Статья Сергея Валентиновича ПЕТУХОВА посвящена вопросам вибрационной медицины и биологии на основе нового модельного подхода к системам волновых и вибрационных процессов в генетически наследуемой организации живых тел. Этот подход основан на *матричном анализе* и использует известное **свойство матриц отображать резонансы**. Основное внимание уделено системам резонансов в тензорных семействах матриц, базирующихся на тензорном (или кронекеровском) произведении. Введено понятие таблиц наследования собственных значений матриц из таких семейств и показана их аналогия с «решётками Пеннета» полигибридного скрещивания организмов по законам Менделя. Матричный анализ свидетельствует в пользу следующего: **алфавиты генетического кода есть алфавиты резонансов**; соответственно, генетический код есть код резонансов, а генетические тексты на основе этих алфавитов есть тексты, написанные на языке резонансов; аллели генов, фигурирующие в законах Менделя, можно интерпретировать как резонансы (собственные значения матриц) некоторых колебательных систем. **Демонстрируются связи молекулярно-генетических ансамблей с технологиями помехоустойчивого кодирования информации в современной технике связи**. Развиваются идеи вибрационной генетической биомеханики, использующие **сопряжение наследуемых биологических процессов с феноменами вибрационной механики.**

*Близкий вариант статьи опубликован в журнале «Медицина и высокие технологии», 2015, № 2.

Человек и вибрации

(Вибрационная генетическая биомеханика и наследуемые системы биологических резонансов)

С.В.Петухов, *кандидат физико-матемамических, доктор биологических наук.*
Отдел вибрационной биомеханики института машиноведения РАН

Введение

Тема «человек и вибрация» является одной из актуальных тем современной науки и техники. Ей посвящено множество монографий и ряд национальных и международных симпозиумов в связи с запросами медицины и медицинской инженерии, эргономики, спорта, физиологии труда и профессиональных заболеваний (вибрационная болезнь является одним из ведущих профессиональных заболеваний в мире). В связи с данной темой в 70-х годах прошлого века в Институте машиноведения РАН был создан специализированный отдел вибрационной биомеханики систем человек–машина–среда. В настоящей статье представлено одно из развиваемых в этом отделе научных направлений: *вибрационная генетическая биомеханика*. Речь идёт о том, что все наследуемые биомеханические системы организма обязаны быть согласованными со структурами генетического кода для их кодирования и передачи потомкам (иначе они обречены на вымирание). Соответственно, все биомеханические и физиологические системы организма несут на себе печать структур генетического кода, что является предметом изучения в генетической биомеханике. Освещаемые в статье исследования показывают глубокую связь генетики и генетической биомеханики с вибрационной механикой и особыми системами резонансов.

Живой организм представляет собой огромный хор согласованных колебательных процессов, сопряжённых с их генетическим наследованием из поколения в поколение. С древних времён хрономедицина и биоритмология полагают, что все болезни являются результатом рассогласований в этом упорядоченном множестве колебательных процессов, а потому важно изучать эту согласованную упорядоченность. С формальной точки зрения **живой организм является колебательной системой с большим числом степеней свободы, причём в онтогенетическом развитии организма от зародыша во взрослую особь её количество степеней свободы сильно**

возрастает при сохранении согласованности колебательных процессов в ней на каждом этапе. Резонансы в такой системе могут служить механизмами согласования и упорядочения множества её колебательных процессов. Возможности резонансных согласований давно привлекают внимание исследователей. Так, **Н.Тесла считал закон резонанса наиболее общим природным законом и утверждал, что все связи между явлениями устанавливаются исключительно путём разного рода простых и сложных резонансов – согласованных вибраций физических систем**. Книга «Вибрационная медицина» [1] говорит о резонансах как ключе, который откроет дверь в мир жизненных процессов.

Но резонансными свойствами обладают все природные объекты как живые, так и прочие. И видов резонансных систем, вообще говоря, бесконечно много. Имеют ли живые организмы какую-то отличительную специфику в их наследуемой системе резонансных характеристик, сопряженную с генетическими феноменами и структурами молекулярной системы генетического кодирования?

Автором предлагается модельный подход, результаты исследования в рамках которого свидетельствуют в пользу специфичности биологической системы наследуемых резонансов, расширяющейся в ходе онтогенеза организма. Этот модельный подход строится на относительно узком классе систем резонансов, который связан с собственными значениями и собственными векторами (2n*2n)-матриц из тензорных семейств, базирующихся на тензорном (или кронекеровском) произведении (2*2)-матриц.

Матрицы наделены замечательным свойством отображать резонанс, который иногда называют их главным качеством [2, с. 21, 26]. Физическое явление резонанса хорошо знакомо каждому. Моделируя прохождение сигнала s через акустическую систему A, представленную матрицей A, записывают: y = A*s. Если входной сигнал s – резонансный тон, тогда выходной сигнал y повторит его с точностью до масштабного множителя y =

$\lambda * s$ подобно тому, как настроенная музыкальная струна вторит камертону. У матрицы количество резонансных тонов («струн») отвечает её размеру и количеству степеней свободы той системы, которую она представляет. Эти резонансные тоны называют собственными векторами матрицы, а масштабные коэффициенты при них – её собственными значениями, набор которых составляет спектр системы А (или матрицы А). Частоты $\omega_i = \lambda_i\, 0.5$ называются собственными частотами системы, а соответствующие им собственные векторы называются её собственными формами колебаний (или просто собственными колебаниями). Эти свободные незатухающие колебания происходят в системе при отсутствии в ней сил трения и действия внешних возбуждающих сил. Поведение системы при свободных колебаниях определяет ее поведение при многих других условиях. Если задать системе некоторую статическую деформацию, а затем освободить систему, то возникнут свободные колебания по всем соответствующим формам; каждое из таких колебаний будет происходить с соответствующей собственной частотой независимо от остальных движений. В этой связи для теории колебаний одной из основных задач является определение собственных частот (математически, собственных значений операторов) и собственных форм колебаний тела. Для нахождения всех собственных значений λ_i (т.е. спектра системы А) и собственных векторов матрицы А, задаваемых уравнением $A*s = \lambda*s$, исследуют «характеристическое уравнение» матрицы А: $\det(A–\lambda E) = 0$, где Е – единичная матрица. Характеристическое уравнение вместе с его собственными значениями и собственными векторами является основным в теории механических, электрических и других колебаний на макроскопическом или микроскопическом уровнях.

В настоящей статье рассматриваются спектры (2n*2n)-матриц, возникающих в результате тензорных произведений исходных (2*2)-матриц и используемых в излагаемом подходе для моделирования генетических феноменов и структур. Тензорное произведение матриц, обозначаемое $\otimes$, давно применяется в математике, физике, информатике, теории управления, теории кодирования и пр. Оно используется для алгоритмического порождения пространств с большей размерностью на базе пространств с меньшей размерностью (напоминая возрастание степеней свободы у ансамбля клеток растущего организма при их делении). Соответственно, тензорное умножение матриц, соответствующих системам с исходным числом степеней свободы, позволяет переходить к матрицам систем с возросшим количеством степеней свободы.

По определению, тензорным произведением двух квадратных матриц V и W порядка m и n, соответственно, называется матрица $Q=V \otimes W=||V_{ij}*W||$ увеличенного порядка m*n [3]. Тензорное произведение обладает свойством наследования мозаичной структуры исходной матрицы при её возведении в тензорные степени. Это связывает его с фракталами [4, гл. X]. Рис. 1 показывает два примера такого образования фрактальных паттернов, вид которых зависит от мозаики матрицы, возводимой в тензорную степень.

