

Том 67, Номер 1

ISSN 0006-3229

Январь - Февраль 2022



БИОФИЗИКА

www.sciencejournal.ru



К БИОФИЗИКЕ ЭВОЛЮЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

© 2022 г. А.Л. Еремин*, **, ***

*Кубанский государственный университет, 350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149

**Кубанский медицинский институт, 350015, Краснодар, ул. Буденного, 198

***Научно-исследовательский институт гигиены и экологии, 350040, Краснодар, ул. Таманская, 180

E-mail: aereimin@yandex.ru

Поступила в редакцию 01.01.2021 г.

После доработки 07.07.2021 г.

Принята к публикации 07.07.2021 г.

Прошло 150 лет с первой публикации, посвященной ноогенезу — эволюции интеллекта. Но только в XXI веке благодаря результатам фундаментальных исследований в физике, биологии, медицине и междисциплинарных сферах стало возможным определение количественных измерений некоторых параметров, способствующих в естественных науках пониманию эволюции интеллектуальных систем. Анализ параметров интеллектуальных систем, закономерностей появления и эволюции, отличительных черт, констант и лимитов их структур и функций, продемонстрировал: измеряемость и сравнительный анализ развертки скорости коммуникаций (~100 м/с — 300 млн м/с); квантификация количества компонентов интеллектуальных систем (10–100 млрд); подсчет связей, обеспечивающих кооперацию (от 150 до 1 трлн связей). Синтез моделей может иметь прогностическую ценность при изучении феномена происхождения и эволюции: мозга, как популяции нейронов в ходе биологической эволюции *Homo sapiens* с появлением мышления; мозга каждого человека при индивидуальном анатомо-физиологическом развитии с появлением творчества, мысли, сознания, идеи, инсайта, интуиции, эврики; «ноо» в гипотезе морфофункциональной эволюции популяции человечества.

Ключевые слова: биофизика развития и эволюции, нейроинформатика, психофизика, нейрофизика, параметры интеллектуальных систем, ноогенез

DOI: 10.31857/S0006302922010XXX

В 1871 г. доктором медицины Х. Доэрти в главе «Ноогенез» книги «Органическая философия» впервые упоминается понятие «ноогенез» [1]: «Рост разума в человеческой расе идет в ногу с постепенной эволюцией наук, и его легко проследить в истории, в то время как происхождение умственных способностей и их постепенное развитие в индивидуальном разуме — болезненный вопрос психологии... Мы не можем проследить формирование экспериментального разума в утробе матери, как мы можем проследить формирование тела... Эмпирические способности ума более или менее проявляются во всех науках, как органы тела во всех физических проявлениях; но, как и эти органы, они должны быть сформированы в утробе матери, прежде чем они смогут развиваться во взрослой жизни. Институциональные призвания ограничиваются опытом и работой на поверхности земного шара, в то время как разум исследует все локации природы вселенной, ограниченной только бесконечностью... Каков фиксированный цикл социогенетической эволюции коллективного организма человечества по срав-

нению с циклом индивидуального эмбриогенеза?..».

150 лет назад появление понятия «ноогенез» произошло одновременно с «абиогенезом» — естественным процессом возникновения жизни из неживой материи [2]. Однако если в XX веке система знаний по абиогенезу бурно развивалась с выдвиганием гипотез, постановкой экспериментов, обоснованием теорий, многочисленными изданиями, то по ноогенезу, согласно публикациям, наблюдались длительные паузы с возвращением к активным исследованиям примерно через 70 лет.

Так, в 1955 г. антропологом П.Т. де Шарденом в книге «Феномен человека» ноогенез упомянут в нескольких местах [3], но не было дано его точной формулировки, и в ряде последующих тезаурусов интерпретации понятия велись вокруг «появление и эволюция разума». Следует отметить, что эмерджентность разума является одним из пяти главных феноменов в эволюционном появлении принципиально новых форм: (1) происхождение жизни; (2) появление простейших, не-

сущих ядро; (3) происхождение форм, размножающихся половым путем; (4) возникновение животных с нервной системой; (5) появление мыслящих животных, а именно людей.

