

# Странные информационные структуры генетического кода — случайность или артефакт?

А.Д. Панов, Ф.П. Филатов

# The “Wow! signal” of the terrestrial genetic code

Vladimir I. *sh*Cherbak<sup>a</sup> and Maxim A. Makukov<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup>Department of Mathematics, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
e-mail: [Vladimir.shCherbak@kaznu.kz](mailto:Vladimir.shCherbak@kaznu.kz)

<sup>b</sup>Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Republic of Kazakhstan  
e-mail: [makukov@gmail.com](mailto:makukov@gmail.com), [makukov@aphi.kz](mailto:makukov@aphi.kz)

## ARTICLE INFO

This is the authors' version of the manuscript published in *Icarus*. Changes resulting from the publishing process may not be reflected in this document. Changes may have been made to this work since it was submitted for publication. For the journal version see <http://dx.doi.org/10.1016/j.icarus.2013.02.017>

---

### Article history:

Submitted 26 June 2012  
Revised 3 October 2012  
Revised 31 January 2013  
Accepted 12 February 2013

---

### Keywords:

astrobiology  
genetic code  
directed panspermia  
SETI

---

\* Corresponding author

For additional information see:  
<https://bioseti.info>

## ABSTRACT

It has been repeatedly proposed to expand the scope for SETI, and one of the suggested alternatives to radio is the biological media. Genomic DNA is already used on Earth to store non-biological information. Though smaller in capacity, but stronger in noise immunity is the genetic code. The code is a flexible mapping between codons and amino acids, and this flexibility allows modifying the code artificially. But once fixed, the code might stay unchanged over cosmological timescales; in fact, it is the most durable construct known. Therefore it represents an exceptionally reliable storage for an intelligent signature, if that conforms to biological and thermodynamic requirements. As the actual scenario for the origin of terrestrial life is far from being settled, the proposal that it might have been seeded intentionally cannot be ruled out. A statistically strong intelligent-like “signal” in the genetic code is then a testable consequence of such scenario. Here we show that the terrestrial code displays a thorough precision-type orderliness matching the criteria to be considered an informational signal. Simple arrangements of the code reveal an ensemble of arithmetical and ideographical patterns of the same symbolic language. Accurate and systematic, these underlying patterns appear as a product of precision logic and nontrivial computing rather than of stochastic processes (the null hypothesis that they are due to chance coupled with presumable evolutionary pathways is rejected with  $P$ -value  $< 10^{-13}$ ). The patterns are profound to the extent that the code mapping itself is uniquely deduced from their algebraic representation. The signal displays readily recognizable hallmarks of artificiality, among which are the symbol of zero, the privileged decimal syntax and semantical symmetries. Besides, extraction of the signal involves logically straightforward but abstract operations, making the patterns essentially irreducible to any natural origin. Plausible way of embedding the signal into the code and possible interpretation of its content are discussed. Overall, while the code is nearly optimized biologically, its limited capacity is used extremely efficiently to store non-biological information.

# Критерий «естественности и простоты» => Пять информационных уровней (слоев)

1. Симметрия Румера и связанные с ней симметрии генетического кода
2. Сигнатуры полного веса аминокислот



Уровни  
«привлечения  
внимания»

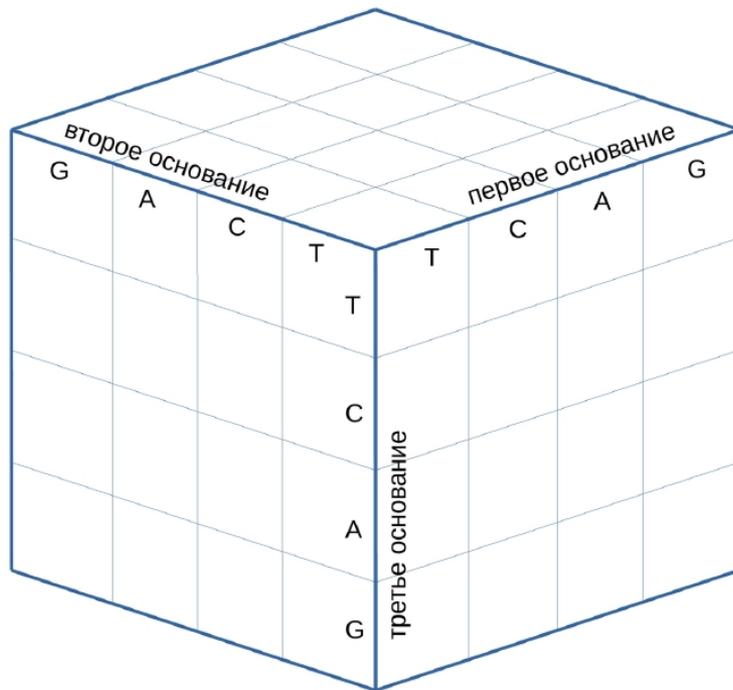
3. Сигнатуры масс боковых цепей
4. Сигнатуры масс звеньев молекул аминокислот
5. Симетрии APC'аз

