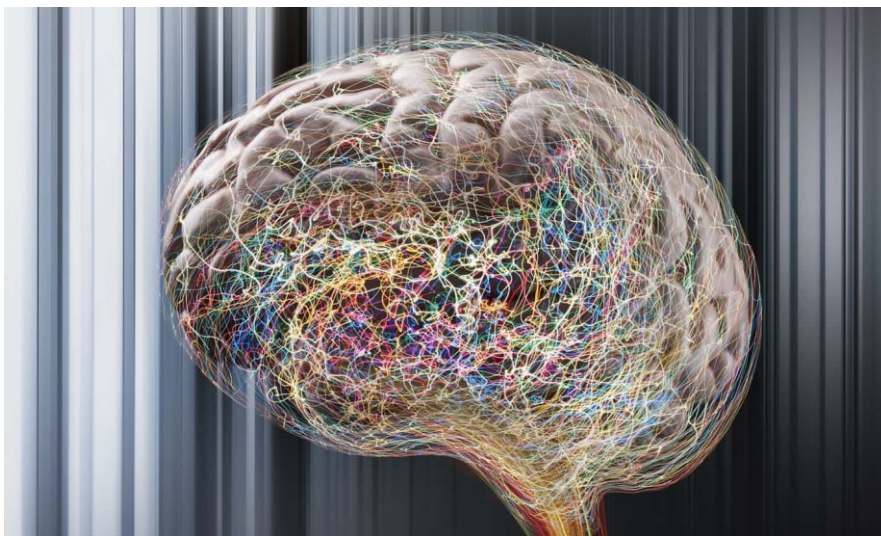


**Нейробиология, смена парадигмы:  
мозг предиктивен — формирует прогнозы**  
*Дискуссия нейробиологов в Институте биологии развития  
им. Н.К.Кольцова РАН*



К нейронаукам сейчас — взрыв интереса по множеству важнейших причин. Здесь взлет конкуренции ведущих лабораторий мира. Сюда в развитых странах направляется колоссальное финансирование. Результаты чрезвычайно важны разным областям медицины. С этим направлением тесно связаны исследования искусственного интеллекта. В нашей стране ситуация сложная: имеется очень высокая планка, поставленная политиками, имеется мощный научный багаж, пришедший от предшествующих поколений российских ученых, сегодня наши ученые проводят исследования на мировом уровне, но, одновременно, имеет место провал с оборудованием, с поддержкой аспирантов (т.е. с завтрашним днем) и еще ряд позиций отставания.

**О значении проблемы (по материалам заседания президиума РАН от 16 апреля с.г., вопрос «Нейронауки и здоровье нации»).** Из выступления члена-корреспондента РАН министра здравоохранения РФ В.И. Скворцовой. В головной задаче государства, как это отмечено Президентом РФ — сохранение народа, сохранение человеческого потенциала; важнейшее значение в структуре заболеваемости населения имеет целый патологический ряд заболеваний нервной системы и головного мозга — острые нарушения мозгового кровообращения, нейроонкологические процессы, деменция и другие нейродегенерации, нейротравмы, аутоиммунные заболевания. Интерес к нейробиологии вызван изучением структурно-морфологических возрастных изменений, динамики двигательных сенсорных, когнитивных функций; формирование речи, психоэмоциональных и поведенческих реакций. Особое значение — психическому здоровью нации. Поскольку достижения нейробиологии и нейропатологии очевидны, но, однако, мы по-прежнему далеки от понимания

многих важных процессов — была сформулирована подпрограмма по мозгу, которая шла в рамках программы «Фундаментальные науки — медицине».

