



В.Н. Шабалин

Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии,  
Москва, Российская Федерация

# Биологический смысл старения (теоретический анализ)

На протяжении многих веков ученые пытаются найти ответ на вопрос: почему стареют живые организмы? Предложено множество научных теорий, объясняющих отдельные механизмы старения. Однако даже их интегральный анализ не позволяет выработать универсальную теорию старения. При этом все существующие теории относят старение к сугубо негативным явлениям жизни. Цель настоящего обзора — показать фундаментальную роль старения в эволюционном развитии живой материи. Дана принципиально новая трактовка биологического смысла старения в процессе онтогенеза и развития живой природы в целом в виде гипотезы сбора, формирования и архивирования структурной информации в тканях организма на молекулярном уровне. Предполагается, что эволюционное развитие осуществляется посредством мутации молекул генома и конформации белковых молекул. Эти превращения resultируют поиск органическими молекулами новой информации, которая архивируется в их структуре в виде ригидных блоков. По мере роста информационных архивов функционально активная часть органической молекулы сокращается. Эти изменения — в основе процесса старения. По достижении предела архивных накоплений новой информации структурные образования прекращают свою жизнедеятельность и подвергаются метаболической переработке собственным организмом или другими организмами биосферы. Выдвинута гипотеза базового механизма старения организма в виде сбора, обработки и архивирования молекулярной биологической информации. Непрерывный обмен между организмами постоянно совершенствующимися структурными блоками молекулярной информацией в биосфере посредством всеобщего метаболизма определяет эволюционное развитие живой материи в целом.

**Ключевые слова:** эволюция, биосфера, самоорганизация живой материи, старение, сбор, преобразование, архивирование и передача биологической информации

**Для цитирования:** Шабалин В.Н. Биологический смысл старения (теоретический анализ). Вестник РАМН. 2024;79(4):360–365. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn17963>

## Введение

Старение человека и сейчас остается одной из наиболее актуальных проблем в естествознании. В течение веков эта проблема влечет к себе биологов, медиков, философов, демографов, а в последнее время и представителей точных наук — физиков, химиков, математи-

ков, а также экономистов, культурологов и др. Ведутся исследования различных уровней структурной организации живой материи, строятся всевозможные теории и математические модели. Тем не менее до настоящего времени в геронтологии не существует общепризнанного постулата старения, понятие «старение» остается размытым.

V.N. Shabalin

Research Institute of General Pathology and Pathophysiology,  
Moscow, Russian Federation

## Biological Meaning of Aging (Theoretical Analysis)

For many centuries, scientists have been trying to find an answer to the question: why do living organisms age? Many scientific theories have been proposed to explain individual mechanisms of aging. However, even their integral analysis does not allow us to develop a universal theory of aging. At the same time, all existing theories classify aging as a purely negative phenomenon of life. Target of review — to show the fundamental role of aging in the evolutionary development of living matter. A fundamentally new interpretation of the biological meaning of aging in the process of ontogenesis and the development of living nature as a whole is given in the form of a hypothesis of the collection, formation and archiving of structural information in the tissues of the body at the molecular level. It is assumed that evolutionary development is carried out through mutation of genome molecules and the conformation of protein molecules. These transformations result from the search by organic molecules for new information, which is archived in their structure in the form of rigid blocks. As information archives grow, the functionally active part of the organic molecule decreases. These changes are at the heart of the aging process. Upon reaching the limit of archival accumulation of new information, structural formations cease their vital activity and undergo metabolic processing by their own body or other organisms of the biosphere. A hypothesis has been put forward about the basic mechanism of aging of the body in the form of collection, processing and archiving of molecular biological information. The continuous exchange between organisms of constantly improving structural blocks of molecular information in the biosphere through universal metabolism determines the evolutionary development of living matter as a whole.