**+Обсуждение**

# Универсальный генетический код (1961-1968)

Каждая тройка оснований кодирует один продукт: аминокислота или **stop**

Thymine-Cytosine-Thymine (TCT) => Ser  
Thymine-Guanine-Adenine (TGA) => **stop**

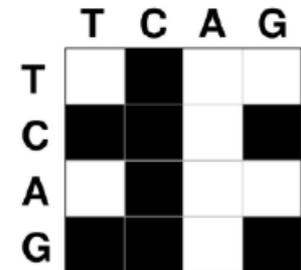


3-матрица: строки, столбцы, **КОЛОНКИ**

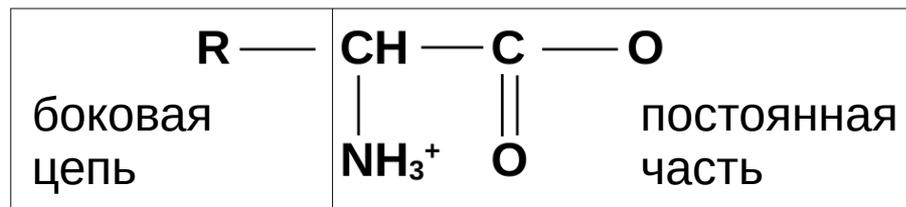
Thymine-Cytosine-Adenine-Guanine

		ВТОРОЙ НУКЛЕОТИД			
		T	C	A	G
ПЕРВЫЙ НУКЛЕОТИД	T	TTT F	TCT S	TAT Y	TGT C
		TTC	TCC	TAC	TGC
		TTA L	TCA	TAA <b>stop</b>	TGA <b>stop</b>
		TTG	TCG	TAG	TGG W
	C	CTT L	CCT P	CAT H	CGT R
		CTC	CCC	CAC	CGC
		CTA	CCA	CAA Q	CGA
		CTG	CCG	CAG	CGG
	A	ATT I	ACT T	AAT N	AGT S
		ATC	ACC	AAC	AGC
		ATA	ACA	AAA K	AGA R
		ATG M	ACG	AAG	AGG
	G	GTT V	GCT A	GAT D	GGT G
		GTC	GCC	GAC	GGC
		GTA	GCA	GAA E	GGA
		GTG	GCG	GAG	GGG

Каллиграмма



Notation	Group of bases
Y	(T,C) – pyrimidines
R	(A,G) – purines
H	(T,C,A)
N	(T,C,A,G) - any base
M	(T,G) – the first Rumer pair
K	(C,A) – the second Rumer pair



Amino acid			$M_{Side}$	$M$	Amino acid			$M_{Side}$	$M$
Glycine	<b>G</b>	<b>Gly</b>	1	75	Asparginic acid	<b>D</b>	<b>Asp</b>	59	133
Alanine	<b>A</b>	<b>Ala</b>	15	89	Glutamine	<b>Q</b>	<b>Gln</b>	72	146
Serine	<b>S</b>	<b>Ser</b>	31	105	Lysine	<b>K</b>	<b>Lys</b>	72	146
Proline	<b>P</b>	<b>Pro</b>	42	115	Glutamic acid	<b>E</b>	<b>Glu</b>	73	147
Valine	<b>V</b>	<b>Val</b>	43	117	Methionine	<b>M</b>	<b>Met</b>	75	149
Threonine	<b>T</b>	<b>Tre</b>	45	119	Histidine	<b>H</b>	<b>His</b>	81	155
Cysteine	<b>C</b>	<b>Cys</b>	47	121	Phenylalanine	<b>F</b>	<b>Phe</b>	91	165
Leucine	<b>L</b>	<b>Leu</b>	57	131	Arginine	<b>R</b>	<b>Arg</b>	100	174
Isoleucine	<b>I</b>	<b>Ile</b>	57	131	Tyrosine	<b>Y</b>	<b>Tyr</b>	107	181
Aspargin	<b>N</b>	<b>Asn</b>	58	132	Tryptophan	<b>W</b>	<b>Trp</b>	130	204

