

## **Принцип минимальности и деятельность мозга<sup>1</sup>**

Трудность научного познания человеком материальных основ, принципов и механизмов своей мозговой деятельности обусловлена рядом причин. Одной из главных является огромная сложность мозга (головной мозг содержит около 86 млрд. нервных клеток, каждая из которых может иметь до 10 000 контактов с другими клетками, так что количество связей исчисляется сотнями триллионов [Анохин 2013, С.84]). Кроме того, в настоящее время отсутствует даже приблизительное понимание природы сознания и сопровождающих его процессов - представления, воображения и др., в том числе из-за неощутимости носителя мысли (мозг оперирует «чистой» информацией, не ощущая ее носителя - инвариантность информации к своему носителю [Дубровский 1983]) и недоступности для сознания важнейшей связанной с ним составляющей – подсознания (где, как предполагается еще со времен Гельмгольца (1890 год), и происходит основная обработка информации). Наконец, сама постановка задачи познания мозга посредством самого мозга представляется некорректной, поскольку предполагает сначала познание внешнего мира и создание в мозгу его модели, что само по себе парадоксально, поскольку «мозг находится в мире, а мир находится в мозгу» [Лекторский 2011, С. 8]. И только потом через посредство осознанно сформированной субъективной модели внешнего мира человек в терминах этой модели начинает пытаться описать объективные процессы в мозгу. Здесь уже получается еще более сложный и неоднозначный процесс: мозг+мир → субъективная модель мира → объективная модель мозга, успех которого зависит от степени «сближения» мозга с миром, адекватности представлений о мире. Отметим, что некорректность решения этой задачи определяется и идеей неполноты Геделя.

Цель данной статьи – попытаться с научных позиций<sup>2</sup> донести до исследователей мозга идею о наличии одного важного природного методологического принципа – *принципа минимальности* как надежной опоры для определения направлений поиска ответов на вопросы о том, как может и должен работать мозг, для приближения к созданию теории мозга.

Основное содержание статьи представляет собой философское обобщение размышлений и идей ее автора, а также идей других исследователей с подтверждающими примерами из различных областей знания. К сожалению, в одной статье оказалось невозможно (прежде всего, по причине ограниченности разрешенного объема статьи) изложить желаемо полно результаты своих исследований и сослаться при этом на труды многих известных ученых и

---

<sup>1</sup> Статья опубликована в книге «150 лет «Рефлексам головного мозга». // Сборник научных трудов юбилейного симпозиума, посвященного изданию статьи И.М. Сеченова «Рефлексы головного мозга». – М.: ИИНТЕЛЛ, 2014. – 432 с., С. 291...316.

<sup>2</sup> Как известно, знание научно, если оно, прежде всего, основано на фактах (эмпиричность), позволяет получить одни и те же результаты в одинаковых условиях (воспроизводимость), может быть логично встроено (как частный или более общий случай) в существующую научную модель мира, а также обладает предсказательной способностью.

известные научные факты, имеющие отношение к рассматриваемой проблеме. Следует также отметить, что поскольку автор не является профессиональным философом, то он не ставил своей задачей ни определение соответствия материала статьи тому или иному существующему философскому направлению, ни заявление о формировании нового направления, предпочитая «не умножать сущностей». При этом автор с большим уважением относится к философии как к универсальной технологии осуществления междисциплинарного диалога и разрешения противоречий, интеграции знания и его обобщения, разделяя известную идею о том, что обобщение - сущность познания.

Исходной предпосылкой для написания статьи явилось известное (в том или ином виде) и заманчивое предположение о существовании единых и достаточно простых принципов и следующих из них законов построения и функционирования природы, которым подчиняются все материальные объекты на всех условно введенных человеком для проведения научного анализа пространственно-временных (микро, макро и мега) и структурных (физические, биологические, социальные системы) уровнях ее организации, знание которых может способствовать пониманию сущности и механизмов работы природы и ее элементов, в том числе и деятельности мозга человека. Выявлению этих принципов сегодня мешает фрагментарность наших знаний, вынужденное разделение науки на «отрасли», «научные специальности», «дисциплины», что не позволяет «за деревьями увидеть лес», сформировать целостное видение, целостную модель природы. Для понимания этих принципов и законов требуется интегрированный, междисциплинарный подход (может быть, в рамках некой «неофилософии», «метафилософии», «общей философии»), который смог бы объединить идеи и достижения различных научных направлений и дисциплин, чтобы далее ... начать очередной новый цикл дифференциации-интеграции знания.

Основанием для принятия такого предположения является наблюдаемое единство и целостность<sup>3</sup> природы, похожесть геномов живого, повторение в живом общих структур (в частности, клеточного строения), единство химического состава неживого и живого и сложность проведения в научном плане грани между живым и неживым, справедливость одних и тех же математических уравнений и моделей для описания разных природных процессов, интуитивная уверенность многих ученых в существовании и простоте принципов мироздания, обеспечивающих гармонию природе и красоту ее восприятия<sup>4</sup>. Из единства мира и всеобщей связи следует идея аналогии: раз все связано, оно должно отражать друг друга и, отражая (неся в своей структуре информацию об отражаемом), повторять. При этом речь не идет о редукции сложного живого к простым физическим или химическим процессам. Да, живое состоит из тех же химических элементов, что и неживое, и потому физические и химические законы применимы также и к живому на соответствующем уровне описания. Но живое, как более высокий системный

<sup>3</sup> Целостность – основной признак любой системы, имеющий следствием наличие у системы эмерджентных (системных, сверхаддитивных) свойств, не сводимых к свойствам составляющих эту систему элементов.

<sup>4</sup> К различным вариациям этой идеи обращались многие известные личности: «Простота – наивысшая изысканность» (Леонардо Да Винчи), «Природа довольствуется простотой» (Исаак Ньютон) и др.

уровень развития, имеет свои, присущие только ему, принципы и законы. Эти принципы и законы действуют на уровне живого, не отменяя, а дополняя действующие как на уровне живого, так и на уровне неживого физические и химические принципы и законы.

К одному из таких важнейших методологических принципов, обоснованию и анализу которого применительно к деятельности мозга посвящена статья, автором отнесен **принцип минимальности (ПМ)**. Впервые к ПМ автор обратился более 10 лет назад [Бугаков 2000, 2001] применительно, прежде всего, к информации, рассматривая проявление этого принципа как «минимальность вещества-энергии в минимуме пространства-времени», что вытекает из интегрирующей и направляющей функции информации по отношению к веществу-энергии и ее инвариантности к своему носителю и имеет следствием миниатюризацию средств обработки информации<sup>5</sup>.