Только в 2005 г. было предложено современное понятие: «Ноогенез – процесс развертки в пространстве и развития во времени интеллектуальных систем. Ноогенез представляет собой совокупность закономерных, взаимосвязанных, характеризующихся определенной временной последовательностью структурных и функциональных преобразований всей иерархии и совокупности взаимодействующих между собой относительно элементарных структур и процессов», – такая формулировка появилась в монографии, посвященной ноогенезу [4]. В данном исследовании была предложена концепция «интеллектуальных систем», «информационной логистики», «интеллектуальной энергии», ускорения, силы, потенциала, объединенных в «теорию интеллекта». Благодаря этому «... понятие «ноогенеза» активно введено в научный обиход, как понятие об эволюции интеллектуальных систем» [5], выделены биофизические параметры интеллектуальной энергетики – объем информации, количество ускорения (частота, скорость) и расстояние ее передачи [6], «... предложена аналогия между человеческим мозгом, состоящем из большого числа параллельно работающих нейронов, и человеческим сообществом, состоящем из людей» [7]. Между тем на момент публикации оценки количества нейронов в головном мозге различались на три порядка – от 10^9 до 10^{12} . Только к 2020-м годам более точная квантификация по ряду параметров позволила перейти к построению и изучению моделей процессов развертки структуры и функций реально существующих интеллектуальных систем с целью получения объяснений этих феноменов, возможных прогнозов для естественного интеллекта и бионики для искусственного интеллекта.

Была поставлена цель исследования: с применением биофизического инструментария и современных данных отдельных параметров предпринять опыты по моделированию развертки сложных интеллектуальных систем:

- эволюции и появлению разума у *Homo sapiens* (филогенез);
- развертки интеллекта при индивидуальном развитии (онтогенез);
- оценки гипотезы стремления популяции человечества к объединению в глобальную интеллектуальную систему.

НЕКОТОРЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ, ИХ КВАНТИФИКАЦИЯ И РАЗВЕРТКА ВО ВРЕМЕНИ

Этиология и семантика терминологии. Ноогенез (от древнегреч. νόος – разум и γένεσις – происхождение, рождение) – появление и эволюция разума. Следует отметить, что Ноо- (рус.), поо- (англ.), 智慧 (китайский) – не только самый ранний термин, известный от древнегреческого «νόος», но и по словарным значениям – объединяющий феномены «ум, разум, интеллект, мысль, инсайт, мудрость» в единое явление.

Эволюция скорости передачи-обмена материальных объектов, физических сигналов-носителей информации. Анализ показывает увеличение скорости адаптации, рефлексии, движения, обмена веществом и информацией, которая возрастает на каждом новом уровне эволюции и организации биологических систем, при этом приспособляемость организма (популяции) улучшается с увеличением скорости реагирования (в том числе скорости связи между интеллектуальными компонентами) на изменения окружающей среды. Одноклеточный организм – скорость движения ионов через мембрану одноклеточного организма $\sim 10^{-10}$ м/с, воды через мембрану $\sim 10^{-6}$ м/с, внутриклеточного (цитоплазма) $\sim 2 \cdot 10^{-5}$ м/с; крови по сосудам многоклеточного организма ~ 0.05 м/с. В 1849 г. Г. Гельмгольцем [8] впервые измерена скорость, с которой сигнал проходит по нервному волокну (в диапазоне 24.6–38.4 м/с). По современным данным измеренные скорости нервного импульса составляют 0.5–120 м/с. Скорость звука и скорость света были определены еще раньше, в XVII веке. К XXI веку стало ясно, что они определяют в основном скорости физических сигналов-носителей информации, между интеллектуальными системами и их компонентами: звук (голос, аудиосигнал) ~ 300 м/с; квантово-электронные устройства $\sim 3 \cdot 10^8$ м/с (скорость радиоэлектромагнитных волн, электрического тока, светового, оптического потока, телекоммуникационного взаимодействия, в том числе через телевидение, телефонию, распространившийся интернет и появившееся множество портативных коммуникационных устройств). Построена сжатая графическая модель эволюции скорости (рис. 1).