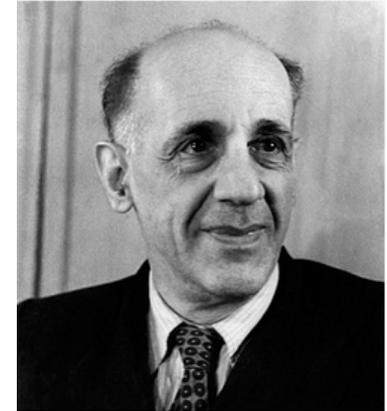
# Уровень 1. Симметрия Румера и связанные с ней симметрии генетического кода

## Преобразование Румера

Френсис Крик: гентический код — замороженная случайность

Ю.Б. Румер — октеты I и II (1968)

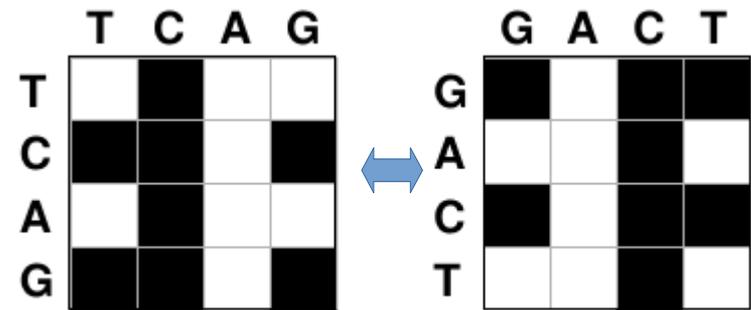
Юрий  
Борисович  
Румер  
1901-1985



		ВТОРОЙ НУКЛЕОТИД			
		T	C	A	G
ПЕРВЫЙ НУКЛЕОТИД	T	TTT F	TCT S	TAT Y	TGT C
		TTC	TCC	TAC	TGC
		TTA L	TCA	TAA stop	TGA stop
		TTG	TCG	TAG	TGG W
	C	CTT L	CCT P	CAT H	CGT R
		CTC	CCC	CAC	CGC
		CTA	CCA	CAA Q	CGA
		CTG	CCG	CAG	CGG
	A	ATT I	ACT T	AAT N	AGT S
		ATC	ACC	AAC	AGC
		ATA	ACA	AAA K	AGA R
		ATG M	ACG	AAG	AGG
	G	GTT V	GCT A	GAT D	GGT G
		GTC	GCC	GAC	GGC
		GTA	GCA	GAA E	GGA
		GTG	GCG	GAG	GGG

$$R = (T \leftrightarrow G, C \leftrightarrow A)$$

октет I => октет II  
октет I => октет I



При наличии октетов вероятность появления симметрии 1/256

# Все возможные представления таблицы генетического кода

Всего  $4! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$  каллиграммы, 12 нетривиальных каллиграмм

	T	C	A	G
T		■		
C	■			■
A		■		
G	■	■		■

	T	C	G	A
T		■		
C	■		■	
G	■	■		
A		■		

	C	T	A	G
C	■	■		■
T	■			
A	■			
G	■	■		■

	C	T	G	A
C	■	■	■	
T	■			
G	■	■		
A	■			

	T	A	C	G
T			■	
A			■	
C	■			■
G	■		■	■

	T	G	C	A
T			■	
G	■	■	■	
C	■	■		
A			■	

	A	T	C	G
A			■	
T			■	
C		■		■
G		■	■	■

	G	T	C	A
G	■	■	■	
T				
C	■	■		
A			■	

	T	A	G	C
T				■
A				■
G	■		■	■
C	■		■	■

	T	G	A	C
T				■
G	■	■		
A				■
C	■	■		■

	A	T	G	C
A				■
T				■
G		■	■	■
C		■	■	■

	G	T	A	C
G	■	■		■
T				■
A				■
C	■	■		■

$$R = (T \leftrightarrow G, C \leftrightarrow A); R_1 = (T \leftrightarrow G); R_2 = (C \leftrightarrow A)$$