ПМ базируется на идее (предположении) о том, что природа – «великий эконом» и ***все, что происходит в природе, совершается при минимуме затрат природных ресурсов***. Более того, все, что природа могла бы делать, но не делает, также связано с «экономией» (она не делает чего-либо, если без этого можно обойтись), а нахождение своих (природных) объектов в состоянии «неделания» также сопровождается минимальными расходами. И, наконец, все, что она уже сделала, не только связано с минимизацией затрат на это «делание», но и с их экономией в будущем (в процессе функционирования и развития этого «сделанного»). Именно поэтому, если в природе что-то хорошо работает, то эта «хорошесть» воспроизводится, тиражируется, как правило, на всех структурных уровнях (никакой одушевленности природы и наличия у нее некой «цели» из изложенного не вытекает, ибо эти идеи уже известны науке в виде отдельных физических, химических, биологических и психологических фактов). И именно поэтому «как наверху, так и внизу». Природа не делает лишнего, не умножает «природных сущностей» без необходимости, постепенно формирует лучшее, сообразуясь с затратами. Кажущаяся «расточительность» природы на многообразие видов, дублирование и резервирование элементов в конечном итоге обеспечивает ту или иную минимальность.

Эту идею минимальности расходования ресурсов подтверждают и рассуждения Маркуса о «клудже» (нелепой, но достаточно эффективно работающей в конкретных условиях конструкции) применительно и к телу, и к мозгу человека [Маркус, 2011]. Вряд ли можно согласиться со всем, что утверждает автор. Однако логика в его рассуждениях о том, что природа не стремится к совершенству и, вынужденно создавая новое на основе того, что уже есть, оставляет жить не обязательно лучшее, но то, что работает (а это может быть как совершенный результат, так и «так себе»), конечно же, есть: «Природа склонна создавать клуджи, так как ей нет дела до того, насколько совершенно и прекрасно ее произведение: если оно работает, то размножается. Если не

---

<sup>5</sup> Интересно, что на запрос «принцип минимальности» Интернет на конец 2013 выдает такие его частные проявления как «минимальность термодинамических потенциалов» (в состоянии теплового равновесия свободная энергия и термодинамический потенциал тела минимальны), «минимальность эволюционного шага» А.И. Вейника, а также специфические идеи из области информатики и лингвистики, права, государственного контроля и даже бухгалтерского учета.

работает, то умирает» [Маркус, 2011, С. 17]. Действительно, у природы в процессе эволюции живого при формировании новых функций нет возможности «разобрать» организм на «детали» и вновь собрать их заново оптимальным образом, выбросив «лишнее», ибо жизнь не останавливается. Действительно, идя маленькими шажками, природа способна попадать в локальные экстремумы, не достигнув глобальных. Но у природы есть время и опыт созидания, чтобы выбраться и локальности и дойти до лучшего. К тому же так ли нужно всегда самое лучшее? Ведь известно, что лучшее проявляет себя в более узких условиях, так что робастность зачастую гораздо важнее оптимальности, а живучесть - эффективности. И в этом – тоже минимальность.

К тому или иному варианту этой идеи обращались многие исследователи. Еще, как считают, Аристотель говорил: «Природа ничего не делает напрасно и во всех своих проявлениях избирает кратчайший или легчайший путь». Наиболее близким частным вариантом ПМ является *принцип наименьшего действия* (ПНД), происхождение которого связывают с П. Мопертюи, который в 1746 году изложил его в следующей общей версии: «Когда в природе происходит некоторое изменение, количество действие, необходимое для этого изменения, является наименьшим возможным. Количество действия есть произведение массы тел на их скорость и на расстояние, которое они пробегают» (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Мопертюи>). Мопертюи рассматривал этот принцип в качестве универсального принципа, на котором основываются все законы. Эйлер представил более общий случай, показав, что тело движется по траектории, обеспечивающей минимум интеграла от массы и скорости тела по пройденному им расстоянию. Далее этот принцип стал известен как принцип Гамильтона, предложившего наиболее общий вариант его формализации, в рамках которой случай Мопертюи-Эйлера представляет собой «укороченное действие», и стал широко использоваться как в классической физике, постулируя, что физическая система всегда следует траектории с наименьшим действием, так и в квантовой физике, где единицей укороченного действия стала постоянная Планка  $h=6.626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с, рассматриваемая как *квант действия*<sup>6</sup>.

Поскольку любые природные процессы совершаются в пространстве и во времени и связаны с изменением энергии, то *за основные природные ресурсы*, используемые для совершения любых *действий* в процессе реализации любой, в том числе и мозговой, *деятельности*, автором предложена *триада EVT* [Бугаков 2008]: **энергия (масса<sup>7</sup>)  $E$ , пространство (объем)  $V$ , время  $T$** . При этом постулируется, что действия совершаются в *действительности*, под моделью которой понимается *алгебраическое пространство*  $D=E \times V \times T$ , создаваемое *базисом*  $e, v, t$ , где  $e$  – квант энергии,  $v$  - квант объема,  $t$  - квант времени (предполагается существование всех этих квантов в той или иной выбранной системе отсчета). Так что каждый материальный объект  $d$ ,

<sup>6</sup> Отметим, что, несмотря на заявление Мопертюи об универсальности ПНД, он до сих пор рассматривается только как принцип, описывающий механическое движение тел, причем действие - мера этого движения. Следует указать на наличие имеющего некоторое отношение к рассматриваемому сформулированного в 1949 году Ципфом ПНД для социально-экономической сферы: «Ресурсы самоорганизуются так, чтобы свести к минимуму затраченную работу» [<http://webpravilion.ru/статьи/закон-ципфа-вводная>].

<sup>7</sup> В силу того, что  $E=mc^2$ , т.е. масса – «концентрированная» энергия.

поскольку он обладает энергией, занимает часть объема и существует ограниченный интервал времени, принадлежит пространству  $D$  как точка этого пространства и потому представим вектором  $d = \{k_e e, k_v v, k_t t\}$ , где  $k_e, k_v, k_t$  – весовые (масштабные) коэффициенты<sup>8</sup>. Тогда в качестве показателя *ресурсообеспеченности* (ресурсного запаса) объекта можно использовать произведение этих ресурсов, так что объект  $d$ , обладающий энергией  $E_d$ , занимающий объем  $V_d$  и имеющий «запас жизни»  $T_d$ <sup>9</sup>, характеризуется в каждый момент времени ресурсным запасом  $R_d = E_d \cdot V_d \cdot T_d$ , [Дж·м<sup>3</sup>·с].

Изменение координаты объекта  $d$  в пространстве  $D$  есть *движение* объекта, связанное с *совершением действия*<sup>10</sup>. Если использовать определение действия, данное еще Мопертюи, то в частном случае, когда объект массой  $m$  переместится в пространстве  $D$  на расстояние  $r$  со скоростью  $u$ , то говорят, что совершено действие  $h_d = m \cdot u \cdot r$ , [кг·м<sup>2</sup>/с]. Нетрудно показать, что размерность [кг·м<sup>2</sup>/с] легко может быть преобразована в размерность [н·м·с]<sup>11</sup>, которая непосредственно связана с размерностью пространства  $D$  [Дж·м<sup>3</sup>·с] в случае движения тела вдоль одной оси и содержит, по сути, все три природных ресурса, поскольку сила есть градиент энергии. Потому минимальность действий при движении природных тел непосредственно связана с «экономией» природных ресурсов.

