

УДК 159.9

Новиков Н.Б.
Институт психологии РАН
Россия, г. Москва

Novikov N.B.
Institute of Psychology RAS
Russia, Moscow

ПРИРОДА ГЕНИАЛЬНОСТИ.
ОПРОВЕРЖЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ФРЕНСИСА ГАЛЬТОНА. ЧАСТЬ 2

Аннотация: В 1869 г. британский исследователь, двоюродный брат Ч.Дарвина, Френсис Гальтон опубликовал книгу «Наследственный гений», в которой заявил, что умственные способности, позволяющие достигать высот в науке, искусстве и других областях, передаются по наследству так же, как физические признаки (например, рост или цвет глаз). В рамках такой точки зрения, люди масштаба Коперника и Галилея – «избранники богов», на которых нам вечно суждено смотреть с завистью и пониманием того, что никто из нас («простых смертных») не сможет встать в один ряд с этими выдающимися личностями. Остается «надеяться» лишь на то, что генетика – наука, изучающая материальные основы наследственности, - однажды откроет «гены таланта» (гены экстраординарных способностей незаурядных людей) и, используя методы медицинской инженерии, наделит этими «генами таланта» каждого, кто пожелает внести вклад в науку и искусство. Однако сведения, излагаемые нами в настоящей статье, со всей очевидностью продемонстрируют, что Ф.Гальтон переоценил силу своих аргументов. На смену наследственной концепции таланта, предложенной

Ф.Гальтоном, должна прийти теория о средовой обусловленности тех интеллектуальных качеств, которыми обладают гении.

Ключевые слова: *интеллект, формирование (воспитание) выдающегося человека, изменение структуры мозга под влиянием обучения, аргументы против теории инсайта (интуиции), универсальность человеческой логики.*

Abstract: *In 1869, the British researcher, Charles Darwin's cousin, Francis Galton published the book "Hereditary Genius", in which he stated that mental abilities that allow one to achieve heights in science, art and other fields are inherited in the same way as physical signs (for example, height or eye color). Within the framework of this point of view, people of the scale of Copernicus and Galileo are "the chosen ones of the gods", whom we are forever destined to look with envy and the understanding that none of us ("mere mortals") can stand on a par with these outstanding personalities. One can only hope that genetics - the science that studies the material foundations of heredity - will one day discover "talent genes" (genes for the extraordinary abilities of outstanding people) and, using the methods of medical engineering, endow these "talent genes" to anyone who wishes to contribute to science and art. However, the information presented by us in this article will clearly demonstrate that F. Galton overestimated the strength of his arguments. The hereditary concept of talent proposed by F. Galton should be replaced by the theory of the social conditionality of those intellectual qualities possessed by geniuses.*

Key words: *intelligence, formation (education) of an outstanding person, changes in the structure of the brain under the influence of learning, arguments against the theory of intuition, universality of human logic.*

1. Условия, в которых вырастают незаурядные художники (живописцы)

Один из самых великих художников, когда-либо живших на земле, - безусловно, Леонардо да Винчи. Мало кто сомневается в том, что этот гений был наделен невероятными природными дарованиями, благодаря которым он создал такие шедевры живописи, как «Мона Лиза», «Святая Анна с Марией и младенцем Христом» и многое другое. Но в действительности все его творения – результат непрерывного обучения (обучения с первых до последних лет жизни). В юности ему повезло попасть в такую среду, в такую атмосферу, в которой первые уроки творчества он получал не просто от мастеров; его учителями были выдающиеся люди. Леонардо да Винчи родился в семье простой крестьянки и преуспевающего нотариуса. В пятилетнем возрасте его отобрали у матери, после чего он воспитывался в доме своего дедушки – также нотариуса. Вскоре произошло знаменательное событие - его определили учеником в мастерскую выдающегося скульптора и живописца Андреа дель Верроккьо (1435-1488). Имя Верроккьо переводится с итальянского как «верный глаз»; это прозвище он получил в награду за удивительную наблюдательность и меткость деталей, столь характерную для его работ. Первый живописный фрагмент, который неоспоримо принадлежит кисти Леонардо да Винчи, - ангел и кусочек пейзажа в нижнем левом углу картины Верроккьо «Крещение Христа».

Поскольку да Винчи был хорошим учеником, сумевшим быстро овладеть основами живописи, на него обратил внимание капитан-генерал Флорентийской республики, покровитель наук и искусств Лоренцо Медичи Второй (1492-1519), который ранее взял под свою опеку Верроккьо. Так Леонардо очутился в средоточии блестящего кружка философов, математиков и художников, возвращенных отеческой заботой Лоренцо. Проведя шесть полных лет в мастерской Верроккьо, Леонардо в 1472 году, то есть в возрасте

20 лет, сделался полноправным членом Товарищества святого Луки – гильдии аптекарей, врачей и художников, которая размещалась во флорентийской больнице Санта-Мария Нуова. Вполне вероятно, что он воспользовался удачной возможностью, которую ему предоставляло само месторасположение аптекарской гильдии, и таким образом существенно углубил свои познания в анатомии. По мнению знатоков, особым анатомическим совершенством отличаются два живописных полотна, написанных им в то время: «Воскрешение святого Иеронима» и «Благовещение».

М.Гелб в книге «Научитесь мыслить и рисовать как Леонардо да Винчи» [1] отмечает: «Леонардо извлек всё, что можно было извлечь из бесценного опыта, который он получил в мастерской живописца и скульптора Андреа дель Верроккьо. <...> Обучение, через которое прошел юный Леонардо, будучи подмастерьем в студии Верроккьо, было ориентировано не столько на теорию, сколько на практический опыт. Леонардо учился грунтовать холсты и смешивать краски, а также познакомился с оптическими закономерностями перспективы. Неотъемлемой частью учебного плана были технологические секреты скульптуры, бронзового литья и ювелирного дела. Путем непосредственных наблюдений будущий маэстро постигал строение растений, анатомию животных и людей. Таким образом, он с молодых ногтей усвоил практический взгляд на вещи» [1, с.117]. Автор продолжает: «...Леонардо никогда не прекращал учиться, исследовать и экспериментировать. В своем стремлении к знанию он проявлял прямо-таки титаническую настойчивость. Он нарисовал в своей записной книжке плуг и тут же объявил: «Я никогда не покину свою борозду». В другом месте Леонардо написал: «Никакие препятствия не в силах меня сломить». И еще: «Твердостью можно одолеть любые преграды» [1, с.121].

Современные ученые, анализирующие условия, в которых формировались такие художники эпохи Возрождения, как Леонардо да Винчи, подчеркивают значение гильдий (товариществ мастеров), возникших в

данную эпоху. По оценкам специалистов, Флоренция была эпицентром таких товариществ (ассоциаций). Различные гильдии могли конкурировать между собой, но состязательность лишь подстегивала стремление к совершенству. Д.Койл в книге «Код таланта» [2] поясняет: «...Лучшим достижением гильдий было воспитание талантов. Они строились на системе ученичества, когда семилетние мальчики на пять-десять лет уходили жить к мастерам. Ученик работал под прямым руководством и контролем мастера, который часто считался опекуном ребенка. Мальчики изучали ремесло не через лекции и теорию, а через практику: смешивали краски, готовили холст, точили резцы. Они кооперировались, конкурировали друг с другом и имели систему иерархии. Через несколько лет ученик получал статус подмастерья, а потом, если был достаточно способным, - мастера. Эта система создавала цепочки наставничества: Леонардо да Винчи учился у Верроккьо, Верроккьо – у Донателло, тот – у Гиберти. Микеланджело учился у Гирландайо, Гирландайо – у Бальдовинетти и т.д. Все они часто навещали друг друга, сотрудничали и соперничали, что в наши дни назвали бы социальной сетью. Ученики тратили тысячи часов на решение проблем, старались что-то сделать и, если не получалось, повторяли снова и снова. Мир ремесленничества строился на систематическом производстве высококачественных продуктов» [2].

2. Можно ли воспитать выдающегося математика?

Если бы мы задали этот вопрос отечественному математику Николаю Николаевичу Лузину (1883-1950), то он ответил бы на него, не задумываясь: конечно, можно. Поступив в Московский университет (ныне МГУ имени М.В. Ломоносова), Н.Н.Лузин стал изучать математику под руководством Дмитрия Федоровича Егорова (1869-1931). По окончании университета Н.Н.Лузин был оставлен «для подготовки к профессорскому званию» и в соответствии с установленными правилами направлен в заграничную командировку. Во время этой командировки он ознакомился с результатами «переднего края математической науки», в том числе идеями Эмиля Бореля и Анри Лебега. Вернувшись в Москву, Н.Н.Лузин задался целью организовать такое обучение молодых математиков, при котором они могли бы вносить собственный вклад в различные ее области. Ему удалось полностью осуществить задуманное! В результате он воспитал целую плеяду блестящих математиков, создателей новых математических теорий, основоположников новых направлений, авторов важных теорем, вошедших в современные учебники.

Ниже мы приводим таблицу, которая включает десять известных математиков, воспитанных Н.Н.Лузиным. На самом деле их (учеников Лузина) было гораздо больше. Например, в таблицу не вошли его воспитанники Лев Генрихович Шнирельман (1905-1938), Людмила Всеволодовна Келдыш (1904-1976), Александр Семенович Кронрод (1921-1986) и Алексей Андреевич Ляпунов (1911-1973). Но и десяти крупных ученых, вошедших в нашу выборку, достаточно, чтобы понять: незаурядных математиков можно воспитывать так же, как сильных скрипачей или художников.

