. 211–242.

Latour B. On Recalling ANT. *Actor Network Theory and After* (eds J. Law, J. Hassard), Oxford, Blackwell, 1999, pp. 15–25.

Latour B. *Peresborka sotsial'nogo: vvedenie v aktorno-setevuiu teoriiu* [Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network Theory], Moscow, HSE, 2014.

Law J. Ob"ekty i prostranstva [Objects and Spaces]. *Sotsiologiia veshchei* [Sociology of Things] (ed. V. Vakhshtain), Moscow, Territoriia budushchego, 2006, pp. 223–243.

Lee J., et al. RNA Design Rules from a Massive Open Laboratory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014, vol. 111, no. 6, pp. 2122–2127.

Luengo-Oroz M., Arranz A., Frean J. Crowdsourcing Malaria Parasite Quantification: An Online Game for Analyzing Images of Infected Thick Blood Smears. *Journal of Medical Internet Research*, 2012, vol. 14, no. 6. Available at: http://jmir.org/2012/6/e167/.

Lv Zh., et al. Game On, Science — How Video Game Technology May Help Biol-

ogists Tackle Visualization Challenges. *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 3.
Macpherson R. Machine Computation and Proof. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2005, no. 363.
Malabou C. *What Should We Do With Our Brain?*, New York, Fordham University Press, 2009.
Nguyen T., et al. Distributed Human Intelligence for Colonic Polyp Classification in Computer-Aided Detection for CT Colonography. *Radiology*, 2012, vol. 262, no. 3, pp. 824–833.
Nielsen M. *Reinventing Discovery: The New Era of Networked Science*, Princeton, Princeton University Press, 2011.
Price D. *Little Science, Big Science, and Beyond*, New York, Columbia University Press, 1986.
Siegel J., et al. Computational Design of an Enzyme Catalyst for a Stereoselective Bimolecular Diels-Alder Reaction. *Science*, 2010, vol. 329, no. 5989, pp. 309–313.
The Human Brain Project. A Report to the European Commission (ed. R. Walker, coord. H. Markram), the HBP-PS Consortium, Lausanne, April 2012. Available at: https://documents.epfl.ch/groups/h/hb/hbp-mediabox/www/Documents%20and%20releases/HBP_flagship_report_for_Europe.pdf.
Wang L., Jiang T. On the Complexity of Multiple Sequence Alignment. *Journal of Computational Biology*, 1994, vol. 1, no. 4, pp. 337–348.
Zakaria F. *Budushchee svobody: neliberal'naia demokratiia v SShA i za ikh predelami* [The Future of Freedom: Illiberal Democracy at Home and Abroad], Moscow, Ladomir, 2004.