Приведенное в предыдущем абзаце о действии и движении может быть применено к мозгу (вспомним, что при анализе работы нейронов уже используется такое понятие как «потенциал действия») и его деятельности (как совокупности действий), а также к деятельности любых живых организмов. Эти идеи могут быть также полезны и в деятельностном подходе к обучению (в свою очередь, идеи и принципы деятельностного подхода могут стать хорошим подспорьем к пониманию деятельности мозга [Лекторский 2011, С.15]).

Далее рассмотрены *следствия* из ПМ и его *проявления* применительно к деятельности мозга.

1. Важнейшее следствие из ПМ – *принцип сохранения (инерции)*, постулирующий сохранение предыдущего состояния объекта в условиях отсутствия внешних воздействий и его противодействие изменению состояния в условиях наличия внешних воздействий, причем тем большее, чем большей *инерцией* обладает объект. В различных областях этот принцип получил различные названия, связанные с именами их первооткрывателей: в механике – принцип инерции (Галилей), в электродинамике – электромагнитная инерции (правило Ленца), в химии – принцип Ле Шателье Брауна. Все уже открытые и еще неоткрытые и еще ждущие своих «авторов» принципы сохранения в самых различных областях знания свидетельствуют и будут свидетельствовать об

<sup>8</sup> При этом объем, в свою очередь, может быть представлен точкой обычного трехмерного пространства, построенного на классических единичных отрезках – базисе  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ .

<sup>9</sup>  $T_d$  – часть потенциального, изначально (при «рождении» объекта) «заложенного» полного времени его жизни  $T_{жд}$  как расходуемого в процессе жизни ресурса: в каждый момент времени жизни ее оставшийся запас  $T_d$  всегда будет меньше  $T_{жд}$ . Величина  $T_{жд}$  может в процессе взаимодействия со средой корректироваться в сторону как увеличения, так и уменьшения.

<sup>10</sup> Либо этим объектом, либо над этим объектом.

<sup>11</sup>  $m \cdot V \cdot S = ||V = a \cdot T, F = m \cdot a || = F \cdot S \cdot T$

одном: *все сущее, будучи материальным, обладает инерцией и потому противится изменениям*. Кстати, и мышление (и поведение) тоже, так что «инерция мышления» - не столько метафора, сколько отражение этого всеобщего принципа: опыт и традиции препятствуют восприятию нового. С возрастом новый навык у человека, отягощенного нарастающим грузом зафиксированного в нервной системе опыта, сформировать все сложнее (более того, если это новое входит в противоречие с уже сложившимся мировоззрением, то оно и не «привьется»).

2. Для преодоления инерции и выведения объекта из старого состояния должно появиться внешнее или внутреннее воздействие, уровень которого должен превысить некоторое *минимальное пороговое значение*, причем переход объектов в новое качественное состояние осуществляется, как правило, *скачкообразно*<sup>12</sup>. Пороговость реагирования, взаимодействия лежит в основе деятельности нейронов и нервной системы в целом (по сути управление взаимодействиями реализуется через управление порогами). В качестве иллюстрации идеи пороговости можно предположить о существовании некоторого ряда пороговых значений количеств нейронов, достижение которых дает приращение нового качества нейронной сети (переход количества в качество).

3. Идея преодоления порогов как условия совершения тех или иных «фазовых переходов» имеет непосредственное отношение к так называемой *самоорганизации*, под которой сегодня, следуя Г. Хакену понимают процесс «перехода системы в новое качественное состояние за счет внутренних причин и механизмов при «неспецифических» внешних воздействиях».

Отвлечемся на идею *самоорганизации*. В книге «Принципы головного мозга» Г. Хакен говорит о том, что мозг как гигантская сложная система подчиняется законам синергетики и функционирует вблизи потери точек устойчивости [Хакен 2001, С 307]. Возможно. С нашей точки зрения синергетика в целом не только завораживающе привлекательна, но и практически полезна для понимания механизмов деятельности мозга, поскольку в ней уже получен ряд интересных результатов, которые можно (поскольку «как наверху, так и внизу») попытаться применить к мозгу (например, идею аттракторов связать с идеей доминанты, параметры порядка – с управлением мышлением, детерминированный хаос – со свободой воли и др.). Однако, на наш взгляд, в синергетике неудачна сама идея «самости». Что значит «самоорганизация»? В чем «самость»? В случае живых организмов источник их роста и развития действительно находится внутри и заложен в генетической программе и вряд ли кого это удивляет. Здесь можно говорить о самоорганизации как реализации генетической программы (хотя, правда, непонятно, как эта программа была в них сформирована (заложена?), давая начало этой «самости». К тому же для задействования этой программы обязательно нужна соответствующая среда, внешнее воздействие, запускающее

---

<sup>12</sup> Следуя Матуране и Вареле, новое качество можно связать с переходом к новой организации, эволюция же в рамках одной организации – смена структур [Матурана 2012, С. 41]. Смена организации как фазовый переход осуществляется тогда, когда возможности структурных изменений исчерпаны. Старая организация или гибнет, или трансформируется.

ту или иную программу, без которого самоорганизация принципиально не состоится). В случае же неживых систем вопрос об их «самости» открыт, ибо наше незнание истинных причин качественного перехода системы в новое состояние не является основанием для восклицаний о «чуде самоорганизации». Например, известные ячейки Бенара формируются в условиях воздействия внешних по отношению к рассматриваемой системе теплообмена гравитационных и электромагнитных полей, «неспецифичность» которых в конкретных условиях - всего лишь наш уровень понимания происходящего. Да, мы можем утверждать, что переход системы в новое состояние осуществляется при достижении ее одним или несколькими *параметрами порядка* пороговых значений. Но это лишь подтверждает идею фазовых переходов, философский закон перехода количества в качество, принцип диапазонности (см. далее). И мы можем определить и, возможно, рассчитать эти значения. Но не более. Иначе придется предположить, что «генетический механизм», «целесообразность» есть и у неживой природы. Идея неплохая, но вряд ли ее примет научное сообщество в массовом масштабе. Тем более

4. Знание пороговых значений позволяет целенаправленно управлять процессами перехода системы в новые качественные состояния. Отметим, что из точки неустойчивости переход обычно возможен к нескольким аттракторам. Однако реализуется только один из возможных путей, детерминированный природой, величиной, моментом наступления и длительностью этого управляющего воздействия. В случае же отсутствия необходимых внешних воздействий, необходимых внешних условий заложенный потенциал вообще не реализуется. Как пример - «дети-маугли»: отсутствие необходимой внешней среды в течение достаточно долгого времени практически навсегда исключает их последующее вхождение в мир людей. И это - тоже проявление ПМ. Во-первых, «всему свое время» (каждая генетическая программа должна быть запущена в свое время. Если момент ее запуска прошел, то, как правило, ничего исправить уже нельзя). А, во-вторых, нет условий для проявления – значит нет надобности в реализации этой программы и в формировании в соответствии с ней новых нейроструктур в организме.