Из выступления **президента РАН академика РАН А.М. Сергеева**. Давайте об этом прямо говорить — ситуация сейчас плохая. Член-корреспондент РАН Константин Владимирович Анохин сказал, что он в 2016 году был единственным представителем на мероприятии в ООН по созданию международной программы по нейронаукам. Один из России на 400 человек! Таков наш удельный вес, так ощущается в мире наше представительство — это то, что сейчас есть. И сильнейшее впечатление производит активность Китая в области нейронаук: в китайской программе кроме центрального направления есть еще два — нейродегенеративные заболевания, и вопрос, связанный с искусственным интеллектом. За несколько лет в Китае сумели рвануть вперед, как вы знаете, они клонировали обезьян. Сделали сейчас трансгенные модели нейродегенеративных заболеваний у макак.

В крупнейшем институте в Пекине больше двух тысяч человек занимаются искусственным интеллектом.

х х х

**Дискуссия в Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН** стала прямым продолжением разговора на заседании президиума РАН. Дискуссию усилило и то, что, так уж случилось, на этот момент вышла книга **«Пострефлекторная биология поведения»** под авторством двух профессоров РАН — д.б.н., главного научного сотрудника Дмитрия Антоновича Сахарова и д.б.н., ведущего научного сотрудника Варвары Евгеньевны Дьяконовой. Собрался полный конференц-зал Института. Варвара Евгеньевна рассказала о книге, о смене парадигмы, о современных идеях в нейробиологии. Выступили выдающиеся нейробиологи, целая группа экспертов — академик РАН Михаил Вениаминович Угрюмов, академик РАН Александр Григорьевич Асмолов, член-корреспондент РАН Андрей Валентинович Васильев, член-корреспондент РАН Константин Владимирович Анохин, член-корреспондент РАН Павел Милославович Балабан, д.б.н. Игорь Сергеевич Захаров — председатель ученого совета Института.

Приведем здесь некоторые высказанные точки зрения.



**А.В. Васильев.** Значение нейробиологических и нейрокогнитивных исследований переоценить очень трудно, почти невозможно — результаты этих исследований могут приводить к самым разным последствиям. Речь идет, прежде всего, о понимании самих себя, о понимании собственного мозга как функции и возможности, которые до сих пор в полной мере не раскрыты. Любопытно: в исследованиях мозга мы приближаемся к пониманию и при этом, одновременно, отдаляемся от понимания. Существуют еще значительные «черные дыры» в нашем понимании — в механизмах формирования, наследования сознания и поведения, во вкладе генетического и эпигенетического, природного и социального. С одной стороны, нейрофизиология основывается на развитии нейрохимических принципов, соответственно, для регуляции этих систем очень важна разработка новых медикаментозных средств терапии, диагностики, профилактики, управления нейрофизиологическими процессами. С другой стороны, с развитием искусственного интеллекта открываются вызовы и перспективы: надо знать, что такое искусственный интеллект — границы и возможности его применения, развития, перспективы.

Мы стоим на пороге очень крупных революционных событий, которые переменяют общество, и, вероятнее всего, эти события произойдут в двух областях. В области изменения в материальной основе жизни — в ДНК, в геноме, в его редактировании. А вторая область, где будут революционные перемены — интеллект, сознание, когнитивные способности, мозг. Мы получим совершенно новую жизнь, где есть возможность манипулировать: с одной стороны, манипулировать ДНК, а с другой — манипулировать сознанием, что даже более важно, чем ДНК. Грядут изменения наших воззрений и наших позиций в области формирования сознания и поведения. Сегодня наука становится очень технологичной, становится производственной силой, она дает новые материалы, новые результаты, новые технологии, которые быстро подхватываются промышленностью и

оказываются внедренными в нашу жизнь. Это — мировой тренд, так надо. Но этот подход, хоть он и замечательный, ущербен тем, что не остается времени на осмысление, на обобщение, на борьбу идей, рождение новых идей. А наука в России всегда была уделом романтиков, людей интеллектуальных, для которых нужно было что-то понять, что-то объяснить — для самих себя, в первую очередь. И хотя страна далеко не всегда прислушивалась к интеллектуалам, они, все-таки, находили возможность как-то влиять на развитие общества через творческую деятельность.



