

НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 6

Москва 2014

ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

УДК 001.51 : 575.8

М.И. Штеренберг

Синергетическое понимание и системные программы эволюции

Показана несостоятельность синергетики как науки, претендующей на объяснение эволюционных процессов путем случайных бифуркаций, порождающих порядок из хаоса. Даны примеры космических, физических, биологических и социальных систем, демонстрирующие, что анализ хаоса приводит к открытию новых законов космоса. Приведены доказательства существования Программы эволюции Космоса. Показано, что новый подход к проблеме хаоса может оказаться плодотворным при дешифровке генома, исследованиях структуры и функционирования мозга.

Ключевые слова: энтропия, синергетика, программа, хаос, космос

ВВЕДЕНИЕ

И познаете истину,
и истина сделает вас свободными. (Ин.8:32)

Проблема перехода Хаоса (хаоса) (др.-греч. $\chi\acute{\alpha}\omicron\varsigma$ от $\chi\alpha\acute{\iota}\nu\omega$ – «раскрываюсь», «разверзаюсь») в Космос (космос) (греч. κόσμος – «мир», «порядок») и обратно особенно остро стала перед современной наукой (здесь будем понимать Космос как Вселенную, а космос как порядок в земном масштабе и, соответственно, Хаос и хаос как антитезу им как вселенского, так и земного масштаба. И. Пригожин

писал: «Что касается современного видения мира, то интересно отметить, что космология теперь все мироздание рассматривает как в значительной мере беспорядочную – а я бы сказал, как существенно беспорядочную – среду, в которой выкристаллизовывается порядок» [1, с. 52]. Его мнение, как и мнение многих ученых, связано, очевидно, с представлением о процессе образования Космоса после первоначального Хаоса, возникшего после Большого Взрыва, а также распространенными по всей Вселенной процессами образования небесных тел из бесформенных облаков газа. Изучение, как Хаоса, так и хаоса оказа-

лось для ученых гораздо более сложной проблемой, чем изучение Космоса и космоса, в исследовании которых в последнее время достигнуты значительные успехи. Как пишет математик С.В. Чудов, «для физического эксперимента требование обязательной его воспроизводимости отрезает исследователю путь к изучению хаоса. Тем самым из области физики были неоправданно, произвольно исключены реально существующие недетерминированные ситуации, а все случайно наблюдаемые явления этого рода просто игнорировались, предметом науки считались лишь устойчивые и регулярные причинно-следственные связи. В результате физическая картина мира получилась не просто односторонней, из нее выпало едва ли не главное – причина упорядоченности и ее источник. А ведь гармония рождается из хаоса, как Афродита из пены морской, что было прекрасно известно еще современникам Гомера. Но потребовалось двадцать пять веков развития математики, чтобы этот миф мог превратиться в физическую теорию» [2, с. 11]. Под физической теорией Чудов подразумевает синергетику. Пригожин, один из основателей этой дисциплины, считает, что из флуктуаций, «шумов» из Хаоса рождается новый порядок (см. [3]). Но при таком подходе происходит, собственно, не изучение Хаоса (хаоса), а изучение перехода его в Космос (космос) в результате бифуркаций. Целью же данной работы является изучение непосредственно самого Хаоса (хаоса), что, как будет показано, может привести к открытию новых природных закономерностей.

СИНЕРГЕТИКА – КРАТКИЙ АБРИС

Вначале рассмотрим, что представляет собой синергетика и ее претензии. В орбиту создания и развития синергетики вовлечено большое количество зарубежных и отечественных ученых [4–8]. Их привлекает, с одной стороны, широкий спектр проблем, охватываемых синергетикой, а с другой – простота предлагаемых ею решений. По словам Е.Н. Князевой и С.П. Курдюмова, «синергетика позволяет снять некие психологические барьеры, страх перед сложными системами. И эта надежда на описание сложного относительно простым образом небезосновательна» [8, с. 5-20]. Такой оптимизм базируется на том, что, во-первых, «из состояний хаоса системы в результате бифуркаций могут приходиться во вполне определенное упорядоченное состояние. Переходные процессы нерегулярны и невоспроизводимы, но ведут они к вполне воспроизводимым и просто описываемым состояниям, причину которых трудно усмотреть в "начальных условиях", в таких ситуациях малосущественных» [2, с. 4]. Во-вторых, Пригожин возможно, на подсознательном уровне раскрывает глубинную причину вдохновения многих синергетиков: «В мире, основанном на нестабильности и созидательности, человечество опять оказывается в самом центре мироздания» [1]. Иными словами, это означает, что человек, опираясь только на себя, способен, используя необходимые бифуркации, управлять миром. Подобное утверждение звучит сильнее хорошо известных нам слов К. Маркса: «Философы лишь различным образом объясняли мир, но дело за-

ключается в том, чтобы изменить его». Или – слов И. Мичурина: «Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее наша задача». К чему привели подобные идеологические установки, воспринятые миллиардами людей с религиозным энтузиазмом, ныне хорошо известно.

Однако более чем за полвека существования синергетики каких-либо реальных научных и практических результатов, с моей точки зрения, не было получено. Поэтому цель данной работы, с одной стороны, проанализировать причины этих неудач, с другой – осуществить принципиально новый подход к проблеме Хаоса (хаоса) как средства познания законов Космоса (космоса), проиллюстрировав его на примерах космических, физических, биологических и социальных систем.

О претензиях синергетики подробно пишет биофизик М.В. Волькенштейн: «В синергетической системе реализуется самоорганизация, самоупорядоченность в пространстве и времени. Соответствующие явления наблюдаются на всевозможных уровнях строения, начиная с Вселенной и кончая частицей вируса. Синергетика изучает неравновесные фазовые переходы – образования звезд и галактик из первичного хаоса, образование периодической структуры перистых облаков, переход от обычного некогерентного излучения к когерентному, лазерному, возникновение временной и пространственной периодичности в знаменитой реакции Белоусова–Жаботинского – и все явления самоорганизации и в индивидуальном биологическом развитии, и в биологической эволюции (выделено мной – М.Ш.)» [9, с. 30]. В одном из материалов международной конференции, посвященной синергетике, Э. Ласло говорит о возможности построения на базе идей синергетики теории эволюции, которая удовлетворяла бы все эмпирические науки [10, с. 21-23].

Эти утверждения базируются на выражении Н-теоремы Л. Больцмана об энтропии – S

$$S = k \ln W, \quad (1)$$

где W – термодинамическая вероятность, т.е. число микросостояний – определенных распределений молекул в пространстве, обладающих каждая определенной скоростью и реализующих таким образом один из множества вариантов данного макросостояния. С учетом того, что:

$$W_P \gg W_{HP}, \quad (2)$$

где P и HP означают соответственно равновесные и неравновесные состояния.

Как известно, из этих выражений следует, что при росте энтропии растет молекулярный хаос, и, наоборот, при ее убыли возрастает упорядоченность. Из вывода выражения (1) следует также, что с получением тепловой энергии или при расширении газа увеличивается молекулярный хаос, и, наоборот, при сжатии газа или отводе из него тепловой энергии увеличивается упорядоченность. Связано это с тем, что исходным положением этого вывода явилось разделение идеального газа на микрообъемы, в каждом из которых содержатся частицы, скорости которых отличаются на бесконечно малую величину. В случае получения тепловой энергии число микрообъ-

емов увеличивается, так как увеличивается диапазон скоростей, также увеличивается и число микрообъемов при увеличении объема газа, и наоборот. При этом имеется прямая зависимость между числом микрообъемов и значением энтропии [24, с. 143]. Ученые, работающие в области синергетики, некритически перенесли эти положения на реальные системы, отождествив к тому же понятие упорядоченности с организацией и самоорганизацией. Такое представление о связи значений энтропии с упорядоченностью и легло в основу синергетики и привело к утверждениям типа приведенных здесь высказываний М.В. Волькенштейна и Э. Ласло [9, 10].

В наших работах была неоднократно показана ошибочность подобного подхода [11–21], а в двух последних из них – ошибочность и самого понятия энтропии [20, 21], введенного Р. Клаузиусом в 1865 г. [24, с. 64–68]. Тем не менее, в связи с устоявшейся за многие десятилетия убежденностью многих ученых в правильности и перспективности синергетики, повторим вкратце суть идей и примеры, говорящие об обратном. Отметим вначале, что переход от идеальных моделей к реальным процессам весьма не прост, его осуществление приводит к возникновению целых наук, таких, например, как аэродинамика и газодинамика, в основе которых лежит закон Галилея–Ньютона об идеальном движении без сопротивления, или теория информации, где переход от идеального канала к реальному привел к созданию большого раздела этой науки, изучающей способы выделения сигнала из шума и т.п. В наших работах сделана попытка осуществить подобный переход и в термодинамике [11–21]. Сразу отметим, что неравновесная термодинамика разделяет процессы на взаимодействия системы с окружающей средой и внутренние процессы, происходящие в самой системе как условно изолированной. Последние и являются в основном предметом нашего дальнейшего исследования.

Краеугольным камнем термодинамики является следствие ее второго закона, согласно которому в изолированной системе энтропия всегда растет, из чего делается вывод, что при этом растет и хаотизация системы. Приведем, однако, наши примеры, показывающие, что в реальности это положение не подтверждается. Так в случае изоляции трехфазной смеси лед-вода-пар в зависимости от начальных параметров компонентов смеси (масс, температур, давлений), эта смесь может перейти в состояние пара (хаотизироваться), в другом случае – эта смесь может превратиться в ледовый кристалл (упорядочиться). Этот пример справедлив для всех трехфазных систем. Приведем другой пример, французского ученого А. Дюкрока, относящийся уже к масштабу Космоса. Поясним его идею, рассмотрев два облака газа при допущении, что воздействия извне на газовое облако не играют существенной роли в масштабах космического (не физического) вакуума. Если гравитация не преодолевает кинетическую энергию частиц, то одновременно с ростом энтропии облако рассеивается (хаотизируется). Если же преодолевает, то происходит сжатие облака с образованием небесных тел (упорядочивание) также при росте энтропии за счет того, что силы гравитации при сжатии снабжают

молекулы газа дополнительной кинетической (тепловой) энергией [22]. Таким образом, как в случае космоса, так и Космоса, *энтропия дает непредсказуемые двузначные результаты, что делает ее непригодной для описания реальных процессов.*

Все сказанное заставило нас пересмотреть выражение второго закона термодинамики для использования его для идеальных и реальных систем [11–21]. Как известно, первый закон термодинамики – закон сохранения энергии – выражается в дифференциальной форме как

$$dU = TdS - \sum_{1-k} P_i dx_i \quad (3)$$

где U – внутренняя энергия системы, T – температура (тепловой потенциал), P_i – потенциал одного из i видов работ, осуществляемых системой, x_i – координата системы, *зависящая* от значения потенциала P_i (*точнее, разности потенциалов*). Например, если в изолированной системе имеется разность электрических потенциалов $P_V = V_1 - V_2$, то ток потечет от большего потенциала к меньшему, выравнивая распределение зарядов q (координата x_V) до $P_V = 0$. Аналогичные процессы будут происходить и в случае потенциала механических сил $-P_f$, при координате x_f – путь, P_p – потенциале давления, изменяющем объем газа – x_p , P_μ – химическом потенциале, *изменяющем* его координату – массу продуктов реакции $-x_\mu$, и т.п. [23, с. 17–18, 22–23]. При этом произведение $P_i dx_i$ представляет собой элементарную работу, совершаемую в процессе этого выравнивания с определенным коэффициентом полезного действия $-\eta_i$ и необратимостью $-\omega_i$, с учетом, естественно, того фактора, что частично выравнивание потенциалов будет обусловлено переходом части энергии в рабочий процесс в тепло

$$\omega_i = 1 - \eta_i \quad (4)$$

Выражение (2) объясняет причину того, почему газ самопроизвольно стремится к равновесному состоянию, в котором выравниваются температуры и давления. Это стремление к выравниванию справедливо, как для идеальных, так и для реальных тел. Обозначая потенциал температуры – P_t , давления – P_p , получим обобщенное выражение второго закона термодинамики, равно пригодное как для идеальных, так и для реальных систем.

$$P_{1-k} \rightarrow 0 \quad (5)$$

где k – количество потенциалов, поскольку это выражение оказывается справедливым и для любых других процессов. Таким образом, (5) *является фактически наиболее адекватной формой выражения второго закона термодинамики, суть которого утверждение о постоянном стремлении энергии к потере ею своего потенциала.* Однако в этой картине камнем преткновения является координата теплового

потенциала – $x_i = S$, называемая энтропией, потому что этой функцией не выполняются основные требования к координате процесса, *поскольку она остается неизменной при разных степенях необратимости процессов и при изменении x_i* [20, 21]. Остается неясным и ее физический смысл, так как она «на опыте не измеряется и не наблюдается». Она может быть только вычислена через другие наблюдаемые на опыте величины» [23, с. 19]. Это, по-видимому, и явилось причиной того, что эта ошибка не была выявлена ранее.

Другой особенностью тепловой энергии является то, что она может быть преобразована в работу только через посредство промежуточного (рабочего) тела, т.е. *через проявление теплового микропроцесса на макроуровне*, в то время как работа может быть преобразована непосредственно в любую другую форму работы (механическую, электрическую и т.п.) [24, с. 52]. Эти трудности преодолеваются отказом от существующего понятия энтропии, и введения понятия новой энтропии – $x_i = S_n$ [20, 21]. Поскольку для *открытой системы*, работающей в *стационарном* (постоянном) режиме, получающей на входе энергию извне и совершающей разные виды работ на выходе $dU = 0$, то в этом случае из (3) для выражения новой энтропии, нарабатываемой внутри системы (например электростанции) получаем

$$TdS_n = \sum_K P_i dx_i \quad (6)$$

и выражение дифференциала новой энтропии в виде

$$dS_n = \sum_k P_i dx_i / T \quad , \quad (7)$$

где k – число работ, которые были совершены всеми телами в результате получения ими тепла от внешнего нагревателя, естественно, с учетом величин η_i – кпд этих процессов. Таким образом, *энтропия приобретает реальный физический смысл и предстает в виде обычной, экспериментально определяемой координаты*. Проведем небольшое исследование свойств новой энтропии. При стационарном режиме из (6) следует, что чем больше T , тем меньше dS_n , что согласуется с коэффициентом полезного действия (кпд) цикла Карно

$$\eta = \frac{Q - Q_0}{Q} = \frac{T - T_0}{T} \quad (8)$$

где Q и Q_0 , T и T_0 , соответственно, тепло, полученное от нагревателя при температуре – T , и тепло, отнятое у него холодильником, при температуре – T_0 .

Отсюда следует, что чем выше температура нагревателя T , тем выше кпд цикла и тем меньше необратимость процесса. В частности в силу сказанного усилия ученых направлены на повышение температуры теплоносителя на электростанциях. Это означает, что рост новой энтропии – S_n характеризует рост необратимости процесса, чего не отражает энтропия в ее

классическом выражении – S , т.е. именно новая энтропия отражает адекватно суть второго закона термодинамики [20, 21].

Другим фундаментальным положением синергетики является так называемый *негэнтропийный принцип информации* американского физика Л. Бриллюэна. Ошибочность этого принципа выявляется уже в самом начале его вывода. Начнем с того, что информацией в теории информации называются сигналы, поступающие в автоматическое устройство и, в простейшем случае, сокращающие исходное число символов из множества P_0 до определенного символа, т.е. до $P_1=1$, для передачи его по каналу связи. Таким образом, в случае равной вероятности каждого из символов, величина информации измеряется

$$I = k \ln \frac{P_0}{P_1} \quad (9)$$

С целью использования этого выражения Л. Бриллюэном первоначально вводится понятие «свободной информации, возникающей, когда возможные случаи рассматриваются как абстрактные и не имеющие определенного физического значения» [5, с. 19]. Очевидно, что после такой операции от информации остается формула, не имеющая никакого физического смысла. Суть его дальнейших рассуждений заключается в том, что внешнее воздействие на систему может изменить число ее потенциальных микросостояний – P_0 до вполне определенного единичного микросостояния, т.е. до $P_1 = 1$. На основании этого Л.Бриллюэн назвал подобные воздействия информацией – I и связал их с выражением (9) и, исходя из равной вероятности микросостояний данного макросостояния, выразил свой принцип в виде [5, с. 200-201]:

$$I = k(\ln P_0 - \ln P_1) = S_0 - S_1 \quad (10)$$

Вывод этот он назвал *негэнтропийным принципом информации*. Таким образом, был якобы перекинут мост между теорией информации, с одной стороны, и термодинамикой – с другой, хотя первый пролет этого моста был изначально разрушен введением бессмысленной «свободной информации». Этот вывод стал широко использоваться в *биофизике, теоретической биологии, теории информации, кибернетике, теории систем и синергетике*. Так, например, один из создателей синергетики Г. Хакен писал о том, что: «Шенноновская информация тесно связана с введенной Больцманом статистической энтропией» [4, с. 12] Вследствие этого возникло целое научное направление подобного плана, что и стало основой для десятков монографий и огромного количества научных статей, включая работы М.Эйгена [6] и И. Пригожина [7], и заполнило «информацией» весь Космос [25].

В то же время очевидно, что, кроме всего прочего, вывод Л. Бриллюэна, как и выводы Л. Больцмана, относятся к *бесструктурному* идеальному газу и неприменимы к организмам, свойства которых определяются их *специфическими структурами*, позволяющими им выбирать из огромного множества

возмущений, поступающих из внутренней и внешней среды, сигналы-информацию, необходимые для выживания и воспроизводства. Принципиальное устройство этих структур (сигнальных элементов или сокр. *сизлов*) приведено в работах автора, в которых также показано, что на их основе построены все автоматы, компьютеры и роботы, что позволяет им выполнять операции, подобные тем, которые осуществляются организмами [11–21]. На основании сизлов, с одной стороны, даны операциональные определения жизни, упорядоченности, организации и самоорганизации, с другой – операционально определены исходные единичные понятия информации, знания, смысла, управления. Это, в свою очередь, позволило придать математическому характеру наук о них (теории информации, кибернетике, теории систем и т.п.) содержательный смысл и осуществить новый подход к этим дисциплинам. В то же время «свободная информация», введенная Л. Бриллюэном (10), осуществляющая выбор того или иного микросостояния идеального газа, не имеет никакого отношения к сизлам и вообще к каким либо структурам, способным к целевому выбору, и не несет организмам и моделирующим их автоматическим и кибернетическим устройствам ничего, кроме белого шума [11–21].

