

**БЕЛКИ В КЛЕТКЕ КАК МЕТАФОРА  
КОГНИТИВНОЙ ФАРМАЦИИ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ  
PROTEINS IN THE CAGE AS THE METAPHOR OF  
COGNITIVE PHARMACY FOR TRAINING OF MATHEMATICS**

*В.А. Филимонов*

*V.A. Filimonov*

*Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Омск, Россия*

*Sobolev Institute of Mathematics of the SB RAS, Omsk, Russia*

**Аннотация.** *Функционирование белков в клетках живых организмов используется как метафора работы когнитивной системы субъекта при обучении. Рассматриваются новые технологии обучения, в частности, основанные на достижениях нейробиологии. Предлагается метод, названный «когнитивной фармацией» по аналогии с ручным изготовлением лекарств для конкретного пациента, в отличие от фармацевтики—промышленного изготовления лекарственных средств. Здесь это означает формирование учебного проекта, ориентированного на когнитивную систему конкретного ученика в конкретной ситуации. Для классической триады «Задача – Исполнитель - Программа» предлагается перейти от тезиса «Базис, адекватный задаче» к тезису «Базис, адекватный Задаче относительно заданного Исполнителя».*

**Abstract.** *Functioning of proteins in cages of alive organisms is used as a metaphor of work of cognitive system of the subject when tutoring. The new technologies of tutoring, in particular, based on achievements of neurobiology are considered. The method called "a cognitive pharmacy" by analogy with manual manufacture of remedy to the specific patient in difference from pharmaceuticals (the production manufacture of pharmaceuticals) is offered. Here it means formation of the educational project focused on cognitive system of the specific pupil in a concrete situation. For a classical triad "the Task – the Performer - the Program" is offered to replace the thesis "The basis adequate to a task" by the thesis "The basis adequate to the Task concerning the given Performer".*

**Ключевые слова:** *когнитивный базис, адекватность базиса задаче, базис математики, профиль ученика, индивидуализация обучения.*

**Keywords:** *cognitive basis, adequacy of basis to a task, basis of mathematics, profile of a pupil, individualization of a tutoring.*

Настоящая статья продолжает ряд публикаций автора, посвящённых созданию прорывных технологий обучения математике [1-5]. Она основана на результатах, частично представленных в публикациях по использованию кросс-технологий ситуационного центра [6-8]. В определённом смысле принятый подход является альтернативой подходам, основанным на достижениях нейробиологии и когнитивной генетики. Различия связаны с тем, что методы диагностики и обучения в нашем случае основаны на надстройках тех систем, которыми занимаются указанные альтернативы. Так, например, в рамках исследований, нацеленных на изучение принятия решений в области нейроэкономики и поведенческой нейробиологии, был проведён эксперимент по влиянию транскраниальной стимуляции мозга прямым током (+tDCS) на результаты индивидуального прохождения серии тестов. Эксперимент проводился в 2014 г. совместно Сколковским Институтом Наук и Технологий, Университетом Орегона, Московским физико-техническим институтом (Лаборатория Экспериментальной Экономики, <https://vk.com/explab>) и Томским государственным университетом (Лаборатория экспериментальных методов в общественных и когнитивных науках, [https://vk.com/ee\\_phystech](https://vk.com/ee_phystech)). Исследователи констатировали положительное влияние такой стимуляции на успешность прохождения тестов. Логично предположить, что здесь мы имеем аналогию с влиянием повышения быстродействия процессора на производительность компьютера. Однако при этом структура когнитивного процесса более высокого уровня остаётся неизвестной.

Предложены интересные модели когнитивной гиперсети головного мозга (когнитома), состоящей из взаимосвязанных когнитивных групп нейронов, представляющих элементы субъективного опыта двух типов: обобщающих функциональные системы и элементы феноменального опыта. Автором [9] сформулирована следующая гипотеза: *“мозг в процессе эволюции настроился на выделение высоко коррелированной структуры причинных связей гиперсетью когнитома для обнаружения «естественной» классификации и «естественных» понятий объектов внешнего мира”*.

Наш подход, не отрицая использование указанных и аналогичных альтернатив, сосредоточен, однако, на смысловой структуре и алгоритмах когнитивных процессов. Уместно привести аналогию из области вычислительной математики: применение быстрого преобразования Фурье обеспечило такое ускорение вычислений, которое резко снизило требование к быстродействию компьютеров. Более ранний эпизод: переход от римской системы счисления к арабской (позиционной), в результате чего отпала необходимость учиться в Сорбонне для освоения операции деления. Маловероятно, что изучение нейронных связей мозга привело бы к открытию новой системы счисления.