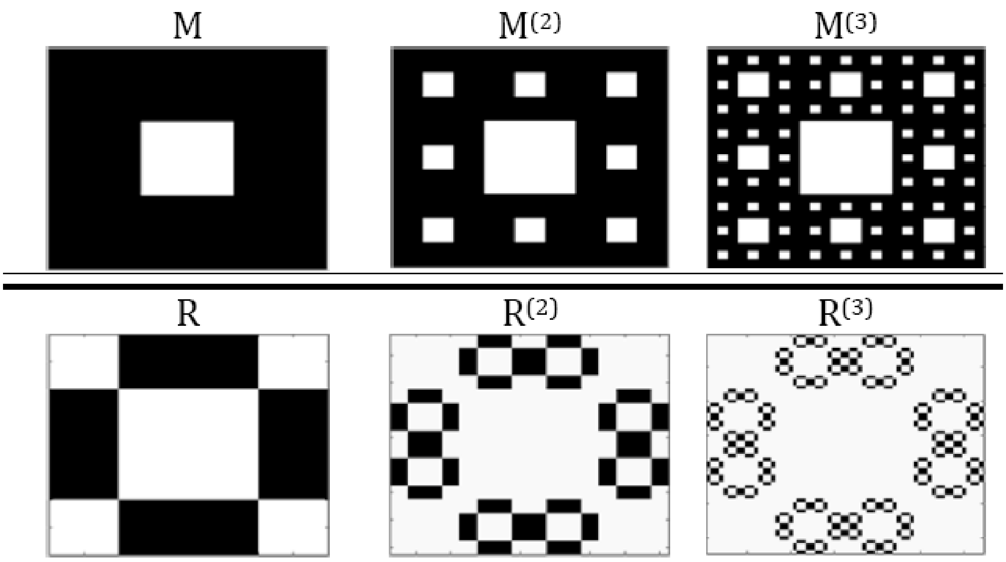


Рис. 1. Фрактальные паттерны, образующиеся при возведении матрицы в тензорные степени (n), зависят от её вида, который «наследуется» в последующие матрицы тензорного семейства. Вверху: пример фрактального ковра Серпинского, образующегося в тензорном семействе матриц M(n)=[1, 1, 1; 1, 0, 1; 1, 1, 1](n). Внизу: пример фрактальных паттернов в тензорном семействе матриц R(n)=[0, 1, 1, 0; 1, 0, 0, 1; 1, 0, 0, 1; 0, 1, 1, 0](n). Чёрный и белый цвета в мозаиках матриц соответствуют их элементам 1 и 0

Таблицы наследования собственных значений матриц вибросистем и решётки Пеннета из генетики

Тензорные произведения матриц наделены также свойством «наследования» собственных значений: если исходные матрицы V и W имеют собственные значения λ_i и μ_j, соответственно, то все собственные значения их тензорного произведения Q=V!W являются произведениями $\lambda_i * \mu_j$ этих собственных значений, тем самым «наследуемых» в такой форме. В силу данного свойства при последовательном возведении матрицы в возрастающие тензорные степени в тензорном семействе матриц возникают деревья «гибридов» собственных значений, состоящих только из произведений наследуемых собственных значений исходной матрицы. Особенности наследования собственных значений исходных (или «родительских») матриц при тензорном перемножении матриц удобно представлять в виде «таблиц наследования». Например, для (2*2)-матриц V и W, имеющих одинаковый набор собственных значений A и a, их тензорное произведение Q=V!W наделено собственными значениями A*A, A*a, A*a, a*a, что представлено в табличной форме на рис. 2. Этот случай тензорного «скрещивания» родительских матриц мы условно называем «моногибридным скрещиванием» матриц вибросистем.

		Спектр W	
		A	a
Спектр V		A*A	A*a
	a	A*a	a*a

		«Материнский» спектр			
		AB	Ab	aB	ab
«Отцовский» спектр	AB	AABB	AABb	AaBB	Aa b
	A	AABb	Abb	AaBb	Aabb
	aB	AaB	AaBb	aaBB	aaBb
	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

		«Материнский» спектр							
		ABD	ABd	AbD	Abd	aBD	Bd	abD	abd
«Отцовский» спектр	ABD	AABBDD	AABBDd	AABbDD	AABbDd	AaBBDD	AaBBDd	AaBbDD	AaBbDd
	ABd	AABBDd	AABBdd	AABbDd	AABbdd	AaBBDd	AaBBdd	AaBbDd	AaBbdd
	Ab	AABbDD	AABbDd	AAbbDD	AAbbDd	AaBbDD	AaBbDd	AabbDD	AabbDd
	Abd	AABbDd	AABbdd	AAbbDd	AAbbdd	AaBbDd	AaBbdd	AabbDd	Aabbdd
	aBD	AaBBDD	AaBBDd	AaBbDD	AaBbDd	aaBBDD	aaBBDd	aaBbDD	aaBbDd
	aBd	AaBBDd	AaBBdd	AaBbDd	AaBbdd	aaBBDd	aaBBdd	aaBbDd	aaBbdd
	abD	AaBbDD	AaBbDd	AabbDD	AabbDd	aaBbDD	aaBbDd	aabbDD	aabbDd
	abd	AaBbDd	AaBbdd	AabbDd	Aabbdd	aaBbDd	aaBbdd	aabbDd	aabbdd

Рис. 2. Примеры таблиц наследования собственных значений «родительских» (2n*2n) матриц при их тензорном перемножении, которое выступает в роли операции тензорного «скрещивания» двух матриц вибросистем и сопоставляет им матрицу вибросистемы с увеличенным количеством степеней свободы. Показаны случаи моногибридного, дигибридного и тригибридного (внизу) тензорного скрещивания

Пояснения в тексте. Рис. 2 показывает ещё два примера таблиц наследования спектров при «полигибридном» скрещивании: вверху справа – таблица наследования для родительских матриц, четыре собственные значения которых AB, Ab, aB, ab состоят из двух сомножителей (случай «дигибридного» скрещивания); внизу – таблица наследования для родительских матриц, восемь собственных значений которых ABD, ABd, … состоят из трех сомножителей (случай «тригибридного» скрещивания).

Эти таблицы наследования для спектров вибросистем подобны решёткам Пеннета для полигибридного скрещивания организмов (рис. 3). Решётки Пеннета в генетике и её учебниках представляют с 1906 года законы Менделя наследования признаков при полигибридном скрещивании (https://ru.wikipedia.org/wiki/Решётка_Пеннета). Эти решётки – графический метод определения генотипа по сочетанию мужских и женских гамет при скрещивании, предложенный английским биологом Р.Пеннетом (R. Punnett). Только в решётках Пеннета вместо собственных значений матриц и их комбинаций фигурируют аналогичные комбинации доминантных и рецессивных аллелей генов от родительских репродуктивных клеток – гамет.

		Материнские гаметы	
		A	a
Отцовские гаметы	A	A*A	A*a
	a	A*a	a*a

		Материнские гаметы			
		AB	Ab	aB	ab
Отцовские гаметы	AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
	Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
	aB	AaBB	AaBb	a BB	aa
	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

		Материнские гаметы							
		ABD	ABd	AbD	Abd	aBD	aBd	abD	abd
Отцовские гаметы	ABD	AABBDD	AABBDd	AABbDD	AABbDd	AaBBDD	AaBBDd	AaBbDD	AaBbDd
	ABd	AABBDd	AABBdd	AABbDd	AABbdd	AaBBDd	AaBBdd	AaBbDd	AaBbdd
	AbD	AABbDD	AABbDd	AAbbDD	AAbbDd	AaBbDD	AaBbDd	AabbDD	AabbDd
	Abd	AABbDd	AABbdd	AAbbDd	AAbbdd	AaBbDd	AaBbdd	AabbDd	Aabbdd
	aBD	AaBBDD	AaBBDd	AaBbDD	AaBbDd	aaBBDD	aaBBDd	aaBbDD	aaBbDd
	aBd	AaBBDd	AaBBdd	AaBbDd	AaBbdd	aaBBDd	aaBBdd	aaBbDd	aaBbdd
	abD	AaBbDD	AaBbDd	AabbDD	AabbDd	aaBbDD	aaBbDd	aabbDD	aabbDd
	abd	AaBbDd	AaBbdd	AabbDd	Aabbdd	aaBbDd	aaBbdd	aabbDd	aabbdd

Рис. 3. Примеры решёток Пеннета для моногибридного, дигибридного и тригибридного скрещивания организмов по законам Менделя

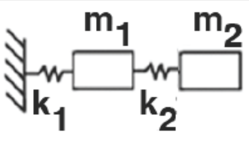
Отмечаемая нами формальная аналогия между решётками Пеннета комбинаций аллелей при полигибридном скрещивании организмов и таблицами наследования собственных значений матриц вибросистем порождает следующую мысль: *аллели генов и их комбинации можно интерпретировать как собственные значения (2n*2n)-матриц из тензорных семейств матриц колебательных систем.*

Этот модельный подход акцентирует внимание на возможную важность для генетических систем особого класса взаимно связанных резонансов из тензорных семейств матриц, играющих роль биологических «матричных архетипов».

Матричные уравнения колебательных систем в теории колебаний

В теории колебаний для анализа колебательных систем со многими степенями свободы используются системы дифференциальных уравнений, которые представляются в сжатой матричной форме. При этом матричные представления колебательных систем со многими степенями свободы и заданными параметрами позволяют определить их собственные числа и собственные вектора. Это описано во многих монографиях и учебниках, иногда отличающихся по терминологии.