Таблица 1. Ученики Н.Н.Лузина и их научные достижения

№	ФИО математика	Некоторые открытия
1.	Павел Сергеевич Александров	Решение задачи о мощности борелевских множеств, разработка ключевых идей комбинаторной топологии
2.	Нина Карловна Бари	Вклад в теорию тригонометрических рядов
3.	Лазарь Аронович Люстерник	Разработка новых топологических методов исследования в математическом анализе, вклад в создание теории геодезических линий
4.	Дмитрий Евгеньевич Меньшов	Получил сильные результаты в теории тригонометрических рядов, теории ортогональных рядов, теории конформных отображений плоских областей, теории моногенных функций
5.	Михаил Яковлевич Суслин	Открыл новый класс множеств, названных А-множествами или множествами Суслина, внес вклад в дескриптивную теорию множеств
6.	Павел Самуилович Урысон	Создал новое направление в топологии – теорию размерности, доказал метризации теоремы о топологических пространствах
7.	Михаил Алексеевич Лаврентьев	Вклад в теорию квазиконформных отображений с ее приложениями к газовой динамике и другим разделам механики сплошных сред
8.	Петр Сергеевич Новиков	Получил важные результаты в теории множеств, математической логике, теории алгоритмов и теории групп
9.	Иван Георгиевич Петровский	Заложил основы общей теории систем уравнений в частных производных, изучил классы эллиптических, гиперболических и параболических систем уравнений
10.	Андрей Николаевич Колмогоров	Разработка аксиоматической теории вероятностей, создание методов интегрирования возмущенных гамильтоновых систем, открытие энтропии Колмогорова-Синяя, разработка алгоритмической теории информации (теории сложности).

В чем же заключались основные методические принципы (приемы, подходы), с помощью которых Н.Н.Лузин воспитал целое созвездие математиков высокого уровня? Эти принципы в свое время подробно изложили его ученики, называвшие себя членами «Лузитании». Описание

указанных принципов можно также найти в работах историков математической науки.

П.С.Александров в статье «Лузинская математическая школа» [3] пишет: «...Н.Н.Лузин был ярким представителем «романтического» типа профессоров университета. Всё его преподавание было чрезвычайно эмоционально. Форма этого преподавания далеко не всегда бывала безукоризненной. Н.Н.Лузину случалось приходиться на лекцию и плохо подготовленным и тут же, стоя у доски перед студентами, импровизировать еще неготовое доказательство. При этом он часто ошибался, путался в выкладках...» [3, с.14-15]. Далее автор указывает: «Не менее важным, чем характер лекций Лузина, побуждавший и, я бы сказал, вдохновлявший слушателей к самостоятельным исследованиям в области математики, был и введенный Лузиным в практику нашего факультета совершенно новый стиль взаимоотношений между профессором и студентами. В нем поражали большая свобода и непринужденность, отсутствие всякой официальности и замена внешних проявлений почтительности со стороны студентов действительно глубоким уважением, часто переходившим в восторженное преклонение» [3, с.15].

М.А.Лаврентьев в книге «Век Лаврентьева» [4], в которой собраны некоторые из его воспоминаний, подчеркивает: «Лузин многих из нас не только научил одержимости в достижении намеченной цели, но показал также, как надо увлекать молодежь на научный подвиг. Наука была для него главным содержанием жизни, и такому же отношению к науке он учил своих учеников. Он говорил, что научную работу нельзя вести по часам: от девяти до шести, оставляя ее, как оставляют рабочий халат, уходя со службы. Он настойчиво внушал, что занятие наукой есть трудное, тяжелое дело, требующее огромных усилий, исключительной настойчивости. Основная черта лузинской школы - развитие самостоятельного мышления - стала для меня главенствующей, где бы я ни работал» [4, с.29].

Нацеленность Н.Н.Лузина на культивирование в своих учениках самостоятельного творческого мышления рассматривается в работе В.М.Тихомирова [5]. Автор говорит о Н.Н.Лузине: «Он был «изобретателем» совершенно новых методов работы с молодежью, которые складывались из ряда особенностей. Во-первых, Лузин ставил перед своими студентами проблемы высочайшего уровня, перед которыми пасовали маститые мировые ученые, ставил их перед юношами, едва переступившими порог университета» [5, с.7]. «Лузин поставил перед Александровым проблему континуума для борелевских множеств, которая интересовала самого Лебега и которую тщетно пытались решать такие крупные математики, как Юнг и Хаусдорф. Аналогичным образом он поступал и с другими своими учениками. При этом он действительно возжигал в душах своих учеников творческий огонь. Во-вторых, Лузин стал применять метод индивидуальных занятий» [5, с.8].

Наконец, один из лучших учеников Н.Н.Лузина – Андрей Николаевич Колмогоров в статье «Ученик об учителе» [6] вспоминает: «Н.Н.Лузин вошел в математику как автор первоклассных работ в метрической и дескриптивной теории функций, дескриптивной теории множеств. Для московской математической школы важное значение имел новый подход к работе с молодежью. Существенным в этом подходе было вполне индивидуальное личное руководство, а также умение придавать избранной тематике особенную значимость. Лузин настойчиво внедрял следующий метод работы (он и сам работал таким образом, и приучал к этому своих учеников): берясь за какую-либо проблему, надлежит смотреть на нее с различных точек зрения. Надо пытаться доказать гипотезу и одновременно опровергать ее. Если доказательство не выходит, надо переходить к опровержению гипотезы, к построению противоречащего примера. Если не получается построение, нужно снова вернуться к доказательству. И пока не получится результат, нельзя покидать данную область» [6, с.102].

Можно выделить следующие принципы обучения, позволившие Н.Н.Лузину воспитать множество выдающихся математиков: 1) изучение последних достижений математики (идей, концепций, формул, теорем) и стремление их обобщить; 2) отсутствие страха допустить ошибку при чтении лекций (анализ ошибок – лучший способ получить новый результат); 3) культивирование самостоятельного мышления, самостоятельных усилий при решении сложных математических задач на самых ранних стадиях обучения; 4) взгляд на проблему с различных точек зрения, настойчивость в попытках доказать или опровергнуть теорему («нельзя покидать область, не получив результата»); 5) индивидуальные (личные) занятия учителя с лучшими учениками в домашних условиях, разработка программы освоения материала, постановка задач и контроль работы над ними; 6) свобода и непринужденность в общении с учениками, отсутствие всякой официальности.

3. Особенности становления (обучения) будущих Нобелевских лауреатов

Выше мы отметили, что юному Леонардо да Винчи повезло попасть учеником в мастерскую знаменитого скульптора и живописца Андреа дель Верроккьо. Последний обучал его не тому, как выполнить ту или иную работу хорошо, а как выполнить ее гениально, то есть создать произведение искусства, которым будут восхищаться не только сегодня, но и спустя столетие. Анализ биографий ученых, награжденных Нобелевской премией за то или иное научное открытие, показывает, что многие из них до получения упомянутой награды работали под руководством выдающихся исследователей, которые также удостоивались Нобелевской премии. Образно выражаясь, чтобы стать Нобелевским лауреатом, нужно быть учеником Нобелевского лауреата, нужно воспитываться (формироваться) в обстановке,

в которой «другие» уже знают, как делаются открытия. Это не абсолютное правило, но оно соблюдается с достаточно высокой частотой.

Приведем некоторые примеры. Христиан Эйкман, получивший в 1929 г. Нобелевскую премию за открытие витаминов, стимулирующих процессы роста, работал в лаборатории Роберта Коха (Нобелевская премия, 1905 г.). Ханс Адольф Кребс, получивший в 1953 г. Нобелевскую премию за открытие цикла лимонной кислоты (цикла Кребса), осваивал методы биохимических исследований в лаборатории Отто Варбурга (Нобелевская премия, 1931 г.). Джордж Бидл, удостоенный в 1958 г. Нобелевской премии за открытие роли генов в регуляции работы ферментов, в молодости трудился в лаборатории Томаса Ханта Моргана (Нобелевская премия, 1933 г.), создателя хромосомной теории наследственности. Джеймс Уотсон, получивший в 1962 г. Нобелевскую премию за расшифровку структуры молекулы ДНК, делал первые шаги в науке под руководством Сальвадора Лурии (Нобелевская премия, 1969 г.). Эрл Сазерленд, награжденный в 1971 г. Нобелевской премией за открытие вторичных мессенжеров (внутриклеточных сигнальных молекул, вызывающих активацию вторичных эффекторных белков), трудился в лаборатории Карла Фердинанда Кори (Нобелевская премия, 1947 г.).

Кстати, лаборатория Карла Кори и его супруги Герты Терезы Кори может рассматриваться как настоящий «культиватор» исследователей Нобелевского уровня, учреждение, в котором трудились и возвращались многие специалисты, сумевшие внести весомый вклад в науку. Среди учеников супругов Кори мы находим Артура Корнберга, получившего в 1959 г. Нобелевскую премию за открытие фермента, отвечающего за синтез ДНК. В этой же лаборатории проводил свои первые исследования Кристиан де Дюв, удостоенный в 1974 г. Нобелевской премии за открытие лизосом – клеточных органелл, специализирующихся на переваривании (утилизации) различных макромолекул, в том числе белков. Здесь же когда-то работал Эдвин Герхард Кребс, получивший в 1992 г. Нобелевскую премию за открытия, касающиеся

обратимого фосфорилирования белков. Таким образом, из лаборатории супругов Кори вышло, по меньшей мере, четыре Нобелевских лауреата (Эрл Сазерленд – один из них).

Аналогичным «культуратором» исследователей Нобелевского уровня можно было бы назвать лабораторию Отто Варбурга. Выдающийся биохимик Отто Варбург получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 1931 г. за открытие природы и функций «дыхательных ферментов». Указанные ферменты участвуют в биохимических реакциях, протекающих в клетках живых организмов, в которых происходит окисление углеводов, липидов и аминокислот до углекислого газа и воды. Изучая окислительно-восстановительные процессы в живой клетке, О.Варбург разработал и усовершенствовал многие приборы и инструменты, методы исследования биологических объектов, широко используемые в химии и физиологии. А кто был учителем О.Варбурга? Знаменитый химик, лауреат Нобелевской премии за 1902 г. Эмиль Герман Фишер (1852-1919).