Здесь мы в первый раз упомянем фундаментальную триаду информатики: «Задача – Программа – Исполнитель», которая в общем случае является гомеостатической. Так, решение определённой задачи может быть обеспечено разными конфигурациями «Программа - Исполнитель», и повышение потенциала одного компонента снижает требования к другому.

Именно формирование такой триады в конкретной ситуации и является проблемой кросс-технологий. Специфика предлагаемого процесса обучения заключается в том, что способ представления материала для изучения конструируется максимально адекватно когнитивным возможностям ученика. Это, соответственно, требует, как диагностирования указанных возможностей (способностей), так и наличия полного набора форматов представлений учебного материала. Такой набор является базисом, на основе которого конструируется учебный процесс.

Заметим, что похожие идеи можно найти в литературе, в том числе художественной. Так, в фантастической повести [10] предложена технология торговли, основанная на классификации покупателей и продавцов, и подборе оптимальной (для торгующей организации) пары «покупатель - продавец». Продавцы всех требуемых категорий тестировались и обучались заранее, а в качестве системы диагностики покупателя использовалась комната ожидания, в которой можно было скрытно наблюдать за его реакцией на тестовые раздражители (криво висящая картина, автомат, срабатывающий однократно и т.п.). В настоящее время существуют более продвинутые методы диагностики такого рода, например, [11].

В терминах упомянутой триады когнитивные возможности ученика являются потенциалом Исполнителя, а у системы обучения появляются, как минимум, две задачи:

А) Форматировать учебный материал (систему «Задача 1 + Программа 1») в базисе, адекватном Исполнителю.

Б) Сформировать систему «Задача 2 + Программа 2», в результате реализации которой будет повышен потенциал Исполнителя.

Поясним использование комплексного подхода на примере объяснения автором статьи основ тригонометрии одному ученику, в процессе которого родился термин «*двуликий синус*». Двуличность синуса, имя которого ещё и переводится как «кривизна» (лат. *sinus*), состоит в том, что он является одновременно и косинусом (противолежащего угла). Для подключения дополнительного канала восприятия информации был модифицирован и вручён ученику пластмассовый треугольник. Это обеспечило как включение тактильной памяти, так и очевидность (очевидность) равенства  $\sin \alpha = \cos(90^\circ - \alpha)$ . Для завершения формирования блока восприятия этой информации дополнительно обсуждались понятия «косинус» ("ко" означает "дополнение", от латинского

complementum), «гипотенуза» (натянутая, от греческого ὑποτείνουσα) и «катет» (перпендикуляр, отвесный, от греческого káthetos ), а также образ двуликого Януса. Дополнительно было показано учебное видео.

Системное использование упомянутых методов позволяет сделать процесс обучения более продуктивным и осмысленным.

В заключение поясним использование метафоры, указанной в заголовке и, к сожалению, не поддающейся адекватному переводу на языки народов мира. Известен эпизод на биологическом факультете МГУ, когда на вопрос экзаменационного билета: «Что делают белки в клетке?» был получен ответ: «Едят орешки и крутят колесо». Однако функции белков (протеинов) являются полезной аналогией для когнитивной системы человека. Каждый вид клеток вырабатывает свои белки, которые используются следующим образом (перечень заведомо неполный):

- 1) Строительный материал (коллаген и т.п.).
- 2) Катализатор (ферменты).
- 3) Транспортная функция (гемоглобин).
- 4) Защитная (образование антител, протромбин).
- 5) Источник энергии (наряду с жирами и углеводами).

Реализация перечисленных функций позволяет структурировать учебный процесс и детализировать проблемы освоения учебного материала. Например, запоминание может быть ассоциировано с защитной функцией, и биологическая аналогия может подсказать способы обеспечения запоминания.

Название «когнитивная фармация» сконструировано по аналогии с процессом ручного изготовления лекарств для конкретного пациента, в отличие от фармацевтики—промышленного изготовления лекарственных средств. В последнем случае, как известно, врач прописывает пациенту некоторый набор готовых лекарств. В нашем случае термин указывает на формирование учебного процесса, ориентированного на когнитивную систему конкретного ученика в конкретной ситуации, например, при наличии когнитивного иммунитета [4]. В качестве инфраструктуры используются кросс-технологии, а функции врачей и фармацевтов возложены на сервисную команду ситуационного центра [5 - 7].