**Keywords:** evolution, biosphere, self-organization of living matter, aging, collection, transformation, archiving and transfer of biological information

**For citation:** Shabalin V.N. Biological Meaning of Aging (Theoretical Analysis). Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2024;79(4):360–365. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn17963>

Причина такого положения состоит в том, что исследователи рассматривают лишь отдельные биологические механизмы, которые являются элементами сложной системы многоуровневой динамики возрастных структурных преобразований тканей живого организма. При этом все существующие гипотезы относят старение к сугубо негативным явлениям жизни: Мечников причину старения видел в эндогенной интоксикации, Силард — в радиационных повреждениях хромосом, Богомолец — в нарушениях соединительной ткани, Сайнекс — в ошибках ДНК, Харман — в повреждении тканей свободными радикалами, Оргел — в синтезе аномальных белков. Подобно этим популярным теориям и все другие связывают старение с накоплением в организме негативных изменений в молекулах, клетках и постепенной потерей организмом неких функций или субстанций, необходимых для поддержания жизни. Складывается впечатление, что человек (или особь другого вида) живет для того, чтобы внести негативные изменения в структуру живой материи. Однако повреждения и деструктивные изменения не могут обеспечить эволюционное развитие жизни. Фундаментальный принцип эволюции состоит в непрерывном усложнении структуры органического мира, повышении его функционального уровня, совершенствовании качества живой материи в целом. Чтобы разобраться в этой дилемме, прежде всего необходимо заглянуть в глубины эволюционного развития жизни.

### **Самоорганизация как основной механизм эволюционного движения**

Согласно современным научным представлениям, все живые существа обретают формы и функции с помощью самоорганизации [1]. Самоорганизация лежит в основе эволюционного развития живой материи. Этот великий имманентный принцип структурного развития материального мира пока остается глубочайшей загадкой.

Эволюция создала живую материю из косной и сосредоточила свои дальнейшие действия на постоянном поиске таких форм живой материи, которые обеспечивают ей оптимальные взаимоотношения с окружающей средой и создают потенциал для ее устойчивого развития. Аристотель признавал материю вечной и неделимой, но считал ее лишенной всякой определенности: «Материя — еще не действительность, а только возможность... Действительностью она становится с момента обретения формы. Форма есть активное деятельное начало, которое дает материи определенность, наполняет ее возможностью действовать». Рождался, стареет и умирает только материальная форма, сама же материя остается вечной. В частности, этот факт прослеживается в течение жизни каждого человека: та форма, которую мы имели в детстве, юности, умерла, но ее элементы стали составляющими блоками новой возрастной формы, более насыщенной информационным содержанием. Эту трансформацию обеспечивают молекулярные механизмы самоорганизации структуры живой материи.

### **Молекулярные процессы эволюционного развития и старения живой материи**

Жизнь, по определению Ф. Энгельса, — это способ существования белковых тел [2]. Безусловно, это определение не дает полного понимания жизни во всей ее

сложности и многообразии. Но пока лучшего определения никто не предложил. На долю белков приходится около 50% массы живой клетки. Каждая ядерная клетка вырабатывает молекулы белка — это ее главная функция. Одна часть созданных белковых молекул используется для внутриклеточных репаративных процессов, другая часть выводится в общую циркуляцию. В клетках человека обычно экспрессируется свыше 10–13 тыс. видов различных белков [3]. Белки вовлечены в каждый процесс жизнедеятельности организма, что определяет их ведущую роль в онтогенезе. Конформация (фолдинг) белковых молекул есть иницирующий фактор эволюционного преобразования живой материи. Потенциальные возможности фолдинга, заложенные в белковых молекулах живых систем, открывают фактически безграничные просторы для их структурных изменений [4, 5].

Известно, что молекула белка одновременно выполняет ряд функциональных процессов. Она представляет собой информационный блок, в структуре которого сосредоточены основные сведения о родительской клетке. Эту информацию белковая молекула передает другим молекулам и клеткам организма. Белковая молекула является зондом, с помощью которого клетка собирает данные об окружающей среде внутри организма. В то же время это мощный аналитический «прибор», исследующий все виды воздействия окружающей среды. Восприятие информации, ее переработка, сохранение и дальнейшее использование осуществляются посредством конформационных превращений вторичной и третичной структур молекул белка [6]. В процессе сбора и переработки информации белковая молекула непрерывно ищет свои эффективные (адаптивные) формы, наиболее удачные из которых она «архивирует» в своей пространственной конфигурации (в виде устойчивых информационных блоков (взаимного расположения частей молекулы, жестко закрепленного ковалентными связями). По мере роста числа этих блоков снижается объем «поисковой» (функционально активной) части молекулы, в результате чего она перестает отвечать физиологическим требованиям и метаболизируется собственным организмом или выбрасывается в биосферу как информационный квант, который используется другими организмами.