Перечислим ученых, которые работали в лаборатории О.Варбурга и впоследствии получили Нобелевскую премию. Как уже сказано, из этой лаборатории вышел Ханс Адольф Кребс, награжденный в 1953 г. Нобелевской премией за открытие цикла лимонной кислоты. Кроме него, в этой лаборатории в свое время трудился Аксель Хуго Теорелль, который в 1955 г. стал обладателем Нобелевской премии благодаря тому, что открыл механизм действия окислительных ферментов. Уроки терпеливого научного поиска, находясь в коллективе О.Варбурга, получил также Чарльз Хаггинс, открывший метод гормональной терапии рака предстательной железы и получивший за это в 1966 г. Нобелевскую премию по физиологии и медицине. Учеником О.Варбурга можно считать и Джорджа Уолда (Нобелевская премия, 1967 г.), открывшего и описавшего химические зрительные процессы, происходящие в сетчатке глаза.

Помимо своих открытий в физиологии и биохимии зрения, Джордж Уолд известен также тем, что он одним из первых подверг сомнению генетический проект «выращивания гениев» из спермы лауреатов Нобелевской премии. Джордж Уолд догадывался, что знания, использование которых приводит ученого к тому или иному открытию, не записаны в молекуле ДНК. Эти знания приобретаются путем длительного обучения, они добываются, как принято говорить, «потом и кровью». Эта точка зрения привела Джорджа Уолда к отрицанию перспективности программы Роберта Кларка Грэма (Robert Klark Graham, 1906-1997) по созданию банка спермы выдающихся ученых современности, которой он намеревался осеменить женщин, желающих стать матерью будущего гения. Проект Роберта Грэма стартовал в 1980 г. и продолжался до 1999 г. За девятнадцать лет упомянутым банком спермы воспользовались 218 женщин, но ни одна из этих женщин не произвела на свет ребенка, из которого впоследствии вырос бы выдающийся ученый. Этот закончившийся неудачей проект следовало бы назвать проектом Роберта Грэма - Германа Меллера, поскольку американский генетик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине за 1946 г., Герман Меллер (1890-1967) был его вдохновителем. Это связано с тем, что Г.Меллер разделял взгляды сторонников наследственной детерминации таланта, полагая, что число выдающихся людей в обществе можно увеличить генетическими методами (похожими на те, что пропагандировал создатель евгеники Ф.Гальтон). Г.Меллер увлекся евгеническими идеями еще в период своего пребывания в СССР.

А.Д.Ноздрачев, М.А.Пальцев, Е.Л.Поляков и др. в книге «Нобелевские лауреаты по физиологии или медицине» [7] пишут о Г.Меллере: «В СССР он пытался реализовать свои интересы в области генетики человека и евгеники. Он анализировал родословные, результаты психологического тестирования и другие материалы. Свою евгеническую программу он изложил в книге «Выход из ночи: взгляд биолога на будущее» («Out of the Night: a Biologist's View of

the Future», 1935). Это было эссе о перспективах избирательного размножения благоприятных генотипов путем государственно-регулируемого искусственного оплодотворения или «неромантических» внебрачных связей ради улучшения качества потомства» [7, с.347]. «В последние годы жизни, - добавляют авторы, - он прилагал значительные усилия для изменения преподавания биологии в средней школе и разработки евгенической программы, названной «Выбор зачатия», согласно которой сперма выдающихся мужчин должна быть заморожена для дальнейшего использования при зачатии здорового и умного будущего поколения» [7, с.348].

Программа Грэма – Меллера завершилась провалом по той же самой причине, что и проект Льюиса Термена, планировавшего вырастить гениев из школьников, показавших высокие результаты в тестах IQ. Причина в отсутствии «генов таланта» (в нереальности таких генов), в несправедливости концепции Ф.Гальтона о наследственной детерминации умственных способностей.

4. Как волонтеры – люди, не являющиеся специалистами, развивают науку

С появлением сети «Интернет» возникла новая форма организации научных исследований, дополняющая традиционные методы поиска истины. Эту форму можно было бы назвать «наукой волонтеров», «наукой любителей» или «наукой энтузиастов, не имеющих ученой степени». Дело в том, что существуют научные проблемы, требующие колоссального времени (в том числе колоссальных вычислительных ресурсов) и участия большого числа научных работников. Но любой университет, как правило, имеет ограниченное количество специалистов - обладателей ученых степеней и ограниченное число студентов, которые могли бы помочь в решении

проблемы. В этом случае остается один выход – использовать интеллект и вычислительные (компьютерные) ресурсы обычных граждан, которые, не являясь профессиональными учеными, согласны принять участие в научном поиске. В последние годы профессора университетов запустили множество проектов, целью которых является вовлечение обычных граждан (волонтеров) в исследование «белых пятен», «неизведанных участков» природы. В некоторых ситуациях сложная задача, подлежавшая решению, преобразовывалась в форму игры, и к работе над задачей подключались тысячи геймеров. В остальных ситуациях стоящая перед учеными проблема не подвергалась никакой трансформации (достаточно было объяснить ее суть и предпочтительные методы поиска ответа). Как ни удивительно, волонтеры, которые никогда не учились в аспирантуре и не приобретали ученых степеней, относительно быстро находили верное решение. В серьезных научных журналах стали появляться статьи, авторство которых принадлежит не профессорам университетов, а этим волонтерам-любителям. Одновременно в западной литературе появился термин, обозначающий участие миллионов любителей в научных исследованиях, - «краудсорсинг». Историки науки вспомнили, что любители вносили существенный вклад в различные научные дисциплины с давних времен. Например, в 1714 г. английский парламент предложил награду в 10 тысяч фунтов стерлингов тому, кто найдет способ определения долготы (в этом способе особенно нуждались моряки). Ведущие научные умы решали проблему, а победителем в итоге оказался часовой мастер-самоучка Джон Харрисон (1693-1776). Но во времена Джона Харрисона не было Интернета, а сегодня, в эпоху функционирования сети глобальных коммуникаций, широкие слои общественности могут свободно участвовать в расширении границ научного знания.

Примером эффективной волонтерской работы может служить обработка информации из огромного архива фотографий галактик, сделанных космическим телескопом «Хаббл» за 20 лет, проведенных им на орбите.

Астрономы запустили проект «Галактический зоопарк», чтобы идентифицировать галактики на указанных фотографиях, а впоследствии разработать их правильную классификацию. Волонтеры замечательным образом справились с этой задачей. Калеб Шарф в книге «Двигатели гравитации» [8] пишет об этом проекте: «Ученые хотели классифицировать миллион галактик, но во избежание ошибок им требовалось, по крайней мере, по 20 одинаковых идентификаций для каждой потенциальной галактики. Даже фанатично преданная науке группа ученых не могла бы найти столько времени или проявить столько упорства, чтобы выполнить эту задачу. Решение было найдено: использовать активность человеческого сообщества – «краудсорсинг», что в астрономии раньше никогда не делалось. Вскоре после запуска проекта в Интернете было помещено обращение к волонтерам. В течение месяца после призыва 80 000 человек вызвались потратить свое время, чтобы рассмотреть сообща миллион галактик по десять раз каждую. Это были ученые, студенты, водители автобусов, пенсионеры, астрономы-любители, дети, атлеты, писатели, врачи, представители самых разных профессий и возрастов. Поистине восхитительный пример того, как люди получают радость и удовлетворение от совместной деятельности. Всего через год подключилось уже 150 000 человек, и они проделали более 50 миллионов идентификаций. Проект продолжается и сейчас, расширяясь за счет более детального описания галактик...» [8, с.208-209].

Аналогичным примером может служить успешно решаемая волонтерами задача предсказания пространственной структуры белка по его аминокислотной последовательности (традиционная задача вычислительной биологии и биофизики). Эта проблема была сформулирована в рамках проекта «Foldit», причем сформулирована как интернет-игра. Ключевым элементом успеха проекта стало то, что образовалось целое сообщество игроков, взаимодействующих (контактирующих) друг с другом. Участники проекта могли свободно общаться, обмениваться удачными находками, совместно

работать над новыми задачами. Детали этого проекта рассматриваются в статье М.С.Гельфанд в статье «От науки – к интернет-играм: коллективное решение биоинформатических задач» [9].

Многие усматривают здесь признаки формирования «гражданской науки», науки, создаваемой гражданским обществом. Но если оценивать происходящее сквозь призму относительной роли наследственности и среды в происхождении таланта, то можно сказать, что научные успехи волонтеров предоставляют в наше распоряжение дополнительные доводы против наследственной концепции Ф.Гальтона. Если способность делать научные открытия присуща лишь тем, кто наделен особым природным даром, врожденной проницательностью, то почему эти открытия совершают энтузиасты без ученых степеней? Результативность краудсорсинга говорит о том, что для занятий научными исследованиями достаточно иметь нормальный (здоровый) мозг и желание пополнять свой багаж знаний, даже если первоначально эти знания кажутся абстрактными и бесполезными.

5. Пять исследований, продемонстрировавших изменение структуры мозга под воздействием средовых условий (обучения)

В настоящее время число работ, посвященных влиянию обучения на структуру различных областей мозга, исчисляется сотнями. Ученые получили множество подтверждений того, что воспитание и образование, то есть прижизненное формирование определенных навыков (компетенций), приводит к развитию тех участков мозга, которым предназначено выполнять эти навыки. Мы опишем лишь пять наиболее известных исследований, показавших, что мозг может изменяться в результате информационной нагрузки, то есть продемонстрировать нейропластичность (термин, введенный учеником И.П.Павлова – Ежи Конорским). Когда Ф.Гальтон разрабатывал свою наследственную концепцию гениальности, он не знал и не мог знать, что

многие аспекты анатомии и химии мозга изменяются под воздействием познавательного опыта. Несомненно, если бы эти знания (данные) оказались в его распоряжении, ему бы пришлось пересмотреть свою теорию.