Настоящая статья использует терминологию и примеры из обстоятельной книги [5], в которой рассмотрены теория и матричные уравнения множества конкретных колебательных систем. Например, пружинно-массовая система с двумя степенями свободы и параметрами, указанными на рис. 4, соответствует (2*2)-матрице, спектр которой состоит из двух собственных чисел λ_1 и λ_2. Каждое из них равно квадрату частоты колебаний ω_1^2 и ω_2^2 на том резонансном тоне, который отвечает собственному вектору данного собственного числа.



$$\begin{vmatrix} k_1 + k_2 - \lambda^* m_1, & -k_2 \\ -k_2 \quad , & k_2 - \lambda^* m_2 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \end{vmatrix} = 0$$

$$\lambda_{1,2} = \omega_{1,2}^2 = \{(k_2{*}m_1+k_1{*}m_2+k_2{*}m_2) \pm((k_2{*}m_1+k_1{*}m_2+k_2{*}m_2)^2 - 4{*}k_1{*}k_2{*}m_1{*}m_2)^{0.5}\}/2{*}m_1{*}m_2$$

Рис. 4. Пример пружинно-массовой системы с двумя степенями свободы, массами m_1 и m_2, жёсткостью пружин k_1 и k_2. Справа даны матричное уравнение для свободных колебаний объекта, а также выражения собственных значений $\lambda_{1,2}$

Матрица в примере на рис. 4 является симметричной относительно главной диагонали. Симметрические матрицы имеют вещественные собственные значения и ортонормированные собственные вектора. Большинство матриц, которые актуальны в различных задачах теории колебаний, является симметрическими [5, с. 178]. Важное место в теории колебаний занимают матрицы Якоби, которые по определению являются симметрическими трёхдиагональными матрицами и которые появляются в простейших видах колебательных систем – линейных последовательностях масс, соединенных пружинами [5, с. 15]. Вещественные собственные числа этих матриц всегда различны и упорядочиваются по величине.

Тензорное умножение («скрещивание») матриц таких двух вибросистем с двумя степенями свободы и собственными значениями λ_1 и λ_2 приводит к матрице вибросистемы с четырьмя степенями свободы, собственные значения которой выражаются через наследуемые собственные значения матриц родительских вибросистем: λ_1^2, $\lambda_1\lambda_2$, $\lambda_1\lambda_2$, λ_2^2. Этот алгоритмический процесс тензорного порождения колебательных систем с возрастающими степенями свободы и наследуемыми собственными значениями матриц можно продолжать бесконечно, переходя к системам со сколь угодно большим количеством степеней свободы.

Генетические алфавиты и тензорные системы резонансов

В прошлом веке в науке произошло великое объединение живых организмов: основы молекулярной системы генетического кодирования, связанные с молекулами ДНК, оказались одинаковыми у всех видов организмов. Возникло новое понимание самой жизни: *Жизнь есть партнёрство между генами и математикой* [6].

Но какая математика является партнером генетического кода, система которого обладает помехоустойчивыми свойствами? Пытаясь нащупать такую математику, автор обратился к изучению системы взаимно связанных генетических алфавитов. На этом пути были неожиданно обнаружены связи молекулярно-генетической системы с известными формализмами инженерной теории помехоустойчивого кодирования, например, тензорными произведениями матриц; ортогональными системами функций Радемахера и Уолша; проекционными операторами; гиперкомплексными числовыми системами [7–12]. Данные результаты представляются интересными в свете закона Менделя независимого комбинирования признаков: **информация из микромира генетических молекул диктует конструкцию в макромире живых организмов, несмотря на сильные шумы и помехи, сразу по многим независимым каналам** (например, цвета волос, кожи и глаз наследуются независимо друг от друга). Этот диктат осуществляется посредством неизвестных алгоритмов многоканального помехоустойчивого кодирования. Следовательно, каждый организм представляет собой алгоритмическую машину многоканального помехоустойчивого кодирования. Для познания этой генетической машины целесообразно использовать теорию помехоустойчивого кодирования, применяемую в технике для решения сходных задач, например, помехоустойчивой передачи качественных фотографий поверхности Марса на Землю в условиях сильного искажения и ослабления несущих электромагнитных сигналов, проходящих через миллионы километров помех. Это сходство задач является одной из причин для концентрации внимания на матричном анализе структур генетического кода.

Наборы и последовательности резонансов могут использоваться для передачи информации. Наша речевая и вокальная коммуникации основаны на генетически наследуемой способности нашего аппарата голосообразования, как колебательной системы со многими степенями свободы, настраиваться на ансамбли резонансов для генерации звуков определённого спектрального состава и использовать резонансы как носители информации. Но согласно классикам структурной лингвистики (Р.Якобсон и др.), **наш язык** возник не на пустом месте, а **является продолжением и надстройкой самого древнего и самого живого из всех языков – генетического языка** (подробнее в книге [7, § 6.1]). Это служит одним из поводов исследовать генетическую систему, включая генетические алфавиты, с позиций матричной математики резонансов колебательных систем со многими степенями свободы.

Автором выдвигается гипотеза о том, что генетические алфавиты построены на базе систем резонансов, точнее спектров собственных значений и собственных векторов из тензорных семейств [2n*2n]-матриц. С позиций данной гипотезы представим один из вариантов рассмотрения особенностей генетических алфавитов, свидетельствующий в пользу этой гипотезы.

Как известно, молекула наследственности ДНК содержит вдоль своих нитей последовательность четырёх азотистых оснований – четырёх «букв» базового генетического алфавита ДНК: аденина A, цитозина C, гуанина G, тимина T. Алфавит поделён на комплементарные пары букв: A–T и C–G, стоящих на двух нитях ДНК всегда напротив друг друга. Генетический код кодирует последовательности 20 видов аминокислот в цепевидных белках с помощью 64 триплетов, представляющих собой всевозможные комбинации из этих четырёх букв типа CAG, GCT, ATC,..

Система генетического кодирования базируется на наборах (алфавитах) n-плетов: набор 4 моноплетов (азотистых оснований A, C, G, T); набор 42=16 дуплетов (AA, AC, AG,….); набор 43=64 триплетов (AAA, AAC, ACA,…).

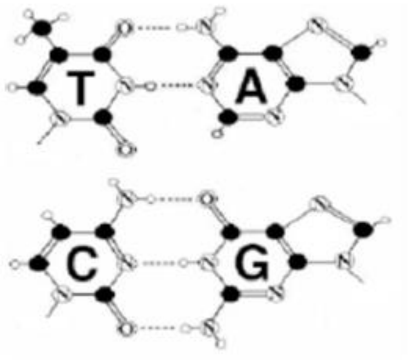
(Эти же числа алфавитов 4, 16, 64 фигурируют в рассмотренных решётках Пеннета и таблицах наследования собственных значений матриц.)

Будем полагать четыре азотистые основания ДНК собственными значениями некоторых матриц и располагать их на диагоналях соответствующих диагональных матриц, используя следующее:

– любая квадратная матрица с различными собственными значениями λi трансформируется в её диагональную форму (за счёт подбора базиса), в которой все её собственные значения лежат на её диагонали, а все остальные члены равны нулю;

– тензорные произведения диагональных матриц всегда порождают диагональные матрицы.

Науке неизвестно, почему базовый алфавит ДНК состоит именно из четырёх полиатомных конструкций A, C, G, T очень простого строения. Набор этих четырёх конструкций не совершенно разнороден, а является носителем содержательной симметрической системы различительно-объединяющих признаков (или, точнее, пар «признак–антипризнак»). Эта система пар оппозиционных признаков разбивает четырёхбуквенный алфавит всеми тремя возможными способами на различные пары букв, эквивалентные по одному из этих признаков или его отсутствию (рис. 5).



ПРИЗНАК	G	A	T	C
1) Пиримидины (C,T), пурины (A,G)	0_1	0_1	1_1	1_1
2) Амино (A,C) и кето (G,T)	0_2	1_2	0_2	1_2
3) Комплементарность (C,G) и (A,T) на трех и двух водородных связях	1_3	0_3	0_3	1_3

Рис. 5. Слева: молекулярное строение четырёх азотистых оснований («букв») ДНК. Справа: разбиение четырёхбуквенного алфавита ДНК на три бинарных субалфавита по трём бинарно-оппозиционным признакам. В каждом бинарном субалфавите буквы из пары эквивалентности обозначены символами 1 или 0

Так, две из этих букв – C и T – эквивалентны друг другу по признаку пиримидиновости (имеют одно кольцо в их молекулярном строении), а две другие буквы – A и G – эквивалентны между собой по оппозиционному признаку пуриновости (имеют два кольца). По признаку «амино или кето» попарно эквивалентными выступают другие буквы: A=C и G=T. По признаку сильных или слабых водородных связей в комплементарных парах азотистых оснований образуется третий вид пар эквивалентности: G=C и A=T.