Что же касается систем нелинейных дифференциальных уравнений, представляющих математический аппарат синергетики, то при их несомненной математической ценности очевидно, что они неприменимы в реальности для решения вопросов, связанных с организованными системами (организмами, автоматами и компьютерами). Причины этого в том, что, во-первых, они исходят из начальных условий состояния системы, пытаясь на их основании определить итог ее эволюции. Однако небольшие изменения этих условий, которые в реальных обстоятельствах происходят постоянно, радикально влияют на конечный результат решений этих уравнений. А потому, как справедливо указывает С.В. Чудов, причину конечных состояний «трудно усмотреть в ”начальных условиях”, в таких ситуациях малосущественных» [2, с. 4]. Кроме того, эти уравнения не учитывают процессов обратной связи, которые широко распространены в природе, обеспечивая сохранение состояний организованных систем. Во-вторых, что является главным, для решения проблем, поставленных синергетикой, эти уравнения, как и сама синергетика, не имеют под собой физического обоснования.

КАЖУЩИЙСЯ ХАОС КАК ИСТОЧНИК ЗНАНИЙ О КОСМОСЕ

Как пишет Пригожин, «хаотическая система ставит под вопрос само понятие причинности» [26, с. 14 (3-19)]. Но не называем ли мы хаосом те состояния систем, в которых мы не можем распознать отраженный в них порядок? Приведем несколько таких примеров. Известно, что в радиотехнике недостатки приема обычно списываются на случайные (хаотические) шумы техногенного и природного происхождения. Однако американцы А. Пензес и Р. Уилсон, которые занимались настройкой радиотелескопа, не примирились со стандартными мнениями и выявили, что «хаотический шум» представляет собой реликтовое излучение, за-

полняющее весь Космос. Эти исследования, как известно, явились существенным вкладом в теорию Большого Взрыва, и в результате изучения этого «шума» был сделан ряд фундаментальных открытий, к которым относятся сведения о структуре Космоса, о времени его возникновения, о его замкнутости, величинах ряда его констант, о существовании в нем темной массы и темной энергии, предсказан характер его дальнейшей эволюции и т.п. [27].

В качестве сходного примера приведем эффект С.Э. Шноля. Как известно, им и его сотрудниками в результате исследований, длившихся порядка 50 лет, были выявлены некие, как казалось, хаотические воздействия, влияющие на стабильность результатов химических и биохимических процессов и даже процессов радиоактивного распада. Это было тем более удивительно, что на скорость радиоактивного распада не оказывали влияния никакие, прежде известные науке факторы. В результате исследований было установлено, что эти «хаотические» воздействия зависят от положения Земли относительно Солнца. Кроме того, было выявлено, что на результаты экспериментов влияет и географическая широта места проведения опыта, т.е. скорость вращения Земли в каждом конкретном месте, а также ближайшие к Земле планеты: Меркурий, Венера и Марс [28]. С учетом указанных факторов результаты опытов стали полностью предсказуемыми.

Еще один пример, связанный с проблемой секвенирования (дешифровки) генома. Суть дела в том, что в геноме человека гены, кодирующие белки, составляют всего 1,1–1,4 % [29, с. 86]. На основании этого факта авторы открытия, названного главным в XX в., – Ф. Крик и Дж. Уотсон, а следом за ними и ученое сообщество с легкостью поверили в то, что 98,6 % генома являются «генетическим мусором». Причина этой точки зрения заключалась в том, что, исходя из СТЭ (дарвинизма), было решено, что остальные гены представляют собой хаос случайных мутаций на пути от простейших к человеку, ныне не используемых в его организме. Однако по мере дальнейших исследований стало выясняться, что все большая часть ДНК имеет глубокий генетический смысл. О закономерности, а не хаотичности эволюционного пути свидетельствует и следующее исследование: «Около 120 ученых – все специалисты – составили монументальный труд, состоящий из 30 глав и более 800 страниц, чтобы представить палеонтологическую летопись приблизительно 2500 тысяч групп растений и животных... Показано, что каждая основная форма или ряд растений и животных имеют свою собственную, отличающуюся от других форм или родов историю. Группы растений и животных *возникают внезапно*. Когда киты, летучие мыши, лошади, приматы, слоны, зайцы, белки и так далее появляются впервые, они также разнятся, как и в настоящее время. От общих предков нет и следа, не говоря уже о связи с каким-нибудь предполагаемым родоначальником из пресмыкающихся» [30, с. 34]. Однако, как считал В.И. Вернадский, а впоследствии А.А. Любищев и холисты, сразу должны были появляться не отдельные виды, а биоценозы, поскольку вид, кроме некоторых простейших, в одиночестве суще-

ствовать не может [31, с. 298]. Сходные идеи на базе палеонтологических фактов высказывали и современники Дарвина, по поводу чего он неоднократно делал заявления такого рода: «Если бы многочисленные виды... действительно сразу начинали свое существование, то этот факт был бы роковым для теории эволюции» [32, с. 326, 329, 331].

Рассмотрим теперь положение, существующее в исторических исследованиях. Историк А.Б. Каменский пишет: «От истории часто ожидают, что она выявит какие-то закономерности исторического развития, на основании которых можно будет увидеть будущее. Некоторые именно в этом видят доказательство научности истории. *Но история заставляет усомниться в том, что какие-то закономерности вообще существуют* (курсив мой – М.Ш.). Вдобавок, предсказание будущего – не дело историка» [33, с. 19-20]. Далее в этой работе он пишет о том, что даже подбор исторических фактов и дат сугубо субъективен и отражает идеологию каждого из авторов. Или, как писал автор пролетарской истории М.Н. Покровский, «история это политика, опрокинутая в прошлое» [34]. Но приведенные здесь примеры невольно наводят на мысль, что, может быть, существует некая общая закономерность, показывающая, что Хаос (хаос) не столь уж абсолютен, как это представляется многим ученым?

ПРОГРАММА ЭВОЛЮЦИИ КОСМОСА

По словам Пригожина, «наша Вселенная следует по пути, включающему в себя последовательности бифуркаций. В то время как другие миры могли избрать другие пути, нам *повезло* (?! – М.Ш.), что наша Вселенная направилась по пути, ведущему к жизни, культуре и искусствам» (цит. по: [35, с. 198]). При этом И. Пригожин не обращает внимания на тот факт, что это «*везение*» имеет место непрерывно в течение почти четырех миллиардов лет с момента возникновения жизни на Земле. За это время неоднократно менялся климат Земли: потепления сменялись ледниковыми периодами, Луна, отдаляясь от Земли, меняла угол наклона ее оси и скорость ее вращения, менялся состав земной атмосферы, дрейфовали материка, извергались вулканы, на Землю падали огромные метеориты и т.д. Но при этом на ней неуклонно шла эволюция жизни, на острие которой все время возникали все более и более совершенные формы. Поэтому вполне резонными представляются возражения Пригожину французского математика и философа Р. Тома, который спрашивает: «Чем «случай» лучше, научнее, чем «рок», «судьба» или «Божья воля». Кроме того для Тома *флуктуации могут выступать только как фактор, развязывающий процесс самоорганизации, но не детерминирующий его*» [3, с. 143]. Рассмотрим два крайних случая бифуркаций, подтверждающих тезис Р. Тома. Наиболее простой из них – пример переохлажденной жидкости. Почти никакая бифуркация в виде слабого воздействия на эту жидкость не может привести ни к чему иному, как к ее кристаллизации. Аналогично в другом, существенно более сложном, случае бифуркация в виде проникновения идеи западного мироустройства, обеспечивающего высокие жизненные стандарты,

может быть реализована только при достаточном культурном уровне населения.

Чтобы разрешить возникшие противоречия, попытаемся обратиться к ряду известных фактов и следующих из них выводов. Дж. Макдауэл пишет: «В книге Питера Стоунера «Говорит наука» в отношении предсказания будущего городов и областей Тира, Самарии, Газы и Аскелона, Иерусалима, Палестины, Моава, Амона, Петры, Едома и Вавилона говорится: «Ни одно человеческое существо никогда не делало предсказаний, сколь-нибудь сравнимых с теми, которые мы только что рассмотрели, и к тому же точно сбывшихся. Промежуток времени между этими пророчествами и их исполнением настолько велик, что даже самый суровый критик не сможет утверждать, что они были сделаны после предсказанных событий» [36, с. 255]. Отметим, что точно так же, как показали исследования историков, сбывлись пророчества в отношении Мемфиса и древней столицы Египта Фив, Ассирии и ее столицы – Ниневии и т.д. [36, с. 249-309]. Приведем еще одно из древних предсказаний, данных в Библии и удивительным образом сбывшихся в современности на глазах старшего поколения. Так, Господь говорит, что когда евреи вновь обратятся к Нему, то «хотя бы ты (народ Израиля – М.Ш.) был рассеян [от края неба] до края неба, и оттуда соберет тебя Господь, Бог твой, и оттуда возьмет тебя, и [оттуда] приведет тебя Господь, Бог твой, в землю, которой владели отцы твои, и получишь ее во владение, и облагодетельствует тебя, и размножит тебя более отцов твоих.... Тогда Господь, Бог твой, все проклятия сии обратит на врагов твоих и ненавидящих тебя, которые гнали тебя» (Втор. 30:2,4,5,7). Это пророчество было дано за почти полтора тысячелетия до того, как евреи лишились своего отечества в результате поражений от Рима в 70 и 135 гг. н.э. и были рассеяны «от края неба до края неба» и за почти три с половиной тысячелетия до того, как возникло государство Израиль.

Реальность существования пророчеств подтверждают и чисто научные исследования. Так, например, крупные американские физики, занявшиеся исследованием экстрасенсорики, провели огромное количество разнообразных экспериментов по проверке реальности феномена телепатии. Ими достоверно были установлены не только реальность телепатии, но и факт того, что *экстрасенс угадывал содержание передачи еще за несколько минут, а иногда даже за несколько суток* до того, как генератор случайных величин выбирал номер эксперимента, содержание которого он должен был разгадать. [37, с. 80]. Подобные же результаты были получены профессором В. Казначеевым (см. [38]). Многие тысячи предсказаний, проверенных научным сообществом, сделали такие всемирно известные прорицатели, как Эдгар Кейси, Джейн Диксон, Ванга и т.п. [39].

Но за явным фактом *предсказания даже единичной судьбы кроется огромный массив событий космического порядка*. К такому выводу приводит рассуждение, начинающееся с того, что судьба каждого человека миллионами нитей соединена с судьбами других людей, как знакомых, так и незнакомых. На нашу судьбу могут повлиять и «случайные» встречи, а

также выборы того или иного деятеля в нашей стране и даже за рубежом, решения администраторов, политиков, врачей, потоки информации и множества других событий. В свою очередь, поведение всех людей зависит от изменения природных условий. Люди всегда чувствуют зависимость своего состояния от времени года и погоды. Но не только состояние отдельных людей, но и течение исторических процессов, как это было показано А.Л. Чижевским, решающим образом определяется переменным характером появления пятен на Солнце [40]. А состояние Солнца подвержено влиянию на него нашей галактики, а последняя зависит от состояния Метагалактики. Отсюда следует, что в неявном виде в содержании пророчеств была учтена вся динамика жизненных и космических процессов, включая динамику изменений темной энергии и темной массы, тогда еще неизвестных науке, а также воздействия других, еще не открытых ею, факторов. И, следовательно, если хотя бы одному человеку предсказано будущее, то это означает, что в неявном виде в этом предсказании *учтена вся динамика (еще не реализованная) изменений Космоса за период от факта предсказания до его исполнения.* Значит, существует *Программа эволюции Космоса*, расписанная до таких подробностей, как судьба отдельного человека. И именно с этой Программы экстрасенс каким-то образом считывает судьбу этого человека, судьбу страны, судьбу человечества или узнает о предстоящих природных катаклизмах. Но с тем, что *может существовать Программа без Программиста*, едва ли согласится любой разумный человек. Да и Библия говорит о том же: «Скажите, что произойдет в будущем, и мы будем знать, что вы боги» (Ис.41:23). Впрочем, новое есть хорошо забытое старое – о наличии Программы знали также иудейские мистики-каббалисты, индийские йоги, мусульманские богословы, даосы и другие мистики [41]. В неявном виде суждение о существовании Программы содержится и в христианстве. Говоря о Программе, физик Ю.И. Кулаков вспоминает слова апостола и евангелиста Иоанна: «В начале было Слово, и Слово было у Бога, и Слово было Бог. Оно было в начале у Бога. Все чрез Него начало быть, и без Него ничто не начало быть, что начало быть» (Ин.1:1) [42]. В связи с этим отметим, что слово (греч. *logos*), согласно Гераклиту Эфесскому, означает «всеобщий закон», «основа мира» [43] и может быть понято как «закон», «программа», по которой создается мир [44]. Но если Программа для всего Космоса существует, то *разработать такую Программу и обладать желанием, волей и возможностями для ее реализации может только Тот, кого мы называем Богом* [45, 46]. Таким образом, на основании фактов решается вопрос о первичности Разума или материи.

Естественно, при этом возникает вопрос о свободе воли человека. Как пишет Кулаков: «Закон несет в себе идею необходимости. Программа, напротив, несет в себе элемент свободы. При одних и тех же законах может существовать много различных программ... В отличие от закона, программу можно изменить и даже разрушить» [42, с. 148]. Разумеется, может возникнуть вопрос: как же согласовать желания и действия разных людей, обладающих свободой

воли, с Программой? Но если это умеет делать хороший руководитель предприятия, выполняющего ту или иную программу, то не под силу ли это Всевышнему, хозяину пространства и времени, у которого «один день, как тысяча лет, и тысяча лет, как один день» (2Пет.3:8). При этом одним из важнейших средств как у руководителя предприятия, так и у Высшего Разума служат поощрения и наказания за соответствующие поступки. Впрочем, как пишет Даниил Андреев, «некоторые узловые события больших процессов пребывают в грядущем как бы незыблемо – предпрешенными точками. Но их чрезвычайно мало, да и они, осуществляясь в истории, могут принять тот или иной вид, ту или иную степень желаемой полноты» [46, с. 512]. Отсюда следует, что Программа оставляет пути к узловым точкам для разных людей и разумов на их свободный выбор – в тем большей мере, чем выше разум. Но как же быть со случаями детальной предопределенности, как в приведенных здесь примерах? В этих случаях можно предположить, что речь идет либо об узловых точках, либо о том, что в детальных предсказаниях участвовал некий разум, стремившийся показать неверующим людям, что далеко не все определяется их волей.

Примерами взаимодействия законов и разума могут явиться сложнейшие технические устройства, такие, например, как на американских «Пионерах», и «Вояджерах», в течение десятков лет бороздящих Космос и с расстояния в миллиарды километров передающих информацию на Землю. Они содержат в себе сложнейшие механизмы и самонастраивающиеся программы, работающие на основании законов физики. В то же время в их работу периодически вмешивается создавший их человеческий разум, который направляет их действия в соответствии с его собственной программой. Тем более сам Космос, созданный Высшим Разумом, представляет собой совершеннейший саморегулирующийся посредством законов, обеспечивающих реализацию Программы, гигантский механизм, лишь время от времени нуждающийся во вмешательстве Разума, что *и позволяет ученым исследовать законы Космоса, игнорируя до поры до времени наличие в нем Разума.* Это осознал, например, крупнейший астрофизик С. Хокинг, позиционирующий себя как позитивиста: «Мы вынуждены признать, – пишет Хокинг, – что происхождение Вселенной, по-видимому, лежит за пределами науки» [47, с. 87]. Или: «Из общей теории относительности следует: внутри черной дыры время заканчивается. Однако и начало, и конец времени будут точками, в которых уравнения общей теории относительности перестают работать. В частности, теория относительности не может предсказать, что должно образоваться из Большого Взрыва. Кое-кто видит в этом проявление *божественной свободы, возможность запустить развитие Вселенной любым угодным Богу способом* (выделено мной – М.Ш.)» [Там же, с. 32]. Впрочем, новое есть хорошо забытое старое: как писал И. Ньютон, что «...существует два пути познания Бога: через изучение Природы и через изучение Истории» (цит. по: [48, с. 67]). Отметим также, что метафизическое восприятие природы как живого организма пронизывает всю историю философии – от

Платона, именно так рассматривавшего в своем «Тимее» Космос, через Джордано Бруно («О бесконечности вселенной и мирах» 1584 г.) до В. Соловьева [49].

ЧТО МОЖЕТ ДАТЬ НАУКЕ «ПРОГРАММНЫЙ» ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЯМ?

Для ответа на этот вопрос рассмотрим проблему биологической эволюции первоначально в свете одновременного возникновения новых биоценозов. Эти факты ставят сразу несколько вопросов. Первый из них: если живое возникает не от живого, как считается в СТЭ, то из чего возникает новый биоценоз и каким образом? Почему он начинает формироваться незадолго до смены геоклиматических условий? Почему на острие каждого последующего биоценоза появляются все более совершенные виды и т.п.? Ответ на эти вопросы дает следующее предположение. Если биоценозы появлялись сразу (т.е. за короткое, по сравнению с периодом их существования, время) [32]), то из этого следует вывод о множестве актов творения. Кроме того, так как на острие каждого эволюционного этапа появлялись все более совершенные виды, то это говорит о том, что творцы эволюции («И сказал Бог: сотворим человека» (Быт.1:26)), не обладающие всеведением («О дне же том и часе никто не знает, ни Ангелы небесные, а только Отец Мой один» (Мф. 24:36)), обучаются и совершенствуют свое творчество на опыте прежних этапов. В пользу этого предположения говорят и многие другие факты (преадаптации, пророческая фаза, тенденции, иногда даже выходящие за разумные пределы и т.п.).