5. ПМ применительно к мозгу можно усмотреть и в том, что, по сути, во всем живом реализован один механизм взаимодействия организма с внешней средой. Он заключается в соединении сенсорной и моторной систем посредством нервной системы [Матурана 2012]. Возможности живого, способного к деятельности объекта, определяются степенью развития этих систем, их соответствия друг другу и выполняемым объектом функциям во внешней среде. Сложность нервной системы явным образом определяется сложностью выполняемых функций, что требует соответствующей сложности тела<sup>13</sup>. Первый путь: изменение возможностей тела (генная мутация) → попытки использовать новые возможности с пользой → новые управляющие этим мозговые структуры, закрепляемые в процессе повторения. Второй путь: целенаправленная тренировка органов тела → развитие соответствующей,

<sup>13</sup> У человека  $10^{11}$  ассоциативных нейронов связывают  $10^6$  двигательных нейронов, которые активируют несколько сотен мышц, с  $10^7$  сенсорных клеток, рецепторы которых расположены по всей поверхности тела [Матурана 2012, С. 141].

ранее слабо развитой части мозга. Уровень развития (сложность) нервной системы должен соответствовать уровню развития (сложности) тела и определяться им. Потому сначала – возможности тела, потом – структуры мозга<sup>14</sup>. Можно ли в рамках этих рассуждений обосновать расхожее мнение о том, что мозг использует свои возможности только лишь на 10 % (5%, 20% и т.д.)? Тем более, что мозг (даже при «холостом ходе») потребляет большое количество энергии. Думаем, что в рамках ПМ такого не может быть и все разговоры о таком огромном неиспользовании мозга - миф. Природа ничего не создает впрок без надобности. Если что-то существует, значит, оно нужно и используется<sup>15</sup>.

6. Подтверждением справедливости применения ПМ к мозговой деятельности также является и *однородность* структуры мозга. Мозг состоит (и это известно давно) из одних и тех же элементов, которые (как можно было бы сразу после выявления их однородности предположить) выполняют *одну и ту же операцию*<sup>16</sup>. При этом одни и те же принципы используются для передачи и обработки информации от различных органов чувств. Нервные клетки - универсальны: они способны обрабатывать любую информацию. Известен такой факт: если у новорожденного хорька путем хирургического вмешательства мозг изменить так, что глаза зверька будут посылать сигналы в зону коры головного мозга, отвечающую за слуховое восприятие, то в этой зоне развиваются каналы визуальной передачи. Частицы зрительной коры головного мозга крысы, после рождения трансплантированные в зоны, отвечающие за осязание, начинают перерабатывать осязательную информацию в большей степени, чем визуальную [Д. Хокинс 2007, С.60]. Все нервные импульсы, по видимому, одинаковы. Разница – в том, по какому пути дошли эти импульсы и до какой части мозга.

7. Важнейшее проявление ПМ – известная *пластичность* мозга. Мозг в процессе онтогенеза не строит свои нервные структуры «на века». Структуры появляются в ответ на необходимость выполнения тех или иных функций, формируясь в процессе обучения. Есть потребность в той или иной функции – начинается обучение и постепенно формируется и закрепляется структура нервной ткани, ее обеспечивающая. Отпала потребность в данной функции – структура не задействуется и со временем постепенно «отмирает». А из тех же самых элементов может формироваться новая потребная структура. Никаких отходов.

При этом важна регулярность обучения: несколько кратких регулярных тренировок эффективнее длительной одноразовой тренировки. Например, повтор раздражения 40 раз подряд у аплизии (моллюск) создавал привыкание

<sup>14</sup> Конечно, при этом уже должна существовать мозговая структура, отвечающая за «пробование» нового.

<sup>15</sup> Если только не предположить, что человек вынужденно (из-за благ цивилизации) стал меньше пользоваться своим мозгом и для существования человека сегодня вполне достаточно лишь его малой части, но неиспользуемая часть мозга еще пока не успела (в силу малости пройденного этапа времени) атрофироваться и исчезнуть вместе с усыханием головы. Как бы эта идея не казалась фантастической, существующие палеонтологические данные, как считается, свидетельствуют о том, что мозг неандертальцев был ненамного, но все-таки больше по объему мозга современного человека.

<sup>16</sup> Но, как утверждает Хокинс, это было сделано лишь в 1978 году В. Маункастлом [Д. Хокинс 2007, С.56].



всего на один день, а если эти 40 раздражений осуществлять 4 дня подряд по 10 раз, то привыкание формировалось на несколько недель [Кандель 2012, С. 282].

Более того, если человек начал совершенствоваться в какой-то области деятельности, то у него увеличивается объем задействованных для совершения этой деятельности мозговых элементов в соответствующих областях коры головного мозга. Т.е. степень представленности какой-либо части тела в коре головного мозга зависит от интенсивности и сложности использования этой части тела. Так область, представляющая четыре пальца левой руки в мозгу скрипачей и виолончелистов намного обширнее (более чем в два раза), чем в мозгу немусыкантов (в то время как область правой руки у музыкантов и немусыкантов в мозгу одинакова). Самые чувствительные поверхности тела представлены наиболее обширными участками коры [Кандель 2012].

Исходя из этих данных, становится очевидно, что организация коры головного мозга у людей различных профессий имеет отличия в степени ее задействования для выполнения тех или иных действий. *Размер* той или иной области мозга определяется *сложностью* выполняемой с помощью этой области *функции*, причем количество задействуемых при этом нейронов минимально достаточно.

Учитывая индивидуальные особенности взаимодействия организма с внешней средой, в каждом организме вида формируются хотя и похожие, но свои индивидуальные структуры даже для выполнения одинаковых функций: *каждый мозг реализует свою пластичность по-своему*. При физической потере структур, отвечающих за выполнение важнейших функций (например, в результате травмы тех или иных органов чувств), повышается чувствительность сопряженных органов чувств и соответственно размер задействуемой части коры с целью компенсации потери. Пластичность дополняет идею сохранения (инерции) и вместе с ней наиболее полно иллюстрируется процессами формирования и угасания условных рефлексов: чтобы сформировался условный рефлекс, нужны неоднократные повторения условного раздражителя непосредственно перед безусловным, чтобы рефлекс угас – нужно исключить в течение некоторого времени эту последовательность следования раздражителей.