Таблица на рис. 5 показывает, что каждая буква кода имеет три «лица», или значения в трёх бинарных субалфавитах по названным признакам. По каждому из признаков четырёхбуквенный алфавит кода свёртывается в двухбуквенный алфавит. Соответственно, генетический текст в виде строчной последовательности четырёх букв кода представлен тремя параллельными и различными последовательностями нулей и единиц. Образно говоря, в ДНК генетическая последовательность букв оказывается связкой параллельно сосуществующих текстов на трёх разных языках, отражая свойство полиязычности, или многомерности, генетических последовательностей.

Мы продолжим эту природную схему членения на субалфавиты, перейдя к алфавитам 16 дуплетов и 64 триплетов и используя принцип парности букв. Представим, например, амино-пару C и A и кето-пару G и T в виде членов диагональных (2*2)-матриц, то есть её собственных значений (рис. 6). Тогда попарные тензорные произведения этих двух диагональных (2*2)-матриц представляют все множество 16 дуплетов в виде диагоналей четырёх диагональных (4*4)-матриц (тетрад) с упорядоченным расположением дуплетов. При этом каждый из 16 дуплетов является одним из собственных значений своей матрицы и определяет соответствующий собственный вектор (рис. 6). Индекс d после квадратных скобок используется нами для краткой записи диагональных матриц. Тензорные произведения этих же двух диагональных матриц [C, A]d и [T, G]d в разных комбинациях по три представляют всё множество 64 триплетов в виде диагоналей восьми диагональных (8*8)-матриц (октет диагоналей на рис. 6 внизу).

$$\begin{vmatrix} C, 0 \\ 0, A \end{vmatrix} = [C, A]_d\,; \quad \begin{vmatrix} T, 0 \\ 0, G \end{vmatrix} = [T, G]_d$$

$$[C, A]_d \otimes [C, A]_d = [CC, CA, AC, AA]_d$$
$$[C, A]_d \otimes [T, G]_d = [CT, CG, AT, AG]_d$$
$$[T, G]_d \otimes [C, A]_d = [TC, TA, GC, GA]_d$$
$$[T, G]_d \otimes [T, G]_d = [TT, TG, GT, GG]_d$$

$$[C,A]_d\otimes[C,A]_d\otimes[C,A]_d=[CCC, CCA, CAC, CAA, ACC, ACA, AAC, AAA]_d$$
$$[C,A]_d\otimes[C,A]_d\otimes[T,G]_d=[CCT, CCG, CAT, CAG, ACT, ACG, AAT, AAG]_d$$
$$[C,A]_d\otimes[T,G]_d\otimes[C,A]_d=[CTC, CTA, CGC, CGA, ATC, ATA, AGC, AGA]_d$$
$$[C,A]_d\otimes[T,G]_d\otimes[T,G]_d=[CTT, CTG, CGT, CGG, ATT, ATG, AGT, AGG]_d$$
$$[T,G]_d\otimes[C,A]_d\otimes[C,A]_d=[TCC, TCA, TAC, TAA, GCC, GCA, GAC, GAA]_d$$
$$[T,G]_d\otimes[C,A]_d\otimes[T,G]_d=[TCT, TCG, TAT, TAG, GCT, GCG, GAT, GAG]_d$$
$$[T,G]_d\otimes[T,G]_d\otimes[C,A]_d=[TTC, TTA, TGC, TGA, GTC, GTA, GGC, GGA]_d$$
$$[T,G]_d\otimes[T,G]_d\otimes[T,G]_d=[TTT, TTG, TGT, TGG, GTT, GTG, GGT, GGG]_d$$

Рис. 6. Вверху слева: исходные диагональные (2*2)-матрицы с парами букв C и A, T и G. Вверху справа: множество 16 дуплетов как тетрада диагоналей четырёх диагональных

(4*4)-матриц. Внизу: множество 64 триплетов как октет диагоналей восьми диагональных (8*8)-матриц

Известно, что кодовые значения триплетов зависят от порядка букв в них. Например, одинаковые по буквенному составу триплеты AAC, ACA и CAA, принадлежащие первому из октетов на рис. 6, кодируют разные аминокислоты. В нашем подходе каждый из триплетов имеет свою индивидуальность, поскольку он выступает в качестве собственного значения одной из названных (8*8)-матриц и ему соответствует его собственный вектор этой матрицы (т. е. один из восьми векторов 8-мерного пространства). В данном примере каждый из трёх триплетов AAC, ACA и CAA завязан на свой собственный вектор, то есть на свою собственную форму колебаний в колебательной системе с восемью степенями свободы, а потому в данном отношении эти триплеты существенно различны.

Каждый объективно существующий признак азотистых оснований A, C, G, T на рис. 5 может трактоваться как сопряженный со своим индивидуальным типом резонансов. Например, пурины, очевидно, могут иметь резонансные характеристики, отличающиеся от резонансных характеристик пиримидинов в силу различий в строении пуриновых и пиримидиновых молекул. В свете этого каждую указанную пару бинарно-оппозиционных признаков можно трактовать как пару бинарно-оппозиционных типов резонансных характеристик. Тогда используемые в бинарных субалфавитах на рис. 5 числовые символы 0 и 1 являются условными числовыми представлениями бинарно-оппозиционных типов резонансных характеристик. Такое представление связывает физические понятия резонансов вибросистем с абстрактными бинарно-числовыми системами компьютерных технологий и математики, в том числе с диадическими группами двоичных чисел (с которыми, как можно показать, связаны наборы тетрад дуплетов и октетов триплетов на рис. 6 при прочтении их букв с позиций соответствующего субалфавита как элементов 0 и 1). Для сравнения напомним, что в компьютерных технологиях двоичные числа на основе элементов 0 и 1 физически реализуются обычно через использование двух видов амплитуд сигналов (например, оппозиционных по полярности) или двух видов лазерных лучей, и т.п., а в нашем случае используется оппозиция по резонансным свойствам вибросистем, что даёт возможность рассматривать организм как компьютер.

Отметим ещё, что цепь из тензорных произведений многих исходных матриц [C, A]d и [T, G]d , например, [C,A]d⊗ [C,A]d⊗ [T,G]d⊗ [T,G]d⊗ [C,A]d⊗ [T,G]d⊗…, и цепь тензорных произведений, полученная из неё одновременной заменой букв на комплементарные им (C⟷G, A⟷T), дают комплементарные последовательности диагональных элементов двух возникающих диагональных матриц высокого порядка, что является моделью комплементарных последовательностей азотистых оснований на двух нитях ДНК. Это открывает возможность моделировать реальные последовательности азотистых оснований в ДНК и ставит задачу об ихфакторизации, то есть их представления или идеализированного моделирования в виде цепей тензорных произведений исходных (2*2)-матриц (часть триплетов из этих идеализированных последовательностей в реальности может оказываться вырезанной или дополненной по тем или иным биологическим причинам).

Симметрические свойства восьми октетов триплетов и их кодовых значений

До сих пор ничего не говорилось об аминокислотах и стоп-кодонах, которые кодируются триплетами и которые никак не учитывались при формальном построении этих восьми октетов триплетов на основе тензорного произведения (2*2)-матриц. Но подстановка в данные октеты тех аминокислот и стоп-кодонов, которые соответствуют кодовым значениям триплетов, обнаруживает скрытую симметрию в этой октетной организации, неожиданно разбивая всё множество восьми октетов на четыре пары соседних октетов с одинаковыми списками аминокислот и стоп-кодонов в каждой паре (рис. 7).

CCC Pro	CCA Pro	CAC His	CAA Gln	ACC Thr	ACA Thr	AAC Asn	AAA Lys
CCT Pro	CCG Pro	CAT His	CAG Gln	ACT Thr	ACG Thr	AAT Asn	AAG Lys
CTC Leu	CTA Leu	CGC Arg	CGA Arg	ATC Ile	ATA Met	AGC Ser	AGA Stop
CTT Leu	CTG Leu	CGT Arg	CGG Arg	ATT Ile	ATG Met	AGT Ser	AGG Stop
TCC Ser	TCA Ser	TAC Tyr	TAA Stop	GCC Ala	GCA Ala	GAC Asp	GAA Glu
TCT Ser	TCG Ser	TAT Tyr	TAG Stop	GCT Ala	GCG Ala	GAT Asp	GAG Glu
TTC Phe	TTA Leu	TGC Cys	TGA Trp	GTC Val	GTA Val	GGC Gly	GGA Gly
TTT Phe	TTG Leu	TGT Cys	TGG Trp	GTT Val	GTG Val	GGT Gly	GGG Gly

Рис. 7. Соседние октеты триплетов в любой из четырёх пар 1–2, 3–4, 5–6, 7–8 идентичны по списку кодируемых аминокислот и стоп-кодонов (под каждым триплетом указана кодируемая им аминокислота или стоп-кодон для генетического кода митохондрий позвоночных, наиболее симметричного из диалектов генетического кода)

Другая скрытая симметрия в этом формально построенном членении множества 64 триплетов на 8 октетов связана с феноменом природного структурирования всего множества 64 триплетов на два равных подмножества по признаку сильных и слабых корней (кодовые значения триплетов с сильным корнем не зависят от буквы на их третьей позиции, а триплетов со слабым корнем зависят от третьей буквы [13]):

• 32 триплета с сильными корнями, то есть начинающихся с 8-ми «сильных» дуплетов AC, CC, CG, CT, GC, GG, GT, TC (будем обозначать эти триплеты чёрным цветом);

• 32 «белых» триплета со слабыми корнями, то есть начинающихся с 8-ми «слабых» дуплетов AA, AG, AT, GA, TA, TC, TG.