Информационное зондирование в организме наряду с белками осуществляют также внеклеточные (циркулирующие) нуклеиновые кислоты (вкНК). Они (как вкДНК, так и вкРНК) представлены в плазме крови, спинномозговой жидкости, слюне и других биологических жидкостях [7]. Внеклеточная ДНК может проникать в клетки с последующей инкорпорацией в их геном [8]. Таким образом, вкНК переносят генетическую информацию между клетками различных тканей организма и участвуют в их трансформации [9].

В результате непрерывного сбора органическими молекулами информации, поступающей из внешней или внутренней среды, и доставки ее в геном соматических клеток происходят мутации — изменение генома, которое передается потомкам данной клетки. Наиболее значительные мутации соматических клеток в процессе эволюции могут транслироваться в геном половых клеток и изменять генофонд биологического вида [10]. Образно говоря, жизнь — это игра частей системы со своим окружением. В такой игре живая система запоминает удачные решения, приобретенные в предыдущих раундах, и использует их для поиска более совершенных решений в последующих раундах.

**«Язык жизни» — аутоволновое общение органических молекул**

Любому живому организму присущи три взаимосвязанные составляющие, обеспечивающие его жизнедеятельность, — материальная, полевая и информационная [11]. Информационно-аналитический процесс на микроуровне организации жизни обеспечивается электромагнитными взаимодействиями. Ни атомы, ни молекулы не соприкасаются друг с другом непосредственно. Между ними всегда существует «прослойка» физического (электромагнитного) поля. Общие положения квантовой механики свидетельствуют о том, что для всех видов материи характерна фундаментальная форма движения — аутоволновые колебания [12]. Все остальные формы движения более высокого уровня являются производными аутоволновых процессов. Аутоколебания биологических молекул характеризуют структуру и определяют функцию любого биообъекта, создают устойчивость организма к внешним факторам, формируют специфику патологических отклонений. При этом любая информация, поступающая от одного микрообъекта другому, передается в виде аутоколебаний [13, 14].

Значительная часть колебательного спектра органических молекул, в том числе белков, находится в терагерцовых частотах ( $> 1 \times 10^{12}$  Гц). Это и есть тактовая частота «языка жизни», сложность и многообразие которого представлена различными параметрами аутоволн: длиной, амплитудой, продольными, поперечными, спиральными и другими формами колебания [15]. Белковая молекула постоянно пребывает в состоянии высокоскоростных структурных преобразований, это некий мерцающий кластер. Она не имеет статической формы в результате непрерывной конформации, происходящей на чрезвычайно высокой скорости, которая измеряется фемтосекундами ( $10^{-15}$  с). На каждое химическое и физическое воздействие белковая молекула отвечает изменением своей структуры [16]. Этот непрерывный, высокоинтенсивный процесс конформации и определяет живое вещество, отличает его от неживого. Используя «язык жизни», органические молекулы складываются в специфические надмолекулярные структуры — архивы памяти, на базе которых в эволюционном процессе создаются более сложные формы и функции живой материи.

**Старение и старость**

Основной закон развития жизни во Вселенной гласит: всякое последующее действие происходит по памяти предыдущих действий, при этом формируется новая структура памяти, куда первая ее форма входит составной частью и не видоизменяется [17].

Поэтапное развитие организма (зигота, эмбрион, плод, новорожденный, этапы молодости, зрелости, пожилого и старческого возрастов) проходит «шагами» мутации и фолдинга. С каждым возрастным этапом организма его геном и белки соматических клеток накапливают архивы структурной информации, которые сохраняются путем формирования устойчивых внутримолекулярных энергетических связей. Органические молекулы все больше наполняются потенциальной энергией и пропорционально теряют кинетическую, которая определяет их функциональную активность [18, 19]. Из поколения в по-

коление информационная насыщенность биологических структур нарастает — в этом и заключается роль старения в эволюционном развитии. Таким образом, процесс старения формирует информационную лестницу, по которой структура живой материи поднимается на более высокий эволюционный уровень.

В интегральном виде можно рассматривать три типа старения живой материи:

- соматическое (старение органических молекул) — определяет старение элементов организма;
- сомато-генетическое (старение генома соматических клеток) — определяет старение организма в целом;
- генетическое (старение генома половых клеток) — определяет старение биологического вида.