Работа Мариан Даймонд (Marian Diamond). В 1960-е гг. Мариан Даймонд из Калифорнийского университета в Беркли совместно с Марком Розенцвейгом и Эдвардом Беннеттом на протяжении десяти лет ставили эксперименты по исследованию влияния окружающей среды на развитие мозга. Полученные результаты были изложены в статье «Изменения, происходящие в мозге в ответ на опыт» [10]. В 1960-е гг. в науке доминировала точка зрения, согласно которой после завершения периода детства структура мозга остается неизменной, теряя способность к росту и развитию. Доктор Даймонд и ее коллеги поставили эту точку зрения под сомнение. В серии экспериментов они изучили три группы крыс, отличавшихся режимом содержания. Крысы первой группы находились в стандартной лабораторной клетке с несколькими крысами с доступными пищей и водой. Крысы второй группы содержались в обедненных условиях, в маленькой клетке. Наконец, в третью группу попали животные, которые содержались в крысином «Диснейленде» - «обогащенной среде», в которой было много игрушек, причем каждый день в клетку помещался новый набор игрушек. В дальнейшем ученые изучили анатомические и биохимические особенности мозга всех крыс, использованных в эксперименте. Было обнаружено, что мозг животных, выращенных в обогащенных условиях, отличается от мозга животных, которые содержались в обедненных условиях. Причем отличается во многих отношениях.

Как отмечает Венди Сузуки в книге «Странная девочка, которая влюбилась в мозг» [11], «по сравнению с крысами, выращенными в «обедненной» среде – без игрушек и почти без товарищей для игр, - крысы из Диснейленда обладали мозгом, который был физически больше. Даймонд показала, что в обогащенной среде ветви дендритов (тех самых входных

структур нейронов, которые похожи на ветви деревьев) растут и расширяются, позволяя клеткам получать и обрабатывать больше информации. Более того, она показала, что в таком мозгу больше не только дендритных ветвей, но и соединений-синапсов, больше кровеносных сосудов (это означает лучший доступ к кислороду и питательным веществам) и полезных для мозга химических веществ – таких, как нейротрансмиттер ацетилхолин, и другие факторы роста. Профессор Даймонд объяснила, что различия в размерах мозга крыс были непосредственным отражением окружающей среды. Иными словами, размер и функционирование мозга – крысиного или человеческого – очень чувствительные параметры, реагирующие на все аспекты любой заданной среды – физической, психологической, эмоциональной и когнитивной» [11, с.25].

Работа Майкла Мерцениха (Michael Merzenich). Американский нейробиолог, профессор Калифорнийского университета в Сан-Франциско, в 1980-е годы провел исследование, которое продемонстрировало, что сенсорные карты мозга обезьян постоянно изменяются под влиянием опыта. Как известно, первые сенсорные карты мозга составил канадский нейрохирург Уайлдер Пенфилд (1891-1976), который, вживляя электроды в различные области мозга, определял части тела, за которые отвечают эти области. М.Мерцених, используя более совершенные электроды, появившиеся после исследований У.Пенфилда, занялся составлением более точных карт мозга. В процессе этой работы он обнаружил, что карты мозга обезьян (мартышек), актуальные сегодня, перестают быть актуальными спустя несколько недель или месяцев. Ученый понял, что под влиянием окружающей среды, которая с течением времени предъявляет организму новые требования, нейронные пути животных создают новые карты, отражающие характер адаптации к этим требованиям.

М.Мерцених также показал, что область мозга, изначально предназначенная для обслуживания одного органа, может (в случае утраты

данного органа) начать обрабатывать информацию от другого. М.Холлоуэй в статье «Зарядка для ума» [12] пишет: «В 80-х гг. Мерцених выявил, что моторная кора взрослых обезьян может изменяться. <...> В одном из исследований ученые, удалив у обезьяны палец, наблюдали, что участок моторной коры, связанный с ним, начинал получать проекции от нейронов, передающих информацию от соседнего пальца. Это указывало на то, что область мозга, изначально предназначенная для утерянной части, начинала получать и обрабатывать информацию от другой. Открытие стало сенсацией для всего научного сообщества» [12, с.53].

Работа Томаса Элберта (Thomas Elbert). Впечатляющие изменения коры головного мозга в результате обучения выявил Томас Элберт в 1995 г. Исследование Т.Элберта привлекло внимание выдающегося американского ученого, лауреата Нобелевской премии по физиологии и медицине за 2000 год, Эрика Канделя. Он обнаружил аналогию между результатами Т.Элберта и собственными открытиями. Как известно, Э.Кандель показал на аплизии (моллюске), что по мере приобретения опыта меняются схемы контактов (синапсов) между нервными клетками, то есть обучение запускает процесс изменения связей между нейронами.

В книге «В поисках памяти» [13] Э.Кандель, перечисляя важные исследования, прояснившие связь между обучением и изменением структуры мозга, пишет: «Второе исследование провели Томас Эльберт и его коллеги из Констанцкого университета в Германии. Они сравнили томограммы головного мозга скрипачей и виолончелистов с томограммами мозга людей, не занимающихся музыкой. Музыканты, играющие на струнных инструментах, используют четыре пальца левой руки для модуляции звука струн. Пальцы правой руки, которая держит смычок, не задействованы в столь высокодифференцированных движениях. Эльберт обнаружил, что область коры, связанная с соответствующими четырьмя пальцами правой руки, у музыкантов такая же, как у немужиков, в то время как область,

представляющая четыре пальца левой руки, в мозгу скрипачей и виолончелистов намного обширнее (более чем в два раза), чем в мозгу немусыкантов. Более того, у музыкантов, которые начали играть на скрипке или виолончели в возрасте до тринадцати лет, области коры, представляющие четыре пальца левой руки, обширнее, чем у музыкантов, которые взяли в руки инструмент после этого возраста» [13].

Результаты Т.Элберта обсуждает также Норман Уэйнбергер в статье «Музыка и мозг» [14]: «В 1995 г. Томас Элберт (Thomas Elbert) из Констанцского университета (Германия) сообщил, что площадь мозговых зон, получающих сенсорные ходы от указательного, среднего, безымянного пальцев и мизинца левой руки у скрипачей, была значительно больше, чем у немусыкантов (именно эти пальцы и совершают быстрые и сложные движения во время игры на инструменте)» [14, с.76].

Работа Элеоноры Магуайр (Eleanor Maguire). В 2000 г. в «Докладах Американской академии наук» («PNAS») была опубликована статья Э.Магуайр и ее сотрудников из университетского колледжа Лондона [15]. В ней сообщалось о результатах исследования мозга лондонских таксистов. В Лондоне для получения лицензии таксиста соискатели несколько лет тренируют память, запоминая лабиринты из 26 000 улиц, а также расположение (местонахождение) тысяч объектов, чтобы находить самые быстрые пути между любыми двумя точками города. Будущим водителям такси обычно требуется 3-4 года изучения карт и поездок по городу, чтобы получить знание лондонских улиц. Претенденты сдают несколько строгих экзаменов на умение ориентироваться в каждом районе города. Э.Магуайр и ее коллеги изучили гиппокамп лондонских таксистов – участок мозга, необходимый для консолидации памяти. Они обнаружили, что эта структура мозга у лондонских таксистов крупнее, чем у людей, которые не заучивали 26 000 улиц. Другими словами, чем больше времени человек потратил на

запоминание пространственной информации, тем выше плотность серого вещества в той части мозга, в которой формируются когнитивные карты.

В 2006 г. Э.Магуайр и ее коллеги опубликовали в журнале «*Niprosampus*» результаты аналогичного исследования [16]. На этот раз ученые сравнили снимки мозга лондонских таксистов со снимками мозга лондонских водителей автобуса. Как и таксисты, водители автобусов весь день проводили в разъездах по Лондону, однако использовали при этом один и тот же маршрут и не имели возможности определить наилучший маршрут между пунктами А и Б. Э.Магуайр выяснила, что задний гиппокамп у таксистов значительно больше. Из этого следовал логичный вывод: разница в размере заднего гиппокампа связана не с навыком вождения, а с умением ориентироваться в пространстве – необходимым для таксистов навыком.

А.Эрикссон в книге «Максимум» [17] пишет: «...Исследование Магуайр - самое яркое доказательство того, что человеческий мозг растет и изменяется от интенсивных занятий. Кроме того, ее работа ясно показывает, что дополнительные нейроны и другие ткани заднего гиппокампа ответственны за развитие навигационных навыков получивших лицензию таксистов. Задний гиппокамп среднего лондонского таксиста - нейронный эквивалент накачанных бицепсов и широких плеч профессиональных гимнастов. Они годами тренируются на кольцах, козле и брусьях, развивая именно те мышцы, что отвечают за выполнение упражнений на этих снарядах. Благодаря специфически развитой мускулатуре гимнасты могут выполнять упражнения, которые были им недоступны в начале их спортивной карьеры. Точно так же и таксисты «накачивают» свой гиппокамп. Разница лишь в том, что они имеют дело не с мышечными волокнами, а с тканями мозга» [17].