Существует ли симметрия в расположении триплетов с сильными и слабыми корнями в 8-ми октетах триплетов, которые были построены совершенно формально без упоминания аминокислот и пр.? Отметим, что имеется огромное количество 64! ≈ 1089 вариантов расположения 64 триплетов в 8-ми октетах, то есть в 64 клетках. Для сравнения, физика оценивает всё время существования Вселенной в 1017 секунд. Очевидно, что случайное расположение 20 аминокислот и соответствующих триплетов в 64 клетках квадратной таблицы почти никогда не даст симметрии в отдельных октетах и их множестве.

Но неожиданно феноменологическое расположение 32 триплетов с сильными корнями (чёрный цвет) и 32 триплетов со слабыми корнями (белый цвет) имеет в этих 8-ми октетах симметрический характер (рис. 8, слева):

• каждый октет по своей мозаике зеркально антисимметричен по своим левой и правой половинам и имеет меандровый характер;

• всё множество 8-ми октетов разделено на пары соседних октетов с тождественной мозаикой;

• левая (правая) половина первых четырёх октетов совпадает по мозаике с правой (левой) половиной последних четырёх октетов.

[CCC, CCA, CAC, CAA,	ACC, ACA, AAC, AAA]$_d$	[+1,+1, -1,-1,+1,+1, -1,-1]$_d$
[CCT, CCG, CAT, CAG,	ACT, ACG, AAT, AAG]$_d$	[+1,+1, -1,-1,+1,+1, -1,-1]$_d$
[CTC, CTA, CGC, CGA,	ATC, ATA, AGC, AGA]$_d$	[+1,+1,+1,+1,-1, -1, -1,-1]$_d$
[CTT, CTG, GGT, CGG,	ATT, ATG, AGT, AGG]$_d$	[+1,+1,+1,+1,-1, -1, -1,-1]$_d$
[TCC, TCA, TAC, TAA,	GCC, GCA, GAC,GAA]$_d$	[+1,+1, -1,-1,+1,+1, -1,-1]$_d$
[TCT, TCG, TAT, TAG,	GCT, GCG, GAT, GAG]$_d$	[+1,+1, -1,-1,+1,+1, -1,-1]$_d$
[TTC, TTA, TGC, TGA,	GTC, GTA, GGC, GGA]$_d$	[-1, -1,-1,-1, +1,+1,+1,+1]$_d$
[TTT, TTG, TGT, TGG,	GTT, GTG, GGT, GGG]$_d$	[-1, -1,-1,-1, +1,+1,+1,+1]$_d$

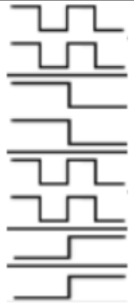


Рис. 8. Симметрологическое расположение триплетов с сильными и слабыми корнями в 8-ми октетах триплетов. Графика иллюстрирует меандровый характер очерёдности чёрных и белых триплетов в каждом октете. Справа показано представление каждого октета в форме функции Радемахера, состоящей из элементов «+1» и «–1»

Но такие нечётные меандровые функции хорошо известны в теории обработки сигналов и теории вероятности под именем «функций Радемахера»:

rn(x) = sign(sin2nπx) (https://ru.wikipedia.org/wiki/Функция_Радемахера).

Функции Радемахера, содержащие только элементы «+1» и «–1», оказываются связанными с генетическими алфавитами: каждый из 8 октетов триплетов представляет одну из функций Радемахера, если каждый черный (белый) триплет интерпретировать как элемент +1 (−1). Эти феноменологические симметрии говорят о закономерных структурных связях внутри множества 64 триплетов, представленного в виде 8-ми октетов собственных значений (резонансов) диагональных матриц, а также о сопряжении этих закономерностей с формализмами, используемыми в цифровой технике обработки сигналов.

Отметим ещё одну интересную структурную особенность этих 8 октетов триплетов, связывающую их с фундаментальными формализмами обработки дискретных сигналов. Она сопряжена с феноменом особого статуса буквы Т (тимина) в базовом алфавите ДНК. Среди четырёх её азотистых оснований ДНК – A, C, G, T – буква Т противопоставлена природой трём другим буквам алфавита:

1) буква Т – единственная, которая при переходе от ДНК к РНК заменяется другой буквой U (урацил);

2) буква Т (и её сменщик U) отличается от трёх других букв алфавита отсутствием в ней функционально важной аминогруппы NH2, что можно видеть на рис. 5 слева.

Эту бинарную оппозицию можно выразить в цифровом виде как A=C=G=+1, T=–1. Тогда каждый триплет при замене в нём букв на эти числа (A=C=G=+1, T=–1) можно представлять произведением этих чисел. Например, триплет CAT представляется как 1*1*(–1)=–1, а триплет TGT – как (–1)*1*(–1)=+1. В итоге рассматриваемые 8 октетов триплетов получают числовые представления, которые совпадают с полной ортогональной системой функций Уолша для 8-мерного случая (рис. 9).

[CCC, CCA, CAC, CAA, ACC, ACA, AAC, AAA]$_d$	[+1, +1,+1, +1, +1, +1, +1, +1]$_d$
[CCT, CCG, CAT, CAG, ACT, ACG, AAT, AAG]$_d$	[-1, +1, -1, +1, -1, +1, -1, +1]$_d$
[CTC, CTA, CGC, CGA, ATC, ATA, AGC, AGA]$_d$	[-1, -1, +1, +1, -1, -1, +1, +1]$_d$
[CTT, CTG, GGT, CGG, ATT, ATG, AGT, AGG]$_d$	[+1, -1, -1, +1, +1, -1, -1, +1]$_d$
[TCC, TCA, TAC, TAA, GCC, GCA, GAC, GAA]$_d$	[-1, -1, -1, -1, +1, +1, +1, +1]$_d$
[TCT, TCG, TAT, TAG, GCT, GCG, GAT, GAG]$_d$	[+1, -1, +1, -1, -1, +1, -1, +1]$_d$
[TTC, TTA, TGC, TGA, GTC, GTA, GGC, GGA]$_d$	[+1, +1, -1, -1, -1, -1, +1, +1]$_d$
[TTT, TTG, TGT, TGG, GTT, GTG, GGT, GGG]$_d$	[-1, +1, +1, -1, +1, -1, -1, +1]$_d$

Рис. 9. Множество 8 октетов триплетов – с учётом бинарной оппозиции тимина Т трём другим азотистым основаниям ДНК – имеет числовое представление (справа) в виде полной ортогональной системы функций Уолша для 8-мерного случая. Чёрным цветом обозначены триплеты, представляемые числом «+1». Пояснение в тексте

Эти функции Уолша, содержащие только элементы «+1» и «–1», широко применяются в обработке дискретных сигналов и помехоустойчивом кодировании (https://ru.wikipedia.org/wiki/Функция_Уолша). Полнота системы данных 8 функций Уолша означает, что любой 8-мерный вектор может быть представлен в виде их суперпозиции (разложен по ним). На полных системах функций Уолша строится помехоустойчивое кодирование информации на космических кораблях «Маринер» и «Вояджер», передающих на Землю фото Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Полные системы функций Уолша образуют матрицы Адамара, используемые в квантовых компьютерах («гейты Адамара») и применяемые в квантовой механике в форме унитарных операторов. Множество приложений функций Уолша и базирующихся на них матриц Адамара описано, например, в [14, 15]. В частности, на них основан секвентный анализ [16–18], являющийся одним из важных видов спектрального анализа в технологиях связи на дискретных сигналах и нашедший обширные применения в разных областях техники и физики [19]. А в нашем подходе эти системы функций Уолша оказываются представителями генетических алфавитов, причём каждая из 8-ми функций этой полной системы Уолша является диагональю диагональной (8*8)-

матрицы, то есть спектром из собственных чисел матрицы некоторой колебательной системы с 8-ью степенями свободы.