Эволюция количества компонентов. Интеллектуальные системы могут образовываться при достижении критических количеств составляющих их интеллектуальных компонентов и коммуникаций между ними. При достижении количества интеллектуальных компонентов $n \geq 1$ млрд может наблюдаться феномен ноореволюции – перехода количественной развертки информационной си-

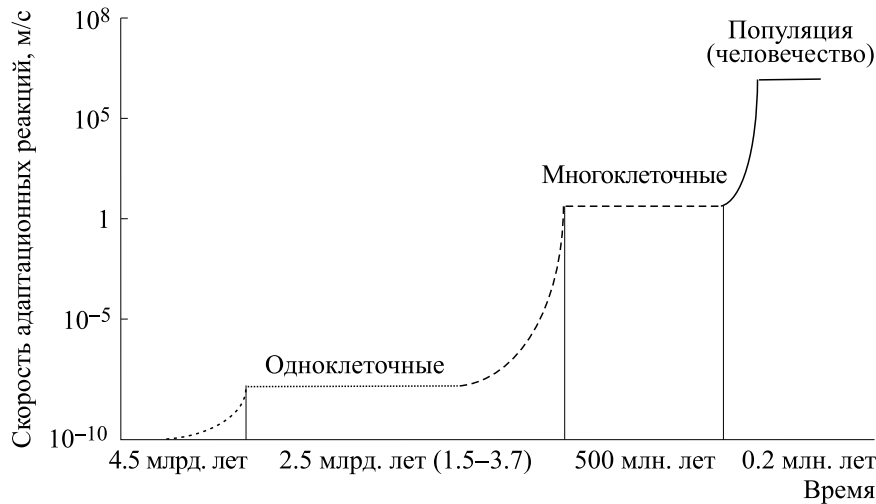


Рис. 1. Эволюция скорости материальных объектов, физических сигналов-носителей информации.

стемы в качественно новую автономно-интеллектуальную систему. Интеллектуальная система — это совокупность взаимодействующих между собой относительно элементарных структур и процессов, объединенных в целое выполнением функции интеллекта, не сводимой к функции ее компонентов. Признаки интеллектуальной системы: она взаимодействует со средой и другими системами как единое целое и состоит из иерархии подсистем более низкого уровня [4].

Ноогенез при индивидуальном развитии (онтогенезе) мозга человека берет свое начало от одной-двух первичных эмбриональных клеток, увеличивающихся в количестве при дроблении и делении

на стадиях морулы—бластулы—гастролы, формирующих соответствующий зародышевый лепесток и его дифференцировку. Формируется нервная система зародыша. К моменту рождения объем головного мозга плода человека по некоторым данным достигает 375 см^3 , к 10 годам жизни — 1300 см^3 . Морфофункциональное созревание структур мозга заканчивается к 13 годам, а окончательное морфофункциональное становление относится к 16–17-летнему возрасту.

В 1899 г. С. Рамоном-и-Кахалем был открыт нейрон, в дальнейшем была разработана доктрина — концепция, согласно которой нервная система состоит из дискретных отдельных клеток [9]. Подсчитать количество нейронов удалось только в XXI веке — в мозге *Homo sapiens* в результате филогенеза и онтогенеза у взрослого человека насчитывается 86 миллиардов нейронов [10]. Это позволяет смоделировать в сравнении сжатые графические модели эволюции количества компонентов интелсистем (рис. 2).

Здесь можно отметить для сравнения, что в процессе эволюции численность человечества возрастает от двух первочеловеков до ~70 млн человек (XX век до н.э.), ~300 млн (к началу н.э.), ~1 млрд (к 30-м годам XX века н.э.), 6 млрд к концу XX века, в соответствии с математическими моделями количество человечества может достигнуть 12.5–14.0 млрд в XXI–XXII веках [11].

Эволюция количества связей. Методы исследования связей и сотрудничества (cooperation). Актуальность изучения в этом направлении подтверждают как современные комплексные исследования сотрудничества, и связей информационных, генетических [12], обусловленного структурами на нейрональном уровне мозга [13], так и значение сотрудничества при развертке популяции че-

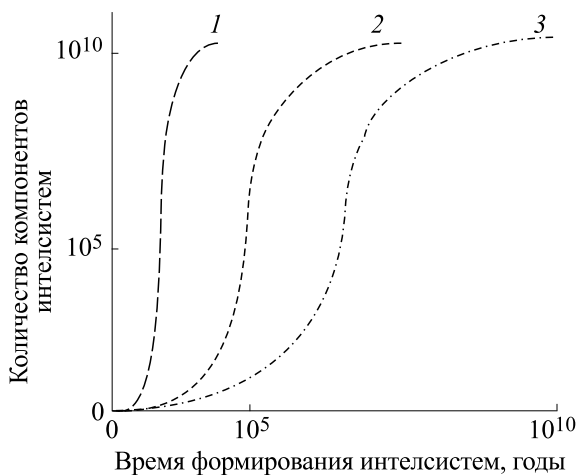


Рис. 2. Эволюция количества компонентов интелсистем: 1 — количество нейронов при индивидуальном развитии (онтогенезе) интелсистемы мозга, 2 — количество людей популяции человечества, 3 — количество нейронов при историческом развитии (филогенезе) нервных систем организмов.