**М.В. Угрюмов.** Попытки понять, как работает мозг, идут еще от Декарта — здесь много философского, естественнонаучного. Пытаются смоделировать как работает мозг — сейчас это называется искусственный интеллект, хотя он уже мало имеет общего с мозгом: также как интеллектуальные материалы, из которых делают суставы, отличаются от природных суставов — примерно такое же сходство. В идее смоделировать работу мозга парадигма состояла в том, что вся передача информации в нервной системе идет по принципу «да-нет». И далее нервными импульсами идет передача информации. И тогда думали, что это все, что есть в нервной системе, т.е. все очень просто — и вокруг этого строились концепции. Но потом генеалогия нейрона сотворила новую парадигму: возникли новые методы и было показано, что один нейрон может синтезировать огромное количество медиаторов нейротрансмиттеров. Оказалось, что нейрон — это «полиглот», удалось показать в нейроне шесть трансммиттеров, может, и больше. Дмитрий Антонович Сахаров в этом отношении шел наравне с ведущим в этом отношении коллективом королевского института Томаса Хопфильда. Стало понятно: моделируя работу мозга, приходится настолько упрощать входные математические данные, что потом, когда уже модель есть, она ничего общего не имеет с самим мозгом. И Дмитрий Антонович от этого отказался, и, насколько я понимаю, на Западе моделирование мозга, создание искусственного

интеллекта идет по совершенно другим принципам. Это был скачок, и Дмитрий Антонович тут сыграл очень важную роль.

Сколько существует философия, сколько существуют естественные науки — все время человека интересовало: каковы они — механизмы сознания. Много людей эти слова произносят, но практически ничего не понятно, что там, в сознании происходит. Потому, что до сих пор отсутствует методология, с помощью которой мы можем подойти к решению этой задачи. При отсутствии методологии есть какие-то отдельные слова, отдельные факты, желание себя немножко показать, но концепции нет. Известны китайские опыты по трансфекции генов человека в развивающийся мозг обезьяны, т.е. — как бы включить элементы сознания человека в мозг обезьяны. Этот очень важный подход к новой идеологии был воспринят американцами в штыки — американская наука при всем ее величии чрезвычайно консервативна и инертна. Мне кажется, что сейчас люди подбираются к тому, чтобы создать такую методологию, приближаются к пониманию того, как работает сознание. Мое внимание привлек факт, что в нейронах чаще всего возникают мутации, связанные с его пластичностью — я так понимаю, что эти мутации не спонтанные, имеют какой-то направленный характер.

В науке самое главное — смена парадигмы, качественный скачок развития науки. Идет количественное накопление конкретной информации, конкретных фактов и затем появляется некий ученый, который может это осмыслить и увидеть в этом же новое качество (то, что количество переходит в качество, никто отрицать не может). По сравнению с XX веком в нашем веке скорость смены парадигм колоссально увеличивается. В первой половине XX века развитие идей шло очень медленно, первые серьезные концепции были созданы, когда сделали импрегнацию серебром нейронов мозга. В чем была гениальность? Результатов никаких. Но Кахаль создал концепцию работы мозга, которая до сих пор подтверждается на молекулярном уровне. Сейчас идет колоссально быстрая разработка новых методических подходов, идет вал фактов. Самым же большим ограничением сейчас является мозги — для каждого накопления набора фактов должен появиться свой «Эйнштейн», который может все это ассимилировать, создать новую парадигму, и тем подбросить науку на новый уровень. Вот это — основное ограничение сегодняшней скорости возникновения новых парадигм. Такая успешная попытка делается как раз Дмитрием Антоновичем Сахаровым — создание новой парадигмы.