Дополнительно отметим следующее. Матрицы [C, A]d и [T, G]d, тензорные произведения которых дали 8 октетов триплетов на рис. 6, были связаны с бинарным субалфавитом по признаку «амино-кето» (рис. 5). Если обратиться к двум другим субалфавитам на рис. 5, то можно аналогичным образом рассмотреть две другие пары диагональных (2*2)-матриц: [C,G]d и [T,A]; [C,T]d и [G,A]d. Каждая из этих пар порождает другие 8 октетов триплетов при тензорных произведениях её матриц по три (по аналогии с таблицей на рис. 6 внизу). Каждый из этих двух новых наборов по 8 октетов триплетов также имеет числовые представления в виде новых (индивидуальных) наборов функций Радемахера и функций Уолша при аналогичном учёте – как на рис. 8 и 9 – тех же бинарно-оппозиционных признаков для триплетов:

1) сильных и слабых корней триплетов;

2) особого статуса буквы Т.

Приведённые результаты свидетельствуют в пользу следующего: **алфавиты генетического кода есть алфавиты собственных значений и собственных векторов матриц колебательных систем (образно говоря, генетический код есть код резонансов); соответственно, генетические тексты на основе этих алфавитов есть тексты, написанные на языке резонансов.**

Недаром **генетически наследуемый организм является хором согласованных колебательных процессов**. Здесь же вспоминается предложенная дважды Нобелевским лауреатом Лайнусом Полингом в 1928 году теория резонансов для электронной структуры молекул и его идея гибридизации атомных орбиталей (https://ru.wikipedia.org/wiki/Полинг,_Лайнус).

О базовых частотах цветовосприятия

Попробуем применить таблицы наследования собственных значений матриц к нашему генетически наследуемому цветовосприятию, которое является одним из примеров биологического наследования системы частот. Согласно трёхкомпонентной теории цветного зрения оно основано на трёх базовых цветах – красном, зелёном и синем. Из них в фотосинтезе, который намного древнее цветового зрения, используется в основном красный и синий цвета, а зелёный цвет листья отражают, в силу чего листья выглядят зелёными (http://happyflora.ru/view_post3.php?latter=410). Поэтому **красный и синий цвета можно полагать биологически более «базовыми», чем зелёный.**

Вернёмся к таблице наследования собственных значений на рис. 2 при моногибридном тензорном скрещивании матриц двух «родительских» вибросистем с собственными числами (A, a) и собственными частотами ω_1= A $^{0.5}$ и ω_2=a $^{0.5}$ (эта таблица наследования соответствует решётке Пеннета для моногибридного скрещивания на рис. 3). Рис. 10 показывает соответствующую таблицу наследования квадратов собственных частот.

		Спектр W	
		ω_1^2	ω_2^2
Спектр V	ω_1^2	$W_1^2 = \omega_1^4$	$W_2^2 = \omega_1^2 * \omega_2^2$
	ω_2^2	$W_3^2 = \omega_1^2 * \omega_2^2$	$W_4^2 = \omega_2^4$

Рис. 10.
Таблица наследования квадратов собственных частот при моногибридном тензорном скрещивании (2*2)-матриц вибросистем

Таблица наследования квадратов собственных частот (рис. 10) показывает, что имеется всего три вида собственных частот в порождённой (4*4)-матрице вибросистемы: W_1, W_4 и лежащая между ними дважды повторенная в таблице частота $W_2 = W_3 = \omega_1^2 * \omega_2^2$ (обозначим эту частоту через $W_{2,3}$). Из этой таблицы наследования выявляется следующая связь данных трёх частот: $W_{2,3} = (W_1 * W_4)^{0.5}$.

Как известно, диапазон восприятия красного цвета составляет 430–480 Тгц и синего 610–670 ТГц (http://en.wikipedia.org/wiki/Color). Примем срединную частоту 455 Тгц диапазона красного цвета за частоту W_1, а срединную частоту 640 Тгц диапазона синего цвета за частоту W_4. Тогда названное соотношение $W_{2,3} = (W_1 * W_4)^{0.5} = (455*640)^{0.5}$ даёт значение 539,6 ТГц для третьей собственной частоты вибросистемы. Но это значение дважды повторенной в таблице наследованиячастоты $W_{2,3}$ совпадает с известным значением частоты максимальной чувствительности зрения 540 ТГц, приходящейся на зелёный цвет.

Значит, наследуемое цветовосприятие является одним из биологических примеров, допускающих моделирование на языке тензорно-спектрального подхода, представленного в статье. И его природные особенности могут трактоваться в связи с законами Менделя и собственными частотами тензорно-скрещивающихся вибросистем. Это даёт новые подходы к связи музыкальной и цветовой гармонии, отмечавшейся ещё Ньютоном, а также к цветотерапии, цветомузыке и пр.

Филлотаксис, числа Фибоначчи и золотое отношение

Генетически наследуемые явления филлотаксиса рассматриваются в сотнях монографий и публикаций в области математической биологии [20]. Законы филлотаксиса констатируют числовые закономерности спиральной организации огромного количества растительных и животных тел, связанные с числами ряда Фибоначчи: $F_{n+2}=F_n+F_{n+1}$, $F_0=0$, $F_1=1$ (http://en.wikipedia.org/wiki/Phyllotaxis). Эти феномены филлотаксиса давно сопоставляются с так называемой матрицей Фибоначчи [1, 1; 1, 0], возведение которой в целые степени порождает матрицы, все члены которых являются числами из ряда Фибоначчи. Каковы собственные числа (2*2)-матрицы Фибоначчи? Они равны f и $–f^{-1}$, где $f=(1+5^{0.5})/2 = 1,618…$ – золотое отношение. Ему же равны отношения координат собственных векторов матрицы Фибоначчи.

Существуют ли в природе колебательные системы, в которых частоты собственных колебаний сопряжены с золотым отношением? Статья [21] объявила об открытии золотого сечения (или отношения) в квантовомеханическом мире. Краткое изложение [22] в журнале Science Daily данной статьи говорит, что «*исследование ниобата кобальта, обладающего магнитными свойствами, выявило, что при определённых условиях его цепочка атомов ведёт себя подобно наноскопической гитарной струне. Натяжение появляется благодаря взаимодействию между спинами, приводящему к магнитному резонансу. Для этих взаимодействий авторы нашли серии („гаммы“) резонансных тонов*. Отношения первых двух тонов *находятся в соотношении 1,618... , которое является золотым сечением, известным по живописи и архитектуре*». Профессор Теннант отмечает «*совершенную гармонию, найденную в квантовой неопределённости вместо беспорядка. Подобные открытия подводят учёных к мысли, что мир в квантовых масштабах тоже может подчиняться какому-то лежащему в основе всего порядку*».

Вибрационная механика и генетическая биомеханика

Представляемая в статье концепция наследуемых систем биорезонансов дополнительно обращает внимание на **возможное биологическое значение феноменов вибрационной механики** в связи с двигательной активностью частей биологических тел на субклеточном, клеточном и надклеточном уровнях. Вибрационная механика широко применяется в технике и насыщена удивительными явлениями вибрационной сепарации и структуризации многофазных сред, вибротранспортировки, виброперекачки энергии от одних частей системы к другим и пр. [23, 24]. Знакомство с некоторыми из этих феноменов порождает впечатление о попадании в мир с другими физическими законами. Недаром обзорная статья [23] называется: *Вибрация «изменяет законы механики».* Данные феномены связаны с факторами, которые вслед за П.Л.Капицей условно называют «вибрационными силами». В жидкости вибрирующие тела могут притягиваться и отталкиваться (вибрационные силы Бьеркнеса), а пульсирующие пузырьки газа могут сливаться и дробиться (этому посвящено много видео в Интернете).

Едва заметные или практически незаметные вибрации, которые могут иметь высокие частоты и малые амплитуды, обеспечивают, например, следующие явления:

• верхнее положение перевёрнутого маятника делается устойчивым;

• тяжёлый металлический шар «всплывает» в слое песка;

• свая легко погружается в грунт под своим весом;

• массивное тело или слой сыпучего материала движется вверх по наклонной плоскости;

• вращение ротора электродвигателя устойчиво поддерживается при выключённом электродвигателе за счёт виброперекачки (отсоса) энергии от другого роторного электродвигателя, стоящего на общей виброплатформе и подключённого к электросети (самосинхронизация возбудителей);

• верёвка встаёт вертикально вверх, если к её основанию приложена соответствующая вибрация, и т.п.