После заполнения архивирующих структур белковой молекулы она уходит из жизни; когда заполнены архивирующие структуры генома соматической клетки она — клетка уходит из жизни; если заполнены архивирующие структуры генома всех клеток организма — уходит из жизни организм. После соответствующего наполнения генофонда человечества прекратит свое существование и биологический вид *Homo Sapiens*, также как ушли с эволюционной сцены миллиарды других биологических видов. Но уходящий вид всегда готовит архивы новой структурной информации, на основе которой возникает биологический вид более высокого уровня.

Следовательно, старение следует относить к наиболее фундаментальному биологическому процессу, который определяет все остальные категории как онтогенетической, так и филогенетической трансформации живых существ. Старение — это не распад и не повреждение, это перевод одной структуры живой ткани в другую, более совершенную, с сохранением ее в виде потенциальной фазы для использования новыми клеточными поколениями того же организма или другими организмами в непрерывном развитии биосферы.

Особое значение в эволюционном развитии имеют патологические формы старения. Они играют двоякую роль: с одной стороны, отягощают жизнедеятельность организма, а с другой — способствуют появлению структур, обеспечивающих резистентность к негативным факторам окружающей среды. Еще Лактанций отмечал, что «все бедствия — и всего человечества, и отдельных людей — не бесполезны и ведут человечество, хотя и окольным путем, все к той же одной цели, которая поставлена людям, — совершенствованию» [20].

**Биосфера как системное единство биологических видов**

Живые организмы представляют собой физически открытые элементы биосферы, они через свои ткани непрерывно пропускают и перерабатывают материально-энергетические потоки в виде пищевых, водных и воздушных масс, микрофлоры и иных биологических структур, тепловых и электромагнитных потоков, а также прочих факторов окружающей среды. В процессе этой переработки организм получает информацию, которая используется для построения и преобразования собственных структур организма. В то же время, согласно постулату Вейсмана, все биологические индивидуальности объединены общим фенотипом и единой программой для его построения (генотипом), которые передаются по наследству [21]. Следовательно, индивиды и виды живой природы не являются

самостоятельными объектами эволюции, а работают в единстве генетически детерминированных способов преобразования информационных форм живой материи и не могут существовать вне этого единства. Только теснейшая интеграция этих генетически различных, но взаимодополняющих способов анализа информационного содержания внутренней и внешней среды организмов обеспечивает развитие системной структуры биосферы, накопление в ней потенциальной и кинетической энергии, что представляет сущность тотального «старения» живой материи.

### Процесс старения в эволюционном развитии человека

В результате действия комплекса эволюционных механизмов преобразования живой материи накопленный объем архивов биологической информации привел к созданию мыслящей материи, носителем которой является человек. Мыслящая материя представляет собой структурно-функциональную систему, которая способна осуществлять абстрагированный анализ окружающей среды, кодировать собранную информацию и трансформировать ее в конкретные технические орудия и технологии.

Важно подчеркнуть, что на этапе современного развития мыслящей материи, т.е. головного мозга человека, для эволюции приоритетный интерес представляют люди старших возрастных групп — носители наибольшего объема тщательно проработанной информационной структуры интеллектуальной материи. Свидетельством этой заинтересованности является динамика изменения численности различных возрастных групп человечества. Так, в течение XX в. общее число людей увеличилось в 3 раза, а людей старше 60 лет — почти в 10 раз. В настоящее время чем старше возрастная группа, тем интенсивнее растет ее численность. Подтверждение этому наиболее демонстративно проявляется в резком увеличении числа людей старше 100 лет. Так, в России в 2009 г. число людей старше 100 было 7,7 тыс., а на начало 2020 г. — 22,6 тыс. Эволюционный смысл такой динамики состоит в том, что процесс развития головного мозга человека принципиально безграничен, так как развитие представляет собой основной способ существования личности. Согласно закону цефализации (выведен Д.Д. Даном и Д. Ле-Контон в 1950-годах), головной мозг человека фактически до конца жизни продолжает сохранять и совершенствовать свою структурно-функциональную организацию. Этот закон подержал и ввел в научный оборот В.И. Вернадский [22].