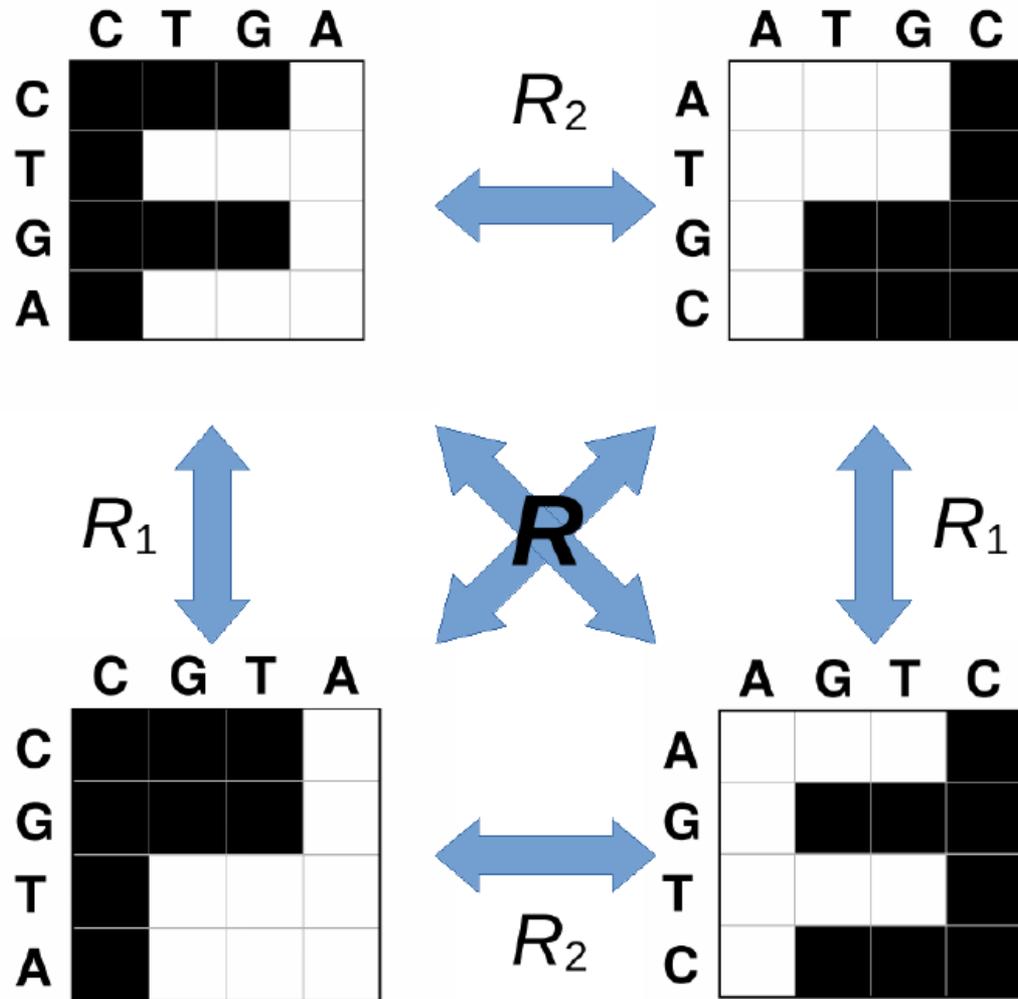
Групповые свойства  
преобразований  
 $R, R_1, R_2$

$$R_1 \cdot R_2 = R_2 \cdot R_1 = R$$

$$R \cdot R_1 = R_1 \cdot R = R_2$$

$$R \cdot R_2 = R_2 \cdot R = R_1$$

«Сигнал  
привлечения  
внимания?»