8. Пластичность мозга лежит в основе такого важнейшего следствия ПМ как *предвидение*. «Способность прогнозировать будущее составляет важнейшую функцию мозга» [Д. Хокинс 2007, С.14]. Вероятнее всего, что все живое обладает этим свойством, причем чем сложнее организм, тем большую роль играет для него предвидение, которое позволяет заранее подготовиться к наступлению того или иного события и тем самым успеть реализовать желаемое поведение в режиме реального времени. Чем сложнее система, тем ей труднее без предвидения обработать всю имеющуюся информацию в режиме реального времени и не опоздать. Чтобы принять в режиме реального времени правильное решение, для сложных систем есть только один способ успеть – «сделать заранее». Известная фраза: «Управлять – значит предвидеть», - ставит предвидение и его глубину во главу любого управления.

Предвидение реализуется в коре головного мозга посредством ассоциативно-рефлекторного механизма деятельности на основе предыдущего

опыта. Особенность механизма реализации предвидения состоит в том, что оно (предвидение), как правило, не осознается. Все наши действия в *знакомой*, уже отображенной в имеющемся опыте, ситуации в большинстве случаев совершаются автоматически (распознавание ситуации и сами действия). Сознание включается только тогда, когда что-то идет не так, когда появляется нечто новое, чего мозг не смог предвидеть в наблюдаемой картине.

К разновидности предвидения можно отнести и *подражание*, которое играет важнейшую роль в развитии живого организма, его быстрой социализации. Рефлекс подражания – социальный рефлекс, который природа сочла необходимым заложить в генетическую программу.

9. *Рефлекс* – основная форма нервной деятельности, основа реализации предвидения. Вспомним известное изречение И.М. Сеченова из выдающейся статьи «Рефлексы головного мозга», 150-летию которой посвящен наш симпозиум: «Все акты сознательной и бессознательной деятельности по способу происхождения суть рефлексы». Безусловные рефлексы, классические и инструментальные условные рефлексы, инстинкты и автоматизмы – все это как результат и способ реализации нервной деятельности есть проявление ПМ.

Рефлексы помогают организму уменьшить размерность нашей модели мира, свести все многообразие ситуаций к ограниченному количеству типовых вариантов поведения в них.

Особую роль играет стресс – общий адаптационный синдром как реакция на неожиданную ситуацию, не вписывающуюся в общую прогнозируемую картину поведения, как «готовность ко всему». Стресс можно рассматривать как робастный (робастный – от англ. *robust* – устойчивый), грубый, но надежный механизм, задействуемый в широком диапазоне внешних воздействий. По мере распознавания ситуации робастность сменяется включением более специализированных структур для реализации оптимального для данной ситуации алгоритма поведения. Такая готовность к неожиданностям дополняет готовность к распознаваемым и потому ожидаемым (на основе предвидения) ситуациям до полноты поведения. Очевидно, что в процессе онтогенеза по мере формирования и пополнения опыта стресс проявляется все меньше.

10. Забегая вперед, скажем несколько слов о сознании. На основе вышеизложенного можно утверждать, что основной функцией сознания с точки зрения жизни является формирование рефлексов и автоматизмов. Т.е. *сознание* – это, прежде всего, *инструмент формирования целесообразных рефлексов и автоматизмов, сверхрефлекс по порождению рефлексов*, «прожектор», работающий здесь и сейчас, под контролем которого формируются те или иные (как двигательные, так и мыслительные) полезные рефлексы (автоматизмы), постоянно пополняющие расположенную в *подсознании* базу рефлексов (автоматизмов), задействование которых осуществляется рефлекторно посредством *ассоциативных* связей.

Сознание, пополняя запасы алгоритмов поведения подсознания, расширяет возможности выживания сложных живых организмов. Оно появилось не как следствие той или иной «мутации», а закономерно как обязательное условие осуществления нового (как будет отмечено далее –

социального) системного уровня жизни. Т.е. оно не «дар», не побочный продукт усложнения, а необходимость. Любая повторяющаяся под контролем сознания (отметим тот известный факт, что условный рефлекс не возникает ни во время сна, ни во время гипнотического состояния, а только под контролем сознания) последовательность действий со временем связывает их между собой, ведя к формированию (инструментального) условного рефлекса.

11. *Ассоциации* – важнейший механизм организации работы нервной системы<sup>17</sup>, экономящий ресурсы на хранение и восстановление информации. *Ассоциативное, контекстное устройство памяти с учетом фактора времени (принцип актуальности)*: вспоминается то, что требовалось недавно, и то, что было необходимо раньше в схожих ситуациях. Для того, чтобы вспомнить, надо научиться задавать правильные уточняющие вопросы, запускающие цепочки ассоциаций [Маркус 2011].

12. Важнейшим проявлением ПМ является реализованный в живых организмах и подтверждающий вышеизложенную идею предвидения принцип *динамического восприятия* (принцип *новизны*) – воспринимается только то, что несет новую информацию. Причем здесь можно говорить о двух стадиях, двух уровнях восприятия как отражения. Первый уровень – уровень реагирования организма. Второй уровень – уровень восприятия сознанием того, что «воспринял» организм.

Если сигнал не несет новой информации и его амплитуда (частота) не превышает некоторый порог безопасности для организма, то через некоторое время сенсорные рецепторы перестают формировать импульсы в ответ на продолжающееся действие на них этого сигнала. Организм привыкает к тому, что он уже воспринял. Поскольку эта информация не несет ничего нового, то она игнорируется. Это касается как постоянных по амплитуде сигналов, так и изменяющихся периодических (при не очень большом периоде) сигналов. Организм не реагирует на неизменное, на то, что он может предсказать. Реакция появится только тогда, когда сигнал изменится, причем непредсказуемым образом (увеличится по амплитуде или даже просто исчезнет), причем чем сильнее эти изменения, тем больше внимания к нему организма – принцип *приоритета крутизны сигнала*.

На эмпирическом знании идей новизны (необычности) и крутизны воспринимаемой информации работает вся реклама (звуки, краски, динамика, смыслы), что имеет объяснение с позиции спектрального анализа (чем круче сигнал, тем шире его спектр, тем большая часть мозга будет задействована для обработки сигнала и тем лучше он запомнится).

Сознание также перестает реагировать на входной сигнал, если он для организма несущественен и с ним «все понятно» - его можно предсказать. Если входной сигнал не несет новую информацию, то он обрабатывается «автоматически», на уровне подсознания, без задействования сознания, ибо те алгоритмы, по которым эта информация будет обрабатываться, дали в схожей ситуации положительный результат, который также контролируется по обратным связям автоматически. Сознание вновь обращается к «этому»

<sup>17</sup> По Сеченову, ассоциации в физиологическом смысле представляют собой связь между рефлексам.

входному сигналу только если он изменился, если что-то идет не так, как должно быть. Это касается информации как из внешней, так и из внутренней среды. Мы не ощущаем все те сложнейшие процессы, которые автоматически происходят внутри нашего организма. Только тогда, когда что-то идет не так, появляются осознаваемые сигналы об этом (боль от внутренних органов, например). Внимание всегда переключается на ту новую информацию, которая обладает для конкретного организма наибольшей ценностью (с учетом текущего состояния и цели – восприятие всегда целесообразно). Все остальное организмом тормозится.