Безусловно, старость вносит негативные эффекты в деятельность головного мозга индивида. Наиболее ощутимо для человека это касается памяти. Но и здесь нужно видеть определенные особенности. В пожилом возрасте снижаются количество и скорость образования дендритов и аксонов, формирующих связи между нейронами. Это замедляет вызов хранящейся в них информации в зоны головного мозга, осуществляющие ее анализ. Однако архивы памяти остаются сохраненными, что подтверждается возможностью при определенном напряжении интеллекта вспомнить, казалось бы, навсегда исчезнувшие из памяти факты. Кроме того, можно полагать, что снижение памяти, т.е. скорости образования оперативных связей в головном мозге пожилого человека, есть результат возрастного повышения функции внутримозговой

креативности, направленной на итоговую коррекцию и систематизацию архивированной информации, заложенной в структуре молекул и молекулярных агрегаций тканей головного мозга индивида. В частности, на это может указывать факт повышения по сравнению с нормативными значениями уровня постоянного потенциала и энергозатрат в глубинных структурах головного мозга пожилых людей [23, 24].

Однако встает вопрос: зачем нужна эволюции старшая возрастная группа популяции после прекращения возможности передачи генетической информации половым путем? Дело в том, что генетический (вертикальный) путь передачи биологической информации в эволюционном процессе не является единственным. В последнее время все более активно дискутируется проблема так называемого горизонтального дрейфа генов [25, 26]. Однако наиболее мощный поток передачи биологической информации осуществляется негенетическим (соматическим) путем — через пищевой кругооборот в биосфере. При этом вертикальным (генетическим) путем передается информация систематизированная, четко структурированная (в этом его преимущество), но собранная одним организмом (и в этом его слабость). Горизонтальным (соматическим) путем передается информация более разнообразная, собранная различными организмами (в этом его преимущество), но разрозненная, неструктурированная (и в этом его слабость). Сочетание этих двух форм передачи информации определяет наиболее эффективный прогресс.

Следует отметить, что конкретные знания, архивированные в головном мозге индивида, не передаются генетическим путем, однако передается более совершенная «генетическая платформа», становясь на которую, новые поколения биологических видов получают более высокие возможности для освоения непрерывно совершенствующейся биосферной информации.

Анализ современных достижений эволюции жизни дал возможность В.И. Вернадскому [27] поднять проблему Ноосферы — сферы разума. Формирование Ноосферы означает, что мыслящая материя в дальнейшем эволюционном поиске оптимального (идеального) варианта своей структуры должна перейти от полисистемной (индивидуализированной) формы организации к единой системе — Интегрированному Разуму.

### Заключение

Логический и факториальный анализ физико-химических, общеприродных и теоретических данных позволяет представить старение как естественный, универсальный, перманентный, однонаправленный процесс структурно-функциональных изменений тканей биологических индивидов и биосферы в целом, который протекает на молекулярном уровне в интересах совершенствования качества живой материи.