**И.С. Захаров.** Назрело изменение парадигмы в восприятии механизмов работы нервной системы — во главу угла ставятся уже не конкретные связи между конкретными нейронами, а химическое взаимодействие таких отдельных нервных элементов, каждый из которых является самоуправляемым организмом. Рассмотрение нервной системы как сообщества взаимодействующих клеток, устанавливающих между собой связи — это сильно отличается от принятого рефлекторного взгляда, где происходит движение сигналов по цепочке нейронов. Новая концепция довольно давно развивается, но она очень плохо принимается классическими нейрофизиологами. Однако сейчас накапливаются все больше и больше экспериментальных материалов, с которыми уже трудно не согласиться. Это означает, что в нейрокомпьютерную сферу нужно закладывать другие принципы, другие механизмы — начиная от «технологий», которые употребляют нервные клетки как элементы в своей конструкции, вплоть до рассмотрения принципиальных основ организации психологии: человека, птицы, животного. Книга как раз формулирует основные экспериментальные положения, которые подтверждают изменение парадигмы и формулирует эту новую парадигму организации нервной системы.



**В.Е. Дьяконова.** Вопросы нейробиологических и нейрокогнитивных исследований важны и для нейробиологов, и для психологов, и для тех, кто думает, как организовать общество и систему образования в стране. Самое важное, что мы попытались донести в книге — представление о том, что мозг предиктивен, т.е. то, что мозг формирует прогнозы. А также то, что сейчас уже существуют хорошая база для изучения — как эти прогнозы могут реализовываться на уровне клеточных механизмов. Есть возможность переходить от умозрительных представлений к анализу клеточных механизмов. Используя простые (и не только простые) модели уже можно в настоящее время такие работы делать на млекопитающих.

Есть важные направления, которые совершенно не в одинаковой степени сейчас взошли на пьедестал современной нейробиологии. В последние годы исследователей стало активно интересовать — каким же образом мозг формирует прогнозы, как нервная система готовится к неизвестности. Данный вопрос уже безусловно признан, с ним работают практически все современные нейробиологи, они говорят либо о предупреждающих связях, либо о прогнозировании. Однако, если прогноз единственный, который может сформировать мозг о будущем, то, получается, он ничего не может спрогнозировать, когда его ждут перемены, неизвестность. Наконец, очень важно — чем все это оплачивается? Вот эти два вопроса, пожалуй — «фирменные» темы нашей группы, нашей лаборатории.

В 2016 году высокорейтинговый научный журнал опубликовал: сенсацией года стало понимание того, что мозг не реактивен, а предиктивен! Это означает, что мозг старается, в первую очередь, предсказывать события, а уже затем реагирует на него. Как шли к такому пониманию — это долгая история (в книге Дмитрий Антонович Сахаров об этом рассказывает). Была точка зрения, что активность генерируется мозгом лишь в небольшой зависимости от внешних стимулов — стимулом для работы мозга никак не является внешний толчок, внешний фактор, внешнее возбуждение. Одним из

первых, кто заговорил об эндогенной природе активности мозга, был средневековый философ Декарт: возбуждение вызывается не извне, а изнутри.

Следующий долгий этап в развитии нейрофизиологии характеризовался электрической и рефлекторной парадигмой, можно перечислить имена ученых, которые работали в этом направлении. В том числе знаменитый Шеррингтон, который обосновал представление о рефлекторной дуге. Однако именно с этим представлением мы как раз и спорили. Всегда поведение рассматривалась как нечто, являющееся отражением внешнего сигнала. Однако такое представление предполагает, что если внешнего сигнала нет, то ничего и не будет, т.е. что в такой ситуации нервная система и мозг не способен ни к какой собственной внутренней активности. Этологи, занимаясь полевыми исследованиями, были первыми, кто стал оспаривать это представление. История развития нейробиологии поведения знает острые споры на этот счет, этологи, наблюдая за естественным поведением животных, показывали, что в поведении могут высвобождаться какие-то моторные мотивационные программы — без внешнего сигнала. То есть внешний сигнал может служить неким «релизингом», высвобождающим стимулом, но при этом программа генерируется изнутри и может высвобождаться независимо от этого внешнего стимула.