ловечества. В связи с этим нами был проведен анализ известных данных по эволюции количества связей для сотрудничества в интеллектуальных системах и информационном обществе [14]. Связи, контакты между биологическими объектами, можно считать появившимися с многоклеточностью $\sim 3.0\text{--}3.5$ млрд. лет назад [15]. Система скоростных связей специализированных клеток, передающих информацию с помощью электрических сигналов, — нервная система — за всю историю жизни возникла только в одной крупной эволюционной ветви, у многоклеточных животных (Metazoa), и появилась в эдиакарском периоде (около 635–542 млн лет назад) [16].

Термин «синапс» — от греческого *συναψις* (συνάψις), что означает «соединение», в свою очередь от *συνάπτειν* [συν («вместе») и ἄπτειν («крепить»)] — был введен в 1897 г. Ч. Шеррингтоном [17]. В ходе эволюции (филогенеза) количество связей между нейронами возрастало от одной до ~ 7000 синаптических связей каждого нейрона с другими нейронами в мозге человека. В связи с освоением современных физических методов визуализации (функциональная магнитно-резонансная томография) стала возможна регистрация энергичного роста коннектома мозга человеческого плода в возрасте от 22 до 37 недель беременности [18]. По некоторым подсчетам мозг трехлетнего ребенка имеет около 10^{15} синапсов (1 квадриллион), при индивидуальном развитии (онтогенез) число синапсов уменьшается с возрастом до $\sim 10^{14}$ [19]. По другим данным расчетное количество неокортикальных синапсов в мужском и женском мозге снижается в течение жизни человека с $\sim 1.4 \cdot 10^{14}$ до $\sim 1.2 \cdot 10^{14}$ [20].

Количество контактов человека сложно подсчитать, но в науке закрепилось «число Данбара» ~ 150 устойчивых связей человека с другими людьми, предполагаемый когнитивный предел количества людей, с которыми можно поддерживать стабильные социальные отношения [21], по данным других авторов этот диапазон составляет 100–290. В мозге определены структуры, ответственные за социальное взаимодействие [22]. С появлением *Homo sapiens* $\sim 50\text{--}300$ тыс. лет назад актуальность кооперации в ходе эволюции в популяции человечества возрастала количественно. Еще 2000 лет назад на Земле проживал ~ 0.1 млрд людей, 100 лет назад ~ 1 млрд, к середине XX века ~ 3 млрд, а к настоящему времени человечество составляет 8 млрд. Таким образом, общее количество «устойчивых связей» между людьми, социальные взаимоотношения внутри популяции, может оцениваться ($150 \cdot 8 \cdot 10^9$) числом в $\sim 10^{12}$ (рис. 3).

Из графиков на рис. 1–3 можно проанализировать количественные аналогии: в эволюции

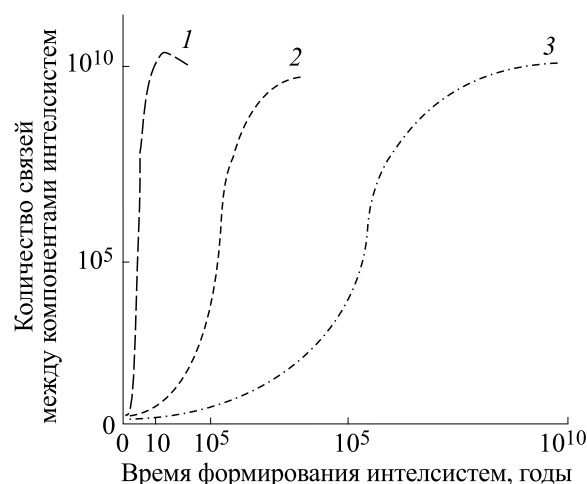


Рис. 3. Эволюция количества связей интеллектуальных систем: 1 — количество синапсов между нейронами при индивидуальном развитии (онтогенезе) интеллектуальной системы мозга человека, 2 — количество связей между людьми в динамике роста населения популяции человечества, 3 — количество синапсов между нейронами при эволюционном развитии (филогенезе) нервных систем животных до мозга человека.