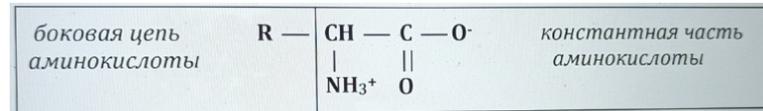


Вероятность обеих симметрий сразу  $1/256 \times 1/4 = 1/1024$

## Уровень 2. Сигнатуры полного веса аминокислот

Атомные веса аминокислот.  $M(\text{stop}) = 0$

G	Глицин	Gly	75	D	Аспаргиновая к-та	Asp	133
A	Аланин	Ala	89	Q	Глутамин	Gln	146
S	Серин	Ser	105	K	Лизин	Lys	146
P	Пролин	Pro	115	E	Глутаминовая к-та	Glu	147
V	Валин	Val	117	M	Метионин	Met	149
T	Треонин	Tre	119	H	Гистидин	His	155
C	Цистеин	Cys	121	F	Фенилаланин	Phe	165
L	Лейцин	Leu	131	R	Аргинин	Arg	174
I	Изолейцин	Ile	131	Y	Тирозин	Tyr	181
N	Аспаргин	Asn	132	W	Триптофан	Trp	204



**Масса константной части = 74**  
(кроме пролина 73)

		ВТОРОЙ НУКЛЕОТИД			
		T	C	A	G
ПЕРВЫЙ НУКЛЕОТИД	T	TTT F	TCT S	TAT Y	TGT C
		TTC	TCC	TAC	TGC
		TTA L	TCA	TAA <b>stop</b>	TGA <b>stop</b>
		TTG	TCG	TAG	TGG W
	C	CTT L	CCT P	CAT H	CGT R
		CTC	CCC	CAC	CGC
		CTA	CCA	CAA Q	CGA
		CTG	CCG	CAG	CGG
	A	ATT I	ACT T	AAT N	AGT S
		ATC	ACC	AAC	AGC
		ATA	ACA	AAA K	AGA R
		ATG M	ACG	AAG	AGG
G	GTT V	GCT A	GAT D	GGT G	
	GTC	GCC	GAC	GGC	
	GTA	GCA	GAA E	GGA	
	GTG	GCG	GAG	GGG	

Масса октета I = 3700  
Масса октета II = 4218

Обе делятся на 74:  
 $3700 / 74 = 50$   
 $4218 / 74 = 57$

**Вероятность =  $1/74 \times 1/74 = 1/5476 < 0.02\%$**

**Одно из чисел Щербака-Макукова:  
 $4218 = 4 \times 999 + 222$**

$$m \times 999 + n \times 111, n = 0, 1, 2, \dots, 9$$

G	Глицин	Gly	75	D	Аспаргиновая к-та	Asp	133
A	Аланин	Ala	89	Q	Глутамин	Gln	146
S	Серин	Ser	105	K	Лизин	Lys	146
P	Пролин	Pro	115	E	Глутаминовая к-та	Glu	147
V	Валин	Val	117	M	Метионин	Met	149
T	Треонин	Tre	119	H	Гистидин	His	155
C	Цистеин	Cys	121	F	Фенилаланин	Phe	165
L	Лейцин	Leu	131	R	Аргинин	Arg	174
I	Изолейцин	Ile	131	Y	Тирозин	Tyr	181
N	Аспаргин	Asn	132	W	Триптофан	Trp	204

		ВТОРОЙ НУКЛЕОТИД			
		T	C	A	G
ПЕРВЫЙ НУКЛЕОТИД	T	TTT F	TCT S	TAT Y	TGT C
		TTC	TCC	TAC	TGC
		TTA L	TCA	TAA stop	TGA stop
	C	TTG	TCG	TAG	TGG W
		CTT L	CCT P	CAT H	CGT R
		CTC	CCC	CAC	CGC
		CTA	CCA	CAA Q	CGA
	A	CTG	CCG	CAG	CGG
		ATT I	ACT T	AAT N	AGT S
		ATC	ACC	AAC	AGC
		ATA	ACA	AAA K	AGA R
	G	ATG M	ACG	AAG	AGG
GTT V		GCT A	GAT D	GGT G	
GTC		GCC	GAC	GGC	
GTA		GCA	GAA E	GGA	
GTG		GCG	GAG	GGG	

октет I по возрастанию

**GASP | VTLR**

первый нуклеотид

**GGTC | GACC**

пури(Н)-пиримидин(У)