Но уже очень скоро, в 60-е годы XX века, появилась нейроэтология, она уже поставила точку в этом споре, просто, к сожалению, это долго не осознавалось современниками. Этологи стали работать с изолированным мозгом, с изолированной нервной системой и обнаружили, что независимо от органов чувств, независимо от моторной периферии есть внутренняя эндогенная активность, которая, на самом деле, соответствует той активности, которую мы можем наблюдать и у целого животного. Моторная программа — это, например, жевание, локомоция и все остальные. Они «защиты» в нервной системе и она способна генерировать правильный ритм, формировать некоторую внутреннюю модель того внешнего поведения, которое потом реализуется.

Очень скоро стало развиваться представление, которое изучает уже реальные клеточные механизмы в организации этих ансамблей нейронов, которые, собственно, и отвечают за эндогенную генерацию моторного поведения. Это так называемые центральные генераторы паттерна, которым в книге уделяется внимания больше всего. — Как они организованы, как они работают, какую роль играют в нервной системе, в том числе, и в мозге? Это — ансамбль нейронов, связанных между собой, который способен генерировать модель внешней активности, независимо от периферии, как сенсорной, так и моторной. Хотя сигналы с периферии в реальном мозге живого организма, конечно, учитываются, они могут корректировать этот ритм, но сам по себе этот ритм, эта программа может работать независимо от них.



Следующий очень важный аспект связан с химией мозга, с тем, какую роль играют трансммиттеры в организации центральных генераторов паттерна, в перестройках, изменениях, какую роль играет разнообразие нейронов, почему важно, что нейроны разные, а не одинаковые. Почему важно, что трансммиттеров много, и какую роль играет т.н. несинаптическая секреция, безадресная секреция нейротрансммиттеров в организации этого поведения. Основоположником этого направления был член-корреспондент АН СССР Хачатур Седракович Коштойац, учитель Дмитрия Антоновича. Сейчас центральный генератор паттерна можно рассматривать как опытную площадку, на которой вырабатывается новое представление о том, как работает реальный биологический мозг, и многие авторы склоняются к мысли, что очень многое в нервной системе устроено по принципу центральных генераторов паттерна. Центральный генератор паттерна, по сути, и есть некоторая внутренняя модель того, что происходит снаружи, и того, что организм собирается делать в этой внешней среде.

Почему интересно забираться в область прогнозирования с осознанием, как устроены реальные нейроны, как формировалась нервная система в эволюции, как появлялись синусы, какую роль играет межклеточная среда и нейромодуляция? Почему важно понимать, что программа генерируется «эндогеном»? Потому что прогнозирование это, по сути, построение внутренней модели внешних событий. Это — не мое соображение, я здесь очень грубо высказываю некоторые существующие на сегодняшний день математические и физические идеи — каким образом мозг прогнозирует. Но мы, как биологи, знаем, что есть такие внутренние модели в нервной системе. И, по сути дела, центральный генератор паттерна — это и есть ранее в эволюции сформированная внутренняя модель того, что происходит снаружи. Да, они касаются собственной активности животного, но, тем не менее, это полноценные внутренние модели, которые могут существовать без всяких внешних сигналов. А, кроме того, сейчас мы уже знаем, что информацию о том, что животное собирается делать, т.е. такую внутреннюю модель, в центральный генератор могут посылать и сенсорники. Т.е., действительно, это та самая внутренняя модель, которую мы пытаемся найти, когда речь заходит о прогнозировании.

Но все, кто знаком с эволюцией, знают, что биологические системы очень редко изобретают что-то новое, они очень любят использовать то, что уже когда-то было изобретено и каким-то образом это либо подстроить, либо совершенствовать. Ансамбль, который отвечает за уже сформированный прогноз, будет иметь сходство с центральным генератором-паттерном. А вот как формируется такой прогноз, как формируется такой ансамбль — это и есть задача для современных и для будущих нейробиологов. Здесь представления, которые уже накоплены при изучении центрального генератора паттерна — зная механизмы их перестроек, разделения ансамбля на маленькие объединения, переформатирования — окажутся очень и очень полезными.