интеллектуальной системы человечества проявляются в кратком повторении отдельные черты филогенеза (эволюции) мозга и в длительном повторении — некоторые характеристики онтогенеза (индивидуального развития) мозга человека. Повторяющиеся черты — рост количества компонентов, связей между ними, скорости обмена информацией и пр. Можно рассматривать предполагаемую интеллектуальную итерацию (лат. *iteratio* — повторение) — повторение действия — образования интеллектуальной функции в едином по размерам материальном ряду (интеллекты людей); повторение явления — зарождение интеллектуальных систем на более высоком в иерархии материи размерном ряду [4].

ПЕРСПЕКТИВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В БИОФИЗИКЕ ПАРАМЕТРОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Известна единственная интеллектуальная (разумная) система *Homo sapiens*, общепринятая из «Системы природы» (1735 г.) [23].

С тех пор ведется поиск параметров интеллектуальных систем для их более полного биофизического описания, который должен быть продолжен. Следует отметить, что в ряде работ рассматриваются закономерности появления и параметры отличительных особенностей интеллектуальной системы человека: объем рабочей памяти 7 ± 2 [24], способность к прогнозированию

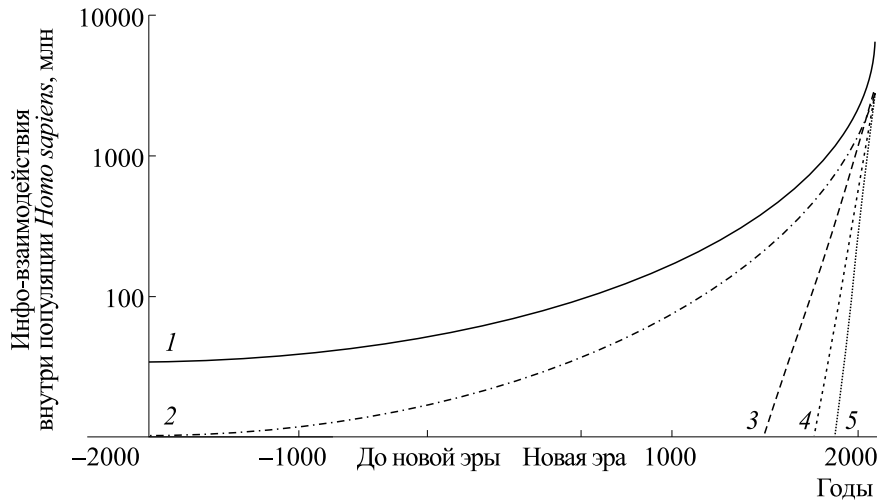


Рис. 4. Развертка связей, инфо-взаимодействия внутри популяции *Homo sapiens*: 1 — общее население Земли; 2 — количество грамотного населения; 3 — количество читающих книги (с книгопечатанием); 4 — количество радио- и телевизионных приемников; 5 — количество телефонов, компьютеров, пользователей сети «Интернет».

нию [25], многоуровневая (шесть слоев нейронов) иерархия системного отбора ценной информации [26], сознание [27], память, концепция появления инсайта-озарения [28], лимиты некоторых физических параметров интеллекта человека [29] и пр.

Эта область энергично развивается, особенно в связи с реализацией ряда мегапроектов (Blue Brain Project, Allen Brain Atlas, Human Connectome Project, Google Brain), — в попытке лучше понять функции мозга, а также в целях развития когнитивных функций человека в будущем с помощью искусственного интеллекта, информационных, коммуникационных и когнитивных технологий [30]. «Международная инициатива по изучению мозга» в настоящее время объединяет инициативы по исследованию мозга на национальных уровнях (Brain Initiative (США), Human Brain Project (Европейский Союз), China Brain Project, Japan Brain/MINDS, Canadian Brain Research Strategy, Australian Brain Alliance, Korea Brain Initiative) с целями поддержания взаимодействия между странами и обеспечения синергетического взаимодействия с междисциплинарными подходами, вытекающими из последних исследований в области нейробиологии, искусственного интеллекта, вдохновленного мозгом [31]. Между тем остается обширный ряд нерешенных проблем в нейрофизике: нейронный код, феномен объединения информации, уровень упрощения для описания обработки информации в мозгу, расчет по кортикальным столбцам, точное время потенциалов действия для обработки информации в неокортексе, количественная оценка долговременной памяти и др.