Работа Фредрика Уллена (Fredrik Ullen). Когда мы учимся, то есть осваиваем какой-то новый навык, нейроны отращивают дополнительные ветви как на аксонах, так и на дендритах. Если кратко, то можно сказать: аксоны – это длинные нервные волокна, а дендриты – короткие. На приличном

удалении от синапса аксоны окружают себя специальной оболочкой – миелином. Миелин (белое вещество) похож на клейкую ленту, которая используется для изоляции электрических проводов. Чем больше используется аксон, чем больше слоев содержит эта оболочка и тем выше изоляция, что позволяет передавать информацию с большей скоростью. Ученые установили, что обучение стимулирует выработку миелина, в результате чего увеличивается скорость проведения импульсов по нервным волокнам, а это увеличение скорости, в свою очередь, совершенствует наши навыки. В 2005 г. Фредрик Уллен совместно с коллегами сканировал мозг нескольких концертирующих пианистов и обнаружил прямую связь между длительностью занятий (обучения) и количеством белого вещества.

Дуглас Филдз в статье «Вещественность белого вещества» [18] констатирует: «Ученых волнует, действительно ли миелин обеспечивает познавательные способности, или же когнитивные процессы просто ограничены в тех областях, где он еще не сформировался? Фредрик Уллен (Fredrik Ullen), виртуозный пианист, а также доцент Стокгольмского института мозга (Stockholm Brain Institute) в Швеции, решил это выяснить. Для исследования мозга профессиональных пианистов он в 2005 г. воспользовался новой технологией визуализации мозга – диффузионно-тензорной магниторезонансной томографией (ДТ-МРТ). ДТ-МРТ выполняется с помощью аппаратуры, сходной с обычными магниторезонансными томографами, которые устанавливаются в больницах, однако в них используется другой тип магнитного поля и другие алгоритмы создания серии изображений – срезов мозга, на основе которых строится трехмерная картина» [18, с.41].

«Уллен обнаружил, - продолжает автор, - что у профессиональных пианистов определенные области белого вещества более развиты, чем у людей, не имеющих отношения к музыке. Это участки, соединяющие области коры больших полушарий, которые критически необходимы для

координированных движений пальцев, с областями, занятыми другими когнитивными процессами, вовлеченными в исполнение музыки. Уллен также установил, что чем больше часов в день музыкант тратит на упражнения, тем сильнее становится сигнал ДТ-МРТ» [18, с.41]. Автор резюмирует: «...Данное открытие крайне важно, поскольку показывает, что при обучении сложному навыку происходят заметные изменения в белом веществе – области мозга, в которой нет тел нервных клеток или синапсов, а имеются лишь одни аксоны и глия. Исследования на животных показывают, что миелин может изменяться в ответ на индивидуальный опыт и условия среды, в которой развивается данная особь» [18, с.41].

6. Концепция интуиции (внезапного озарения) – верна ли она?

В свое время автор этих строк попытался разобраться в том, что такое интуиция. Эта работа облегчалась тем, что диссертация, которую нам предстояло защитить в стенах Института психологии РАН, включала в себя главу, посвященную анализу различных представлений об интуиции, предложенных философами, психологами и другими исследователями, интересующимися творчеством (его закономерностями, движущими силами). В процессе написания упомянутой главы нам пришлось столкнуться с удивительным (парадоксальным) феноменом: философы и их коллеги из других научных дисциплин рассуждали об интуиции на протяжении последних двух тысяч лет, но каждый из них имел свою точку зрения на данный феномен. В ней, интуиции, видели некое божественное знание (Платон), чувство ясности и самоочевидности (Рене Декарт), средство познания априорных истин (Иммануил Кант), чувственное созерцание (Георг Гегель), биологический инстинкт (Анри Бергсон). Интуицию трактовали как дологическую стадию развития детей (Жан Пиаже), как неосознанную умственную деятельность, то есть неосознанный опыт (Иван Павлов), как

образное мышление (Рудольф Арнхейм), как личностное знание, связанное с ценностными ориентирами личности (Майкл Полани). Предпринимались попытки представить интуицию как внезапную реорганизацию ментального поля (Макс Вертгеймер, Карл Дункер), как интеллектуальное свойство, которым обладают приматы (Вольфганг Келер), как способность конструировать метафоры (Артур Кестлер).

Многие интерпретации интуиции (инсайта) объединяет то, что в них феномен внезапного озарения противопоставляется логике, логическим формам мышления. Утверждается, что с помощью инсайта истина открывается разуму человека путем прямого усмотрения, без использования логических определений и доказательств. Интуиции как когнитивному процессу часто приписываются такие признаки (атрибуты), как отсутствие предпосылок, приводящих к результату, отсутствие промежуточных звеньев в цепи рассуждений и невозможность их обнаружить интроспекцией, независимость от предшествующих знаний и экспериментальной проверки. Создается впечатление, что авторы соревнуются друг с другом в попытках дать определение интуиции, не особенно заботясь о том, насколько эти определения соотносятся с реальностью, можно ли в действительном творческом процессе обнаружить какие-либо проявления (механизмы) внезапного озарения.

В свое время на это обстоятельство обратил внимание аргентинский философ и методолог науки Марио Бунге (1919-2020). В книге «Интуиция и наука» [19] он пишет: «Интуиция – коллекция хлама, куда мы сваливаем все интеллектуальные механизмы, о которых не знаем, как их проанализировать, или даже как их точно назвать, либо такие, анализ или наименование которых нас не интересует» [19, с.93-94]. «В наше время, - подчеркивал автор, - никто, кроме философски незрелых или наивных людей, не верит в возможность непосредственного, полного улавливания истины. Всем нам известно, что приключения познания рискованны и что нет им конца, что оно мечется от

неудачи к неудаче, хотя обычно глубина каждой очередной неудачи меньше, чем ей предшествовавшей» [19, с.38].

Многочисленные попытки понять сущность интуиции напоминают ситуацию, сложившуюся в физике после того, как американский исследователь Альберт Майкельсон (1852-1931) сделал открытие, принесшее ему Нобелевскую премию по физике за 1907 г. В 1881 г. А.Майкельсон поставил опыт, имевший целью доказать наличие «эфирного ветра», то есть выявить движение Земли относительно эфира. Но А.Майкельсон доказал обратное: что самые точнейшие оптические опыты, каковым являлся его собственный опыт, не могут выявить этого движения. Это намекало на то, что во Вселенной нет никакого эфира. Как ученые, в том числе самые выдающиеся, восприняли результаты А.Майкельсона? Они стали соревноваться друг с другом в разработке идей и интерпретаций, которые позволили бы сохранить идею космического эфира, освещенную столетиями (теория эфира была сформулирована Христаном Гюйгенсом в XVII веке). Хендрик Лоренц (Нобелевская премия, 1902 г.) заявил, что опыт А.Майкельсона содержит ошибки, которые помешали обнаружить «эфирный ветер». Когда американский физик устранил ошибки, повысив точность измерений, Х.Лоренц снова усомнился в его результатах. Другие крупные исследователи были солидарны с Х.Лоренцем: они стали предлагать гипотезы, позволяющие объяснить эксперимент А.Майкельсона без какого-либо серьезного пересмотра существующей парадигмы. В ряду этих ученых мы находим Джорджа Фицджеральда (1851-1901), Джона Уильяма Стретта, лорда Рэлея (Нобелевская премия, 1904 г.), Макса Планка (Нобелевская премия, 1918 г.) и французского математика Анри Пуанкаре, хотя последний допускал возможность корректировки парадигмы. Наконец, в 1905 г. некий служащий патентного бюро, не имеющий ученой степени, Альберт Эйнштейн провозгласил, что никакого эфира не существует. Как пишет Е.М.Кляус и его соавторы в книге «Гендрик Антон Лоренц» [20], «Эйнштейн, прежде всего,

освободил физику от эфира. К чему, заявил он, такая условно-гипотетическая среда, наделенная притом какими-то «особыми свойствами»?» [20, с.50].

Философы (и не только они) так сильно увлеклись разработкой различных интерпретаций интуиции, приписывая ей множество самых невероятных «особых свойств», что упустили простую возможность: этого феномена (феномена внезапного озарения, оставляющего впечатление «когнитивного волшебства») может физически не существовать. На самом деле это понимают уже многие специалисты, изучающие закономерности творчества и пути формирования экстраординарных способностей в той или иной сфере деятельности. Интуиция – такой же феномен, как космический эфир, который настойчиво искали на протяжении столетий, пока не появился эксперимент А.Майкельсона, продемонстрировавший иллюзорность самого понятия эфира.

Интуиция – это чудо, а мы не можем верить в чудеса, изучив тысячи биографий выдающихся людей науки и искусства и внимательно проанализировав факторы, благодаря которым они достигли успехов в избранной области творческой активности. Как справедливо заметил А.Эрикссон в книге «Максимум» [17], «не бывает никаких чудесных озарений и прорывов – только результаты постоянной работы, которые людям со стороны кажутся прорывами. Любое озарение невозможно, если ему не предшествует долгая многоэтапная работа» [17].

Идея эфира, как отмечено выше, была опровергнута экспериментом А.Майкельсона, который пытался обнаружить «эфирный ветер», но потерпел неудачу. А что мы можем сказать относительно экспериментов, опровергающих идею интуиции? Существуют ли такие эксперименты? Да, существуют. Как ни удивительно, идея внезапного озарения была «развенчана» опытами, поставленными в рамках создания систем искусственного интеллекта (ИИ). Когда встал вопрос о создании подобных систем, имитирующих разумную деятельность человека, специалисты

задумались над тем, какие алгоритмы и стратегии (приемы, правила) следует «внедрять» в программное обеспечение электронных вычислительных машин. Теоретически можно было попытаться оснастить (обеспечить) компьютеры тем, что мы называем «внезапным озарением», то есть интуицией. При этом можно было рассуждать следующим образом: если инсайт – причина выдающихся научных открытий, значит, нужно передать машине способность к инсайту – интуитивному постижению истины. Однако, когда специалисты попытались разобраться в том, что же такое интуиция, их ждало разочарование. Никто не мог понять, что это за алгоритм, из каких шагов (звеньев) он состоит, по каким правилам в рамках интуиции одни утверждения могут выводиться из других. Стало ясно, что инсайт – это подобие термина из области беллетристики, а не науки, что это не алгоритм, который можно использовать в технологиях искусственного интеллекта, а феномен, о котором столетиями рассуждают философы (и не более того).