Мне кажется интересным вопрос, которому мы, нейробиологи, пока очень мало уделяем внимания. Мы что-то умеем прогнозировать — т.е. можем подготовиться. Но что если единственный прогноз про будущее — это то, что ждут перемены? Умеет ли нервная система каким-то образом к этому готовиться? Можно ли это как-то изучать? Для человеческого общества это актуально, а есть ли такое у животных? Думаю — конечно, есть. Допустим, животное — по собственной или не по собственной воле — перемещается в новую среду: в этой новой среде бесполезно помнить, что было в прошлой ситуации. А нужно быть умным, улавливать некоторые общие закономерности, понимать, что, например, куст — это укрытие, причем, это не тот куст, к которому животное привыкло, а иной, и за ним, может быть, хищник — то есть это активация когнитивных функций. Мы увидим активацию нейрогенеза, когда заставляем животных интенсивно бегать. Интересно и то, что такая реадaptация к новизне может вызывать упреждающее подавление негативных последствий стресса, вызванного новизной, потому что неожиданная новизна это совсем не то же самое, что новизна, к которой вы готовы. Т.о. поведенческое состояние часто противоположно.

Мозг старается быть предикативным, но все еще непредсказуем. Скажу о совсем недавних исследованиях коллег, которые хотели посмотреть, что же такое «реплей» — знаменитое проигрывание в гиппокампе. Известно, что животное, когда бежит по какой-то территории, запоминает траекторию, оно формирует некоторую карту в гиппокампе в виде активности нейронов и потом, когда находится в покое, эту карту умеет проигрывать. Научили мышей добывать сыр, бегая либо все время налево, либо все время направо. И они эти два пути очень хорошо выучили — действительно, сформировали карту, а идея была научить их еще чередовать: сегодня беги налево, а завтра направо. А мы посмотрим, что проигрывается в гиппокампе, чтобы понять что же это такое — память или прогноз? Чему соответствует та картинка, которую мы увидим в гиппокампе? Оказалось, что мыши очень здорово выучивают путь налево-налево или направо-направо, но часто путаются, в какой день куда ходить. Но зато это было удобно, чтобы посмотреть — чему соответствует проигрывание в гиппокампе. И — та самая непредсказуемость мозга: оказалось, что то, что там проигрывается, не соответствует ни памяти, не прогнозу в чистом виде, потому что проигрывали мыши в гиппокампе ровно то, что они не делали потом. То есть если гиппокамп шел налево-налево-налево, то животное бежало направо-направо-направо. Я сказала о результатах, которые еще только готовятся к печати. Мозг интересно изучать потому, что даже когда мы думаем, что представляем, что там происходит, он преподносит очень интересные сюрпризы. Мыши умеют каким-то образом проигрывать нежелательной путь, но это только пока интерпретация, на самом деле — мы не знаем, что это такое.

И, наконец, чем все это оплачивается? Говоря о прогнозировании при адаптации к новизне, к новой среде, мы рассматривали факторы, которые

подстегивали когнитивную эволюцию, стимулировали быть умным, потому что выгодно прогнозировать. А чем дальше ты спрогнозировал, чем больше ты всего учел, тем лучше. В общем, все это только стимулирует нас и животных, чтобы быть более умными. Но, тем не менее, ни мы, ни животные обычно не используем когнитивный потенциал в полной степени и наши представления о когнитивной эволюции неправильные до тех пор, пока мы не понимаем, чем все это оплачивается.

Так, есть ли эта плата? Расплачивается ли чем-то нервная система, организм за активацию когнитивных функций? На самом разном уровне проявления этой платы есть. Мы знаем, что нейроны «платят» мутациями в собственном геноме. Мутаций в генах нейронов накапливается на порядки больше, чем в обычных клетках. Причем, накапливаются они в тех нейронах, которые активно работают, и в тех генах, которые чаще экспрессируются. И почему об этом мы знаем? Потому что, действительно, нейроны обладают более высокой метаболической активностью, нейроны чаще, чем другие клетки, перестраивают свой генетический аппарат, постоянно занимаются тем, что нечто «перекручивают, раскручивают». Это — пластичность, вся когнитивная деятельность связана с тем, что генетический аппарат необходимо перестраивать, чтобы менять экспрессию. Эти данные есть на генетическом уровне, на уровне организма мы тоже видим негативные последствия.