### Дополнительная информация

**Источник финансирования.** Рукопись подготовлена и опубликована за счет финансирования по месту работы автора.

**Конфликт интересов.** Автор данной статьи подтвердил отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Camazine S, Deneubourg J-L, Nigel R, et al. *Self-Organization in Biological Systems*. Princeton University Press; 2020. 562 p.
2. Энгельс Ф. *Анти-Дюринг. Переворот в науке, произведенный господином Евгением Дюрингом*. — М.: Политиздат, 1983. — 482 с. [Engel's F. *Anti-Dyuring. Perevorot v nauke, proizvedennyj gospodinom Evgeniem Dyuringom*. Moscow: Politizdat; 1983. 482 s. (In Russ.)]
3. Белан Д.В., Екимова И.В. Белки теплового шока при конформационных болезнях мозга // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. — 2019. — Т. 105. — № 12. — С. 1465–1485. [Belan DV, Ekimova IV. Heat Shock Proteins in Conformational Diseases of the Brain. *Russian Journal of Physiology*. 2019;105(12):1465–1485. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.1134/S0869813919120021>
4. Андрианов А.М. *Конформационный анализ белков: теория и приложения*. — Минск: Беларус. навука, 2013. — 518 с. [Andrianov AM. *Konformacionnyj analiz belkov: teoriya i prilozheniya*. Minsk: Belarus. navuka; 2013. 518 s. (In Russ.)]
5. Пардаева С., Жумаева Ф., Ахмедов А. Функция белков клетки // *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*. — 2021. — Т. 1. — № 10. — С. 369–379. [Pardaeva S, Zhumaeva F, Ahmedov A. Funkciya belkov kletki. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*. 2021;1(10):369–379. (In Russ.)]
6. Сахаров В.Н., Литвицкий П.Ф. Нестабильность конформации белка — общий компонент патогенеза болезней человека // *Вестник РАМН*. — 2016. — Т. 71. — № 1. — С. 46–51. [Sakharov VN, Litvitskiy PF. Disorders of Protein Conformation as a Typical Component of Various Human Disease Pathogenesis. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2016;71(1):46–51. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.15690/vramn635>
7. Муравлева Л.В., Молотов-Лучанский В.Б., Ключев Д.А., и др. Внеклеточные нуклеиновые кислоты: происхождение и функции // *Современные проблемы науки и образования*. — 2010. — № 2. — С. 15–20. [Muravleva LV, Molotov-Luchanskiy VB, Klyuev DA, i dr. Vnekletochnye nukleinovye kisloty: proiskhozhdenie i funkcii. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2010;2:15–20. (In Russ.)] Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=1570>
8. Pisetsky DS, Fairhurst AM. The origin of extracellular DNA during the clearance of dead and dying cells. *Autoimmunity*. 2007;40(4):281–284. doi: <https://doi.org/10.1080/08916930701358826>
9. Козлов В.А. Свободная внеклеточная ДНК в норме и при патологии // *Медицинская иммунология*. — 2013. — Т. 15. — № 5. — С. 399–412. [Kozlov VA. Free extracellular DNA in normal state and under pathological conditions. *Medical Immunology (Russia)*. 2013;15(5):399–412. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.15789/1563-0625-2013-5-399-412>
10. Артеменков А.А. Дезадаптивные генетико-эволюционные процессы в популяциях человека промышленных городов // *Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова*. — 2020. — Т. 28. — № 2. — С. 234–248. [Artemenkov AA. Disadaptive genetic-evolutionary processes in human populations of industrial cities. *IP Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2020;28(2):234–248. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.23888/PAVLOVJ2020282234-248>
11. Павлов А.Н., Новичков С.А. Механизм биоинформационных процессов в организме человека // *Научный интернет-журнал «Мир науки»*. — 2015. — Вып. 1. — С. 1–8. [Pavlov AN, Novichkov SA. Mechanism of bioinformational processes in human organism. *The Scientific Online Magazine "The World of Science"*. 2015;1:1–8. (In Russ.)] Available from: <http://mir-nauki.com/PDF/07EMN115.pdf>
12. Москаленко А.В., Тетев Р.К., Махортых С.А. К вопросу о современном состоянии теории колебаний // *Препринты Института прикладной математики им. М.В. Келдыша*. — 2019. — № 44. — С. 32. [Moskalenko AV, Tetuev RK, Makhortyxh SA. On the current state of the theory of oscillations. *Preprints of the M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics*. 2019;44:32. (In Russ.)] doi: <http://doi.org/10.20948/prepr-2019-44>
13. Shnoll SE. *Cosmophysical factors in stochastic processes*. Rehoboth New Mexico, USA: American Research Press; 2012. 430 p.
14. Petsko GA. *Protein structure and function*. Oxford; New York: Oxford University Press; 2009. 195 p.
15. Cui Q. Perspective: Quantum mechanical methods in biochemistry and biophysics. *J Chem Phys*. 2016;145(14):140901. doi: <http://doi.org/10.1063/1.4964410>
16. Рожков С.П., Горюнов А.С. Фазовые диаграммы белкового раствора и структурные превращения молекулы белка // *Труды Карельского научного центра РАН*. — 2015. — № 12. — С. 87–95. [Rozhkov SP, Goryunov AS. Protein solution phase diagrams and protein molecule structural transitions. *Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015;12:87–95. (In Russ.)] doi: <http://dx.doi.org/10.17076/eb238>
17. Петров Н.В. Реально действующая простая математическая модель о начале творения и эволюции живой Вселенной // *Международный электронный журнал «Устойчивое развитие: наука и практика»*. — 2020. — Вып. 1 (27). — Ст. 1. [Petrov NV. A real-world simple mathematical model of the beginning of creation and evolution of the living universe. *International Electronic Journal "Sustainable Development: Science and Practice"*. 2020;1(27):1. (In Russ.)] Available from: <http://www.trinitas.ru> (accessed: 23.02.2020).
18. Финкельштейн А.В. 50+ лет самоорганизации белков // *Успехи биологической химии*. — 2018. — Т. 58. — С. 7–40. [Finkel'shtejn AV. 50+ let samoorganizacii belkov. *Uspekhi biologicheskoy khimii*. 2018;58:7–40. (In Russ.)]
19. Колюбаева С.Н., Свеклина Т.С., Шустов С.Б., и др. Митохондриальный геном и старение кардиомиоцитов // *Гены и клетки*. — 2021. — Т. 16. — № 4. — С. 14–21. [Kolyubaeva SN, Svekлина TS, Shustov SB, et al. Mitochondrial genome and aging of cardiomyocytes. *Genes and cells*. 2021;16(4):14–21. (In Russ.)] doi: <http://dx.doi.org/10.23868/202112002>
20. Лактанций. *Божественные установления*. Кн. I–VII. — СПб.: Изд-во Олега Абышко, 2007. — 512 с. [Laktancij. *Bozhestvennye ustanovleniya*. Knigi I–VII. Saint Petersburg: Izd-vo Olega Abyshko; 2007. 512 s. (In Russ.)]
21. Супотницкий М.В. *Словарь генетических терминов*. — М.: Вузovская книга, 2007. — 508 с. [Supotnickij MV. *Slovar' geneticheskikh terminov*. Moscow: Vuzovskaya kniga; 2007. 508 s. (In Russ.)]
22. Вернадский В.И. *Научная мысль как планетное явление*. — М.: Наука, 1991. — 271 с. [Vernadskij VI. *Nauchnaya mysl' kak planetnoe yavlenie*. Moscow: Nauka; 1991. 271 s. (In Russ.)]
23. Лисова Н.А., Черенева Е.А., Шилов С.Н., и др. Характеристика церебрального энергетического метаболизма у лиц пожилого возраста с нарушением когнитивных функций // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. — 2022. — Т. 14. — № 5. — С. 246–261. [Lisova NA, Chereneva EA, Shilov SN, et al. Characteristics of cerebral energy metabolism in elderly people with impaired cognitive functions. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022;14(5):246–261. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/0.12731/2658-6649-2022-14-5-246-261>
24. Депутат И.С., Грибанов А.В., Нехорошкова А.Н., и др. Энергетическое состояние головного мозга у женщин пожилого возраста, проживающих в условиях севера // *Экология человека*. — 2016. — № 9. — С. 40–45. [Deputat IS, Gribanov AV, Nekhoroshkova AN, et al. Brain Energy State in Elderly Women Living in the North. *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 2016;9:40–45. (In Russ.)]