Мы должны быть благодарны тем исследователям в области ИИ, которые своевременно отказались от использования интуиции и решили оснастить вычислительные машины теми процедурами (методами) мышления, которые позволяли выйти из затруднительного положения. Представьте, где бы сегодня находилась область искусственного интеллекта, если бы инженеры (подобно философам) из года в год дискутировали друг с другом о природе интуиции, отложив создание «думающих машин» до момента, когда удастся расшифровать ее «алгоритмическую структуру». Поскольку у инсайта (являющегося на самом деле псевдопонятием) нет никакой структуры, эти инженеры не продвинулись бы дальше «схоластических дебатов», аналогичных тем, которые вели средневековые мудрецы, пока в 1620 г. не появился «Новый органон» Ф.Бэкона. Другими словами, эти инженеры десятилетиями топтались бы на месте, а их компьютерная дисциплина не вышла бы из «состояния детских пеленок». А ведь эта дисциплина

создавалась, чтобы разработать машины, способные делать научные открытия!

Какие же методы мышления, «подсмотренные» при анализе человеческого творчества в области науки, привлекли внимание инженеров и были взяты ими на вооружение? Какие мыслительные процедуры они стали внедрять в программное обеспечение (ПО) вычислительных машин, причем весьма успешно? Читатель, наверное, уже догадался о правильном ответе, учитывая, что мы упомянули (причем сознательно) знаменитый трактат Ф.Бэкона «Новый органон». Да, теоретики ИИ стали внедрять в ПО машин индуктивные методы человеческого мышления, впервые описанные английским методологом науки Френсисом Бэконом (1561-1626). Лишь оснащение компьютеров индуктивными стратегиями исследования позволило существенно продвинуться в реализации целей, которые определяли смысл создания искусственного интеллекта. Но теоретики ИИ брали эти индуктивные стратегии не из «Нового органона» (там эти стратегии изложены без необходимого количества деталей), а из трудов американско-венгерского математика Джорджа Пойа (George Polya), автора таких книг, как «Математика и правдоподобные рассуждения» [21], «Математическое открытие» [22], «Как решать задачу» [23]. Специалисты понимали, что индукция как логическая операция представляет собой разновидность правдоподобных рассуждений, то есть эвристических средств исследования.

Говоря о влиянии книги Д.Пойа «Как решать задачу» [23] на развитие методологии искусственного интеллекта, Джозеф Вейценбаум в монографии «Возможности вычислительных машин и человеческий разум» [24] пишет: «Первое издание книги Пойа было опубликовано в 1945 г., т.е. за несколько лет до того, как электронные вычислительные машины стали практическими инструментами исследования. Уже тогда Пойа заложил фундамент и в определенном смысле провозгласил всю ту работу в области решения задач, т.е. эмпирические правила, которые, будучи примененными, вполне могут

привести к решению рассматриваемой задачи или обеспечить некоторый прогресс в ее решении, но не гарантируют получение решения. Таким образом, эвристики не являются алгоритмами и эффективными процедурами; они представляют собой правдоподобные способы подхода к решению специфических задач. Поля **предвосхитил** большую часть последующей работы специалистов в области информатики, посвященной решению задач...» [24, с.223].

Об этом же сообщает В.К.Финн в статье [25], опубликованной в сборнике «Эволюционная эпистемология и логика социальных наук» (2000): «Интеллектуальные системы с решателями задач, содержащими процедуру индукции, стали реальным экзаменатором плодотворности теорий правдоподобных рассуждений, включающих индукцию. Многочисленные экспериментальные исследования, проведенные с использованием интеллектуальных систем, реализующих JSM-рассуждения, продемонстрировали эффективность JSM-метода автоматического порождения гипотез как средства порождения эмпирических зависимостей причинно-следственного типа в условиях неполноты информации» [25, с.411]. Здесь под JSM-рассуждениями автор подразумевает индуктивные умозаключения и правила их генерации, описанные британским логиком Джоном Стюартом Миллем, о котором мы еще будем говорить.

Чтобы убедиться в том, что современные специалисты в области ИИ «встраивают» в программы думающих машин индуктивные процедуры, а не интуицию – любимый предмет размышлений философов, достаточно открыть любую научную монографию, посвященную технологиям машинного обучения. Возьмем, например, книгу Джорджа Люгера «Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем» [26]. Анализ содержания данной книги показывает, что индуктивные методы обработки информации, индуктивные способы построения различных алгоритмов, а также индуктивные формы обучения (которые внедряются в современные

системы искусственного интеллекта) составляют основной предмет, который обсуждается на страницах данной книги. Это говорит о том, что наука об искусственном интеллекте пошла по пути технической реализации (воплощения) индуктивных методов, что продиктовано невозможностью воспроизвести реальную научную деятельность человека какими-либо другими средствами. Иначе говоря, компьютерная наука (computer science) осознала продуктивность и перспективность создания индуктивных машин, отказавшись от использования понятия инсайта («когнитивного чуда»), за которым ничего не стоит.

7. Каков источник исходных посылок, являющихся материалом для индуктивных обобщений?

Чтобы формулировать новые идеи (гипотезы), нужно иметь материал, допускающий то или иное обобщение. Нужно иметь информацию, которая допускает обработку на основе правил индукции (а также дедукции и аналогии). Каков источник этой информации? Откуда берутся исходные послылки, стимулирующие возникновение гипотез? Рассматривая эти вопросы, М.Бунге пришел к выводу, что ценность и продуктивность индуктивных и дедуктивных приемов исследования в значительной степени обесцениваются тем фактом, что сами исходные послылки (материал для обобщений) нельзя получить с помощью какого-либо надежного и безошибочного метода. В книге «Интуиция и наука» [19] он замечает: «На многих философах лежит ответственность за широко распространенный миф, будто ученые располагают двумя независимыми, хорошо отработанными и стандартизированными методами, опираясь на которые они в состоянии браться за любую научную проблему. Эти методы – дедуктивный и индуктивный – позволяют якобы ученому действовать без оглядок, без проб, а, пожалуй, и без таланта. <...> По смыслу этого мифа математику нечего

больше делать, кроме как «выводить неизбежные заключения из ясных посылок»; однако для получения самих посылок не предусмотрено никакого «метода» [19, с.92].

Каков же источник тех сведений, той информации, которая время от времени оказывается в нашем распоряжении и подвергается индуктивной обработке? Тот, кто внимательно изучал историю научных открытий, легко ответит на этот вопрос: источником указанной информации является **метод проб и ошибок** (метод последовательного перебора), который применяется всякий раз, когда мы проникаем за грань известного. Хорошей иллюстрацией сказанного может быть творчество американского изобретателя Томаса Эдисона (1847-1931), а именно изобретение им нити накаливания для электрической лампы. Как Эдисон пришел в 1880 г. к мысли о том, что обожженные волокна бамбука являются подходящим материалом для изготовления нити электролампы? В результате перебора (испытания) большого количества материалов, свойства которых он исследовал опытным путем.

В.Орлов в книге «Трактат о вдохновенье...» [27] повествует: «Потребовались опыты, опыты, опыты... Эдисон обугливал всё, что смог найти под рукой: шелковые нити, полоски картона, лески удочек, розовое дерево, фибру, целлулоид, ореховую скорлупу, кедровые шишки, волос из бороды своего сотрудника. Эдисон разглядывал в микроскоп строение тысяч вещей и пришел к заключению, что лучше всего волокна листьев пальмы и бамбука. Потянулись во все концы земли отважные экспедиции: в Китай, в Японию, на Кубу, во Флориду – за бамбуком; на Ямайку – за пальмами; на Цейлон, в Индию, Гвиану – за тростниками. Руки Эдисона обшаривали весь земной шар. Они шарили в джунглях, прериях и болотах настойчиво и целеустремленно до тех пор, пока не нашли того, что искали – единственного нужного волокна. Шесть тысяч опытов провел Эдисон, укрепляя нить. Он,

случалось, 45 часов подряд проводил в лаборатории, не смыкая глаз, без крошки пищи во рту. И добился своего: сделал лампу» [27, с.159].

Но метод проб и ошибок – не единственный источник исходных посылок для наших индуктивных обобщений. Другим таким источником является фактор случая в научном поиске или, проще выражаясь, **случайные (незапланированные) открытия**. Ученый всегда работает в рамках какой-то вполне определенной научной программы, задачи и цели которой заранее известны. Можно назвать работу в рамках указанной программы «поиском А». Однако в процессе поиска, мотивированного конкретной целью, нередко удается обнаружить нечто, не предусмотренное ни программой исследований, ни целями, которые изначально ставились. Это и есть случайное (неожиданное) открытие, которое можно обозначить как «открытие Б». Подобные находки часто называют «серендипными», сделанными по принципу «серендипити»: искал одно, нашел другое. Вел «поиск А», а в итоге натолкнулся на «открытие Б». Историкам науки известно множество открытий, сделанным таким непреднамеренным образом.