Если начнем отбирать животных по их способности решать какие-то задачи и даже просто обучаться, то оказывается — и у мышей, и у крыс, и у мух-дрозофил мы видим довольно высокую плату: они меньше живут, они хуже размножаются, они менее устойчивы к стрессу, они не способны отстаивать свою позицию в конфликтах с рядовыми особями своей популяции. И, наконец, в последние годы все чаще говорят о том, что и в человеческом обществе, которое, на самом деле, создает большие преференции для носителей высокого интеллекта, мы все чаще сталкиваемся с проявлением «платы». По связи детского IQ (интеллектуального фактора) с предрасположенностью к биполярным расстройствам некоторые авторы статей делают вывод, что высокий IQ в детстве фактически может быть маркером биполярных расстройств во взрослом возрасте.

По совсем свежим данным, удивительно высокий уровень беспокойства и депрессии обнаружен в популяции молодых ученых — когда сочетается высокоинтеллектуальная нагрузка и высокая степень неопределенности в будущем. Именно в этой популяции молодых ученых имеет место очень высокий уровень беспокойства и депрессии. Такие работы сегодня появляются все чаще. Итак, до тех пор, пока мы не очень хорошо представляем, чем все оплачивается, мы не только имеем неверные представления о когнитивной эволюции в прошлом, но плохо можем спрогнозировать и собственную когнитивную эволюцию. А очевидно, что

наша когнитивная эволюция сейчас пойдет очень-очень быстро, в том числе — за счет взаимодействия с искусственным интеллектом.

## **О завтрашнем дне в нейронауках**

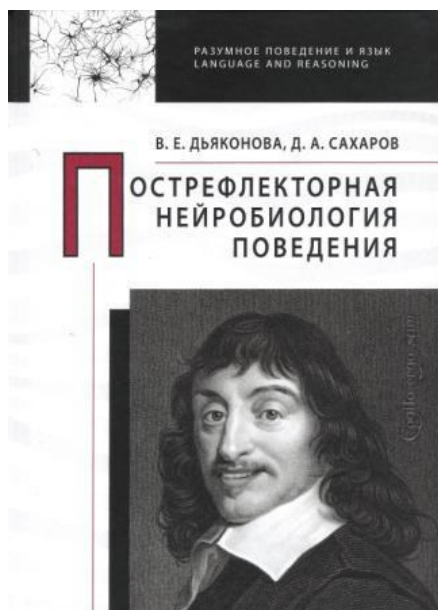
**А.М. Сергеев (на заседании Президиума РАН).** Важное направление — наши математические и информационные технологии, которые достаточно существенно присутствуют в мировой исследовательской активности. Конечно, не все понятно, каким образом приступить к программе нейросайенс, но каким-то образом это обязательно делать надо. Чтобы смоделировать 1 куб. миллиметр мышинного мозга, должен быть использован много-много-петафлопсный компьютер. С этой точки зрения, я предлагаю, чтобы в наших программах по нейронаукам суперкомпьютеры были прописаны — сейчас хорошее время обосновывать в руководящих инстанциях необходимость в мощном суперкомпьютере именно через вопросы, связанные с моделированием мозга.

Наконец, у нас в стране есть неплохие IT-е компании, которые смотрятся вполне достойно и на мировом уровне. На это надо опереться — ведь в современном обществе развитие научных направлений невозможно без поддержки их со стороны реальной высокотехнологической промышленности.

**И.С. Захаров.** Уже есть работы, связанные с реализацией новых идей не столько в металле, сколько в программах — уже целое математическое направление.