В живых организмах с их множеством компонентов, согласованно вибрирующих на разных частотах и амплитудах и подчиняющихся на микроуровне волновым принципам квантовой физики, известно множество явлений, которые также происходят как бы под действием загадочных сил. Таковы, например, удивительно организованные многоэтапные процессы деления клеток. Или нахождение гистоновыми белками четырёх видов парных им видов гистонов в молекулярном бульоне для поэтапного образования димеров, тетрамеров, а затем октамерных гистоновых стержней, на которые навивается ДНК. Все эти поиски и совокупления одновидовых гистонов сначала в пары, а затем в пары из пар происходят в огромном столпотворении биомолекул множества других видов и их осколков, причём происходят, несмотря на эффекты зарядового экранирования и другие мешающие обстоятельства. Другой показательный пример даёт феномен взаимного нахождения в молекулярном бульоне половинок и четвертинок молекулы транспортной РНК и их объединения в одну молекулу [25]. Можно надеяться, что на основе формализмов вибрационной механики и теории наследуемых систем биорезонансов удастся развить математические модели подобных биологических процессов.

Здесь уместно вспомнить об известном явлении конформационных колебаний макромолекул ферментов, в том числе на частотах звуковых волн. В связи с ним С.Э.Шноль [26, с.75] писал о вероятной важности для жизнедеятельности *пока ещё фантастической картины «музыкальных взаимодействий» биохимических систем, клеток, органов*, относящихся к области *биохимической эстетики*.

Наши исследования генетических систем резонансов сопряжены с биохимической эстетикой. Мы рассматриваем организм как музыкальный синтезатор с наследуемым множеством настроек резонансных режимов. Отчасти в этой связи в Московской консерватории создан «Центр междисциплинарных исследований музыкального творчества» и с участием автора запатентован новый класс музыкальных инструментов на основе так называемых «генетических музыкальных строев». Музыка представляет собой игру в системы акустических резонансов, к которым человек удивительно предрасположен, хотя не имеет специализированного органа восприятия музыки, воспринимая её всем существом. На протяжении десятков тысяч лет он создаёт музыкальные инструменты, настраивая их на определённые системы резонансов, вызывающие у него эмоции, «мурашки» по телу и слёзы. Повторяя генетические процессы согласованного усложнения живого, человек с течением веков научился объединять отдельные инструменты и певцов в оркестры и хоры как колебательные системы с увеличенным числом степеней свободы.

С учётом возможностей виброперекачки энергии за счёт резонансных взаимодействий (см. приведённый выше пример работающего электродвигателя, не подключённого к сети) **живой организм может рассматриваться как резонансный потребитель («отсасыватель») энергии окружающих электромагнитных волн, приходящих из Космоса и недр Земли**. Фотосинтез, осуществляющийся за счёт поглощения энергии солнечных световых волн, является, видимо, лишь одним из примеров энергопотребительского существования организма на основе резонансных согласований (резонансный «вампиризм» энергии и информации). Соответственно, **организм надо рассматривать как часть мирового ансамбля волновых – прежде всего, электромагнитных – процессов, ожидая обнаружения новых механизмов его резонансных согласований с окружающим волновым миром.**

Множество данных из области гомеопатии и физиологических явлений сверхслабых воздействий свидетельствует в пользу резонансно-волновой организации живого. Например, сверхчувствительное обоняние некоторых животных организмов, способных учуять партнера по запаху на далёком расстоянии при фактическом отсутствии молекул запаха, способных попасть на рецепторы обоняния.

Устройство живых тел основано в огромной мере на использовании структурированной воды, свойства колебательных процессов в которой и их биологическая роль в настоящее время интенсивно изучаются. Медузы, состоящие на 99% из воды, являются примером возможности жизнедеятельности на базе водного субстрата со сложными колебательными процессами в нём. Особого внимания заслуживают данные о так называемой пограничной воде [27–29]. По нашему мнению, она является кандидатом на роль объединяющей «виброплатформы» для виброперекачки энергии между разными частями биологического тела и для резонансного согласования поведения целостного ансамбля этих частей. Резонансное объединение частей в единое целое происходит по физическому принципу «минимума энергии»: *каждому из* *участников ансамбля для выполнения собственной работы требуется меньше энергии, чем в случае работы по отдельности.*

Как живые, так и косные объекты являются в общем случае колебательными системами со многими степенями свободы. Но – с точки зрения представляемой генетической концепции наследуемых систем согласованных биорезонансов – **живые организмы отличаются особыми наследуемыми тензорно-матричными системами резонансов в них**. Эти биологические системы резонансов представляют собой относительно узкий класс мыслимых систем резонансов. По нашему мнению, названная концепция тензорного наследования систем биорезонансов и её матричный аппарат моделирования могут оказаться полезными для осмысления многих биологических проблем (онто- и филогенетическое развитие, старение, память, биологическое время, и др.).

Заключительные замечания

Наши результаты тензорно-матричного моделирования говорят в пользу следующего:

- алфавиты генетического кода есть алфавиты резонансов; соответственно, генетический код есть код систем резонансов, а генетические тексты на основе этих алфавитов и этого кода есть тексты, написанные на языке резонансов;
- решётки Пеннета, описывающие в генетике полигибридное скрещивание по законам Менделя, аналогичны представленным таблицам наследования собственных значений матриц при тензорном умножении (2*2)-матриц;
- аллели генов, фигурирующие в законах Менделя, можно интерпретировать как резонансы (собственные значения матриц) некоторых колебательных систем;
- бинарно-оппозиционные свойства алфавита ДНК, трактуемые как оппозиции резонансных свойств, определяют его бинарные субалфавиты и

дают возможность двоично-числового представления алфавитов и полиплетов ДНК для рассмотрения организма как компьютера;

• наследуемые биологические процессы связаны с феноменами вибрационной механики.

В прошлом веке наука открыла, что при всём потрясающем разнообразии живых организмов молекулярно-генетические основы у них одинаковы (алфавиты ДНК, РНК и пр.) и притом очень просты. Появляется надежда, что алгоритмические основы устройства организмов, которые подчиняются генетическим законам типа законов Менделя, тоже весьма просты и унифицированы для всего живого. Выявление этих алгоритмов живой материи представляется важнейшей задачей. Можно полагать, что алгоритмы резонансного согласования и упорядочивания подсистем, связанные с формализмами тензорных произведений матриц, играют ключевую или одну из ключевых ролей в живой материи.

Наша концепция биорезонансных согласований перекликается с давно выдвигавшимися разными авторами идеями **дальнодействия** в связи с явлениями морфогенеза и пр. Она затрагивает также проблему **глобального и локального в биологической самоорганизации**. Например, у стрекозы левое и правое крылья в их глобальной конфигурации симметричны друг другу при том, что локально они существенно различны. Что является критерием правильности финитной конфигурации организма, вырастающего из зародыша? Таким критерием может быть согласование резонансных характеристик взрослого организма с резонансными паттернами его молекулярно-генетической системы, включая ДНК.

Выше приведённый пример стоящих на единой виброплатформе двух роторных электродвигателей, один из которых работает только за счёт отсоса энергии от второго двигателя, порождает следующую мысль. Если на виброплатформе стоит много различных по форме и габаритам электродвигателей, но к электрической сети подключён только один из них, то через эффект самосинхронизации возбудителей от него будут отсасывать энергию и работать только те двигатели, которые способны к резонансному согласованию с ним; остальные двигатели будут мёртвым грузом, подлежащим отсеву. Это можно рассматривать как модель эволюционного согласования и отбора при создании единого организма из множества частей.

Ограниченный объём статьи позволяет представить в ней лишь фрагменты тех исследований по генетической теории систем биорезонансов, которые проводятся нами в отделе вибрационной биомеханики Института машиноведения РАН. Например, как известно, собственные значения самосопряжённых матриц фигурируют в основах квантовой механики, которой подчинены генетические молекулы; но анализ возможной роли этого факта, ведущий к углублённому пониманию квантовомеханических аспектов генетической системы, выходит за рамки данной статьи. Наше исследование имеет ряд прикладных аспектов, связанных с использованием волновых процессов в медицине, биотехнологиях, системах искусственного интеллекта, а также с вибровоздействиями в системах человек–машина–среда (см. книгу К.В.Фролова [30], создателя нашего отдела вибрационной биомеханики).