**RRYY | RRYU**

Центральная симметрия по комплементарности

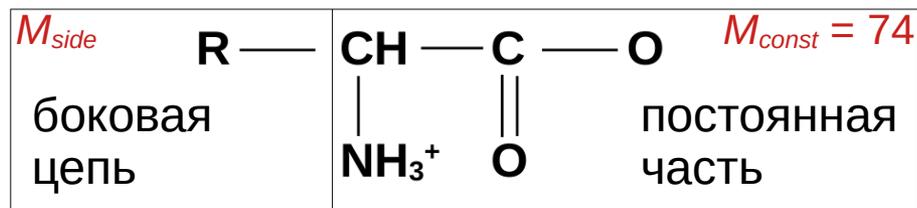
Тождество половинок

Вероятность 1/256 — неверно.

Нужно учесть 6 похожих симметрий =>  $P = 8/256 = 1/32$

(Центральная симметрия + точный повтор) ×  
(комплементарность + идентичность + румеровость + пури-пиримидин)

## Уровень 3. Сигнатуры масс боковых цепей



Масса постоянной части всех аминокислот кроме пролина 74

Масса постоянной части пролина 73

«Ключ активации»

Масса постоянной части пролина 73 => 74

Масса боковой цепи пролина 42 => 41

- Какую массу боковой цепи приписать продукту кодирования **stop**?

Щербак-Макуков:  $M_{side}(\text{stop}) = 0$

Для всех аминокислот  $M_{side} = M - 74 \Rightarrow M = M_{side} + 74$

Для **stop**:  $M(\text{stop}) = M_{side}(\text{stop}) + 74 = 0 + 74 = 74$

$$M(\text{stop}) = 74$$

## Пересчет сигнатур полного веса (уровень 2) с $M(\text{stop}) = 74$

Масса октета I = 3700 - не изменилась

Масса октета II = 4440 ( =  $4 \times 999 + 444$  )

- 3700 и 4440 оба делятся на 740!

$$740 = 2 \times 10 \times 37$$

$$20 = 2 \times 10; \quad 74 = 2 \times 37$$

сократим все числа на 2

Получается:

$$10 \times 37$$

$$10, 37$$

Кстати:  $3700 = 100 \times 37 = 10^2 \times 37$

Указание на особую роль пары (10, 37)?

## Свойства симметрии таблицы умножения числа 37 в позиционной системе счисления с основанием 10

1 037	2 074	3 <b>111</b>	4 148	5 158	6 <b>222</b>	7 259	8 296	9 <b>333</b>
10 370	11 407	12 <b>444</b>	13 481	14 518	15 <b>555</b>	16 592	17 629	18 <b>666</b>
19 703	20 740	21 <b>777</b>	22 814	23 851	24 <b>888</b>	25 925	26 962	27 <b>999</b>
28 999+037	29 999+074	30 999+ <b>111</b>	31 999+148	32 999+158	33 999+ <b>222</b>	34 999+259	35 999+296	36 999+ <b>333</b>
37 999+370	38 999+407	39 999+ <b>444</b>	40 999+481	41 999+518	42 999+ <b>555</b>	43 999+592	44 999+629	45 999+ <b>666</b>
46 999+703	47 999+740	48 999+ <b>777</b>	49 999+814	50 999+851	51 999+ <b>888</b>	52 999+925	53 999+962	54 999+ <b>999</b>

1. Среди трехзначных результатов умножения есть все числа вида  $n \times 111$ ,  $n = 1, \dots, 9$ .
2. Во всех этих случаях сумма цифр результата равна множителю:  
 $1+1+1 = 3$ ;  $6+6+6 = 18$  и т. д.
3. Во всех других колонках результаты получаются циклической перестановкой.
4. После множителя 27 всё в точности повторяется с добавлением 999,  $999 \times 2$  и т.д.