Данное название служит, помимо указания на уникальность каждой учебной ситуации, для фиксации различий с близкими подходами. Так, в [12] указано: *“Под когнитивными педагогическими технологиями мы понимаем учебный процесс интеллектуального развития обучаемых, основанный на модульном представлении учебной информации”*. По нашему мнению, модульное представление учебной информации потенциально может обеспечить рост усвоенного материала, но вовсе не гарантирует интеллектуальное развитие. Для развития материал должен быть не только функционально законченным модулем

(от лат. *modulus* — «маленькая мера»), но также «клеточкой» (по А.А. Зиновьеву), содержащей образ целого. Построение таких модулей и «клеточек» производится (как минимум, но не исключительно) в схеме «Задача – Программа – Исполнитель», независимо от того, знают ли про это участники учебного процесса. И не исключены случаи, когда в метафоре «белки в клетке» ударение в первом слове придётся поставить на первый слог.

### Библиографический список

1. Филимонов В. А. Кросс-технологии обучения математике. Проблемы создания прорывных технологий образования //Акт. проблемы преподавания математики в техн. вузе: материалы межвуз. науч.-метод. конф. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. С. 113-115.
2. Филимонов В. А. Рефлексивный анализ как инструмент обучения математике //Акт. проблемы преподавания математики в техн. вузе: материалы второй межвуз. науч.-метод. конф. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. С. 158-164.
3. Филимонов В.А. Царский путь и когнитивная карта математики // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. Матер. 3-ей межвузовской научно-методической конференции 27-28 сентября 2013 г., Омск / Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. С. 122-125.
4. Филимонов В.А. «Ненавижу математику!» или когнитивная инфраструктура против когнитивного иммунитета // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. Матер. 5-й межвузовской научно-методич. конф. 2-3 октября 2015 г., Омск / Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015, С. 161-165.
5. Филимонов В.А. Калькулятор для Фемиды: междисциплинарная технология преподавания математики // Методика преподавания математических и естественнонаучных дисциплин: современные проблемы и тенденции развития // Матер. II всеросс. науч.-практ. конф. //Омск : Омская юридическая академия, 2015 С. 137-139.
6. Филимонов В.А. Картосемиотика на «глобусе» кросс-технологий ситуационного центра // DISKUSSIONSBEITRÄGE ZUR KARTOSEMIOTIK UND ZUR THEORIE DER KARTOGRAPHIE (Theoretische Probleme der Kartographie und ihrer Nachbardisziplinen) / Internationales Korrespondenz-Seminar / Band 17. Dresden, 2014. S. 5-13.
7. Филимонов В.А. СумА технологии: три пятилетки междисциплинарного проекта // «Знания-Онтологии-Теории» (ЗОНТ-2015). Матер. Всеросс. конф. с междун. участием 6-8 октября 2015 г., Новосибирск//Новосибирск: Ин-т математики им. С.Л.Соболева СО РАН, Т. 2, с. 181-188.

8. Филимонов В.А. Наука и общество: проблема соразмерности объекта и субъекта // X Международная научно-практическая конференция «Наука и общество: проблемы современных исследований». — Ч. 2 .— Омск : Изд-во ОмГА, 2016. с. 174 -178.
9. Витяев Е.Е. Формализация когнитива // Нейроинформатика, 2016, Т.9, № 1, с. 26-36.
10. Веркор, Коронель. Квота, или Стронники изобилия // В кн.: Веркор и Коронель, Перек Ж., Кюртис Ж.-Л., Ремакль А. Французские повести: М.: Правда, 1984. – 640 с.
11. Антошкин В.Н. Педагогическая соционика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Антошкин В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2008.— 216 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4139>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю. (дата обращения: 12.09.2015).
12. Нагорнова А.Ю., Нагорнов Ю.С., Кирюхина Д.В., Абалакова О.В., Ли М.Г., Мустафина О.А., Тузова Е.М. Характеристика когнитивной технологии обучения студентов технических специальностей // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7645> (дата обращения: 22.09.2016).

**Вячеслав Аркадьевич Филимонов** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, Омский филиал, Лаборатория методов представления и преобразования информации, с.н.с., д.т.н., профессор, Россия, Омск, 644043, ул. Певцова, 13, к. 8-11, тел. +7(3812)236739.  
E-mail: [filimonov-v-a@yandex.ru](mailto:filimonov-v-a@yandex.ru) , SPIN-код: 2750-2279

**Viacheslav A. Filimonov** – *Sobolev Institute of Mathematics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Omsk Department, Laboratory of methods of representation and transformation of information, senior researcher, professor, Russia, Omsk, 644043, Pevzova str, 13, r. 8-11, phone +7(3812)236739.*  
E-mail: [filimonov-v-a@yandex.ru](mailto:filimonov-v-a@yandex.ru) , SPIN-code: 2750-2279