В этой связи одной из наиболее интересных прикладных проблем является проблема регенерации органов и тканей, которой занимаются многие лаборатории мира и которая в случае успеха способна решить задачу протезирования инвалидов без наделения их механическими протезами. Продвижения на этом пути можно иллюстрировать работами М.Левина [31], который без хирургических операций путём локального приложения определённых биоэлектрических сигналов включает «рецепт» роста органа и выращивает у головастиков глаза в любом месте, даже на хвосте и кишечнике; или выращивает лягушку с шестью лапами и червя с четырьмя головами. За этим стоит идея о биоэлектрическом коде, который согласован с генетическим кодом и управляет формой тела. Любой орган «знает» свою форму и хранит это знание в состоянии мембран, примерно как в электрических состояниях ячеек хранятся данные на жёстком диске. И успех во многом связан с возможностью найти код и научиться давать нужные сигналы живому организму. Наши исследования по биологическому кодированию и вибрационной генетической биомеханике сопряжены с этим направлением исследований, в частности, через пьезоэлектрические свойства, которыми наделены многие биологические ткани, например, кости, актин, дентин, сухожилия, выстилка трахеи и кишечника, нуклеиновые кислоты клеток. Пьезоэлектрические свойства биотканей связывают факторы электрических и механических воздействий и колебаний, а потому специальные пакеты локальных механических воздействий, перестраивающих или использующих локальные резонансные характеристики живой ткани, могут оказаться не менее успешными для регенерации органов, чем электровоздействия.

Одновременно наши работы по биоинформатике имеют прямое отношение к происходящей в медицине революции – «персональной генетике», которая ведёт к новым поколениям диагностических и терапевтических приборов и комплексов. В 2008 году журнал Time в традиционном рейтинге лучших изобретений года назвал победителем «персональную генетику» фирмы «23andMe», опередившую на несколько корпусов Большой андронный коллайдер (http://www.bg.ru/article/7879/). Эта фирма создана Энн Войчицки, женой Сергея Брина, основателя Гугла. Она предоставляет информацию о генетических особенностях клиентов на основе анализа их слюны всего за $399. Персональная генетика ведёт в частности к персональной фармакологии.

Добавим, что пружинно-массовые модели колебательных систем, простейший пример которых дан на рис. 4, в своё время привели к интенсивному развитию современной теории солитонов в результате открытия так называемых солитонов Ферми–Паста–Улама [32]. Речь идёт о том, что, если у пружин, соединяющих грузики, зависимость силы от деформации начинает носить слегка нелинейный характер (вместо линейной зависимости по закону Гука), то такая пружинно-массовая система становится примером солитонной среды, и в ней начинают происходить колебания солитонного типа. Применительно к биологическим средам и пружинно-массовым моделям можно полагать, что резонансная раскачка колебательных систем, ведущая к возрастанию амплитуд колебаний пружин, способна переводить режимы пружин в диапазон нелинейной зависимости их силы от деформации и тем самым создавать солитонные среды с солитонными процессами в них. Солитонные ансамбли способны быть ловушками энергии, переносчиками информации и пр. Энергия, заложенная в солитоны как ловушки энергии, может извлекаться в том месте, где нелинейная солитонная среда трансформируется в линейную и перестаёт существовать, что ведёт к локальной диссипации запасённой в неё энергии. В названной модели пружинно-массовых систем для этого достаточно локально убрать резонансную раскачку пружин, уменьшив амплитуду их колебаний для перехода пружин в линейный режим действия закона Гука. Примеры солитоноподобных процессов в живых организмах даны в книге [33].

По мнению автора, развитие современной теоретической биологии, как ветви математического естествознания, может идти по тому же пути, что и развитие современной теоретической физики, которая, согласно П.Дираку, должна развиваться по следующему рецепту: *начинать следует с красивой математической теории.* «Если она действительно красива, – считал Дирак,

– то она обязательно окажется прекрасной моделью важных физических явлений. Вот и нужно искать эти явления, развивать приложения красивой математической теории и интерпретировать их как предсказания новых законов физики», – так строится, по словам Дирака, вся новая физика, и релятивистская, и квантовая (цит. из [34]).

В нашей статье показано, что красивая математическая теория собственных значений и собственных векторов тензорных семейств матриц оказывается моделью важных генетических явлений и структур, обнаруживая их глубокую связь с теорией резонансов колебательных систем со многими степенями свободы.

Литература

1. *Гербер Р*. Вибрационная медицина. София: Гелиос. 2001.

2. *Балонин Н.А*. Новый курс теории управления движением. СПб, Санкт- Петербургский госуниверситет. 2000.

3. *Беллман Р.* Введение в теорию матриц. М.: Наука. 1976.

4. *Газале М.* Гномон. От фараонов до фракталов. М.: Институт компьютерных исследований. 2002.

5. *Глэдвел Г.* Обратные задачи теории колебаний. М.: Регулярная и хаотическая динамика. 2008 .

6. *Stewart I.* Life's other secret: The new mathematics of the living world. 1999, New– York: Penguin.

7. *Петухов С.В.* Матричная генетика, алгебры генетического кода, помехоустойчивость. М.: РХД. 2008.   http://petoukhov.com/

8. *Петухов С.В.* Гиперкомплексные числа и алгебраическая система генетических алфавитов// Гиперкомплексные числа в геометрии и физике, 2011, т. 8, №2(16), с. 118.

9. *Петухов С.В., Петухова Е.С.* Поличисла (матрионы) в биологической и компьютерной информатике// Гиперкомплексные числа в геометрии и физике, 2008, т. 5, № 1(9), с. 153.

10. *Петухов С.В.* Гиперкомплексные числа, генетическое кодирование и алгебраическая биология// Метафизика, 2012, №3(5), с. 64. http://www.intelros.ru/pdf/metafizika/2012_03/5.pdf

11. *Петухов С.В.* Генетический код и проекционные операторыматричного генотипа// Метафизика, 2014, №1(11), с. 44. http://lib.rudn.ru/file/Метафизика%201%20(11)%202014.pdf

12. *Petoukhov S.V., He M.* Symmetrical Analysis Techniques for Genetic Systems and Bioinformatics: Advanced Patterns and Applications. 2010, Hershey, USA: IGI Global.

13. *Румер Ю.Б.* Систематизация кодонов в генетическом коде// Докл. АН СССР, 1968, т. 183, № 1, с. 225.

14. *Ахмед Н., Рао К.Р.* Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов. М., 1980.

15. *Seberry J., Wysocki B.J., Wysocki T.A.* On some applications of Hadamard matrices. Metrica, 2005, 62, 221.

16. *Хармут Х.* Передача информации ортогональными функциями. М.: Связь, 1975.

17. *Хармут Х.* Несинусоидальные волны в радиолокации и радиосвязи. М.: Радио и связь, 1985.

18. *Хармут Х.* Применение методов теории информации в физике. М.: Мир, 1989.

19. *Сорока Л.М.* Рецензия на книгу Хармута Х. «Transmission of Information by Orthogonal Functions»// Успехи физических наук, 1973, т. 111, вып. 3, с. 80.

20. *Джан Р.* Филлотаксис: системное исследование морфогенеза растений. М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006.

21. *Coldea R. at al.* Quantum Criticality in an Ising Chain: Experimental Evidence for Emergent E8 Stymmetry//Science, Jan. 8, 2010

22. Golden Ratio Discovered in Quantum World: Hidden Symmetry Observed for the First Time in Solid State Matter (http://www.sciencedaily.com/releases/2010/01/100107143909.htm).

23. *Блехман И.И.* Вибрация «изменяет законы механики»// Природа, 2003, №11, с. 42.

24. *Ганиев Р.Ф., Украинский Л.Е.* Нелинейная волновая механика и технология. М.: R&C Dynamics, 2008.

25. *Мирзабеков А.Д.* Валиновая тРНК I. Структурная основа узнавания. Автореферат докторской диссертации. М.: Институт химии природных соединений АН СССР, 1972.

26. *Шноль С.Э.* Физико-химические факторы биологической эволюции. М., 1989.

27. *Zheng J.M., Pollack G.H.* // Phys Rev E., 2003, v. 68, pt. 1, p. 031408.

28. *Pollack G. H., Clegg J.* //Phase Transitions in Cell Biology (Pollack G.H., Chin W.–C., eds.), Springer Science+Business Media B.V., 2008, p.143.

29. *Воейков В.Л.* Ключевая роль устойчиво неравновесного состояния водных систем в биоэнергетике// Российский химический журнал (Журнал РХО им. Д.И. Менделеева), 2009, т. LIII, №6, с. 41.

30. *Фролов К.В.* Вибрация – друг или враг. М.: Наука, 1984.

31. *Тулинов Д.* Принцип аксолотля// Популярная механика, 2015, №1, с. 28. http://innotechnews.com/innovations/340–printsip–aksolotlya–smozhet–lichelovechestvo– sozdavat–novye–organy–i–konechnosti

32. *Филиппов А.Т.* Многоликий солитон. М.: Наука, 1990, 288 с.

33. *Петухов С.В.* Биосолитоны – тайна живого вещества. М.: ГП «Кимрская типография», 1999. http://petoukhov.com/

34. *Арнольд В.И.* Публичная лекция в Математическом институте им. В.А.Стеклова, 13 мая 2006 г. http://elementy.ru/lib/430178/430281