13. *Интеграция* – сущность и механизм образования сложного из простого, механизм развития, механизм эволюции, в явном виде экономящий ресурсы. Реализуется в виде объединения элементов в виде *системы* – целостной совокупности элементов и связей (нас окружают системы и мы сами являемся системой, объединением в единое целое нескольких начал: «био», «психо», «социо»). Проявляется в виде формирования *сетевых* структур (начало интеграции, интеграция по «горизонтали»), а также в виде *иерархических* структур (развитие интеграции, интеграция по «вертикали»).

В природных системах расширение сети идет до некоторого *порогового* количества элементов, при котором еще возможно эффективное взаимодействие ее элементов (как правило, одинаковых). Далее либо прекращается включение новых элементов в систему, либо появляется иерархия, расширяющая возможности дальнейшего сетевого расширения, но также до определенного предела, достижение которого требует нового иерархического уровня. С позиции ПМ объясним переход от равномерного распределения нервной системы по телу организма (как у гидры, например) к формированию нервных узлов и далее – к сосредоточению большей части объема нейронов в головном мозге. Все сложные системы, в том числе мозг, – системы иерархически-сетевые.

Отметим, что интеграция касается не только элементов, но и функций. Большинство элементов и систем организма многофункциональны (например, кровь: это и питание, и кислород, и выделение, и охлаждение (мозга), и адресная доставка ферментов, и защитная функция и др.). Причем интеграция осуществляется не только в *пространстве*, но и во *времени*<sup>18</sup>. Восприятие в целом – интегративно, в нем участвуют все органы чувств, с помощью которых формируется многогранный ассоциативный образ воспринимаемого объекта. Интегративно мозг формирует и свои представления. Сознание – результат интегративного взаимодействия элементов нервной сети, системный эмерджентный результат объединения частного в единое целое с появления принципиально нового качества<sup>19</sup>.

14. Из идеи порогов следует *диапазонность* существования и проявления качеств всех природных объектов. *Принцип диапазонности*: а) любой объект обладает ограниченной энергией и простирается в пространстве и времени, имея начало и конец (диапазонность существования); б) свойства тел сохраняются

<sup>18</sup> Запоминая мелодию, мы запоминаем и амплитуды звуков, и длительности между ними.

<sup>19</sup> Главная загадка эволюции со времен клинамена Лукреция Кара – появление нового.

такowymi в конечном диапазоне параметров внешней среды (например, вода сохраняет свойство быть жидкостью в диапазоне температур от 0 до 100 градусов, магнитные свойства сохраняются до точки Кюри) – диапазонность проявления качеств. Как следствие из этого – отсутствие того, что мы называем «точками»: *любой переход – принципиально не мгновенный*. Таким его можно считать только в относительном плане. Потому *квантованность* (в пространстве) и *дискретность* (во времени) – фундаментальное свойство природы, берущее начало в микромире и проявляющееся на всех остальных уровнях организации. При этом протяженность соответствующего качества объекта в соответствии с ПМ должна быть минимально достаточна.

15. ПМ проявляется и в том, что в формировании нашего восприятия мира в настоящем участвует наш *опыт*, полученный нами в прошлом. Опыт – ключевое звено в реализации ПМ, одно из важнейших понятий (наряду с предвидением, ассоциацией, рефлексом и др.) в будущей *теории минимальности* (теории минимальных действий). Например, в формировании зрительного образа участвуют различные участки мозга, сигналы от которых вместе с сигналами от сетчатки смешиваются каким-то образом прежде чем поступить в зрительную часть коры головного мозга. Вероятнее всего, именно участия хранящегося в подсознании опыта в формировании итоговой картины и приводит к известным оптическим иллюзиям.

Мы видим мир (во всяком случае, в первые моменты восприятия) не таким, каков он есть, а таким, каким мы привыкли его видеть (очевидно, что здесь проявляется также и принцип инерции, и принцип предвидения). По-видимому, Д.Хокинс прав, когда говорит, что мозг не «вычисляет» решение задачи, а извлекает из памяти готовые решения [Д. Хокинс 2007, С. 71]. Эта идея справедлива и к ситуации, когда мы заканчиваем чужие высказывания, понимая смысл фразы прежде, чем она будет сказана вся [там же, С. 77].

Кроме того, все картинки внешнего мира «расцвечены» не только опытом, но и внутренним состоянием организма (болен, здоров), эмоциями, а также целесообразностью (мы чаще всего воспринимаем мир с какой-то целью и часто видим только то, что хотим видеть). Поэтому действительно нервная система не «выбирает информацию из окружающей среды», она создает мир, указывая, какие паттерны окружающей среды могут считаться возмущениями и какие изменения возбуждают их в организме» [Матурана 2012]. И еще: «На самом деле восприятие действительности является комбинацией наших ощущений и прогнозов, составляемых мозгом на основе воспоминаний» [Д.Хокинс 2007, С. 89]. Интересно в этом плане высказывание известного писателя: «Картины рождает зрение смотрящего, а «художник» просто кладет краски «одну возле другой в природном виде. В этом вся тайна» [М. Павич 2000, С.96].

16. Из ПМ следует наличие у живых организмов *минимально-достаточного* количества органов чувств с ограниченной (но достаточной для нормальной жизнедеятельности этого организма) чувствительностью и динамическим диапазоном, минимизация иерархически-восходящей информации от сенсорных систем к коре головного мозга, наличие обеспечивающих гомеостазис автономно работающих (и не задействующих сознание в условиях нормальной работы) систем регулирования, наличие

минимально-достаточного количества инстинктов, генетических комплексов поведенческих реакций. Ровно столько и ровно таких, какие нужны для выживания и эволюции в изменяющейся в условиях Земли внешней среде.

17. Еще одно проявление ПМ – использование мозгом одних и тех же мозговых структур как при восприятии реальных объектов, так и при действиях с воображаемыми объектами. *Для мозга реальность и ее отображение, модель – суть одно и то же.* Различить реальность и ее модель призвано сознание.

18. Проявлением идеи минимизации расходов является объединение людей в социальные системы, имеющее следствием появление у отдельного человека специального качества – *сознания*. Сознание – порождение социальной жизни, не существующее вне языка [Матурана 2012, С. 197, 204]. К тому же «сознание» как «со-знание» (совместное знание) имеет социальный контекст<sup>20</sup>. Язык и сопровождающее его сознание есть эмерджентные следствия объединения людей в социальные системы. При этом сознание – динамическое образование, оно порождается как результат интеграции потока входной сенсорной информации и *опыта*. При сенсорном голоде, без стимулов из внешнего мира сознание, как известно, парализуется.

19. Проявлением ПМ является идея *фрактальности* – самоподобия структур объектов на различных масштабах. Наиболее ярким линейным представителем фрактальности является «золотое сечение», позволяющее заложить одну и ту же пропорцию между «большим» и «меньшим» на всех возможных масштабах рассмотрения. Под ПМ подходит и известная идея о *голографичности* организма в целом и мозга, в частности (Д. Бом, К. Прибрам).