Эти идеи легли в основу нашей работы и позволили построить новую синтетическую научно-религиозную гипотезу биологической эволюции, принципиально отличную от ее как религиозно-фундаменталистского, так и традиционно-научного (СТЭ) понимания [50]. На основе этой гипотезы был предложен новый подход к секвенированию генома – за счет раскрытия идей, заложенных в его основу [Там же, с. 235-242]. Связан он и с тем, что в настоящее время в геноме человека существует, по разным данным, от 70% до 90% генов, роль которых остается неясной, несмотря на то, что этот геном исследуется многотысячными коллективами ученых. В то же время каждое новое открытие говорит о том, что каждый новый исследованный ген выполняет определенную функцию. Очевидно, что с позиций *программного построения усложняющихся геномов* может быть открыт гораздо более рациональный путь секвенирования. Это предположение подтверждается давно замеченным учеными сходством генома от Е до Е (по первым буквам англ. *elephant* – «слон» и лат. *Escherichiacoli* – «кишечная палочка»). С этих позиций следует начинать секвенирование с простейших организмов, у которых геном в тысячи раз короче и отсутствуют интроны – некодирующие области, расположенные внутри генов, а доля генов, кодирующих белки возрастает до 80% и более [29, с. 86]. Это делает секвенирование такого генома на много порядков проще, чем человеческого. Отсюда вытекает, что исследование простейших геномов существенно облегчило бы выяснение *идей*, связанных не только с синтезом белка, но и со смысловым на-

значением других генов, обладающих достаточной общностью. Следующим шагом могло бы явиться исследование роли простейших интронных включений – по мере их появления в геноме простейших организмов и т.п. После выяснения принципов (*идей*), заложенных в простейшие геномы, при переходе к более сложным в последних оставалось бы меньше нераскрытых тайн, что существенно облегчило бы исследование их специфики и т.д. Предлагаемый метод секвенирования позволил бы выявить в геноме *общие принципы эволюции уже не только видов, но и биоценозов и биосферы в целом*.

Нечто аналогичное происходит и с попытками изучения функционирования человеческого мозга. По сравнению с геномом, состоящем из примерно трех миллиардов смысловых единиц, мозг человека состоит «всего» из ста миллиардов функциональных единиц – клеток-нейронов. Но если учесть, что каждый нейрон принимает и перерабатывает информацию с нескольких тысяч входов-дендритов и выдает итог на выход-аксон, передающий ее в свою очередь на дендриты других клеток, то получается структура, не уступающая по сложности геному. А если иметь в виду, что в отличие от относительно статичного генома связи нейронов постоянно изменяются, то это создает комбинаторное пространство взаимодействий, превосходящее по количественной характеристике любые разумные величины. По сообщению нейрофизиолога К.В. Анохина, с использованием наиболее мощных компьютеров удалось смоделировать поведение червя-нематоды, мозг которого содержит порядка 300 нейронов, сообщающихся посредством 6000 контактов. Далее работа сталкивается с почти непреодолимыми трудностями. Научным фундаментом для исследователей мозга является СТЭ. Но если придерживаться изложенной здесь точки зрения, то вполне реальным представляется подход с позиции *общности программных идей*, заложенных эволюцией в системы управления мозга человека и простейшего одноклеточного организма, например, бактерии или микоплазмы. Эта подход представляется тем более обоснованным, что на создание одноклеточных организмов у эволюции ушла половина ее времени – примерно два миллиарда лет. Отсюда и стратегия: сконцентрировать внимание на принципах, заложенных в системы управления простейших организмов, и далее, после их дешифровки, двигаясь постепенно ко все более и более сложным одноклеточным, а затем и многоклеточным, дешифровать структуру человеческого мозга.

Коснемся теперь возможных выводов из исследований С.Э. Шноля о зависимости состояния биохимических процессов, протекающих в организмах, от положения Солнца, планет, места проведения эксперимента и т.п. Предвидя их астрологическое толкование, Шноль в своей телевизионной лекции (ТВ-канал «Культура», 12.10.2013) отказывается от дальнейших комментариев по поводу подобной зависимости [28]. В то же время физический механизм связи между этими явлениями остается неизвестным. Нетрудно представить, к каким открытиям в науке и связям ее с древними знаниями привело бы установление механизмов передачи воздействий Космиче-

ского характера на физический и биологический космос, и совершенно очевидно, что здесь возникает целое направление исследований.

Отражение Космоса в космосе свойственно не только физическим и биологическим процессам. Подтверждение этому можно найти и в закономерностях истории. Правда, как уже здесь упоминалось, большинство историков это отрицают. Возможно, что такая точка зрения историков на свою науку связана с тем, что ход истории определяется многими факторами: экономикой и политикой, рождением великих личностей, научными открытиями и техническими изобретениями, природными катаклизмами и т.п. Однако программный подход позволяет усомниться в правильности мнения, господствующего в исторической науке. Поэтому начнем искать связи между историей и Программой с того, что, как отмечал известный астроном Фред Хойл, «современные достижения космологии все более настойчиво подталкивают нас к выводу, что условия нашей повседневной жизни не могли бы существовать в отрыве от далеких частей Вселенной, и если бы эти части каким-то образом были изъяты, то все наши представления о пространстве и геометрии моментально утратили бы свой смысл» (цит. по: [41, с. 218]). Фактически о том же в своей работе «Биосфера и Космос» писал Вернадский. В то же время А.Л. Чижевским уже вполне конкретно была установлена зависимость биологических и исторических процессов от воздействий ближайшего Космоса, т.е. от солнечной активности [40]. Еще дальше в этом направлении пошел Л.Н. Гумилев. Им в результате обобщения огромного исторического и климатического материала, была разработана теория, названная им теорией «пассионарных толчков». За последние три тысячелетия он насчитал девять таких толчков, приведших к вспышкам исторической активности различных народов [51]. География этих вспышек представляет собой геодезическую линию на поверхности Земли, длина которой достигает, порой, половины ее экватора, а ширина – величин порядка до 400 км, с продолжительностью толчков от одного до пяти лет (как это происходит сейчас с, по-видимому, десятым толчком, вызвавшим «арабскую весну»). О причинах пассионарных толчков Гумилев выдвигает лишь гипотезы. Пытаясь понять их происхождение, он отбрасывает солнечную активность, так как Солнце освещает не узкую полосу в 400 км, а весь земной шар, отвергает он и фактор земного происхождения, потому что полосы пассионарных толчков не зависят от геологического строения территорий, по которым они проходят. Останавливается Гумилев на гипотезе космических воздействий, характер которых остается неизвестным [52, с. 311-312]. Из сказанного следует, что мнение об отсутствии законов истории связано с непониманием того, что Космос отражается в кажущемся историческом хаосе и что *исследование причин пассионарных толчков может привести к открытию как новых законов Космоса, так и законов истории*. О чем-то подобном говорит и учение индуизма, из которого следует разделение условий существования Земли и Космоса на четыре огромных временных пе-

риода – Юги – с более мелкими подразделениями внутри них.

Подводя предварительный итог сказанному, можно предположить, что все упомянутые феномены, выявленные на основе анализа явлений кажущегося Хаоса (хаоса), представляют собой лишь ничтожную часть эволюционной Программы, дальнейшее исследование которой будет способствовать получению новых знаний. Прав был один из героев «Собачьего сердца» М. Булгакова, доктор Преображенский, говоривший, что хаос, порождающий наши беды, находится у нас в головах. Таким образом, *подход к познанию мира не как к Хаосу (хаосу), а как к системе, эволюционирующей в соответствии с Программой, позволяет целенаправленно осуществлять поиск новых идей и закономерностей в науке, философии и истории*.

Но существуют ли какие-либо общие принципы для исследований Хаоса (хаоса)? Для ответа на этот вопрос рассмотрим, как проявляются воздействия Луны на Землю. Наибольшие возмущения они вызывают в атмосфере и наименьшие в литосфере (хотя невооруженным глазом они наиболее заметны в гидросфере в виде приливов и отливов в океане). В атмосфере отражаются процессы и солнечного, и космических воздействий на Землю в виде изменений погодных условий, магнитных возмущений, северных сияний, ионизации в верхних слоях атмосферы, рассеяния солнечного света, ливнях элементарных частиц, порожденных сверхэнергетичными частицами из Космоса и т.п. Вывод, который может быть сделан на основании этих примеров, заключается в том, что *чем слабее связи между частицами системы, тем более явно в ней отражаются воздействия Космоса*. В то же время *взаимное наложение различных воздействий Космоса на такую систему затрудняет выявление этих закономерностей*. Тем не менее, их поиск в кажущемся хаосе бывает, как об этом было сказано выше на примерах космологии, физики, истории, биологии и биохимии, чрезвычайно эффективным. В науке с этой целью издавна используются выходы за границы локальной области взаимосвязь с факторами, лежащими за ее пределами, экранирование исследуемого феномена, например, от внешнего электромагнитного поля или выбор в качестве объекта исследования системы, пренебрежимо мало реагирующей на большинство внешних воздействий, например, потока нейтрино. В качестве математического аппарата для исследования Хаоса (хаоса) может быть также использован хорошо разработанный в теории информации раздел о выделении сигнала из шума и, наконец, методы статистики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пригожин И. Философия нестабильности // Вопросы философии. – 1991. – № 6. – С. 46-52.
2. Чудов С.В. Реферат по философии. Историческое развитие понятия «диалектика». – М. (рукопись), 1997.

3. Сокулер З.А. Спор о детерминизме во французской философской литературе // Вопросы философии. – 1993. – № 2. – С. 140-149.
4. Хакен Г. Информация и самоорганизация. – М.: Мир, 1991. – 240 с.
5. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. – М.: Физматгиз, 1960. – 392 с.
6. Эйген М. Молекулярная самоорганизация и ранние стадии эволюции // Успехи физических наук. – 1973. – Т. 109, Вып. 3. – С. 546-589.
7. Пригожин И., Николис Ж. Биологический порядок, структура и неустойчивости // Там же. – С.518-544
8. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика как новое мировоззрение: диалог с И. Пригожиным // Вопросы философии. – 1992. – № 12. – С. 3-20.
9. Волькенштейн М.В. Современная физика и биология // Вопросы философии. – 1989. – № 8. – С. 20-33.
10. Ласло Э. Материалы международной конференции по синергетике // Вопросы философии. – 1998. – № 3. – С. 21–23.
11. Штеренберг М.И. Проблема Бергаланфи и определение жизни // Вопросы философии. – 1996. – № 2. – С. 51-66.
12. Штеренберг М.И. Синергетика и биология // Вопросы философии. – 1999. – № 2. – С. 95-108.
13. Штеренберг М.И. Принципы организации и самоорганизации // Биофизика. 2000, № 3. Статья полностью депонирована в ВИНТИ, № 514-B2000 от 28 февраля 2000 г.
14. Штеренберг М.И. Сущность жизни: физический, системный и мистический планы // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 1999. – № 6. – С. 74-80; Shterenberg M.I. The essence of life: the physical, of the system, and the mystic // Automatic documentation and mathematical linguistics. – 1999. – Vol. 33, № 3. – P. 19-24.
15. Штеренберг М.И. Место синергетики в науке // Научно-техническая информация. Сер. 1. – 2002. – № 8. – С. 1-9; Shterenberg M.I. The place of synergetics in science // Scientific and technical information processing. – 2002. – Vol. 29, № 4. – P. 13-21.
16. Штеренберг М.И. Физическая сущность жизни и начала теории организованных систем. – М.: Новый век, 2003. – 164 с.
17. Штеренберг М.И. Энтропия в теории и в реальности // Вопросы философии. – 2003. – № 10. – С. 103-113.
18. Штеренберг М.И. Синергетика: наука? философия? псевдорелигия? – М. : Academia, 2007. – 176 с.
19. Штеренберг М.И. Второй закон термодинамики и энтропия // Труды членов Российского Философского общества. Вып. 18. – М. : РФО, 2012. – С. 287-296.
20. Штеренберг М.И. Энтропия – смысл и изменение // Междисциплинарный научный журнал Сложные системы.– 2013. – № 2 (7). – С.82-89.
21. Штеренберг М.И. Исходные понятия энтропии, порядка, организации, информации, знания и смысла // Научно-техническая информация. Сер. 1. – 2013. – № 7. – С. 13–18; Shterenberg M. I. Basic Concepts of Entropy, Order, Organization, Information, Knowledge, and Meaning // Scientific and Technical Information Processing. – 2013. – Vol. 40, № 3. – P. 131–136.
22. Дюкрот А. Физика кибернетики // Кибернетика, ожидаемая и кибернетика неожиданная. – М. : Наука, 1968. – С. 106-121.
23. Леонова В.Ф. Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1968. – 158 с.
24. Путилов К.А. Термодинамика. – М. : Наука, 1971. – 375 с.
25. Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. – М. : Мир, 1966. – 392 с.
26. Пригожин И. Переоткрытие времени // Вопросы философии. – 1989. – № 8. – С. 3-19.
27. Прохоров М. Вселенная как додекаэдр // Вокруг света. – 2006. – № 3. – С.30-36.
28. Шноль С.Э. Космофизические факторы в случайных процессах // ТВ Культура. 21.09.10 – лекция на канале «Культура» С.Э. Шноль "Космофизические факторы в науке" , Stockholm: Svenskafysikarkivat, 2009. – URL: /2youtube.com/watch?v=QIKxvTk3YG8.
29. Тарантул В.З. Геном человека. – М. : Языки славянской культуры, 2003. – 391 с.
30. Moore J.N. Should Evolution Be Thought // New Scientist «Letters». – 1983. – P.798.
31. Чайковский Ю.В. Эволюция. – М. : Центр системных исследований – ИИЕТ РАН, 2003. – 472 с.
32. Дарвин Ч. Происхождение видов. – М. : Сельхозгиз, 1952.
33. Каменский А.Б. Пересматривая прошлое // Знание – Сила. – 2009. – № 4. – С. 16-24.
34. Власть факта / Передача телеканала «Культура». 22.05.2012.
35. Горбачев В.В. Концепции современного естествознания. – М. : ОНИКС 21 век, 2003. – 592 с.
36. Макдауэл Джош. Неоспоримые свидетельства. – М.: СП «Соваминко» 1992. – 320 с.
37. Джан Р.Г. Нестареющий парадокс психофизических явлений. Инженерный подход. // ТИИЭР. – 1976. – Т. 70, № 3. – С. 64-105.
38. Загадка Циолковского / Док.фильм телеканала «Культура». 23.07.2006..
39. Стоянова К. Правда о Ванге. – М. : Самоцвет, 1997. – 255 с.
40. Чижевский А.Л. Физические факторы исторического процесса. – Калуга: 1-я Гостиполитография, 1924.
41. Капра Ф. Дао физики. – Киев: София, 2002. – 352 с.

42. Кулаков Ю.И. Синтез науки и религии // Вопросы философии. – 1999. – № 2. – С.142-153.
43. Гераклит // Философский словарь. 3-е изд. – М.: Политиздат, 1975. – С. 109-110.
44. Штеренберг М.И. Опыт научно-религиозного подхода к проблеме биологической эволюции // Философские исследования. – 1996. – № 2. – С. 51-71.
45. Штеренберг М.И. «Вечные вопросы» в свете науки философии и религии. – М. : Новый век, 2004. – 164 с.
46. Андреев Д.Л. Роза Мира. – М. : Моск. рабочий, 1995.
47. Хокинг С. Мир в ореховой скорлупке. Новейшие тайны Вселенной в кратком и красочном изложении. – СПб. : Амфора, 2008. – 610 с.
48. Дмитриев В.С. Религиозные искания Исаака Ньютона // Вопросы философии. – 1991. – № 6. – С. 58-67.
49. Соловьев Вл.С. Лекции по истории философии // Вопросы философии. – 1989. – № 6. – С. 76-131.
50. Штеренберг М.И. Биоэволюция. Синтез научных и религиозных представлений о жизни. – М. : Волшебный фонарь, 2009. – 415 с.
51. Гумилев Л.Н., Иванов К.П. Этносфера и космос // Л.Н. Гумилев Этносфера. История людей и история природы. – М. : Экопрос, 1993. – С. 299-313.
52. Мичурин В.А. Словарь понятий и терминов теории Л.Н. Гумилева / под ред. Л.Н. Гумилева // Гумилев Л.Н. Этносфера; Там же. История людей и история природы. – М., 1993. – 544 с.

Материал поступил в редакцию 14.03.14.

Сведения об авторе

ШТЕРЕНБЕРГ Михаил Иосифович – кандидат технических наук, Москва
e-mail: shterenberg@inbox.ru

Цифровая библиотека вместо традиционной базы данных для нанотехнологий: опыт использования системы ABCD*

Показаны ограниченные возможности традиционных баз данных при создании информационной инфраструктуры современной науки. Выявлены преимущества и богатый потенциал цифровых библиотек как нового класса информационных систем. На примере нанотехнологий проведен анализ специфических требований, предъявляемых к создаваемым цифровым библиотекам: поддержка полуструктурированных данных, использование множества форматов (текст, таблицы, графика и т.п.), активное привлечение контекстной информации, размещенной на внешних ресурсах. Детально рассмотрена система ABCD, предложенная для управления библиотеками и информационными центрами, на базе которой создана информационная система по применению наноматериалов для энергетики.

Ключевые слова: базы данных, электронные библиотеки, цифровые библиотеки, полуструктурированные данные, нанотехнологии, наноматериалы

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Среди специалистов по информационным технологиям широко известны проблемы, возникающие при организации научных информационных ресурсов на основе реляционных баз данных (БД) [1]. Строго определенная схема описания данных, включающая набор имен и их атрибутов, для каждой из реляционных таблиц оказывается плохо адаптируемой к усложненным структурам данных, характерным для многих предметных областей. Реляционные БД поддерживают, как правило, ограниченный набор типов данных и не способны к их расширению. В то же время для разделов современной науки, связанных с накоплением и обработкой обширных массивов данных, характерно именно крайнее многообразие этих типов при их сложной и эволюционирующей структуре. Иначе говоря, концептуальную модель, присущую каждой из научных дисциплин, трудно отобразить в рамках априорно созданной схемы БД. В определенной степени эти проблемы присущи также объектно-ориентированным или объектно-реляционным типам БД. Другая причина трудностей – многообразие документов, включаемых или реферируемых в создаваемых научных архивах. К их числу относятся все виды публикаций, результаты физических, натуральных и компьютерных экспериментов, а также 3D-объекты, временные ряды, мультимедиа и т.п.