ОПЫТ ОЦЕНКИ ГИПОТЕЗЫ СТРЕМЛЕНИЯ ПОПУЛЯЦИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА К ГЛОБАЛЬНОЙ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Гипотеза стремления к ноосфере (по В.И.Вернадскому и др.), мировому мозгу, всемирному разуму, глобальному интеллекту, суперинтеллекту и пр. не нова, первые упоминания относятся к началу XX века. Однако общепризнанная теория не сформировалась. Попробуем рассмотреть на современном этапе ее некоторые аспекты по проверяемым количественным параметрам и качественным феноменам. Трудность опыта принимается из теории Гёделя — описание системы изнутри может быть или противоречивым или неполным.

Количественные измерения. Первые попытки описания структурных и функциональных параметров можно основывать на известных цифрах: на 7.5 млрд человек приходилось 6 млрд телевизионных установок, 6 млрд телефонов, 2 млрд компьютеров, 4 млрд пользователей интернета («We Are Social», «HootSuite», 2018), 3.2 млрд пользователей зарегистрировано в социальных сетях («GlobalWebIndex», 2017). Эволюция биотехнологических связей в популяции представлена на рис. 4.

К началу века человечество стало производить за год $18 \cdot 10^{18}$ байт (18 эксабайт) информации, обозначены параметры и объемы производимой человечеством и запоминаемой в различных средах информации, которые в мире возрастали ежегодно на 30% [32] и достигли $2.5 \cdot 10^{18}$ байт в день («IBM», 2017).

Оценка появления новых качественных феноменов. Автономность свойственна когнитивным системам [33] и характеризуется способностью принимать самостоятельные решения. Попробуем определить такие действия человечества, которые являлись результатом совместной глобальной высокоинтеллектуальной деятельности людей и/или характеризовали популяцию как единую автономную систему, способную к действенным рациональным решениям.

Во второй половине XX века к примерам таких глобально-значимых решений-действий можно отнести создание ООН и ее специализированных учреждений, победу над оспой с помощью вакцинации, мирное использование атомной энергии, запреты на ядерные и бактериологические испытания, выход в космос с полетами на околоземной орбите и к Луне, интернет и спутниковое телевидение [4].

К появлению в 2001 г. феномена Википедии следует отметить, что еще в 1938 г. футурист и биолог-эволюционист Г. Уэллс в эссе «Мировой мозг» [34] описал свое видение новой бесплатной, синтетической, авторитетной, постоянно обновляемой мировой энциклопедии, которая могла бы помочь гражданам мира наилучшим образом использовать универсальные информационные ресурсы. Википедия к настоящему времени существует на ~300 языках, содержит более 40 млн статей, только в enWiki >4 млн редакторов, число пользователей в мире — 6.3 млрд; она способствует распространению новых научных работ и помогает исследователям, имеющим ограниченный доступ к научным журналам; отмечается, что энциклопедия не только отражает текущее состояние науки, но и частично влияет на ее формирование в будущем [35].

Для XXI века характерны реагирование на глобальное потепление, контрактное балансирование добычи углеводородов, преодоление экономических кризисов, мегапроекты для совместных исследований космоса, наномира, атома, мозга; создание универсального искусственного интеллекта, обозначенного в национальных и международных стратегиях [36, 37]. С новым вызовом человечеству — пандемией COVID-19 — в гиперинформационном обществе проблема была обозначена как выбор «инфопандемия или ноогенез»; «рост глобального коллективного разума» [38].

При оценке следует отметить, что такой признак ноосферы по В.И. Вернадскому, как «человечество избавилось от войн» [39] не достигнуто. Хотя справедливости ради следует отметить, что для естественных интеллектуальных систем характерны и психические заболевания и инсульты.

Обобщая результаты анализа новых качественных феноменов, автор склоняется к мнени-

нию, что с биофизической точки зрения человечество сегодня, проявляя отдельные черты рациональности, не может характеризоваться строго интеллектуальной «системой», «организмом», а скорее приближается к биотехнической «колонии», «популяции».

Ценность, важность прогноза дальнейшей эволюции интеллектуальных систем. Способность к прогнозу — одно из наиболее ценных качеств, присущих интеллекту [25, 40]. Риски феномена количественно-качественного «взлета и падения видов» известны из биологической эволюции [41] и имеют множественные подтверждения в виде инволюции-деградации тысяч исчезнувших видов от губок до динозавров.