25. Rivera M, Lake J. The ring of life provides evidence for a genome fusion origin of eukaryotes. *Nature*. 2004;431(7005):152–155. doi: <https://doi.org/10.1038/nature02848>
26. Комарова В.А., Лавренченко Л.А. Методы выявления гибридизации и генетической интрогрессии при филогенетических несоответствиях // *Журнал общей биологии*. — 2021. — Т. 82. — № 6. — С. 403–418. [Komarova VA, Lavrenchenko LA. Approaches to detecting hybridization events and genetic introgression under phylogenetic incongruence. *Journal of General Biology*. 2021;82(6):403–418. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.31857/S0044459621060051>
27. Рубанова Е.В. В.И. Вернадский: Ноосферная концепция (к 150-летию со дня рождения) // *Известия Томского политехнического университета*. — 2013. — Т. 322. — № 6. — С. 171–174. [Rubanova EV. V.I. Vernadskij: Noosfernaya koncepciya (k 150-letiyu so dnya rozhdeniya). *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2013;322(6):171–174. (In Russ.)]

#### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Шабалин Владимир Николаевич**, д.м.н., профессор, академик РАН [*Vladimir N. Shabalin*, MD, PhD, Professor, Academician of the RAS]; **адрес:** 125315, Москва, ул. Балтийская, д. 8 [**address:** 8 Baltiyskaya str., 125315, Moscow, Russia]; **e-mail:** shabalin.v2011@yandex.ru, **SPIN-код:** 9290-3532, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1861-759X>