Наконец, проблему представляет и огромный объем данных (*big data problem*), которые производятся в различных дисциплинах, таких как науки о Земле, биомедицина, материаловедение и др. [1, 2]. Согласно сведениям, приведенным в [2], к 2020 г. ежегодный рост объема научных данных будет составлять не менее 35 зеттабайтов (1 зеттабайт = 10^{21} байтов). Традиционные БД (и, прежде всего, реляционные) плохо подходят для обработки больших многомерных массивов, поскольку они страдают низкой производительностью из-за большого количества ключей, которые надо получать для выполнения запросов, из-за записи данных в журнал и управления страницами памяти.

В целом ограниченные возможности традиционных БД в рамках *data-intensive science* уже давно осознаны в научном сообществе и привели к созданию целой совокупности альтернативных подходов. Среди предложенных подходов можно отметить предметно-ориентированные версии XML, например, CML в области химии, MatML – для материаловедения, thermoML – для термодинамики [3-5]. Последние годы все большее внимание привлекает *Semantic Web* как общий подход для интеграции наборов данных и сервисов, основанный на использовании онтологий, которые формализуют предметные области [6, 7]. Более простое, хотя и менее универсальное решение связано с полуструктурированными данными (ПСД), характерными для многих научных дисциплин. Полуструктурированные данные необходимы в тех случаях, когда их невозможно «встроить» в рамки жестко фиксированной схемы, что требуется в

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 13-08-00404.

традиционных БД. Авторы [8, 9] применили технологию, основанную на объектно-реляционной БД с открытым кодом *PostgreSQL* [10], в которой комбинируется реляционная модель с поддержкой нечеткой структуры данных, характерной для нанотехнологий.

В настоящей работе мы постараемся показать, что многие из проблем и вызовов, поставленных при создании информационной инфраструктуры, могут быть решены, если перейти от концепций и технологий, характерных для традиционных БД, к *цифровым библиотекам* – качественно новой системе хранения и интеграции электронных ресурсов [11, 12]. Уже на симпозиуме в Санта Фе (1997 г.) при объявлении задач второй фазы программы Digital Library initiative (DLI-2) [13, 14], подчеркивалось, что цифровая библиотека должна быть значительно богаче по своим возможностям, нежели традиционная библиотека, обеспечивающая хранение и каталогизацию электронных документов. В итоге, на сегодняшний день разработано множество программных сред, способных реализовать при создании библиотеки различные функции:

- хранение и обработку данных для широкого множества ресурсов, различающихся как по контенту, так и по среде представления (текстовые, изображения, аудио и т.п.);
- многоаспектную систематизацию в соответствии с концептуальной схемой предметной области;
- поддержку динамического (эволюционирующего) характера состава ресурсов и концептуальной схемы;
- интеграцию собственных документов коллекций с документами и/или данными, размещенными в глобальной сети.

Применительно к науке в целом и к ее конкретным областям (химия, материаловедение, биомедицина) особенно ценной представляется возможность так называемого *семантического обогащения* (*semantic enrichment*), когда термины или данные, имеющиеся в электронной публикации, связываются с контекстной информацией в различных справочниках и энциклопедиях, размещенных на библиотечном сервере или в сети.

В нашей работе будут рассмотрены в деталях функциональные возможности одной из достаточно простых и доступных (даже для малых коллективов) цифровых библиотек под названием ABCD [15]. Эта аббревиатура (от испанского названия *Automatización de Bibliotecas y Centros de Documentación*) обозначает многоязычное Web-приложение для управления фондами библиотек и информационных центров, которое обеспечивает реализацию множества функций, таких как сбор данных и источников, каталогизация, экспорт/импорт в различных форматах, администрирование и т.п. При крайней простоте и компактности этой системы нам удалось создать на ее основе электронную библиотеку для хранения документов и данных в одной из сложных и динамично развивающихся предметных областей: наноматериалы для энергетики. Как показано в работах [8, 9, 16, 17], тематическая широта в сочетании с новизной проблем и исключительным динамизмом порождает особые

трудности при систематизации данных и документов в науке о наноматериалах. Уровень стандартизации, понятийный аппарат, классификационные схемы и терминология – все эти моменты находятся в стадии становления, поэтому здесь в полной мере проявились преимущества цифровой библиотеки как нового типа информационной системы.

СПЕЦИФИКА ДАННЫХ И ДОКУМЕНТОВ – ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТРОЕНИЮ ЦИФРОВОЙ БИБЛИОТЕКИ

Нанотехнологии как и вся нанонаука – достаточно сложная и интересная предметная область с точки зрения структуры данных и документов. Характерные проблемы этой предметной области частично описаны в работах [8, 9, 17]. Прежде всего, проблемы возникают уже на этапе идентификации объектов. В отличие от традиционной химии, где достаточно указать химическую формулу для определения вещества, здесь приходится задавать набор параметров, определяющих, наряду с химической природой, геометрию, размеры, детали поверхности и т.п. Существенно при этом, что как число параметров, так и их конкретный выбор варьируются в зависимости от класса наноструктур, скажем, существенно различаясь для кластеров или нанотрубок. Вариация номенклатуры признаков является первым из определяющих свойств полуструктурированных данных, исключающих их отображение в реляционной структуре.

Проблемы возникают и в отношении классификации. Переход к наноразмерным объектам порождает множество проблем, обусловленных междисциплинарным и межотраслевым характером работ, неустойчивостью терминологии и понятийного аппарата, пересечением тематики со сложившейся в ведущих дисциплинах и, наконец, с перманентным созданием новых материалов, устройств и технологий [17]. Поэтому вариациям подвержена не только номенклатура признаков, но и сама классификационная схема. Строго говоря, эволюция схемы описания является также одним из характерных свойств, присущих полуструктурированным данным.

В соответствии с рекомендациями ISO [18], весь мир наноструктур разделен на два *мегакласса*: наноструктурированные материалы и нанообъекты, с разделением последних по признаку размерности. К первой категории относят макроскопические вещества, содержащие наноразмерные структурные единицы, ко второй – все виды синтезированных наноструктур (кластеры, квантовые точки, нанотрубки, нанопленки и т.п.) с обязательным наличием, по крайней мере, одного нанометрового размера. При выделении классификационных рубрик приходится учитывать не только размерный фактор, но и химическую природу, структуру, состояние поверхности и целый ряд других факторов. С развитием предметной области возникают новые рубрики, вызванные либо появлением новых классов (скажем, *grapheme-based materials*), либо желанием учесть в классификации новый объединяющий фактор, в качестве которого может выступать физическое свойство (термоэлектрики, сверхпроводники), сфера применения (материалы солнечной энергетики) или технологический

признак (конструкционные или функциональные материалы). Динамичность предметной области в сочетании с ее исключительной шириной, а также с различием подходов при создании информационных ресурсов (коммерческие или научные БД, реферативные издания и т.п.), предопределяет необходимость перманентного обновления классификаторов с резервированием позиций для вновь создаваемых материалов, устройств и технологий.

Помимо потребности в перманентном обновлении и расширении данных, при формировании фондов приходится учитывать их неразрывную связь с контекстной информацией, т.е. с информацией как о методах синтеза/получения наноматериала, так и о методах исследования его физических свойств или рабочих характеристик создаваемого на его базе устройства. Заметим, что потребность в такой информации характерна и для обычных материалов (стали, керамика и т.п.), свойства которых определяет комплекс факторов (технология, структурные особенности, влияние среды и т.п.), что радикально отличает материал от обычных соединений (или растворов), свойства которых определяет только исходный состав. Была даже сформулирована концепция *materials metrology* [19], согласно которой результат измерения представим только в связке с данными по методу и объекту, а полнота этих данных определяет меру достоверности численных значений. Значимость этих процедур возрастает при переходе к объектам наномира, поскольку возрастает число экстрафакторов, выявляемых методом синтеза и/или измерения; любой из них значительно сильнее сказывается на численных данных и функциональных зависимостях. В то же время, в традиционной науке о материалах, где давно сложились стандарты описания качества и генезиса данных, всегда можно ввести набор метаданных, включающих сведения о технологии изготовления, об условиях и методах испытаний, о процедурах измерения и калибровки приборов, о характеристиках среды (температура, давление и т.п.), о чистоте образца и составе примесей и т.п. Тем самым контекстная информация по материалу или изделию может быть встроена в реляционную схему, во всяком случае, в пределах определенной отрасли. Именно этой возможности лишен разработчик ресурсов в сфере нанотехнологий из-за появления множества *априори* непредсказуемых экстра-факторов, среди которых, например, квантовые размерные эффекты, самоорганизация наноструктур, обрыв химических связей на поверхности и т.д. Все это исключает возможность применения *априорной* схемы для учета контекстной информации, устанавливающей условия разработки и диагностики материалов или устройств.

Другой тип контекстной информации – справочно-энциклопедические и обзорные материалы, приведенные на сервере или в сети, расширяющие информационную ценность конкретного набора данных за счет привлечения общих сведений о физических свойствах некоторых классов наноматериалов (нанотрубок, графена и т.п.), сфере их применения, возможностях лабораторной и производственной базы. Необходимость в интеграции собственных данных со

сторонними документами характерны для ресурсов в любых сложно структурированных областях, к которым относится вся область нанотехнологий. С этим требованием тесно связано и другое – разнообразие сред представления и форматов: текст, числовые данные, статические изображения, математические выражения и/или программные коды.

Применительно к нанотехнологиям актуально еще одно требование – охват обширного потока источников с перманентным обновлением справочных данных. Выполнить это требование удастся путем комбинации библиографических данных с полными текстами источников, таблицами численных данных и графическими материалами. Выделив из масштабного перечня записей наиболее значимые с точки зрения актуальности, полноты и надежности данных, можно связать их с полными текстами источников, а также с разнообразной контекстной информацией. Именно комбинация возможностей библиографической, *full-text* и фактографической БД позволяет оптимально сочетать масштабы фонда с включением в него рекомендованных справочных данных, представленных в разных средах и форматах: текст, числовые данные, статические изображения, математические выражения и др. При этом загрузку библиографических данных удастся реализовать в полуавтоматическом режиме, используя возможности глобальных БД, типа Web of Science, что обеспечивает относительно быстрое наполнение БД [20]. Пример использования подобной технологии при комплектовании цифровых библиотек научной тематики дает пакет CDS Invenio [21], обеспечивающий для репозитория Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ в Дубне) [22] автоматический сбор данных из международных БД: CDS (CERN Document Server), INIS (International Nuclear Information System), arXiv.org и др.

Таким образом, специфика предметной области (нанотехнологии) предъявляет ряд серьезных требований к функциональным возможностям информационных систем. Среди них: поддержка полуструктурированных данных, активное использование контекстной информации, интеграция разнородных ресурсов в их многообразии (форматы, содержание, среда представления и т.п.).

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БИБЛИОТЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

В значительной степени выбор автоматизированной библиотечной системы (ABCD – Automatisación de Bibliotecas y Centros de Documentación) как базовой платформы для нанотехнологий обусловлен тем, что она является дальнейшим развитием документальных БД CDS/ISIS, показавших свою эффективность при создании фондов данных по свойствам традиционных веществ: газов и жидкостей, металлов, органических соединений и др. [23]. Естественно, что при переходе к широкому использованию наноматериалов с характерной для них сложностью систематизации возникла потребность в более сложных программных инструментах. В начале 2000-х гг. работы по развитию линейки системы ISIS возглавил инфор-

мационный центр BIREME университета г. Сан-Паулу (Бразилия). Основная цель разработчиков состояла в том, чтобы создать для всего латиноамериканского региона мощную Web-технологию, способную поддерживать общедоступную информацию произвольной тематики, прежде всего в сфере медицины, а также культуры. Система, способная реализовать поставленные цели, получила сокращенное название ABCD. Ее подробное описание можно найти на сайте [24] и в публикациях [15, 25].

Разработка системы ABCD является продолжением целой линии документально-ориентированных БД семейства ISIS (рис. 1). Общим для всех членов этого семейства является способ хранения и управления текстовой информацией, распределенной в повторяющихся полях переменной длины с возможностью их разделения на подполя. В последних версиях, наряду с текстовыми, возможно хранение «бинарных больших объектов», например, графики, HTML документов и т.п. Версии ISIS нашли широкое применение в развивающихся странах для социально значимых задач (медицина, библиотеки, музеи и т.п.), а также в проектах ЮНЕСКО и ООН. Первые две версии, относящиеся к 1975 и 1985 гг., использовали DOS, третья (2005 г.) – была ориентирована на использование WINDOWS. Система ABCD (2010 г.) относится к четвертой генерации семейства ISIS, которая полностью использует возможности Интернета.

В каждую следующую версию разработчики приносили определенные технологические новации, расширяющие ее функциональность. С одной

стороны, создатели ABCD постарались сохранить все достоинства прошлых версий ISIS (управление неограниченным набором локальных БД, простота структуры записей, множество методов поиска), сочетая их с возможностями доступа через Интернет и интеграции создаваемого ресурса с тематически близкими ресурсами сети. В числе используемых средств – язык PHP, JavaScript, БД MySQL (для административных данных), сервер Apache. По своим возможностям ABCD представляет собой именно цифровую библиотеку, реализуя ее основные функции: сбор данных из внешних сред, поддержка библиографии, поисковый инструментарий в локальных и внешних ресурсах (на библиотечном портале и в сети), предоставление пользователям электронных книг и других первоисточников в электронном виде. С другой стороны, система ABCD способна обеспечить специфические потребности центров документации: хранение специализированных коллекций, включающих цифровые и графические данные, поддержку классификаторов, гибкость и варьируемость библиографических форматов, сочетание библио- и фактографической информации. Ценность системы ABCD для разработчика информационной системы в том, что она представляет собой открытое (свободно распространяемое) приложение, способное генерировать произвольную по сложности систему полей/метаданных, адекватно отражающих систематизацию данных в достаточно сложных предметных областях.

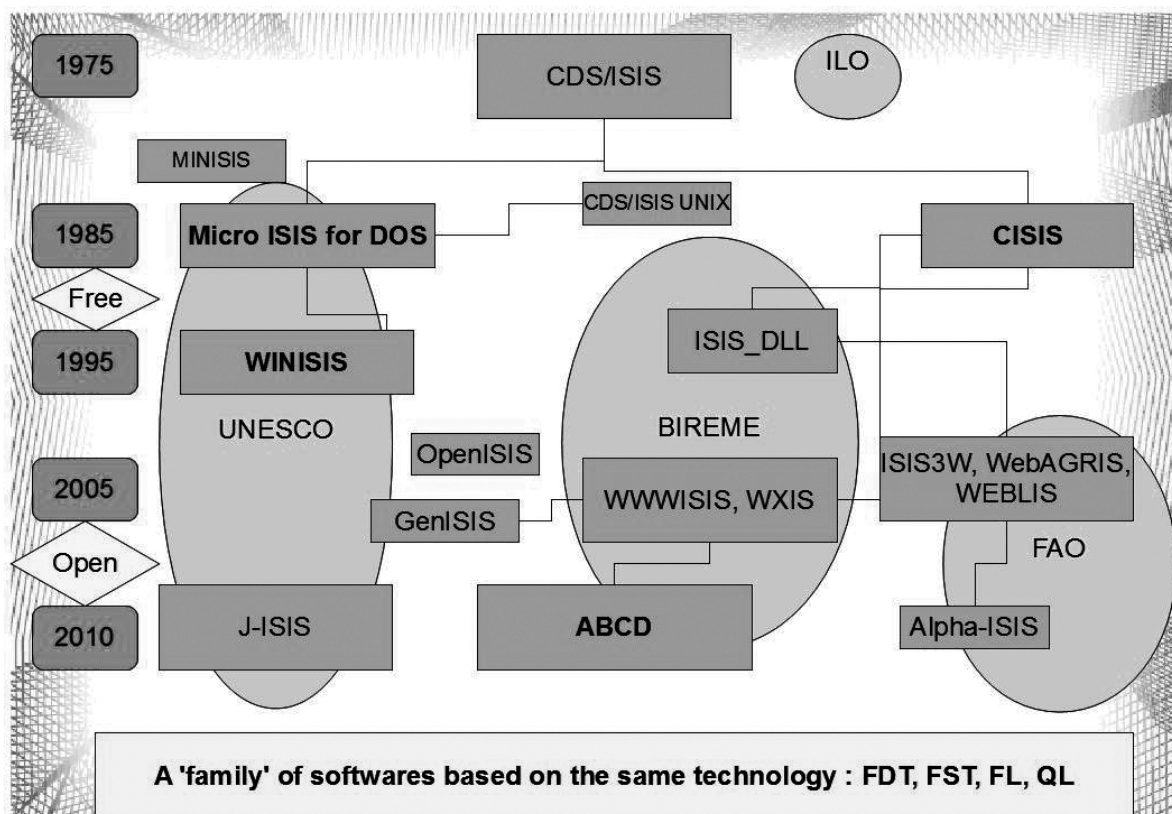


Рис. 1. Схематическое представление развития версий ISIS [24]

Функциональные возможности, достигнутые при разработке системы ABCD, обеспечили заметный шаг вперед по сравнению с прежними версиями ISIS. Среди них: (1) хранение больших объемов информации – до 1 Мб для одного документа и до 4 Гб для ресурса в целом; (2) ввод данных не только в текстовом, но и в HTML-формате с его богатыми возможностями по управлению шрифтами, включению графики и т.п.; (3) включение в поля документов гиперссылки на ресурсы, размещенные как на сервере, так и в сети Интернет, что обеспечивает генерацию цепочки связанных документов; (4) полнотекстовое индексирование как главное поисковое средство.

В отличие от прежних версий ISIS, здесь используются 60-символьные индексные ключи (а не 30-символьные), которые обеспечивают более сильный контроль достоверности на стадии ввода данных. Включены также процедуры с применением Web-технологий, например, полнотекстовое индексирование при использовании HTML-форматов, гиперссылки к сетевым ресурсам и проч. Возможен также импорт библиографических записей из внешних каталогов с форматом Z39.50, а также импорт локальных БД ISIS с текстовыми полями. Предложена технология конверсии документов из международных БД типа Web of Science к формату, предусмотренному в системе ABCD [20].

Программное обеспечение системы ABCD позволяет легко генерировать новую или модифицировать структуру действующей БД. При этом, поскольку данные не приводятся к нормализуемой реляционной структуре, а скорее поддерживают отношения «многие ко многим», система оказывается очень удобной при работе со многими локально сгенерированными БД. Ее возможное применение – поддержка нескольких архивов, музейных коллекций, словарей и онтологий и т.д.