Таким образом, процесс формирования исходных посылок, выступающих в качестве материала для индуктивной обработки, не содержит ничего мистического: этот материал накапливается благодаря тому, что ученые постоянно проникают в область неизвестного, используя метод проб и ошибок (метод последовательного перебора). А поскольку у природы нет «браузера», способного выдавать нам только ту информацию, в которой мы нуждаемся в данный момент, в ходе научного поиска мы часто наталкиваемся на открытия, которые не предусматривались нашими планами. Такой принцип накопления знаний напоминает теорию биологической эволюции Ч.Дарвина, в которой постулируется следующая взаимосвязь между закономерностью и случайностью: многие наследственные изменения, повышающие степень сложности живых организмов, возникают случайно, но естественный отбор, который сохраняет одни особи и отсеивает другие (плохо адаптивные), - это

уже закономерность. Кроме того, следует учитывать, что мечты некоторых ученых разработать некий универсальный алгоритм, который исключал бы применение метода проб и ошибок, вступают в противоречие с теоремой Геделя о неполноте. Эта теорема запрещает существование универсальных алгоритмов, в самих себе содержащих критерии истинности и позволяющих открывать новые истины автоматически, без эмпирического поиска (который, как известно, невозможен без проб и ошибок).

8. Универсальность человеческой логики

Представьте, что мы находимся в одном из школьных классов и объясняем детям правила логических умозаключений. Мы начинаем урок с того, что даем определение различных видов умозаключений. Мы говорим своим слушателям: исходя из характера логической связи между исходными посылками и финальным выводом можно выделить, по крайней мере, три вида рассуждений: от общего к частному (дедукция), от частного к общему (индукция) и от частного к частному (аналогия). Раскрывая смысл первого типа рассуждений, мы поясняем: особенность дедукции состоит в том, что если общее положение верно, то должны быть верными и утверждения, определяемые этим общим положением. Что касается индукции и аналогии, то здесь ситуация немного другая: истинность утверждений, получаемых на основе индукции и аналогии, зависит не только от истинности исходных посылок, но и от их количества. Другими словами, чтобы получить правильный обобщающий вывод о системе, состоящей из 100 элементов, необходимо исследовать каждый из этих 100 элементов. Если мы ограничимся изучением 30 или 70 элементов, то в этом случае наше обобщающее заключение о системе будет представлять собой неполную индукцию, которая может оказаться ошибочной.

Точно так же, чтобы сформулировать справедливую догадку (гипотезу) на основе аналогии, необходимо выполнить следующие условия, которые повышают достоверность выводов по аналогии. Во-первых, нужно стремиться, чтобы было установлено как можно больше общих признаков сравниваемых предметов. Во-вторых, необходимо, чтобы общие признаки сравниваемых предметов были наиболее типичными для этих предметов. Иначе говоря, общие признаки сравниваемых предметов должны быть как можно теснее связаны с другими свойствами рассматриваемых предметов. В-третьих, необходимо, чтобы установленные общие признаки сравниваемых предметов были как можно более однотипными с признаком, переносимым с одного предмета на другой. Мы объясняем детям, что аналогия является разновидностью индуктивных рассуждений и что многие выдающиеся ученые в процессе осмысления эмпирического материала часто используют неполную индукцию (иногда это дает поразительные результаты).

Далее (продолжая урок) мы предлагаем школьникам задания, в которых требуется реализовать то или иное рассуждение – дедуктивное, индуктивное или умозаключение по аналогии. Мы замечаем, что дети, знакомясь с исходными посылками типа: все планеты имеют форму шара, Земля – планета, делают правильный дедуктивный вывод: Земля имеет форму шара. Затем мы предлагаем детям исходные посылки типа: железо электропроводно, медь электропроводна, цинк электропроводен, олово электропроводно, алюминий электропроводен, платина электропроводна; железо, медь, цинк, олово, алюминий, платина – металлы. Мы замечаем, что все дети, проанализировавшие эту исходную информацию, делают правильный индуктивный вывод: все металлы электропроводны. Наконец, мы обнаруживаем, что все дети успешно реализуют вывод по аналогии, который схематически обычно представляется так: А имеет признаки a, b, c, d; В имеет признаки a, b, c; следовательно, В имеет признак d.

Главное, на что мы обращаем внимание: все школьники, ознакомившись с правилами логических умозаключений (правилами получения одного утверждения из другого), успешно решают задачи, в которых требуется реализовать дедуктивный или индуктивный вывод, а также вывод по аналогии. О чем это свидетельствует? О том, что человеческая логика универсальна. Каждый человек, обладающий нормальным (здоровым) мозгом, способен пользоваться принципами этой логики, выводить одни утверждения из других, генерировать те или иные умозаключения (идеи, гипотезы) на основе анализа исходной информации.

Поскольку ученые делают открытия, широко используя индуктивные стратегии исследования, обобщая информацию, накапливаемую в ходе многочисленных экспериментов, мы можем сказать, что каждый человек, обладающий здоровым мозгом, может участвовать в научных исследованиях и делать научные открытия. А если научные открытия, приносящие своим авторам различные награды, в том числе Нобелевскую премию, являются результатом применения индуктивных методов, которые может освоить каждый желающий, то как мы можем говорить о природном даре, об уникальных умственных способностях? Гениальность не может иметь наследственную природу в силу того, что человеческая логика универсальна, присуща всем здоровым людям. Эта универсальность логики наносит мощный удар по концепции Ф.Гальтона, который полагал, что выдающимся ученым нужно родиться, что простому смертному, не наделенному «генами таланта», не суждено делать научные открытия, обогащающие сокровищницу человеческих знаний.

9. Феномен случайных открытий не согласуется с концепцией наследственного таланта

Выше мы отметили, что ученые, работающие на переднем крае науки, проникающие за грань известного, часто полагаются на метод проб и ошибок (метод последовательного перебора) и наталкиваются на случайные открытия, которые не предусматривались никакими изначальными планами. Случайные открытия – еще один аспект научного поиска, опровергающий наследственную концепцию таланта, предложенную Ф.Гальтоном. Эти открытия, как правило, представляют собой находки, о которых ученый не думал, не догадывался и не мог догадываться; они – результат вторжения непредвиденных обстоятельств в ход эксперимента, в экспериментальную обстановку, которую нельзя «просчитать» во всех деталях. В молекуле ДНК исследователя, делающего случайное открытие, не записана информация об этих непредвиденных обстоятельствах. Думать иначе – значит, мистифицировать научное творчество.

В качестве примера рассмотрим открытие связи между электричеством и магнетизмом, сделанное в 1820 г. датским физиком Хансом Кристианом Эрстедом (1777-1851). Как известно, именно это открытие инициировало активные поиски Майкла Фарадея, завершившиеся обнаружением электромагнитной индукции – физического эффекта, обусловившего мощное развитие электротехники. А.С.Майданов в монографии «Методология научного творчества» [28] пишет: «Свое великое открытие Г.Эрстед сделал благодаря тому, что во время опыта, в котором он хотел продемонстрировать студентам способность электричества нагревать проволоку, **случайно** на нужном, вполне определенном расстоянии от проволоки и в определенном положении к ней оказалась магнитная стрелка. К этому прибавилась еще наблюдательность одного зоркого студента, который также **случайно** в

нужный момент посмотрел на компас и заметил, что стрелка поворачивается» [28, с.349].

Какой непредвиденный фактор вторгся в эксперимент Эрстеда, связанный с демонстрацией способности электричества нагревать проволоку? Магнитная стрелка (стрелка магнитного компаса), случайно оказавшаяся вблизи источника электрического тока и металлической проволоки. Помимо этого, важную роль сыграло еще одно непредвиденное обстоятельство: один из студентов случайно заметил поворот магнитной стрелки в момент включения электрического тока (сам Эрстед этого не заметил). Нужен ли был какой-либо природный талант, чтобы обнаружить, что электрический ток вызывает поворот магнитной стрелки, то есть порождает магнитное поле? Нет. Были ли в молекуле ДНК Эрстеда записаны сведения о непредвиденных обстоятельствах, позволивших сделать фундаментальное открытие? Нет. Тогда что дает нам право утверждать (как это делал Ф.Гальтон), что выдающиеся ученые имеют наследственный талант делать научные открытия?

10. Мог ли Ф.Гальтон самостоятельно осознать ошибочность своей концепции наследственной гениальности?

Чтобы правильно ответить на этот вопрос, нужно сначала ответить на другой: имелись ли в науке XIX столетия сведения, указывающие на возможность иного понимания природы гениальности? На этот вопрос мы отвечаем без какой-либо тени сомнения: да, имелись. Начиная с того момента, когда Ф.Бэкон опубликовал свой знаменитый трактат «Новый органон» (1620), ученые внимательно изучали историю научных открытий, а также методы мышления, применяемые при обработке эмпирической информации. Они понимали, что наблюдение и эксперимент – источник наших постоянно расширяющихся знаний, что метод проб и ошибок (иногда его называют «методом грубой силы») незаменим в новой области, где отсутствуют какие-

либо подсказки (ориентиры и указатели). Ученым, начиная с эпохи великих открытий Галилео Галилея, Иоганна Кеплера и Христиана Гюйгенса, было ясно, что индуктивное обобщение результатов эксперимента – наиболее эффективный путь прогресса науки, путь разгадки тайн природы. Кроме того, для специалистов, занятых научными исследованиями, не было секретом то обстоятельство, что некоторые открытия являются случайными (непреднамеренными). Например, еще Галилей знал, что голландские мастера-оптики случайно изобрели первые зрительные трубы, подсказав Галилею (знавшему законы оптики), как сконструировать телескоп. Готфрид Лейбниц, мечтавший о создании универсального алгоритма научного познания («универсальной характеристики»), знал, что Хенниг Брандт (1669) случайно открыл химический элемент фосфор. Лейбниц, переписываясь с Брандтом, настойчиво пытался выведать у него секрет получения этого элемента.