В эволюции многие процессы не предопределены. В связи с этим возможны и прогнозируемые прогрессивные варианты и бифуркации:

— преобладание направления «эволюция эгоистического индивидуального интеллекта» с борьбой за выживание,

— преобладание тренда «эволюция альтруистического коллективного интеллекта» общества, социума, человечества, с кооперацией его компонентов,

— совместное сбалансированное развитие индивидуального-коллективного интеллекта.

Эволюция индивидуального интеллекта. В ней, помимо биолого-генетических механизмов морфофункционального усовершенствования мозга, биоинформатики, психотехник и ноофармакологии, возможен путь «чемоданчика с дополнительными мозгами» — с инструментами-органами (виджетами, гаджетами), увеличивающими скорости производства-передачи информации, совершенствующими поиск актуальных знаний, обеспечивающими эффективное кодирование-сжатие информации, надежность и объемы ее хранения.

Эволюция коллективных биотехнических интеллектуальных систем социума, человечества. Здесь многое зависит от формирования мотиваций (инстинктов, побуждений) людей — многокомпонентной популяции. Цели человечества прояснятся и совместные действия станут эффективнее, если и индивидуумам станет ясно, что для противостояния космическим, планетарным, климатическим катастрофам, освоения преимуществ ресурсов коллективного потребления, борьбе с агрессивными изменениями физики атмос-, лито-, гидросферы, смертельными вызовами от микроорганизмов биосферы необходимо объединение в единую интеллектуальную систему.

Дальнейший успех на национальном уровне могли бы обеспечить: достижение максимально возможного уровня количества населения; создание объективных условий по повышению интеллектуальности членов общества; стремление к

максимальному охвату всевозможными скоростными коммуникационными системами всего населения на всей территории и интеллектуальному ускорению социальных взаимодействий; развитие коннектома между гражданами, интеллектуальной энергетики; повышение эффективности общественного интеллекта, аккумуляции и использования интеллектуального наследия; меры по накоплению и долгосрочному хранению «памяти» на материальных носителях; высокомотивированная деятельность по совершенствованию законодательства; формирование деятельных орудий и инжиниринга инструментов, необходимых и достаточных для эффективных актов реагирования на вызовы окружающей природы, микро и макрокосмоса.