Структуру и функциональность создаваемой цифровой библиотеки задает система полей, каждое из которых наделено определенным типом и форматом введенных данных. Примерная схема таблицы определения полей приведена на рис. 2, где в столбце “Title” указаны их названия, в основном библиографических (автор, название, место публикации и т.п.). Во втором столбце “Type” указаны типы полей (в основном, “Field”), а в столбце под названием “Input type” – форматы данных, вводимых в соответствующем поле. Как видно из рис. 2, для большинства полей используется формат “Text/Textarea”. В то же время, для двух полей “Full Text” (№17) и “Cover Pages” (№18) в качестве формата ввода предусмотрены “External HTML” и “Upload file”, т. е. произвольный сетевой ресурс, характеризующийся URL-адресом, и файл произвольного формата (графического, DOC, PDF и т.д.), размещенный на том же сервере, где находится создаваемая библиотека.

Type	Tag	Title	I	R	Subfields	pre-literals	Input type	rows	cols	Pick List					
										Type	Name	Prefix	Display format (PFT)	Extract as	help
1	Heading (H)	Bibliographical Details:													
2	Field (F)	1	Acc.No.				Text/Textarea						ACC_		
3	Field (F)	2	Title				Text/Textarea						TIT_		
4	Group (T)	3	Author	true	ab		Text/Textarea						AUT_		
5	Subfields (S)		Last Name		a		Text/Textarea								
6	Subfields (S)		First Name		b		Text/Textarea								
7	Field (F)	4	Publisher				Text/Textarea						PUB_		
8	Field (F)	5	Place of Publication				Text/Textarea						PL_		
9	Field (F)	6	Edition				Text/Textarea						ED_		
10	Field (F)	7	DDC No				Text/Textarea						DDC_		
11	Field (F)	8	ISBN No	true			Text/Textarea						ISBN_		
12	Field (F)	9	Bill No				Text/Textarea						BILL_		
13	Field (F)	10	Bill Date				Date						BDT_		
14	Field (F)	11	Pages				Text/Textarea						PG_		
15	Line (L)														
16	Heading (H)		Attachments:												
17	Field (F)	12	Full Text				External Html						FT_		
18	Field (F)	13	Cover Pages	true			Upload file						CP_		
19	Field (F)	14	Abstract				Text/Textarea	50					ABST_		

No errors!!!!!!

Рис. 2. Таблица определения полей в ABCD

Подробнее систематика полей отражена в табл. 1 и 2. В табл. 1 представлен допустимый в системе ABCD перечень типов, в табл. 2 – перечень форматов, “Input type”. Из десяти типов, приведенных в табл. 1, два (“Line”, “Heading”) управляют размещением материала при просмотре документа, а основными, обеспечивающими структурирование материала, являются поля одного из трех типов: “Field”,

“Subfield”, “Group”. Первый, применяемый чаще всего (см. рис. 2), содержит *неструктурированную* единицу данных, второй в комбинации с третьим – составной блок данных. Пример элемента библиографических данных с использованием этих трех полей дан в табл. 3; полю “Source” присвоен тип “Group” с включением в качестве подполей основных характеристик источника.

Таблица 1

Типы полей, предусмотренные в системе ABCD

№	Тип поля	Особенность структуры
1	Field	Основной элемент записи.
2	Auto increment	Специальное поле, содержащее номер, возрастающий на 1 при вводе каждой следующей записи.
3	Subfields	Являются составляющими элементами поля, имеющему тип “Group”. Поля типа “Subfields” назначаются в строках после поля, к которому они относятся – на рис. 2 строки 5 и 6 для полей a и b , включаемых в поле “Author”.
4	Fixed Field	Простое поле с фиксированной длиной.
5	Date (MARC 005)	Специальное поле для представления даты, в формате MARC используется идентификатор (tag) 005.
6	MARC-leader	Поле фиксированной структуры, предусмотренное форматом MARC. Реализована поддержка этого поля при его любом положении.
7	Group	Набор повторяющихся полей с подполями (Subfields), записываемых последовательно. Пример использования типа “Group” для поля “author”, которое включает подполя “Last Name”, “First Name” – см. рис. 2. Для представления такой структуры удобно использовать формат ввода “table”, см. табл. 2.
8	Line	Графический элемент для разделения полей при вводе данных, не требует дальнейшей спецификации.
9	Heading	Заголовок, который может отделять раздел на печати/экране группу тематически родственных полей. В системе ABCD поддерживается возможность навигации с прямым доступом к любому из введенных заголовков.
10	Operator and Date	Служебное поле, автоматически заполняется именем оператора, допущенного к вводу и редактированию записей, и указанием на время редактирования.

Таблица 2

Типы ввода/формата, предусмотренные в системе ABCD

№	Тип ввода	Особенность формата
1	Text/Textarea	Формат определяет ввод текста переменной длины в окне. Число, указанное в столбце “rows” (рис. 2) определяет число линий, которое может быть введено в окне.
2	Text (fixed length)	Формат определяет ввод текста фиксированной длины. Число, указанное в столбце “columns” (рис. 1), определяет число символов, которое может быть введено в окне.
3	Table	Формат определяет ввод таблицы. В столбцах таблицы можно указать подполя, число строк определяет повторяемость данного поля с подполями.
4	Password	Опция для ввода пароля, определяющего доступность документа.
5	Date	Опция, позволяющая при поддержке JavaScript отбор даты из календаря.
6	ISO-date	Форматированный по стандарту ISO (уууymmdd) автоматический ввод даты системой ABCD для внутренних целей.
7	Select simple	Классификатор, предусматривающий отбор только одного элемента из предварительно составленного списка (например, выбор языка публикации – rus, eng, fr, etc.)
8	Select multiple	Классификатор, предусматривающий отбор нескольких элементов из предварительно составленного списка (например, выбор класса веществ – metals, ceramics, polymers, etc.).
9	Checkbox	Опция, допускающая активацию одного или нескольких окон, заполненных введенными данными.
10	Radio	Ввод кнопки, активация которой позволяет отобразить соответствующую опцию.
11	HTML area	Опция с предоставлением пользователю полноценного редактора для ввода и редактирования текста с HTML-кодами.
12	External HTML	Опция, предусматривающая загрузку файла из сети по заданному URL-адресу, с генерацией соответствующей связи.
13	Upload file	Опция, предусматривающая загрузку файла, находящегося на сервере, с генерацией соответствующей связи.
14	Read-only	Формат ввода фиксируемого (т. е., не редактируемого) текста, доступного только для чтения.
15	Hidden	Формат ввода данных, закрытых при просмотре.

Образец представления данных при наличии подполей

F	Author	Abolghasemi, M. ; Keshavarz, A.; Mehrabian, M.A.
F	Publ. title	Plasmonics for improved photovoltaic devices
G	Source	
SF	Title	Nature Materials
SF	Year	2010
SF	Volume	
SF	Issue	3
SF	Pages	205-213

Существенное расширение возможностей дает вторая характеристика поля (“Input type”), поскольку именно она обеспечивает многообразие форм записи. Так, наряду со стандартным текстовым (“Text/Textarea”), введен формат под названием “HTML area” (№11 в табл. 2), который позволяет управлять шрифтами, вводить графические элементы, гиперссылки и т.д. Кроме этого, предусмотрено два формата только для связи с внешними ресурсами: “External HTML” и “Upload file”. Уже эта группа форматов резко расширяет функциональность системы ABCD в сравнении с прежними версиями ISIS. Наличие формата “HTML area” позволяет ввести сложноструктурированный блок информации, дополняющий текст таблицами, рисунками, гиперссылками и т. д. При этом, не предполагается каких-либо априорных требований к структуре блока, что является основным условием поддержки полуструктурированных данных [8-10]. Специальные форматы для связи с внешними ресурсами реализуют в полном объеме потенциал цифровой библиотеки, включающий: сочетание библиографических данных с полным текстом источника, неограниченные возможности по использованию контекстной информации, множество сред представления данных (графика, видео, аудио и др.).

Два других формата “Select simple” и “Select multiple” (№7 и №8 в табл. 2) наделяют соответствующие поля функцией классификатора, позволяя выделить один или несколько элементов из предварительно составленного списка. Они фиксируют название определяющих признаков, избегая неоднозначности и произвола при свободном назначении этих понятий на этапе ввода и/или поиска. Типичные сферы приложения этих форматов – классификация болезней и лекарств в медицинских системах, веществ и материалов при систематизации физико-химических данных, наноматериалов при разработке нанотехнологий.

Сложная и варьируемая структура данных, характерная для многих областей знания, предъявляет к классификаторам дополнительные требования. Первое – перечень рубрик классификатора не является исчерпывающим, что требует для одного и того же понятия, наряду с указанными форматами, использовать и текстовой. Так в разработанной системе по нанотехнологиям для выделения класса наноматериалов используются два поля: “nanomaterials by rubrication” и “nanomaterials (free title)”. Второе пре-

бование – поддержка эволюции классификаторов, связанная с быстрым развитием предметной области, возникновением новых понятий, терминов и т.п. Для этих целей можно поддерживать «полуструктурированный классификатор», концепция которого применительно к нанотехнологиям развита в работе [17]. Суть этой концепции том, что фиксируется «жесткий остов» классификатора с возможностью его расширения путем резервирования позиций, либо добавления более глубоких уровней иерархической схемы. Практически это означает, что единожды созданный перечень рубрик расширяется без исключения уже принятых. Инструментарий системы ABCD позволяет легко реализовать указанные требования, отвечающие потребностям систематизации в сложно организованных и динамично развивающихся предметных областях.

Помимо рассмотренных выше, система ABCD поддерживает еще ряд форматов, полезных при разработке информационных ресурсов. Например, формат “table” (№ 3, см. табл. 2) позволяет вводить в поле составной блок данных типа “Group”, включающий подполя. Форматы “checkbox” или “radio” (№ 9 и №10, см. табл. 2) предоставляют пользователю элементы стандартного интерфейса для выбора одной из предусмотренных опций, как правило, для группировки документов по определенному признаку. Поле, использующее формат “hidden”, может хранить служебную информацию, «невидимую» при просмотре. В табл. 2 раскрыто содержание и назначение каждого из 15 возможных форматов.

Именно предусмотренное в системе ABCD многообразие типов и форматов определяет богатые возможности построенной на ее основе цифровой библиотеки для хранения и систематизации данных, существенно различающихся по объему, логической структуре и среде представления. В системе также реализованы многочисленные административные функции, ориентированные на потребности библиотеки – поддержка специальной БД пользователей, содержащей их логины, пароли и права доступа (от рядового пользователя до администратора). При этом существенно, что обширные возможности удается реализовать при весьма скромных компьютерных ресурсах. Не последнюю роль в привлекательности системы ABCD играет и бесплатное распространение софта с единственным ограничением – использование для некоммерческих целей. Поэтому система идеально подходит для организации сложно организованных коллекций и архивов научных документов, создаваемых и поддерживаемых в рамках небольших научных коллективов.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ БИБЛИОТЕКИ ПО НАНОМАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Сфера возможного применения нанотехнологий охватывает почти все отрасли производства и жизнеобеспечения, начиная с космической техники и вплоть до медицины и экологии. Сама по себе подобная широта тематики в сочетании с быстрым прогрессом порождает немалые трудности в создании информационных ресурсов [5, 8, 9]. Прежде всего, необходим четкий критерий для выделения опреде-

ленного сегмента предметной области: класс наноматериалов, технологии и устройства, типы источников и т.п. Все системы общего назначения, такие как Web of Science или Chemical Abstract Service представляют поток научных публикаций, отражая лишь самые общие сведения, включенные в аннотации, ключевые слова или индексы рубрикатора. Отдельные сегменты в этом потоке удается выделить, ориентируясь лишь на тип источника (книга, статья, диссертация и т.д.), но не специфику предметной области. Более глубокий анализ возможен при выделении относительно узкого сегмента, как, например, в БД Физико-технологического института им. А.Ф. Иоффе по углеродным наноматериалам (www.ioffe.ru/db_vul). В нашей работе при создании цифровой библиотеки была поставлена более широкая задача – адекватно представить информацию для динамично развиваемой области «Наноматериалы для энергетики». Ее функция – систематизировать данные, охватывающие как сам наноматериал (его структуру, физические процессы и свойства, методы синтеза), так и сферу приложений с детализацией секторов энергетики, технологий, оборудования и т.д. Возможности системы ABCD, описанные ранее, позволяют, в принципе, сочетать достаточно детальную рубрикацию объектов с хранением произвольных по объему и структуре блоков данных.

Логическая структура этих данных отражена в системе из 25 полей (табл. 4). В совокупности они позволяют хранить набор признаков, определяющих источник (библиографическая информация), вид наноматериала и энергетическую технологию/оборудование, в сочетании с массивами текстовых, табличных и графических данных, раскрывающих в деталях свойства наноматериала, метод синтеза и сферу его применения. Перечни, включенные в классификаторы, представлены в табл. 5 и 6.

Первый блок данных (поля 1-3, 14-20, табл. 4) относится к описанию источника: автор, название и т.п. Важным элементом является возможность выделить посредством классификатора тип записи, а также исходного документа. В поле 2 (табл. 4) указывается тип записи (bibl; full text; data), позволяя разделить в библиотеке сегменты, относящиеся к библиографической, полнотекстовой и фактографической БД; поле 3 в табл. 4 выделяет тип документа из обширного перечня, указанного в табл. 5 (статьи, книги, сетевые документы и т.п.).

Второй блок данных включает необходимую информацию о наноматериале. Прежде всего, это формальные признаки: идентификатор типа (поле 8 в табл. 4 и 5), предусмотренный классификатором (табл. 6) и указатель химической природы (поле 10 в табл. 4 и 5). Широта предметной области в сочетании с перманентным внедрением новых материалов требуют, чтобы в дополнение к рубрикам можно было использовать произвольные термины (free title), уточняющие тип наноматериала и его химическую природу (поля 7 и 9 в табл. 4 и 5). Четверка полей (7-10 в табл. 4) призвана обеспечить идентификацию наноматериала. В то же время запись позволяет хра-

нить произвольную по объему и структуре информацию о физических и эксплуатационных свойствах материала, а также о методах его синтеза (поля 11, 12 с форматом “HTML area”).

Наконец, третий блок (поля 4-6 и 13 в табл. 4) раскрывает всю необходимую информацию о сфере приложения. Поля 4 и 5 в табл. 4, использующие классификаторы, выделяют отрасль энергетики и функцию описываемого устройства/технологии, перечни которых приведены в табл. 5. Как и для наноматериала, для уточнения этих понятий возможно использование произвольного названия – поле 6 (*object*). Подробное описание при произвольном структурировании данных может быть включено в поле 13 (“Application”) с форматом “HTML area”.

Таблица 4

Поля цифровой библиотеки «Наноматериалы для энергетики»

Number	Title	Searching field	Input type/format
1	Record index	Yes	Text/Textarea
2	Record type	Yes	Select simple
3	Document type	Yes	Select simple
4	Energy sector	Yes	Select multiple
5	Energy function	Yes	Select multiple
6	Object	Yes	Text/Textarea
7	Nanomaterial [free title]	Yes	Text/Textarea
8	Nanomaterial by rubricator	Yes	Select multiple
9	Chemical [free title]	Yes	Text/Textarea
10	Chemical by rubricator	Yes	Select multiple
11	Synthesis		HTML area
12	Properties		HTML area
13	Application		HTML area
14	Authors	Yes	Text/Textarea
15	Title rus	Yes	Text/Textarea
16	Title orig	Yes	Text/Textarea
17	Source		Text/Textarea
18	Year	Yes	Data
19	Language	Yes	Select simple
20	Affiliation	Yes	Text/Textarea
21	Full text		Upload file
22	WEB source		External HTML
23	More information		HTML area
24	Abstract		HTML area
25	Comments		Hidden

Примечание: заливкой разного вида отмечены поля-классификаторы, поля в формате “HTML area” и поля для связи с внешними ресурсами.

Таблица 5

Классификаторы БД

№ поля	Название	Тип классификатора	Перечень понятий в классификаторе
2	Record type	Simple	bibl; full text; data
3	Document type	Simple	article; book; communication; conference paper; dictionary/encyclopedia; patent; preprint; presentation; report; review; thesis; web document
4	Energy sector	Multiple	thermal; nuclear; solar; electrochemical; hydrogen; small-scale
5	Energy function	Multiple	generation; conversion; storage; harvesting; transfer; lighting; thermal transfer
8	Nanomaterial by rubricator	Multiple	см. табл. 6
10	Chemical by rubricator	Multiple	metals; semiconductors; polymers; carbons; ceramics; oxides; composites
19	language	Simple	russian; english; deutch; frenche; chinese

Таблица 6

Классификатор наноматериалов

1.0	Наноструктуры
1.1	0D Нанокластеры
1.2	0D Нанокристаллы
1.3	0D Фуллерены, эндофуллерены и фуллереноподобные структуры
1.4	0D Квантовые точки
1.5	1D Нанопроволоки, наностержни и нановолокна
1.6	1D Нанотрубки
1.7	2D Наноструктурированные и нанокомпозитные пленки
1.8	2D Нанопористые поверхности
1.9	2D Наномембраны
1.10	2D Графен и графеноподобные структуры
1.11	3D Наноструктурированные материалы
1.12	3D Нанокомпозитные материалы
1.13	3D Нанопористые материалы
1.14	3D Нанопорошки
1.15	3D Нанодисперсии (коллоиды)

2.0	MISCL
2.1	Упорядоченные ансамбли (многослойные и многополосные структуры и сетки) одинаковых твердых элементов на подложках
2.7	Твердотельные гибридные и гетероструктуры на основе полупроводников, металлов и магнетиков
3.0	Функциональные наноматериалы (ФНМ)
3.1	Катализаторы на носителях
3.2	Интеркаляционные материалы и твердые электролиты
3.3	Сенсорные нанокомпозиты
3.4	Водород-абсорбирующие наноматериалы
3.5	Наноструктурированные металлы и сплавы с особыми механическими свойствами
3.6	Наноструктурированные керамические и композиционные материалы и покрытия
3.7	Наноструктурированные полимеры, волокна и композиты на их основе
3.8	Слоистые магнитные материалы и сверхрешетки
3.9	Пьезоэлектрики
3.10	Сверхпроводники
3.11	Термоэлектрики
3.12	Люминесцентные
3.13	Бионаноматериалы
4.0	Конструкционные наноматериалы (КНМ)
4.1	Техническое железо и углеродистые стали
4.2	Легированные стали
4.3	Цветные металлы и сплавы на их основе
4.4	Тугоплавкие материалы и сплавы на их основе
4.5	Неметаллические материалы

Одним из ключевых элементов предложенной систематизации является классификационная схема самих наноматериалов, ориентированная на геометрию, физические параметры, химическую природу, структуру и т.п. Проанализировав большинство рубрикаторов, внедренных за последние годы [17], мы предложили собственную схему, ориентируясь на принцип, ранее сформулированный нами в работах [8, 9]. Его суть состоит в принятии рубрикатора с относительно «устойчивым каркасом», вариации которого затрагивают лишь отдельные элементы, табл. 6. На верхнем уровне иерархии выделено четыре рубрики: наноструктуры, MISCL (смешанные типы), функциональные наноматериалы, конструкционные наноматериалы. При этом первая рубрика охватывает четыре класса структур, каждой из которых соответствует топологический признак (0D, 1D, 2D, 3D); к каждому из классов в табл. 6 отнесено ограниченное число наиболее типичных представителей. Рубрики под названием «функциональные наноматериалы» и «конструкционные наноматериалы» позволяют уточнить класс наноматериала, ориентируясь на физические характеристики и основанные на них приложения. В качестве примера в табл. 7 показано заполнение полей 4-10 табл. 4 для идентификации материала и оборудования, описанных в публикации [26], где дается устройство батареи на основе графена, допированного бором.