Если бы Ф.Гальтон предпринял попытку разобраться в методологических принципах, которыми руководствовался Исаак Ньютон, создавая «Математические начала натуральной философии» (1686), то он мог бы обратить внимание на следующее высказывание автора закона тяготения. Мы процитируем это высказывание, взяв его из книги С.И.Вавилова «Исаак Ньютон» [29]: «...Хотя аргументация на основании опытов и наблюдений посредством **индукции** не есть доказательство общих заключений, однако это – лучший путь аргументации, допустимый природой вещей, и она может считаться тем более сильной, чем более обща **индукция**» [29, с.91].

Но главные аргументы в пользу того, что выдающиеся ученые, делая открытия, пользуются при этом обычной человеческой логикой и, прежде всего, индукцией, Ф.Гальтон мог почерпнуть (если бы захотел) из трудов своих современников – Джона Стюарта Милля (1806-1873) и Джона Гершеля (1792-1871). Джон Стюарт Милль – автор известной книги «Система логики силлогистической и индуктивной» (1843). В ней он систематизировал и развил учение об индукции как о логическом средстве познания. Д.С.Милль

сформулировал правила индуктивных рассуждений таким образом, чтобы человек, использующий их, мог избежать ненужных ошибок. Речь идет о пяти его правилах, которые изложены в третьей части его труда, а именно в главе VIII «Четыре метода опытного исследования». Эти правила имеют следующие названия: 1) метод сходства, 2) метод различия, 3) соединенный метод сходства и различия, 4) метод остатков, 5) метод сопутствующих изменений.

Существенный вклад в изучение индуктивных стратегий обработки эмпирической информации внес Джон Гершель, сын знаменитого астронома Вильяма Гершеля (1738-1822), первооткрывателя планеты Уран. В 1831 г. Джон Гершель опубликовал книгу «Предварительные рассуждения, касающиеся исследования натуральной философии», в которой изложил правила умозаключений, применимые к ситуациям выявления причинных отношений. Эти правила опытного исследования причинной связи (число которых составило девять) эффективны применительно к объяснению отдельных природных явлений, хотя они могут способствовать открытию и общего закона природы. Д.Гершель подробно разобрал особенности индуктивного метода на примере выяснения причины образования росы, теория которой уже была разработана к тому времени.

Примечательно, что именно Д.Гершель подсказал Д.С.Миллю те правила индуктивных рассуждений, которые представлены в его сочинении «Система логики». Фактически именно в работе Д.Гершеля «Предварительные рассуждения...» (1831) содержались упомянутые правила, и Д.С.Милль откровенно говорил о своем предшественнике. А.Л.Субботин в книге «Концепция методологии естествознания Джона Гершеля» [30] отмечает: «Милль не раз ссылался на авторитет Гершеля в своей «Системе логики», а Уэвелл, посвящая Гершелю свою «Историю индуктивных наук», отмечает ту широкую популярность, которую приобрело его «прекрасное сочинение» [30, с.10]. Автор добавляет: «В своей «Системе логики силлогистической и индуктивной» Дж.Ст.Милль писал, что из всех известных ему сочинений

только в произведении Гершеля намечены вполне сознательно четыре индуктивных метода опытного исследования причинной связи, и что он поставил перед собой задачу изложить их с той полнотой, как они того заслуживают» [30, с.55].

Если бы Ф.Гальтон внимательно проанализировал труды Д.Гершеля и Д.С.Милля, ему оставалось бы лишь посетить несколько школьных классов и проверить, как дети выполняют задания, требующие провести дедуктивные и индуктивные рассуждения. Эта проверка позволила бы ему установить универсальность человеческой логики. Однако Ф.Гальтон не сделал ни того, ни другого. Вместо этого он стал применять к экзаменационным оценкам кембриджских студентов «закон уклонения от средних величин» Адольфа Кетле, усматривать эквивалентность между наследуемостью физических признаков (таких, как рост и цвет глаз) и наследуемостью умственных способностей. Он стал, как мы видели, тенденциозно рассматривать родословные выдающихся людей, выбрасывая из своей выборки гениев, не имевших талантливых родственников (как, например, Леонардо да Винчи).

Как отмечено выше, Ф.Гальтон использовал идею Ч.Дарвина о естественном отборе как движущей силе эволюции. Кузен Дарвина переносил эту идею в свою теорию наследственного гения (1869), полагая, что мы можем стимулировать браки между талантливыми людьми и тем самым целенаправленно увеличивать число выдающихся представителей нации. Однако было бы лучше, если бы Ф.Гальтон внимательно прочитал автобиографическую книгу Ч.Дарвина «Воспоминания о развитии моего ума и характера» [31], изданную в 1887 г. В этой книге Ч.Дарвин подробно описал историю своих открытий в области эволюции и резюмировал свой интеллектуальный путь следующими словами: «Я работал подлинно бэконовским (индуктивным – Н.Н.Б.) методом и без какой бы то ни было заранее созданной теории собирал в весьма обширном масштабе факты, особенно – относящиеся к одомашненным организмам, путем печатных

запросов, бесед с искусными животноводами и садоводами и чтения обширной литературы» [31, с.226]. Таким образом, Ч.Дарвин подчеркивал, что предпосылкой его успеха был терпеливый сбор огромного количества фактов и индуктивное обобщение накопленного материала. Достаточно сказать, что создатель теории эволюции пришел к идее естественного отбора по аналогии с искусственным отбором, осуществляемым человеком (аналогия – важный компонент индуктивной логики). К сожалению, Ф.Гальтон оставил без внимания эти обстоятельства творческого успеха своего двоюродного брата, хотя мог, изучив его блестящие индуктивные открытия, стать автором совсем другой теории – теории о средовой обусловленности гениальности (положив в ее основу идею об универсальности человеческой логики).

Литература:

1. Гелб М. Научитесь мыслить и рисовать как Леонардо да Винчи. – Минск: «Попурри», 2004. – 432 с.
2. Койл Д. Код таланта. Гениями не рождаются. Ими становятся. – М.: «Колибри», «Азбука-Аттикус», 2017. – 222 с.
3. Александров П.С. Лузинская математическая школа // Квант. – 1977. - № 10. – С.13-21.
4. Век Лаврентьева (сборник). Под ред. Н.А.Притвица, В.Д.Ермикова, З.М.Ибрагимовой. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2000. – 456 с.
5. Тихомиров В.М. Жизнь математика. Слово о друге, Владимире Михайловиче Алексееве // Математическое просвещение. – 2014. - Третья серия. - № 18. – С.5-31.
6. Колмогоров А.Н. Ученик об учителе // Вестник АН СССР. – 1984. - № 11. – С.101-102.
7. Ноздрачев А.Д., Пальцев М.А., Поляков Е.Л. и др. Нобелевские лауреаты по физиологии или медицине. – СПб.: «Гуманистика», 2019. – 884 с.

8. Шарф К. Двигатели гравитации. Как черные дыры управляют галактиками, звездами и жизнью в космосе. – М.: «Бином. Лаборатория знаний», 2014. – 265 с.
9. Гельфанд М.С. От науки – к интернет-играм: коллективное решение биоинформатических задач // Природа. – 2014. - № 11. – С.32-36.
10. Rosenzweig M.R., Bennett E.L., Diamond M.C. Brain changes in response to experience // Scientific American. – 1972. – Vol.226. – P.22-29.
11. Сузуки В., Фицпатрик Б. Странная девочка, которая влюбилась в мозг. – М.: «Альпина Паблицер», 2016. – 302 с.
12. Холлоуэй М. Зарядка для ума // В мире науки. – 2003. - № 12. – С.50-57.
13. Кандель Э. В поисках памяти. Возникновение новой науки о человеческой психике. – М.: «Астрель», 2012. – 735 с.
14. Уэйнбергер Н. Музыка и мозг // В мире науки. – 2005. - № 12. – С.71-77.
15. Maguire E.A. et. al. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers // PNAS. – 2000. – Vol.97 (8). – P.4398-4403.
16. Maguire E.A. et. al. London taxi drivers and bus drivers: A structural MRI and neuropsychological analysis // Hippocampus. – 2006. – Vol.16. – P.1091-1101.
17. Эрикссон А. Пул Р. Максимум. Как достичь личного совершенства с помощью современных научных открытий. – М.: «Колибри», 2016. – 336 с.
18. Филдз Д. Вещественность белого вещества // В мире науки. – 2008. - № 6. – С.38-45.
19. Бунге М. Интуиция и наука. – М.: «Прогресс», 1967. – 188 с.
20. Кляус Е.М., Франкфурт У.И., Френк А.М. Гендрик Антон Лоренц. – М.: «Наука», 1974. – 240 с.
21. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. – М.: «Наука», 1975. – 463 с.
22. Пойа Д. Математическое открытие. – М.: «Наука», 1976. – 448 с.
23. Пойа Д. Как решать задачу. – М.: «Учпедгиз», 1959. – 207 с.

24. Вейценбаум Дж. Возможности вычислительных машин и человеческий разум. – М.: «Радио и связь», 1982. – 368 с.
25. Финн В.К. Эволюционная эпистемология Карла Поппера и эпистемология синтеза познавательных процедур // сборник «Эволюционная эпистемология и логика социальных наук». – М.: Эдиториал УРСС, 2000. - С.364-424.
26. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: изд-во «Вильямс», 2003. – 864 с.
27. Орлов В. Трактат о вдохновенье, рождающем великие изобретения. – М.: «Знание», 1980. – 336 с.
28. Майданов А.С. Методология научного творчества. – М.: изд-во «ЛКИ», 2008. – 512 с.
29. Вавилов С.И. Исаак Ньютон. – М.: «Наука», 1989. – 271 с.
30. Субботин А.Л. Концепция методологии естествознания Джона Гершеля. – М.: Институт философии РАН, 2007. – 83 с.
31. Дарвин Ч. Воспоминания о развитии моего ума и характера // Дарвин Ч. Сочинения. Том 9. – М.: изд-во АН СССР, 1959. - С.166-242.