20. Минимальность подтверждается и *сохранением топологии* исходной сенсорной картины при ее «проецировании» в мозг: известно, что соседним, принявшим входное воздействие сенсорным нейронам, соответствуют соседние нейроны в мозгу, которым передано полученное сенсорными нейронами возбуждение.

21. Идея минимальности непосредственно связана с идеей *базисности*, базисного подхода для решения как задачи преобразования и представления информации, так и задачи формирования тех или иных функциональных систем из элементов. В этих вопросах особую роль играет *обобщенный ряд Фурье* [Бугаков 2006], использование которого позволяет перевести процесс обработки информации в область операций над весовыми коэффициентами (числами) при тех или иных базисных функциях и минимизировать их количество посредством применения наиболее подходящего базиса.

Представляется, что базисный подход с использованием базисных функций может быть весьма продуктивным для понимания процессов обработки информации мозгом, а также при создании специализированных искусственных нейронных сетей. Известно, что разные участки мозга специализируются на выполнении разных функций, представляя собой своеобразные «базисные» области.

---

<sup>20</sup> Такой смысловой подход достаточно продуктивен. Например, информация – это то, что содержится в *форме*. Все, что имеет форму, несет в себе информацию и через нее заявляет о своем существовании как материя [Бугаков 2001].

Особую роль играет идея *полярности*, объединение в целое противоположностей, практически реализованная во многих системах организма (возбуждение и торможение в нервной ткани, мышцы-сгибатели и мышцы-разгибатели, холодовые и тепловые сенсорные нейроны, блуждающий нерв и ускоряющий нерв и др.). Одна из причин такого распространения *полярных элементов* - в том, что достижение желаемого состояния посредством последовательного или параллельного сочетания «плюса» и «минуса» обеспечивает и наибольшее быстрое действие, и максимальную широту возможных сочетаний. Например, чтобы перевести тело максимально быстро из одного состояния в другое, его сначала надо разогнать, потом затормозить.

Базисность и, как следствие, минимальность применимы и к работающей в мозгу идее инвариантности (опыт, используемый организмом для минимизации действий, например, при узнавании и понимании, содержит, как утверждают многие исследователи, различного рода инварианты<sup>21</sup>). Вероятнее всего, обрабатывающие системы всех органов чувств имеют инварианты (инварианты формы, звука, цвета, ...), которые играют в мозгу роль специальных базисов.

22. Особую роль в реализации ПМ играет идея *градиентов* как источников сил, источников любого (в том числе и мыслительного) движения. Управление – это не только искусство предвидения, но и искусство расстановки градиентов. Величие связанного с идеей градиента *закона Фурье* - в том, что он имеет приложение не только к теплопроводности, к движению тепла, но к любому движению (в том числе и мышлению): любое движение чего бы то ни было, любой материальный поток пропорционален градиенту соответствующей природы. Потребность, мотивация, доминанта – все имеет градиентную основу [Бугаков 2012, 2013]. Следует отметить и величие во многом построенных на идее градиента *уравнений Максвелла* - в том, что они применимы для описания не только электромагнитных процессов

#### Некоторые открытые вопросы.

1. Каким образом формируется набор нейронных структур, передаваемый на генетическом уровне? Можно предположить, что, экономя, природа записывает в генетический аппарат те или иные структуры, которые необходимы организму для его жизнедеятельности, по достижении некоторого порогового количества случаев их полезного использования. Каково это количество? После скольких итераций «природа» записывает в гены (переводит из долговременной памяти в генетическую) очередной полезный рефлекс? И можно ли такую запись сформировать искусственно? С другой стороны, чем больше «жестких» поведенческих нейронных структур, тем меньше возможностей для адаптации, так что количество генетически заданных структур должно быть оптимальным. Каким?

2. Применим ли ПМ к сохранности индивидуальных генетических программ? Если программа не задействуется (по тем или иным причинам) в нескольких поколениях, то она все равно сохраняется или может исчезнуть за ненадобностью? Если исчезает, что соответствует идее минимальности и имеет подтверждение в природе (считается, что канарейка, одомашненная примерно

<sup>21</sup> Например, Д.Хокинс и С. Блейкли говорят об этом в книге «Об интеллекте», 2007.

300 лет назад, уже потеряла инстинкт вить гнездо), то это означает, что при возникновении вновь потребности (при появлении соответствующих условий) в подобной программе не факт, что появится именно эта программа, а не ее аналог, сформированный изменившимися условиями взаимодействия организма и среды. Отсюда следует, что *эволюцию невозможно повторить*: каждый раз будет получаться свой путь?! В связи с этим вопрос: «Возможны ли эволюционные «откаты», эволюционные «тупики», *эволюционные волны* применительно к уровню развития *интеллекта*»<sup>22</sup>.

3. Исчезает ли из памяти когда-то сознательно воспринятая и запомненная, но «напрочь» забытая информация. Исходя из ПМ, так должно быть (хотя и говорят о возможностях вспоминания в «измененных состояниях психики» не только всего, что было в этой, но и даже в «прошлых» жизнях). Как долго не должна использоваться информация, чтобы полностью «стереться»?

4. Действительно ли в геноме так много «мусора», который не используется организмом? Из ПМ следует, что такого не может быть.

5. Учитывая индивидуальный характер формирования нейронных сетей мозга, можно ли использовать *коннектом*<sup>23</sup> для идентификации личности человека, в частности, ту часть коннектома, которая задается генетически и не изменяется в процессе жизни? Когда станет возможным использовать данные коннектома для выбора (изменения) направления развития и профессии человека?

6. Как физически реализуется *когнитом*, очень важную и полезную идею которого (как системы опыта конкретного организма) сформировал и разрабатывает К. Анохин [К.Анохин 2013]? Двухслойная ли это нейронная сеть или нечто гораздо большее, включающее в себя много слоев (что более вероятно) нейронов и не только нейронов? Представляется, что структура когнитома должна соответствовать структуре того, что доступно нашему изучению, - структуре человеческого языка. Изучение языка, его синтаксиса и семантики, – ключ к пониманию организации и работы когнитома, поскольку язык, следуя ПМ и тому, что уже известно о работе нервной сети, не может не повторять топологию ответственных за язык структур мозга (и наоборот), так что, изучая иерархически-сетевую организацию языка, можно понять и организацию мозга.

7. Если природа так экономна, как следует из ПМ, то в чем «экономность» гибели индивида, мозг которого накопил к моменту своей смерти множество знаний и умений, но не смог их достаточно полно передать (через книги, обучение учеников) другим людям? Конечно, как справедливо утверждает В.М. Бехтерев, рассуждая о бессмертии человеческой личности<sup>24</sup>, все наши слова, поступки, эмоции в течение нашей жизни сами по себе оказывают действие на других, отображаются в окружающем мире и потому

<sup>22</sup> Интеллект можно определить как способность эффективно действовать в условиях неопределенности, «сверхалгоритм» порождения алгоритмов.