Пример идентификации материала и технологии.

Title eng	Feasibility of Lithium Storage on Graphene and Its Derivatives
Nanomaterial [free title]	^Alayered C ₃ B sheet^Agraphene with B additives
Nanomaterial by rubricator	1.10 [2D Графен и графеноподобные структуры]
Chemical [free title]	C^AB^ALi^AC3B
Chemical by rubricator	carbon
Energy sector	electrochemical
Energy function	storage
Object	Li-ion battery

Представленная нами схема не претендует на всесторонний охват наноматериалов всех классов, учитывая непрерывное их пополнение за счет синтеза новых наночастиц, отличающихся подчас экзотической структурой, что исключает создание законченной классификации. В качестве характерного примера можно привести графен-нанотрубные структуры [27] или нанотрубки, заполненные молекулами фуллерена (так называемые, *стручки* или *pearods* [28]), которые трудно однозначно отнести к одной из классификационных рубрик.

Потенциал цифровой библиотеки значительно усиливают поля, предназначенные для гиперссылок на внешние ресурсы. Согласно табл. 4, предусмотрено три таких поля (21-23). Первое из них включает гиперссылку на полный текст документа (статьи, отчета и т.п.), размещенного на сервере. Тот же документ, но локализованный на удаленном сервере, вызывается в поле 22. Обширные списки комментариев и гиперссылок на справочные и обзорные документы, представленные в сети или на сервере, могут быть введены в поле 23, использующее формат "HTML area". Из-за быстрого развития предметной области содержание конкретного документа для пользователя приобретает ценность, когда доступна справочная или обзорная информация, отражающая общие сведения по свойствам, методам синтеза и применения конкретных классов наноматериалов: графена, нанотрубок, нановолокон и т.п.

В качестве примера Web-ресурсов, на которые могут быть сделаны ссылки, словарь нанотехнологических терминов РОСНАНО (thesaurus.rusnano.com), аналогичный словарь www.understandingnano.com/ или энциклопедия www.nanowerk.com/n_encyclopaedia.php.

Справочный фонд, включающий многочисленные обзоры по свойствам наиболее распространенных наноматериалов, опубликованных в отечественных и зарубежных журналах, представлен в виде коллекции файлов, размещенных на сервере и непосредственно доступных для пользователя.

Таким образом инструментарий системы ABCD, сочетающий возможности детального структурирования данных с хранением неструктурированной информации по свойствам, синтезу и применению и гиперссылками на внешние ресурсы, позволил создать

и поддерживать информационную среду, соответствующую потребностям многопрофильной и динамично развивающейся области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бартунов О., Велихов П. Научные вызовы технологиям СУБД // Суперкомпьютеры. – 2011. – №1. – С. 28-32.
2. Fox P., Harris R. ICSU and the challenges of data and information management for international science // Data Science Journal. – 2013. – Vol. 12. – P. WDS1-WDS12.
3. Murray-Rust P., Rzepa H.S. Markup Languages – How to Structure Chemistry-Related Documents // Chemistry International. – 2002. – Vol. 24, № 4.
4. Murray-Rust P., Rzepa H.S. STMMML. A Markup Language for Scientific, Technical and Medical Publishing // Data Science Journal. – 2002. – Vol.1, № 2. – P. 128-192.
5. Еркимбаев АО, Зицерман ВЮ, Кобзев Г.А., Фокин Л.Р. Логическая структура физико-химических данных. Проблемы стандартизации и обмена численными данными // Журнал физической химии. – 2008. – Т.82, №1. – С. 20-31.
6. Еркимбаев АО, Зицерман ВЮ, Кобзев Г.А., Серебряков В.А., Теймуразов К.Б. Технология научных публикаций в среде «Открытых связанных данных» // Научно-техническая информация. Сер. 1. – 2013. – № 12. – С. 1-11.
7. Bizer Ch. Interlinking scientific data on a global science // Data Science Journal. – 2013. – Vol. 12. – P. GRDI6-GRDI12.
8. Елецкий АВ, Еркимбаев АО, Зицерман В.Ю., Кобзев Г.А., Трахтенгерц М.С. Теплофизические свойства наноразмерных объектов: систематизация и оценка достоверности данных // Теплофизика высоких температур. – 2012. – Т 50, №4. – С. 524-532.
9. Eletsckii AV, Erkimbaev A.O., Kobzev G.A., Trachtengerts M.S., Zitserman V.Y. Properties of nanostructures: data acquisition, categorization, and evaluation // Data Science Journal. – 2012. – Vol. 11. – P. 126-139.
10. Stones R, Matthew N. Beginning Databases with PostgreSQL // From Novice to Professional. Second Edition. – New York: Apress, 2005.
11. Коголовский М.Р., Новиков Б.А. Электронные библиотеки – новый класс информационных систем // Программирование. – 2000. – № 3. – С. 3-8.
12. Коголовский М.Р. Систематика коллекций информационных ресурсов в электронных библиотеках // Программирование. – 2000. – № 3. – С. 30-52.
13. URL: www.nsf.gov/pubs/1998/nsf9863/nsf9863.htm
14. Griffin S., Peters C., Thanos C. Towards the new-generation digital libraries: recommendations of the NSF/EU-DELOS working groups// International Journal of Digital Libraries. – 2005. – Vol. 5, № 4. – P. 253-254.

15. Трахтенгерц М.С. ABCD – автоматизированная библиотечная система на базе WinISIS // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2009. – № 8. – С. 33-35.
16. Rumble J., Freiman S. Describing nanomaterials: meeting the needs of diverse data communities // Data Science Journal. – 2012. – Vol. 11. – P. ASMD1-ASMD6.
17. Буйлова НМ, Елецкий АВ, Зицерман В.Ю., Кобзев Г.А. Систематизация источников и данных по нанотехнологиям // Научно-техническая информация. Сер. 1. – 2013. – № 11. – С. 31-42.
18. ISO/TR 11360:2010, Nanotechnologies – Methodology for the classification and categorization of nanomaterials // ISO technical committee ISO/TC 229, Nanotechnologies. Retrieved from the World Wide Web, October 20, 2012. – URL: www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=55967
19. Munro R.G. Data Evaluation, Theory and Practice for Materials Properties // Special Publication 960-11. – Washington, DC: Materials Science and Engineering Laboratory, NIST, 2003.
20. Трахтенгерц М.С. Использование больших информационных служб при формировании фондов тематических БД // Научно-техническая информация. Сер. 1. – 2011. – № 8. – С.23-25.
21. CDS Invenio. – URL: <http://invenio-software.org>
22. Филозова И.А. и др. Руководство для пользователей сервера научных документов ОИЯИ JDS // Сообщение ОИЯИ. – 2011. – P11-2011-93.
23. Трахтенгерц М.С. Хранение и поиск информации о свойствах в БД ТЕРМАЛЬ. Теплофизические свойства веществ и материалов // Тезисы докладов XII Российской конференции по теплофизическим свойствам веществ. 7-10 октября 2008 г. – М.: Интерконтакт Наука, 2008. – С. 192.
24. ABCD library automation software. – URL: <https://sites.google.com/site/abcdlibraryautomationsoftware/>
25. De Smet E. ABCD: A new FOSS library automation solution based on ISIS // Information Development. – 2009. – Vol. 25. – P. 61-67.
26. Liu Y., Artyukhov V.I., Liu M. et al. Feasibility of Lithium Storage on Graphene and Its Derivatives // J. Phys. Chem. Lett. – 2013. – Vol. 4, № 10. – P. 1737-1742.
27. Чернозатонский Л.А., Шека Е.Ф., Артюх А.А. Графен-нанотрубные структуры: строение и энергетика образования // Письма в ЖЭТФ. – 2009. – Т. 89, №7. – С. 412-417.
28. Ивановский А.Л. Гибридные наноматериалы: структура и свойства углеродных пиподов и родственных наносистем //Альтернативная энергетика и экология. – 2004. – №7(15). – С. 28-40.

Материал поступил в редакцию 07.04.14.

Сведения об авторах

ЕРКИМБАЕВ Адильбек Омирбекович – кандидат технических наук, зав. лабораторией баз данных Объединенного Института высоких температур РАН (ОИВТ РАН), Москва
e-mail: adilbek@ihed.ras.ru

ЗИЦЕРМАН Владимир Юрьевич – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории баз данных ОИВТ РАН, Москва
e-mail: vz1941@mail.ru

КОБЗЕВ Георгий Анатольевич – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела теплофизических данных ОИВТ РАН, Москва
e-mail: gkbz@mail.ru

ТРАХТЕНГЕРЦ Михаил Самойлович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории баз данных ОИВТ РАН, Москва
e-mail: trachtengerts@yahoo.com

Опыт разработки электронной системы обучения студентов написанию научных статей*

Представлены результаты работы сотрудников филологического факультета НИУ ВШЭ над электронным тренажером, с помощью которого начинающие ученые могут отрабатывать навыки академического письма. Электронный тренажер по академическому письму – это дистанционная обучающая система. В ее основе лежит классификация частотных ошибок, полученная в результате анализа корпуса ученических текстов. Показано, что эти ошибки подчиняются определенной логике. Особое внимание уделяется преподаванию академического письма в университете.

Ключевые слова: электронный лингвистический тренажер, учебный корпус, корпусная педагогика, дистанционное обучение, академическое письмо, чтение, эрратология, ошибки

ВВЕДЕНИЕ

Электронные системы, обрабатывающие большие массивы лингвистической информации для выделения устойчивых языковых моделей, используются в преподавании языков с 1990-х гг. Принципы применения таких баз данных постулируются корпусной педагогикой, в задачи которой входит, в частности, конструирование корректировочных упражнений для конкретных целевых групп. Мы приводим описание созданного коллективом сотрудников и студентов филологического факультета Научно-исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) электронного тренажера, предназначенного для начинающих ученых, занятых сочинением письменных академических текстов в разных областях знания. Процесс создания тренажера включал: 1) уточнение целей преподавания академического письма в университете; 2) анализ «корпуса ошибок»¹ студентов НИУ ВШЭ; 3) систематизацию полученных языковых аномалий и выделение группы примеров, встраиваемых в систему электронной проверки; 4) расширение базы тренажера за счет искусственно созданных на основе Национального корпуса русского языка (НКРЯ) кон-

текстов; наконец, 5) выстраивание архитектуры системы, позволяющей отрабатывать навыки правильной академической речи.

НАВЫКИ РАБОТЫ С НАУЧНЫМ ТЕКСТОМ, КОТОРЫМИ ДОЛЖЕН ОБЛАДАТЬ СТУДЕНТ

Попадая после школы в университет, молодой человек оказывается вовлеченным в пространство академической коммуникации, до сих пор знакомое ему лишь частично.

Навык работы с научными источниками является обычно в той или иной степени сформированным к моменту начала студенчества. Так, первокурсники почти всегда представляют себе, что исследовательская работа предполагает изучение обширной литературы по теме. В то же время, несмотря на неизбежные случаи некорректных заимствований на первом курсе, большинство знакомо как с самим понятием «плагиат», так и с этической оценкой, которую дает этому явлению сообщество ученых. Задача преподавателя академического письма, таким образом, сводится к обучению правильному оформлению ссылок и списка литературы – занятию, требующему большой сосредоточенности и аккуратности, однако, несложному при наличии понятного образца.

Навык составления текстов так называемых вторичных академических жанров (рефератов, обзоров литературы, докладов по прочитанным книгам и статьям) начинает появляться у ребенка еще в средней школе. В старших классах дети, готовящиеся в университет, часто являются участниками разного рода школьных научных конкурсов, для которых они готовят свои реферативные работы. Письменные ответы на вопросы по материалу учебников, практи-

* Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2014 г.

¹ «Корпуса ошибок» или «учебные корпуса» (learner corpora) – электронные собрания ученических текстов, размеченных с точки зрения их языковых характеристик и снабженных встроенным программным обеспечением, позволяющим, среди всего прочего, находить конструкции, нехарактерные для текстов литературного языка, но устойчивые в рамках представленного в корпусе материала.

кующиеся большинством учителей, также являются одним из типов создания такого вторичного жанра. Сложность этого вида деятельности для студента обусловлена двояким характером стоящей перед ним цели: с одной стороны, исходный текст должен быть критически прочитан и понят, с другой – результат осмысления следует ясно для аудитории преподавателей или коллег-студентов изложить. Компетенции критического чтения и, шире, критического мышления, как правило, у первокурсников недостаточно развиты. Заметим, однако, что в школе, в силу прежде всего возрастных особенностей учеников, такие компетенции и не могут быть в полной мере сформированы. Преподаватель академического письма выступает здесь как член большой университетской команды, занятой формированием у студентов научного взгляда на получаемую информацию. Письменный пересказ прочитанного также дается студентам с трудом, причем главной сложностью обычно является формирование четкой и соответствующей содержанию структуры повествования. Излагая материал, юный автор часто стремится представить его в порядке и логике исходного текста; такое повторение образца оказывается особенно неуместным, когда речь идет об анализе нескольких посвященных одной проблеме произведений. Между тем, подобного рода работа по модели становится отличным способом написать текст грамотным академическим языком. «Начитывание» и копирование языковых структур научных текстов, как мы знаем, является одним из наиболее действенных способов обучения академическому письму, так же как накопление богатого читательского опыта, в целом, способствует успешному формированию навыков письма.

Отработка навыка устной презентации в последнее время все чаще называется одним из приоритетных направлений обучения в школе. Если еще пять – десять лет назад опыт устных публичных выступлений школьника ограничивался ответами у доски, сегодня он складывается из участия в дебатах, докладов на конференциях, защиты проектов, объемных презентаций перед классом – формы обучения, ставшие популярными после начала массовой кампании по оснащению школ компьютерами, проекторами и электронными досками. Роль университетского преподавателя академического письма в этой ситуации сводится к обсуждению различий письменных и устных текстов, советам по оформлению слайдов и, наконец, предоставлению студентам возможности как можно чаще тренировать свое умение говорить перед дружелюбной, хотя и критически настроенной, аудиторией коллег. Теоретическим занятиям подобного рода обычно бывает достаточно посвятить один-два семинара. Навык формирует практика, а также специализированные психологические тренинги, проведение которых, очевидно, не входит в компетенцию филологов.

Обучение созданию текста первичных жанров. Как видим, школьное обучение в определенной мере формирует умения, необходимые первокурснику для письменного научного творчества, это позволяет университетскому преподавателю академического письма ограничиться оттачиванием этих умений.

Единственное, что по-прежнему является проблемой – это навык **создания текстов первичных жанров**: эссе, курсовых работ и дипломов, написание которых, собственно, и служит источником стресса для студентов и возмущения для научных руководителей. Неумение студентов изъясняться сколько-нибудь правильным научным языком давно стало избитой темой разговоров в преподавательских. «Четверокурсники, начитавшиеся чужих статей, пишут плохо, первокурсники – ужасно», – мало кто из читателей оригинальных студенческих текстов не сочтет это утверждение печальной истиной. Выше мы упоминали способность студентов, взяв за образец чужую языковую модель, скомпоновать неплохое собственное сочинение. Умение это, однако, часто (особенно в самом начале погружения в непривычную языковую среду) является чисто автоматическим: в отсутствие образца структуры не вспоминаются и собственная мысль не находит адекватного выражения. Приведем характерный пример: два текста, написанные одним и тем же студентом первого курса. Текст 1 – краткий пересказ содержания работы Б.Р. Виппера «Введение в историческое изучение искусства» (мы называем работу «пересказом содержания», поскольку правила составления аннотации на этом этапе обучения еще не были представлены). Текст 2 – столь же короткий пересказ собственной курсовой. Работы приводятся без сокращений и без исправлений.

1. Работа Б.Р. Виппера рассказывает о становлении различных отраслей искусства с течением времени. Автор не только пишет о развитии искусства, но и прилагает к тексту множественные иллюстрации работ деятелей искусства. Особое внимание обращено к специфике технических основ в рамках того или иного жанра. Основываясь на упомянутом в книге биографическом контексте, читатель размышляет о мотивах скульпторов, художников и архитекторов. Автор, опираясь на обширные данные по истории искусств, предоставляет подробную информацию о развитии изящного искусства в рамках исторического развития.

2. Моя курсовая будет называться «Друзья и враги Франциска Ассизского» (Святого Франциска). Я выбрал эту тему потому, что посчитал это актуальным. Это связано с тем, что немаловажную роль в жизни известной личности (в данном случае святого) играют и его приближенные. И тем не менее в развитии личности играют его враги (соперники, противники и завистники). И тем не менее даже жизнь святого не связана с одиночеством..