**В.Е. Дьяконова.** В последние годы мы много сотрудничаем с математиками из Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, постоянно интеллектуально друг друга обогащаем, уже есть плоды такого взаимодействия. Они тоже увлеклись идеями и пытаются их формализовать, вывести их на язык формальной науки.

## О книге



**А.В. Васильев.** Эта книга «Пострефлекторная нейробиология поведения» появилась во многом благодаря инициативе и поддержке академика Александра Григорьевича Асмолова, за что мы чрезвычайно благодарны. Книга объединяет, на мой взгляд, то, что далеко отстоит друг от друга: в ней дана попытка объединить, интегрировать теорию рефлексов, нейробиологические исследования, регулирование поведения. В независимости от нейробиологического и нейрофизиологического смысла, которые в книге есть, она является ярким примером философского, романтического, творческого понимания науки — эту научную книгу читаешь как высокую литературу. В ней намечен мостик к когнитивным исследованиям — есть анализ проблем сознания, с которыми мы сталкиваемся сегодня все больше и больше. Кстати, и коллективное сознание или коллективное поведение — это тоже активно исследуемая область, но она до сих пор не понятна.

### Где мы?

**В.Е. Дьяконова.** В книге Дмитрием Антоновичем представлены замечательные исторические работы, посвященные научным достижениям наших соотечественников — предшественников, это очень интересный рассказ.

**А.В. Васильев.** Мы должны понимать, что в нашей стране нейробиологические и нейрофизиологические исследования в свое время шли даже с опережением мировых трендов. Дмитрием Антоновичем Сахаровым рассказано в книге о том, как были выполнены основные нейробиологические исследования в нашей стране, кто внес максимальный вклад, в частности, описываются исследования члена-корреспондента Х.С.Коштоянца и академика Т.М.Турпаева, которые внесли грандиозный



вклад в развитие нейрофизиологии, но, к сожалению, этот вклад забыт и часто они не упоминаются в мировой литературе.

**В.Е. Дьяконова.** Сейчас ситуация в нейробиологии очень похожа на то, что происходит в других областях российской науки: мы не отстаем интеллектуально и во многих вопросах мы опережаем, но методологически в настоящий момент мы отстаем, и очень серьезно. Потому что современная нейробиология без оптогенетики просто немыслима, а у нас можно по пальцам пересчитать институты, в которых эта методика есть и работает. Речь об оборудовании — в первую очередь. Хотелось бы, чтобы мы делали эти работы дома, а не выезжали непременно в заграничные лаборатории.

У нас есть очень хороший научный потенциал, который нужно развивать, компенсировать тот ущерб, который, конечно, был нанесен науке нейробиологии за прошедшие 20 лет. Ситуация, все-таки, поправима и сейчас необходимо заниматься тем, чтобы, прежде всего, вкладывать в молодежь. Почему такие низкие стипендии у аспирантов? Аспиранты — это основная «рабочая сила» сейчас в академических институтах, в том числе и в нашей лаборатории, но мы с трудом находим дополнительные средства, чтобы поддерживать аспирантов. Государству надо думать о том, как сделать для ученых жизнь комфортной, как обеспечить им достойную работу дома т.е. в нашей стране.

**А.В. Васильев.** Проблем в этой области очень и очень много, есть совершенно фантастические, загадочные и к каким эффектам приведут наши исследования, даже трудно предположить. Я бы даже сейчас говорил не об искусственном интеллекте, поскольку мы многого не знаем о формировании собственного интеллекта, собственного поведения. Сейчас появляется много литературы о наследовании интеллекта, о наследовании сознания, наследовании поведения. Как из физиологических, электрических, химических реакций складывается мир души, мир сознания, как появляется сознание, как появляются свойства личности, личностные характеристики? В Институте есть большой блок нейробиологических нейрофизиологических исследований. У нас в стране есть сложившиеся школы, поэтому, считаю, эти исследования должны проводиться скоординировано, сбалансировано, нужна какая-то программа Академии наук по этому поводу.

Сергей Шаракшанэ