<sup>23</sup> Полное описание структуры связей в нервной системе организма (термин введен в 2005 году), <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%BC>

<sup>24</sup> Бехтерев В.М. Бессмертие человеческой личности как научная проблема, <http://www.klex.ru/2ek>



каждый из нас уже этим вносит свой «вечный» вклад в развитие человечества. Но мы несем внутри себя гораздо больше того, чем отображаем (вольно или невольно) вовне. Как быть с разницей? Или все же смерть – это еще не конец?

### Список литературы

1. Анохин К.В. Коды Вавилонской библиотеки мозга. // В мире науки, 2013, № 5, С. 83...89.
2. Бугаков И.А. Информация: появление, существование, восприятие. // Датчики и системы: 2001, № 2, С. 41...47 – часть 1; 2001, № 3, С.61...68 – часть 2.
3. Бугаков И.А. Информационно-синергетический подход к сознанию как основа для создания искусственного интеллекта В книге «Новое в искусственном интеллекте. Методологические и теоретические вопросы. Под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. – М.: ИИнтеЛЛ, 2005. – 280 с., С. 36...39.
4. Бугаков И.А. Метод динамических измерений параметров экстремальных воздействий. // Датчики и Системы, 2001, № 10, С. 6...10.
5. Бугаков И.А. Обобщенный ряд Фурье как универсальный образ действия. // Сборник трудов XXV Межрегиональной научно-технической конференции «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем», часть 2. - Серпухов, 2006, С. 261...267.
6. Бугаков И.А. Понятие и сущность живучести сложных технических систем. // Тематический научно-технический сборник, часть 1. - Серпухов: СВИ РВ, 2000. –188 с., С.45...47.
7. Бугаков И.А. Система принципов построения сложных технических систем и их элементов, подвергающихся экстремальным воздействиям в процессе функционирования, на основе антропологического подхода. // Датчики и Системы, 2000, №10, С. 67...71.
8. Бугаков И.А. Системный подход как методология научного познания. // Известия Института инженерной физики, 2008, № 3, С. 80...85.
9. Бугаков И.А., Царьков А.Н. Устойчивое развитие и управление целостностью: принципы обеспечения и механизмы реализации. // Известия Института инженерной физики, 2012, №4, С.79...88.
10. Бугаков И.А., Царьков А.Н. Система управления устойчивым развитием: концептуальные идеи. // Известия Института инженерной физики, 2013, №4, С.79...88.
11. Дубровский Д.И. Проблема идеального. – М.: Мысль, 1983. – 228 с.
12. Кандель Э. В поисках памяти: Возникновение новой науки о человеческой психике. Пер. с англ. П.Петрова. – М.: Астрель: CORPUS, 2012. – 736 с.
13. Лекторский В.А. Исследование интеллектуальных процессов в современной когнитивной науке: философские проблемы.// В сб. «Естественный и искусственный интеллект: методологический и социальные проблемы». Под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. – М.: «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2011. – 352 с.
14. Маркус Г. Несовершенный человек: Случайность эволюции мозга и ее последствия. /Пер. с англ.. – М.: Альпина нон фиешн, 2011. – 255 с.

15. Матурана Умберто, Варело Франциско. Древо познания. Биологические корни человеческого понимания. // Пер. с англ. Ю.А. Данилова. – М.: Прогресс-Традиция, 2001. – 224 с.

16. Павич Милорад Хазарский словарь. Роман-лексикон в 100000 слов.– СПб.: «Азбука», 2000.-384с.

17. Проблема сознания в философии и науке. // Под ред. проф. Д.И. Дубровского. – М.: «Канон +» РООИ «Реабилитация», 2009. – 472 с.

18. Хокинс Д., Блексли С. Об интеллекте: Пер. с англ. – М.: ООО «И.д. Вильямс», 2007. – 240 с.

19. Чалмерс Д. Сознający ум: В поисках фундаментальной теории. Пер. с англ. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРИКОМ», 2013. – 512 с.

20. Хоштадтер Д., Деннет Д. ГЛАЗ РАЗУМА. – Самара: Изд. дом «Бахрах-М», 2003. – 432 с.

21. Хакен Г. Принципы работы головного мозга: Синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивной деятельности. – М.: ПЕР СЭ, 2001. – 351 с.

### **Сведения об авторе**

*Бугаков Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор, Заслуженный изобретатель РФ, Вице-президент Межрегионального общественного учреждения «Институт инженерной физики» по инновационным проектам, ректор НОУ ВПО «Институт информационных технологий и управления», E-mail: [bia11@mail.ru](mailto:bia11@mail.ru), Тел.: 8(916) 641-45-89.*

*Bugakov Igor Aleksandrovich, Doctor of Sciences, Professor, Honored Inventor of Russia, Vice President in innovative projects of Interregional Social Foundation "Institute of Engineering Physics", Rector of SEI HPE "Institute of Information Technologies and Management, E-mail: [bia11@mail.ru](mailto:bia11@mail.ru), Тел.: 8(916) 641-45-89.*

### **АННОТАЦИЯ**

#### **Принцип минимальности и деятельность мозга**

*В качестве универсального принципа формирования и функционирования систем рассматривается принцип минимальности (в частном случае – наименьшего действия), минимизирующий расходы природных ресурсов (пространства, энергии, времени). Формулируются вытекающие из него принципы-следствия: сохранения (инерции), динамического восприятия, приоритета крутизны (новизны) сигнала, предвидения, фрактальности и базисности структур и др. Подчеркивается роль градиентов как источников движения. Делается вывод о существенности рефлекторной, алгоритмической составляющей в мозговой деятельности. Сознание - инструмент порождения рефлексов и автоматизмов («сверхрефлекс» по порождению рефлексов).*

#### **The principle of minimality and brain activity**

*As a universal principle of formation and functioning of systems it is considered the principle of minimality ( in a particular case – of the least action ) that minimizes the consumption of natural resources ( space, energy, time). The following principles and*

consequences arising from it are formulated: retention (inertia), dynamic perception, priority of a signal slope (novelty), foresight, fractality and basis property of structures, etc. The role of gradients as sources of traffic is underlined. The conclusion regarding the significance of the reflex, algorithmic component in brain activity is made. Consciousness is a tool generating reflexes and automatic performances (" ultra-reflex " in reflexes generating).

***Ключевые слова***

*Принцип минимальности, пространство, время, энергия, сохранение, пороговое взаимодействие, самоорганизация, предвидение, рефлекс, ассоциация, динамическое восприятие, опыт, фрактал, полярность, градиент.*

*Minimality principle, space, time, energy, preservation, threshold interaction, self-organising, prediction, reflex, association, dynamic perception, experience, fractal, polarity, a gradient.*