Биофизические междисциплинарные исследования могли бы способствовать пониманию закономерностей разума. Формирование знания в этой сфере сравнимо с познанием квантовой физики и развертки Вселенной, происхождения жизни и биологической эволюции. Поиск должен быть обязательно продолжен: он может дать основу для уверенности, что интеллектуальные системы справятся с самыми неожиданными и порой опасными проблемами, возникающими в ходе их развития.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая работа не содержит описания каких-либо исследований с использованием людей и животных в качестве объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H. Doherty, *Organic Philosophy; Or, Man's True Place in Nature...: Epicosmology* (Trübner & Company, London, 1871).
2. T. H. Huxley, *Biogenesis and abiogenesis* (Macmillan & Co, London, 1873).
3. P. Teilhard de Chardin, *Le phénomène humain* (Editions du Seuil, Paris, 1955).
4. А. Л. Еремин, *Ноогенез и теория интеллекта* (Сов-Куб, Краснодар, 2005).
5. И. С. Домбровская, Культурно-историческая психология **6** (3), 57 (2010).
6. А. Л. Еремин, Биофизика **48** (3), 573 (2003).
7. В. Д. Орехов, *Прогнозирование развития человечества* (МИМ ЛИНК, Жуковский, 2015).
8. H. Helmholtz, in *Archiv für Anatomie, Physiologie und Wissenschaftliche Medicin* (Veit & Comp., Berlin 1850), pp. 71–73.
9. S. Ramón y Cajal, *Manual de histología normal y técnica micrográfica. Manual of normal histology and micrographic technique* (Libreria de Pascual Aguilar, Valencia, 1889).
10. S. Herculano-Houzel *The Human Advantage: A New Understanding of How Our Brain Became Remarkable* (MIT Press, 2016).
11. С. П. Капица, Новая и новейшая история, № 4, 42 (2004).
12. B. Voorhees, et al. *Current Anthropology* **61** (2), 194 (2020).
13. J. K. Rilling, D. Gutman, T. Zeh, et al., *Neuron* **35**, 395 (2002).
14. А. Л. Еремин и Е. В. Зибарев, Медицина труда и пром. экология **60** (12), 951 (2020).
15. R. K. Grosberg and R. R. Strathmann, *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **38**, 621 (2007).
16. G. E. Budd, *Phil. Trans. Roy. Soc. B: Biol. Sciences* **370** (1684), 201500372015 (2015).
17. M. Foster and C. S. Sherrington, *Textbook of Physiology* (Macmillan, London, 1897).
18. S. Wilson, M. Pietsch, L. Cordero-Grande, et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **118** (20), e2023598118 (2021).
19. D. A. Drachman, *Neurology* **64** (12), 2004 (2005).
20. T. Nguyen, *Undergraduate J. Math. Model.: One + Two* **3** (1), 26 (2010).
21. R. I. M. Dunbar, *J. Human Evolution* **22** (6), 469 (1992).
22. J. Walbrin, P. Downing, and K. Koldewyn, *Neuropsychologia* **112**, 31 (2018).
23. C. Linnaeus, *Systema naturae sive regna tria naturae systematice proposita per classes, ordines, genera, & species* (Haak, Leyden, 1735).
24. G. A. Miller, *Psychol. Rev.* **63** (2), 81 (1956).
25. М. Каку, *Будущее разума* (АНФ, М., 2015).
26. Д. Хокинс и С. Блейкли, *Об интеллекте* (И. Д. Вильямс, М., 2007).
27. В. С. Рамачандран, *Рождение разума* (Олимп-Бизнес, М., 2006).
28. Э. Кандель, *Век самопознания* (АСТ: Corpus, М., 2016).
29. D. Fox, *Sci. Am.* **305** (1), 36, 2011.
30. С. Сеунг, *Коннектом* (Лаборатория знаний, М., 2018).
31. A. Adams, S. Albin, K. Amunts, et al., *Neuron* **105** (2), 212 (2020).
32. P. Lyman, H. R. Varian, *How Much Information* (University of California, 2003).
33. U. Maturano, F. Varela, *Autopoiesis and cognition: the realization of the living* (Springer, 1980).
34. H. G. Wells, *World Brain* (Doubleday, Doran & Company, NY, 1938).
35. N. Thompson and D. Hanley, *MIT Sloan Research Paper* 5238-17 (2018).

36. *Communication Artificial Intelligence for Europe* (European Council, 2018).
37. *Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года* (Указ Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490).
38. M. Santolini, *The Conversation* (May 20, 2020).
39. Ф. Яншина, *Общественные науки и современность*, № 1, 163 (1993).
40. Р. Курцвел, *Эволюция разума* (Изд-во «Э», М., 2015).
41. А. Марков, *Эволюция человека. Обезьяны, нейроны, душа* (Астрель, М., 2011).

To the Biophysics of the Evolution of Intellectual Systems

A.L. Eryomin*, **, ***

*Kuban State University, Stavropolskaya ul. 149, Krasnodar, 350040 Russia

**Kuban Medical Institute, ul. Budennogo 198, Krasnodar, 350015 Russia

***Scientific Research Institute of Hygiene and Ecology, Tamanskaya ul. 180, Krasnodar, 350040 Russia

The 150 years have passed since the first publication dedicated to noogenesis, a new concept in understanding the evolution of intellect. However, only in the XXI century, thanks to the results of fundamental research in physics, biology, medicine, and interdisciplinary work, it became possible to perform quantitative analysis of some parameters that contribute to the understanding of the evolution of intellectual systems in the natural sciences. Analysis of the parameters of intellectual systems, patterns of appearance and evolution, distinctive features, constants and limits of their structures and functions showed that this analysis can be used to measure and compare the capacity of communications (~100 m/s – 300 million m/s); to quantify the number of components of intellectual systems (10–100 billion); to calculate successful links (from 150 to 1 trillion links). Prognostic models can be developed while studying a phenomenon of the origin and evolution of: the brain as a population of neurons within biological evolution of *Homo sapiens* in the realm of cognition and linguistic expression; the brain of any individual by tracking anatomy and physiology of the human body via creativity, thought, consciousness, idea, insight, intuition, eureka; "noo" in the hypothesis of morphological and functional evolution of the human population.

Keywords: biophysics of development and evolution, neuroinformatics, psychophysics, neurophysics, parameters of intellectual systems, noogenesis