Работа во вторичном жанре, безусловно, удалась студенту лучше, чем словесное оформление оригинального содержания. При всех недостатках (неверное предложное управление; повторы клишированных оборотов; не всегда удачный выбор лексики и пр.) в целом Текст 1 выдержан в научном стиле и нуждается лишь в небольшой правке. Текст 2 лучше всего описывается прилагательным «беспомощный»: мысль автора изложена (а точнее, затуманена) языком, далеким от стандартов академии. Работа по созданию собственных научных текстов должна, тем

самым, начинаться в университете практически «с нуля». Вполне очевидно, что современная школьная программа ориентирована либо на работу с чужим текстом (аргументирующее эссе в ЕГЭ по русскому языку является откликом на подобный текст-стимул), либо на создание публицистического произведения. Введение в качестве обязательного экзамена сочинения едва ли изменит ситуацию: в том виде, в каком такое сочинение видится сегодня создателям идеи, оно является одновременно публицистическим и, в большой степени, вторичным жанром.

Важнейшей задачей преподавателя академического письма является в этих условиях выполнение со студентом заданий, результатом которых может стать свободное владение инструментами научной коммуникации. Говоря о «свободном владении», мы подразумеваем способность создавать произведения научного стиля при отсутствии стимулирующего текста или текста-образца. Пример Текста 2 показывает, что работа по созданию текстов в первичных жанрах в начале процесса обучения оказывается практически бесполезной, поскольку исправление в данном случае должно представлять собой замену текста на новый, не связанный с предыдущим ничем, кроме общей идеи. Между тем, на примере Текста 1 очевидно, что большие временные затраты как студента (время на написание реферата), так и преподавателя (время на проверку), работающих с заданиями типа «Перескажите...» или «Напишите аннотацию...» не оправдывают себя: неплохие, в целом, работы пестрят повторяющимися ошибками, бессистемное исправление которых не позволяет избежать повторения тех же недочетов вновь.

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ «ТРЕНАЖЕР ПО АКАДЕМИЧЕСКОМУ ПИСЬМУ»

Итак, для того чтобы научить студентов создавать текст научного стиля, необходим новый формат обучения, ориентированный на систематическую работу по устранению наиболее распространенных ошибок в учебных академических текстах. Мы предлагаем использовать в качестве средства обучения электронную систему.

Критерии, которым должна соответствовать электронная система обучения академическому письму. Мы полагаем, что эффективный инструмент обучения академическому письму на этапе перехода от школы к университету должен обладать следующими качествами:

- 1) такой инструмент должен быть выстроен на основе коротких отрывков: краткость текста позволит экономить время на выполнение задания и сконцентрироваться на конкретном языковом явлении;
- 2) речь должна идти о наборах упражнений, каждое из которых объединяет разнородный материал или посвящено отработке единственного навыка;
- 3) студент, работающий с инструментом, должен получать навык активного владения академическим языком.

Инструментом, отвечающим всем перечисленным требованиям, является «Тренажер по академическому письму», созданный преподавателями, магистран-

тами и студентами направления ФиПЛ факультета филологии НИУ ВШЭ. Тренажер представляет собой электронную систему, войдя в которую студент может выполнять упражнения на редактирование научного текста. Редактирование текста с ошибками – вид задания, неизменно применяющийся авторами самых разных методик обучения иностранным языкам. В отечественной практике обучения русскому языку как родному, однако, этот вариант упражнений до сих пор использовался крайне редко. Заметим, что переход от пассивного повторения чужих языковых моделей к активному их применению в оригинальном тексте возможен только если эти модели (в нашем случае клише научного стиля) прочно закреплены в памяти. Своеобразной проверкой запоминания может служить умение отличить «правильное» клише от «неправильного»: редактирование, таким образом, предоставляет прекрасную возможность выявить «проблемные зоны» с тем, чтобы затем в справочных материалах найти информацию, позволяющую заполнить образовательные лакуны. Тренажер по академическому письму включает такой встроенный справочник: нажав кнопку «Показать теорию», студент получает краткое и доступное описание лингвистического материала, на основе которого выстроено конкретное упражнение.

Критерии, которым должны отвечать ошибки, включенные в тренажер. Рассмотрим те критерии, которым должны были отвечать ошибки, включенные в тренажер.

1. Ошибка должна быть типичной для оригинальных студенческих работ. Как показало исследование, «плохие» студенческие эссе состоят не столько из ошибок, присущих данному конкретному автору, сколько из некоторого повторяющегося набора языковых аномалий. Описание причин такой «стандартизации ошибок» не входит в задачи нашей работы, заметим только, что подобные «кластеры» неправильностей давно и хорошо описаны в английском языке; в последние годы эрратология – наука об ошибках – постепенно обращается и на русский языковой материал (см., например, [1-5]). С точки зрения методики обучения письму, отнесение ошибки к четко обозначенной группе представляется нам чрезвычайно важным: именно такой процесс рефлексии, на наш взгляд, позволяет студенту из хаотического нагромождения языковых знаков выстроить стройный текст. Привычка рассматривать каждую ошибку не как случайность, которую невозможно предвидеть в будущем, но как ущербную модель, которая имеет склонность появляться в данном контексте – способность, развитие которой у студента ведет к рационализации выбора языковой единицы и, в конечном, счета, к успешному созданию текста.

2. Ошибка должна встречаться в академических текстах. Недостаток многочисленных существующих сборников упражнений по стилистике, делающий невозможным их применение в курсе академического письма – языковой материал упражнений, выстроенных на основе текстов, взятых либо из СМИ, либо из деловых документов. Очевидно, что, работая с такими отрывками, студент не в состоянии освоить навыки научной коммуникации, обладающей целым ря-

дом специфических особенностей. Перед составителями тренажера, таким образом, встала задача подобрать большое количество² фраз, возможных в контексте академического дискурса и демонстрирующих какую-либо из типичных для студентов ошибок. Одно упражнение, отрабатывающее умение исправлять один тип ошибки, включает 15 заданий; найти 15 X 20 (количество вариантов) однотипных неправильных примеров в реальных студенческих эссе – задача, разумеется, невыполнимая. Мы нашли простой и, как кажется, оригинальный выход из положения: в Национальном корпусе русского языка для каждого языкового явления мы выбрали корпус примеров, относящихся к академическому дискурсу 1980-х – 2013 гг. Многие примеры оказались при этом чересчур длинными, невнятными, неясными вне контекста – все подобные примеры мы редактировали, а затем «портили», т. е. заменяли в них правильную конструкцию на ошибочную. Так, на основании анализа студенческих работ нами была выделена частотная ошибка в использовании паронимов: выражение *принять меры* заменяется студентами на *предпринять меры*. Поиск в НКРЯ дал, в частности, такой пример:

Принять меры для предотвращения пагубных последствий явления "опускания с небес", под которым в Японии имеется в виду переход правительственных чиновников после их увольнения на руководящие должности в общественные предприятия и вторичный их наём в частные предприятия. [Неспешные шаги административной реформы в Японии (2002) // «Проблемы Дальнего Востока», 2002.12.30]

После изучения контекста и общей редактурой получившаяся фраза звучала как:

*В ходе административной реформы японское правительство планировало **принять меры** для предотвращения пагубных последствий явления "опускания с небес", то есть перехода правительственных чиновников после их увольнения на руководящие должности в общественные предприятия.*

Наконец, вошедшая в Тренажер «испорченная» фраза имеет следующий вид:

*В ходе административной реформы японское правительство планировало **предпринять меры** для предотвращения пагубных последствий явления "опускания с небес", то есть перехода правительственных чиновников после их увольнения на руководящие должности в общественные предприятия³.*

² Каждый студент в Тренажере работает с одним вариантом, включающим весь комплект упражнений. Количество вариантов, таким образом, должно соответствовать количеству студентов в группе. В настоящий момент нами составлено 20 вариантов (более 3600 заданий); планируется довести общее количество вариантов до 30.

³ Разумеется, выделение неверного сочетания оставлено здесь нами лишь для удобства читателя – в Тренажере студент не видит его и обязан самостоятельно решить, в каком месте текста была допущена ошибка.

Стоит иметь в виду, что принцип рационализации ошибки, положенный нами в основу создания Тренажера, предполагал присутствие в каждом примере всего одного неправильного фрагмента на заданную модель. Между тем, в выдаче поиска НКРЯ, как правило, присутствовали тексты, далекие от стилистического идеала: обнаружение «незапланированных» ошибок и их исправление оказались еще одной сложностью, справиться с которой помогло многоразовое перекрестное перечитывание примеров коллегами по команде.

3. Напомним, что наш Тренажер – электронная система, работающая автоматически, а это значит, что ошибки, которые мы включили в упражнения, должны иметь ограниченное число вариантов исправлений. Именно поэтому количество типов заданий, представленных в Тренажере, относительно невелико. Многочисленные найденные и классифицированные нами типичные ошибки не смогли попасть в Тренажер, поскольку их правка представляет собой текст, предсказать который заранее сложно: это текст, характер которого в большой степени зависит от характера и стилистических предпочтений правщика. Приведем пример. Для студенческих работ очень характерна референция с помощью «это» в широком и неопределенном значении; местоимение в таких случаях не имеет непосредственного отношения к конкретной именной группе:

*Моя курсовая работа посвящена общественному кругу, который сложился вокруг Н.С. Хрущева. В первую очередь **это** касается окружения политика, которые были с ним на протяжении всей его жизни. **Это** также касается и тех, кто поддерживал его взгляды, и тех, кто ему противостоял.*

В процессе обучения осмысление подобного рода ошибки как повторяющейся модели и обсуждение черт модели со студентами чрезвычайно полезно. В то же время, редактирование примера предполагает поиск именной группы, не названной автором в тексте; в зависимости от ее словесного обозначения кардинально изменится и структура всей фразы. Такое изменение структуры, равно как и само название именной группы, крайне сложно предсказать, а значит, невозможно и получить ограниченное число результатов, которые электронная система распознает как правильные.

ТИПЫ СТУДЕНЧЕСКИХ ОШИБОК, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ В ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЕ «ТРЕНАЖЕР ПО АКАДЕМИЧЕСКОМУ ПИСЬМУ»

После детального анализа академических студенческих работ⁴, вычленения повторяющихся языковых аномалий и распределения их по классам, нами были выделены 11 подгрупп, представляю-

⁴ На этом этапе работы мы использовали, в частности, созданный Лингвистической лабораторией по корпусным технологиям филологического факультета НИУ ВШЭ Корпус академического письма (http://web-corpora.net/RussianAcademCorpus/search/index.php?interface_language=ru).

щих собой ошибки, каждая из которых исправляется не более чем пятью возможными вариантами.

Группа 1: ошибки, обусловленные паронимией. Список паронимов, включающий как встречающиеся в существующих сборниках упражнений экономный - экономичный или кардинально - координально, так и менее очевидные безусловно – без условий, вытеснить – выместить, показать как – доказать как, появился в результате внимательного прочтения реальных текстов и представляет, тем самым, крайне интересный и актуальный языковой материал.

Группа 2: ошибки в использовании одиночных союзов.

В тренажере представлены ранее не описанные типичные замены:

- Противопоставительного *а* на *же* (*Власти блокадного Ленинграда утверждали, что темнота ничего не меняет в функционировании городских инфраструктур, военная пропаганда же показывала враждебность света жителям города*).⁵

- Одиночных союзов на двойные союзы с *то*; добавление *то* при глаголах мышления и говорения (*В ситуации, когда растет влияние церкви на общество, то введение курса «Основы религиозной культуры» в школьную программу необоснованно. Авторы исследования полагают, то что описанные типы речевого поведения свойственны самым разным группам дошкольников*

Группа 3: разрушение и контаминация двойных союзов и оборотов. В заданиях этого упражнения отрабатывается часто отсутствующее у студентов умение мыслить завершенными логическими отрезками. Ошибки (*Интерес к Мексике российских предпринимателей вызван не столько популярностью мексиканских телесериалов, как ростом экономического потенциала этой страны. Наши исследования сегодня не то чтобы вовсе не финансируются, сколько деньги на них выделяются по остаточному принципу*) в этом случае редко бывают обусловлены незнанием частей двойных союзов. Речь, скорее идет, о неспособности увидеть фразу как целое, написать *с одной стороны*, в начале предложения, если в конце появляется *с другой стороны* – редактирование примеров в этом случае оказывает, по нашему опыту, прекрасное дисциплинирующее воздействие на мысль.

Группа 4: рассогласование синтаксических конструкций. Не имея возможности в рамках одной статьи описать все найденные нами типы ошибок этой группы, перечислим лишь несколько: синтаксическая разнородность однородных придаточных (*Сложно выделить формальные характеристики «социально*

опасного положения», препятствующего нормальному развитию ребенка и которое отрицательно влияет на его поведение.); отсутствие активного деятеля при деепричастном обороте (*Прочитав материалы дела, у кассационной комиссии не нашлось причин для возражений.*); именительный темы (*Первая группа компаний, мы назовем ее X*).

Группа 5: изменение устойчивых оборотов. Работа с примерами этой группы особенно интересна в рамках изучения академического письма, овладение которым равносильно овладению умением правильно сочетать готовые формулы (см., например, [6]). Формульная структура языка науки не всегда очевидна студентам, воспитанным школой на произведениях художественной литературы и усвоившим презрение к штампам. Принципиально разное отношение к иностранному языку, который «надо учить» и своему, на котором «можно писать свободно» часто не позволяет даже сильным студентам увидеть ошибки в выражениях типа *нести отражение, шквал равнодушия или усилить внимание на*.

Группа 6: неверное предложное управление. Ошибки этой категории, обусловленные, в частности, контаминацией конструкций (*обсуждать о*), влиянием официально-делового стиля (*проблема по*) или выравниванием (*лицом к лицу к*), могут рассматриваться как проявления новых языковых тенденций, зарождающихся в устной речи и демонстрирующих себя в «неумелом» письме.

Группа 7: ошибки в числе существительных. Речь здесь идет в первую очередь о существительных *singularia tantum* (*мудрости, разнообразия, просторечия*) во множественном числе, а также о местоимениях множественного числа при существительных единственного, обозначающих группу или класс (*Исследование показало, что молодежь из мелких населенных пунктов стремится в крупные центры, в которых у них больше возможности для саморазвития*).

Группа 8: разговорные конструкции. Собранная нами коллекция повторяющихся примеров этого класса весьма разнообразна, однако, далеко не все такие ошибки могут быть исправлены без непредсказуемого изменения фразы в целом, поэтому в Тренажере вошла лишь пара десятков легко исправляемых аномалий, в том числе, безусловные фавориты *потому как, не особо и без разницы*.

Группа 9: лишние интенсификаторы, плеоназмы и тавтология. Повторы разного рода – одна из наиболее характерных черт учебных академических работ – обусловлены, как понимают и сами студенты, не только нечеткостью мысли, но и требованием преподавателя написать определенный объем текста. Заполнение пространства словами, а не идеями (*сегодняшнее настоящее, все время постоянно, сильно преобладать, появиться и возникнуть*) должно быть осмыслено как серьезный недостаток; как правило, такое понимание дается студенту легко: преподавателю достаточно бывает указать на комический эффект, который создает подобная тавтология в тексте.

Группа 10: замена пассивной формы на возвратную. Ошибка этого типа (*В конце Первой мировой войны вся злость солдат направилась на собствен-*

⁵ В этой части статьи для простоты демонстрации мы приводим примеры не из студенческих работ (как мы имели возможность убедиться, в реальных текстах редко представлена одна изолированная ошибка), а из Тренажера. Здесь, таким образом, собраны отредактированные и «испорченные» нами примеры из Национального корпуса русского языка. Напомним, что в упражнениях Тренажера ошибки не выделены – работа по исправлению текста начинается для студента с поиска некорректно составленного его фрагмента.

ное правительство, затеявшее этот конфликт) также приводит к появлению алогичных и комических конструкций, однако, обычно понимается студентами с трудом.

Группа 11: ошибки в сравнительных конструкциях. Сравнительные конструкции – еще одна прогнозируемая исследователями «точка роста», т.е. изменений в системе языка⁶, замедлить которые, по-видимому, и призван Тренажер. Эти конструкции в русском языке устроены довольно сложно, поэтому говорящие стремятся к их упрощению. Например, используют стандартные аналитические формы (*более высокий, чем ...*) вместо синтетических (*выше, чем...*), которые, хотя и короче, но существуют далеко не у всех прилагательных и наречий. Другой вариант – использование двойного показателя компаратива в аналитической форме (*более выше, чем...*), или замена показателя компаратива на лексически выраженный интензив (*чрезвычайно высокий, чем...*) [7]. Еще одна сложность, связанная со сравнительными конструкциями, – использование союзов *чем* и *нежели*. По данным НКРЯ, союз *чем*, в целом, частотнее союза *нежели*, однако последний вовсе не является «книжным» и довольно активно используется носителями русского языка [8]. Интересно, что с 90-х годов XX века в употребление входит союз *нежели чем*, который используется в тех же сравнительных конструкциях, что и одиночные союзы *чем* и *нежели*. Тем не менее, эти употребления ни в коем случае не являются нормативными, и неуместны в учебных академических текстах.

Итак, мы рассмотрели 11 видов ошибок, которые были отобраны для реализации в электронной системе «Тренажер»⁷. Теперь подробнее рассмотрим преимущества этой системы обучения академическому письму.

ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМЫ «ТРЕНАЖЕР»

Одно из главных достоинств системы обучения и тестирования по академическому письму «Тренажер» заключается в том, что ошибки, предлагаемые к исправлению, действительно регулярно совершаются студентами. Авторы учебных пособий и сборников упражнений довольно часто концентрируют внимание на том, что удобно отрабатывать и легко проверять. В то же время остается неясным, насколько соблюдение того или иного правила, владение тем или иным навыком действительно является проблемой для сегодняшних студентов.

Ответ на этот вопрос можно получить, проанализировав достаточное количество учебных работ. На первом шаге создания обучающей системы «Тренажер» мы начали двигаться в этом направлении: был проведен детальный анализ ошибок, которые делают

студенты при написании учебных письменных работ разного типа – эссе, ответы на вопросы, аннотации, рефераты и т.д. – в рамках учебных курсов «Академическое письмо» и «Русский язык и культура речи»⁸. В результате возникла типология ошибок, которая легла в основу шаблона для тренажера.

При изучении сбоев в письменной речи возникает вопрос не только о том, *какие* ошибки делают студенты, но и о том, *как часто* они делают ошибки определенного типа. Вероятнее всего, одни типы ошибок будут распространены больше, чем другие, возможно, частотность ошибок определенного вида будет зависеть от различных металингвистических параметров. В перспективе стоит учитывать частотность конкретного вида ошибки. Это можно осуществить, используя результаты корпусных исследований письменной речи студентов-носителей русского языка.

Еще один вопрос, который возникает в связи с частотностью ошибок, заключается в следующем: все ли ошибки одинаково серьезны? Вполне можно представить себе ситуацию, когда конкретная ошибка встречается в учебных текстах достаточно часто, но, во-первых, не затрудняет понимание, не влияет на коммуникацию; во-вторых, та же ошибка встречается и в письменных текстах носителей более «высокого уровня». Другой случай – ошибка достаточно редкая, но существенно затрудняющая понимание и не встречающаяся в неучебных текстах носителей русского языка. Напрашивается следующий вывод: каждому типу ошибки должен быть присвоен «вес». Вес – это мера того, насколько серьезной является данная ошибка, как сильно ее появление затрудняет коммуникацию. Таким образом, отбор типов ошибок для обучающей системы можно обосновать, основываясь на параметрах *частотности* и *веса* ошибки.

При создании системы «Тренажер» мы использовали экспертный метод отбора ошибок⁹. Итак, при работе с системой «Тренажер» пользователь сталкивается с теми типами ошибок, которые действительно совершают студенты; он отрабатывает именно те элементы в системе языка, которые действительно вызывают затруднения у начинающего автора академических текстов.

Еще одно преимущество системы «Тренажер» перед традиционными сборниками упражнений состоит в том, что в основе предложений «с ошибкой», предлагаемых пользователю, лежат естественные высказывания носителей русского языка из современных текстов. В самом деле, большинство учебников по русскому языку в качестве упражнений используются либо примеры из литературы XIX и XX вв., либо искусственно сконструированные примеры. Примеры из современных текстов значительно реже попадают на страницы учебной литературы [9, с. 165].

⁶ О том, что, изучая ошибки, можно отслеживать направление исторических изменений, заложенных в языке, см. [3]

⁷ В электронной системе «Тренажер по академическому письму» каждый вариант включает в себя 12 упражнений: по одному упражнению на каждый тип ошибки и одно упражнение – контрольное.

⁸ В основном это были студенты, обучающиеся по программе бакалавриата на различных факультетах НИУ ВШЭ: социологическом, филологическом, факультете бизнес-информатики, международной политики и др.

⁹ В качестве экспертов выступила группа научных сотрудников и преподавателей филологического факультета НИУ ВШЭ

Сказанное можно отнести и к сфере обучения русскому языку как родному в целом, и к нашей специфической задаче – обучению академическому письму на русском языке – в частности.

После того, как был создан шаблон тренажера, т.е. описаны модели языковых единиц (конструкций, словосочетаний, предложений и т.д.), в которых наиболее часто совершаются ошибки, велся поиск соответствующих примеров в Национальном корпусе русского языка. Напомним, что основной корпус НКРЯ включает в себя тексты на русском языке начиная с середины XVIII в., принадлежащие различным сферам функционирования, от художественной литературы до газетных публикаций. Для наших обучающих целей был сформирован подкорпус, куда вошли тексты за период с 1980 г. по настоящее время, сфера функционирования которых – учебно-научная или публицистическая. Из этого подкорпуса эксперты выбирали предложения, содержащие нужные модели, а затем вносили в них изменения по аналогии со студенческими ошибками. В результате получалось предложение, содержащее недопустимый, или ошибочный фрагмент, которое и предъявляется пользователю. Важно, что в основе этого предложения с ошибкой – реальное высказывание носителя современного русского языка, реализованное в письменном тексте.

Система обучения и тестирования «Тренажер» формирует способность «медленного» чтения. При разработке системы обучения и тестирования «Тренажер» мы использовали следующий формат: пользователю предъявляется предложение на русском языке, содержащее неприемлемый для академического научного текста фрагмент, и предлагается внести исправления. Такой формат задания способствует тому, что пользователь внимательнее вчитывается в текст, обращает внимание на смысловые и грамматические несоответствия. Медленное, вдумчивое чтение – это то, чего так не хватает современному человеку, особенно студенту [10, с. 69, 72]. Даже если студент практикуется в медленном чтении в пределах одного предложения, этот навык, несомненно, полезен, а впоследствии может быть перенесен и на фрагменты текста большего объема.

Система обучения и тестирования «Тренажер» способствует формированию умения видеть ошибки в письменном тексте, в том числе и в своем собственном. Всякий автор знает, что, если отложить написанный текст на пару дней и перечитать его, многое захочется изменить. Если речь идет об одинаково допустимых с точки зрения языка вариантах, то выбор между ними – это дело вкуса автора, и не очень принципиально с точки зрения нормативного аспекта культуры речи. Однако перечитывание написанного позволяет увидеть и исправить неприемлемые варианты: ошибки лучше видны «на расстоянии», и, если удастся занять позицию стороннего наблюдателя по отношению к своему тексту, шансы на обнаружение ошибок возрастают.

Саморедактирование – чрезвычайно полезный навык, учитывая количество письменных заданий и работ, которые пишут студенты за время обучения;

многим этот навык пригодится и после окончания университета. Между тем, если специально не работать над формированием способности обнаруживать ошибки в текстах, в том числе и в своих собственных, она формируется далеко не у всех. Особенность заданий в системе «Тренажер» (пользователю предъявляют предложение «с ошибкой» и предлагают ее исправить) в том, что они нацелены именно на формирование умения видеть ошибки в тексте.

Преимущества использования системы «Тренажер» в процессе обучения

Система обучения и тестирования «Тренажер» – это ресурс, к которому есть доступ у преподавателей и студентов: преподаватель может использовать систему на занятиях в аудитории, а студенты – вне аудитории в качестве онлайн-средства самоподготовки.

Система «Тренажер» не является тестом в строгом смысле этого слова, в отличие, например, от стандартных контрольно-измерительных материалов. В частности, она не вполне удовлетворяет критерию валидности. Тем не менее, использовать систему «Тренажер» в режиме тестирования можно и нужно, например, в качестве входного теста. Приступая к работе в новой группе, преподавателю необходимо в сжатые сроки составить представление о языковой компетенции студентов. От того, насколько быстро преподаватель сумеет это сделать, и от того, насколько адекватным будет это представление, во многом зависит и результативность обучения. Проведя входной тест по системе «Тренажер», преподаватель сможет получить представление о том, какие ошибки характерны для конкретной группы студентов, и рационально организовать работу в этой группе.

Наличие грамматического комментария позволяет полноценно использовать «Тренажер» в процессе самоподготовки. В самом деле, проделать некоторое количество заданий и получить оценку за их выполнение недостаточно для достижения обучающего эффекта. Для того чтобы система «Тренажер» полноценно решала эту задачу, пользователю предоставлена возможность ознакомиться не только со всеми правильными вариантами, но и с грамматическим комментарием по каждому предложению. Составление такого комментария было осуществлено в процессе апробации системы обучения и тестирования «Тренажер» на занятиях в рамках курсов «Русский язык и культура речи», «Стилистика и литературное редактирование» и «Академическое письмо».

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ

В систему «Тренажер» целесообразно было бы включить, помимо заданий на замену неправильного фрагмента, и другие типы заданий. В системе обучения и тестирования по академическому письму «Тренажер» используется единый формат заданий: система предъявляет пользователю высказывание, содержащее неправильный фрагмент, и предлагает его заменить. Мы уже писали о том, почему такому формату было отдано предпочтение и о его преимуществах. Тем не менее, представляется разумным в дальнейшем раз-

нообразить форму представления заданий. Далее мы обоснуем это утверждение, а также рассмотрим возможные типы заданий.

В процессе выполнения заданий пользователь постоянно сталкивается с отрицательным языковым материалом. В ситуации, когда в системе обучения и тестирования используются только задания, устроенные по принципу «исправь ошибку», пользователь довольно продолжительное время воспринимает отрицательный языковой материал. Отрицательный языковой материал – это высказывания, не допустимые в данном языке, такие, которые эксперт – носитель языка признает невозможными. Иначе говоря – высказывания, содержащие ошибку.

Отрицательный языковой материал имеет огромное значение для лингвистических исследований, порой даже большее, чем положительный. Поскольку до сих пор языковое сознание человека представляет собой в некотором роде «черный ящик», единственный способ судить о том, как этот ящик устроен – наблюдать, как он функционирует. Другими словами, наблюдая процесс порождения речи и фиксируя речевые сбои, мы можем узнать о речевом поведении¹⁰ говорящего гораздо больше, нежели изучая только положительный языковой материал [4, с. 93-96]. Все то же самое, с некоторыми оговорками, относится и к процессу восприятия речи.

В случае длительного восприятия такого материала могут возникать разные незапланированные эффекты: не исключено, что в результате искомая ошибка будет найдена, задание выполнено верно, но в сходной ситуации воспроизведен будет именно ошибочный вариант, просто в силу того, что его воздействие было более длительным.

Требует отдельного изучения вопрос о том, будет ли при продолжительном восприятии высказывания, содержащего неправильный фрагмент, возникать риск воспроизведения подобного неверного фрагмента, будет ли обучающийся воспроизводить ошибку. До тех пор, пока не доказано обратное, эту возможность не следует сбрасывать со счетов.

Задания на дополнение и некоторые типы ошибок. Существуют следующие типы тестовых заданий: *открытые* и *закрытые*. Задания открытого типа делятся на (а) задания со свободно-конструируемым ответом и (б) задания на дополнение (например, вставить пропущенное слово в предложение, закончить словоформу и т.д.). Задания закрытого типа делятся на (в) задания на выбор одного или нескольких правильных ответов; (г) задания на установление соответствия и (д) задания на установление правильной последовательности [11].

Применительно к нашим целям, в принципе, могут быть использованы следующие типы заданий: (б) задания на дополнение и (в) задания на выбор одного или нескольких правильных ответов. Использование заданий на дополнение представляется более осмы-

ленным, так как, хотя мы и имеем дело с другим стилевым регистром, все равно остаемся в рамках владения родным языком, и предложение вариантов ответов существенно облегчит задачу пользователя.

Задания на дополнение могут быть особенно эффективны для коррекции ошибок, связанных с грамматикой: словообразование отглагольных имен и прилагательных (*пересмотрение* вместо *пересмотр*, *диалектических* вместо *диалектных*), число в отглагольных именах (*анализы* вместо *анализ*), склонение в конструкциях с числительными и кванторами (*два небольших племя* вместо *два небольших племени*), употребление *который* и других релятивизаторов, глагольное управление (*побуждать на что-то* вместо *побуждать к чему-то*). Соответствующие задания могут выглядеть так:

Дополните слова:

«Универсалии в лингвистике – это признак или свойство, присущ..... почти всем естественным языкам».

«Патриотические чувства побуждают Самвела дальнейш..... освоени..... армянского».

Другой тип ошибок, для отработки которых также могут быть использованы задания на дополнение, – выбор лексики, или лексическая сочетаемость. Довольно часто при написании учебных текстов студенты используют конструкции, которые кажутся им «научными». При этом начинающий автор не всегда точно воспроизводит конкретную конструкцию, что и приводит к ошибкам. Дело в том, что большинство таких конструкций если не фразеологизировано, то характеризуется весьма ограниченной лексической сочетаемостью.

Например, много ли слов может занимать позицию слова «мнение» (сторонники теории конструкций используют термин «слот»¹¹) в следующем предложении:

Кто-то [отстаивает мнение], что реформы провести стоит.

На месте слова «мнение» в сочетании с глаголом «отстаивать» в данной конструкции встречаются существительные: мнение, позиция, довод, точка зрения, взгляды, тезис (тезисы), идея (идеи), теория, понимание, утверждение (утверждения), убеждение (убеждения)¹².

В принципе, отстаивать (= бороться за, выгораживать) можно все что угодно, причем как абстрактные вещи (право (права), интересы, принципы, возможность, приоритет, любовь, свободы, параметры, правота, необходимость), так и вполне конкретные (сплав (=вещество), образ жизни, дело, традиции), и даже людей (кандидата)¹³. Однако во всех этих случаях происходит изменение значения конструкции. Фрагмент действительности, для описания которого

¹⁰ Под речевым поведением здесь мы подразумеваем возможные стратегии говорящего при выборе лексики и грамматического оформления в процессе порождения речи.

¹¹ Подробнее о теории конструкций см. сборник [12].

¹² НКРЯ, учебно-научные тексты, поиск по глаголу «отстаивать».

¹³ НКРЯ, учебно-научные тексты, поиск по глаголу «отстаивать».

может быть использована конструкция «отстаивать мнение», включает в себя по крайней мере двух индивидов; имеет место вербальная активность одного, причем довольно настойчивая, цель которой – убедить другого (других) в том, что мнение первого субъекта имеет смысл и ценность. Что касается конструкций типа «отстаивать права», «отстаивать сплав» и «отстаивать кандидата», то соответствующий фрагмент действительности может включать в себя не только вербальную активность (отстаивать права можно, например, и при помощи телодвижений), и предмет этой активности – уже не ментальные сущности.

Задание на употребление конструкции типа «отстаивать мнение», где позицию слова «мнение» может занимать одно из существительных соответствующего семантического класса, может выглядеть таким образом:

Кто-то отстаивает _____, что реформы провести стоит.

Однако составить задания такого типа довольно сложно: в идеале хорошо бы для каждой интересующей нас конструкции иметь список лексем, которые могут заполнять каждый слот. Насколько нам известно, для русского языка готового решения такой задачи на сегодняшний день не существует.

Рассмотрим другой пример:

Написание буквы «ё» [не накладывает] никакого [отпечатка] на произношение.

В этом случае других вариантов заполнения позиции глагола *накладывать* или существительного *отпечаток* не существует, конструкция фразеологизирована. Для тренировки конструкций такого типа составить задания на дополнение несложно: правильных ответов существенно меньше (в данном случае – один).

Итак, вполне разумно было бы дополнить существующий формат тренажера заданиями другого типа, а именно, заданиями на дополнение. Задания такого типа могут быть использованы для отработки тех языковых моделей, речевые сбои в которых связаны с грамматическими нарушениями или с нарушениями в выборе лексики.

Необходимо расширять набор ошибок, которые отрабатываются с помощью системы «Тренажер». Для создания системы были отобраны те виды ошибок, которые могут быть исправлены «в одно касание». Очень часто, когда мы начинаем вносить изменения в какой-то один фрагмент, это влечет за собой изменения в других фрагментах, вплоть до «перестройки» всего предложения. Соответственно, количество правильных вариантов одного и того же высказывания резко возрастает, и учесть их все становится проблематичным. Тем не менее, расширять систему «Тренажер» можно и нужно, если мы хотим достичь своей основной цели – обучить студентов грамотно выражать свои мысли в рамках академического регистра родного языка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электронная система обучения и тестирования «Тренажер по академическому письму» – это инструмент обучения студентов новому для них функциональному стилю родного языка. Большинство студентов испытывают трудности, приступая к написанию текстов первичных жанров; иначе говоря, не могут ясно выражать свои мысли на письме при отсутствии стимульного текста или образца. Во многом эти трудности связаны с тем, что студенты в недостаточной мере владеют языковыми моделями научного стиля, и потому совершают разного рода ошибки. Однако эти ошибки не бессистемны, в них есть определенная логика. Одной из задач, решение которой предшествовало созданию Тренажера, было создание классификации ошибок и отбор тех типов ошибок, которые могут быть включены в электронную систему. Мы полагаем, что задания на редактирование небольших фрагментов текста (как правило, одно, реже – два предложения) способствуют развитию навыков правильной академической речи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кукушкина О. В. Основные типы речевых неудач в русских письменных текстах. – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 380 с.
2. Mustajoki A., Protassova E., Vakhtin N. Русские языки // Instrumentarium of linguistics: sociolinguistic approach to non-standard Russian. Slavica Helsingiensia. – 2010. – Vol. 40. – P. 5-16.
3. Рахилина Е. В. Грамматика ошибок: в поисках констант // Язык. Константы. Переменные: Памяти Александра Евгеньевича Кибрика / науч. ред.: М. А. Даниэль, Е. А. Лютикова, В. А. Плунгян, С. Г. Татевосов, О. Федорова. – СПб.: Алетей, 2014.
4. Русакова М. В. Элементы антропоцентрической грамматики русского языка. – М.: Языки славянской культуры, 2013. – 568 с.
5. Кронгауз М. А. Самоучитель олбанского. – М.: АСТ, 2013. – 440 с.
6. Никунласси А. Использование информационных технологий в обучении иностранных студентов русской научной речи // Русский язык в России и в мире: актуальные проблемы изучения и преподавания. – Тверской государственный университет. – 2012.
7. Рахилина Е. В. О новых подходах к описанию русской грамматики // Доклад на Виноградовских чтениях (Институт русского языка им. В. В. Виноградова РАН). – М., 2014.
8. Апресян В. Ю., Пекелис О. Е. Подчинительные союзы. Материалы для проекта корпусного описания русской грамматики. На правах рукописи. – 2012. – URL: <http://rusgram.ru>
9. Добрушина Н. Р., Левинзон А. И. Информационные технологии в гуманитарном образовании: Национальный корпус русского языка //

10. Ахапкина Я. Э. Особенности построения предложения в письменной речи инофона // Вопросы образования. – 2013. – №. 3. – С. 65-92.
11. Карданова Е. Ю. Моделирование и параметризация тестов: основы теории и приложения. – М.: Федеральный центр тестирования, 2008.
12. Лингвистика конструкций / отв. ред. Е. В. Рахилина. – М.: Издательский центр «Азбуковник», 2010. – 584 с.

Материал поступил в редакцию 09.04.14.

ЛЕВИНЗОН Анна Иосифовна – старший преподаватель Научно-исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), Москва
e-mail: anna.j.levinzon@gmail.com

ДЖАКУПОВА Светлана Сатыбалдиевна – преподаватель НИУ ВШЭ
e-mail: svetlanads@yandex.ru

ПЛИСЕЦКАЯ Анна Дмитриевна – старший преподаватель НИУ ВШЭ
e-mail: aplis555@gmail.com