Числа вида  $m \times 999 + n \times 111$  играют особую роль в информационных сигнатурах генетического кода -- числа Щербака-Макукова -- **SM-числа**

SM-числа уже были найдены на уровне 2 --  
полная масса октета II:

$$M_{stop} = 0 \quad \Rightarrow \quad 4218 = 4 \times 999 + 222$$

$$M_{stop} = 74 \quad \Rightarrow \quad 4440 = 4 \times 999 + 444 \quad (!!!)$$

- Пара (10, 37) — не уникальна.
- Любая пара чисел вида  $(q, 111_q/3)$ ,  $q = 4, 7, 10, 13, \dots$  обладает похожими свойствами.  
 $111_q = 1 \times q^2 + 1 \times q + 1$

**Новое правило счета весов — правило Щербака-Макукова:  
Каждый продукт кодирования в каждой колонке  
считается ровно 1 раз.**

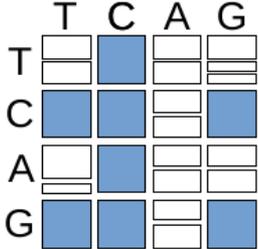
		ВТОРОЙ НУКЛЕОТИД			
		T	C	A	G
ПЕРВЫЙ НУКЛЕОТИД	T	TTT F	TCT S	TAT Y	TGT C
		TTC	TCC	TAC	TGC
		TTA L	TCA	TAA stop	TGA stop
		TTG	TCG	TAG	TGG W
	C	CTT L	CCT P	CAT H	CGT R
		CTC	CCC	CAC	CGC
		CTA	CCA	CAA Q	CGA
		CTG	CCG	CAG	CGG
	A	ATT I	ACT T	AAT N	AGT S
		ATC	ACC	AAC	AGC
		ATA	ACA	AAA K	AGA R
		ATG M	ACG	AAG	AGG
	G	GTT V	GCT A	GAT D	GGT G
		GTC	GCC	GAC	GGC
		GTA	GCA	GAA E	GGA
		GTG	GCG	GAG	GGG

Это правило счета оправдывается **апостериори**:  
С правилом получается не менее 15 независимых  
сигнатур в виде SM-чисел,  
без него не получается (почти) ничего.

## Сигнатура 3.1. Боковые цепи октетов I и II и египетский треугольник.

### Октет I полностью

amino acid	G	A	S	P	V	T	L	R	$\Sigma$
side chain	1	15	31	41	43	45	57	100	333
constant part	74	74	74	74	74	74	74	74	592
whole weight	75	89	105	115	117	119	131	174	925



Боковые цепи октета I:  $333 = 37 \times 9$   
 Константные части октета I:  $592 = 37 \times 16$   
 Полные веса октета I:  $925 = 37 \times 25$ .

$$3^2 + 4^2 = 5^2$$

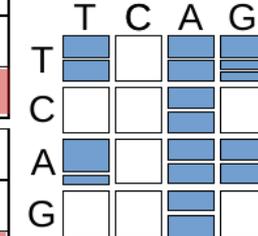
Разбиение полного веса октета I на константную часть и боковые цепи образует египетский треугольник.

### Октет II полностью

amino acid	F	L	Y	stop	C	stop	W	H	Q	→
side chain	91	57	107	0	47	0	130	81	72	→
constant part	74	74	74	0	74	0	74	74	74	→

amino acid	I	M	N	K	S	R	D	E	$\Sigma$
side chain	57	75	58	72	31	100	59	73	999 + 111
constant part	74	74	74	74	74	74	74	74	999 + 111



## Сигнатура 3.2. Полные веса кодонов с первым пиримидином или (отдельно) с первым пурином (отсутствует у ЦМ)

### Первый пиримидин

TTY <b>F</b> 165	TTR <b>L</b> 131	TCN <b>S</b> 105	TAY <b>Y</b> 181	TAR <b>stop</b> 74	TGY <b>C</b> 121	→ →	<table style="border: none; text-align: center; font-size: small;"> <tr><td></td><td>T</td><td>C</td><td>A</td><td>G</td></tr> <tr><td>T</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>C</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>A</td><td>□</td><td>□</td><td>□</td><td>□</td></tr> <tr><td>G</td><td>□</td><td>□</td><td>□</td><td>□</td></tr> </table>		T	C	A	G	T	■	■	■	■	C	■	■	■	■	A	□	□	□	□	G	□	□	□	□
	T	C	A	G																												
T	■	■	■	■																												
C	■	■	■	■																												
A	□	□	□	□																												
G	□	□	□	□																												
TGA <b>stop</b> 74	TGG <b>W</b> 204	CTN <b>L</b> 131	CCN <b>P</b> 115	CAY <b>H</b> 155	CAR <b>Q</b> 146	CGN <b>R</b> 174																										
$\Sigma = 1 \times 999 + 777$																																

### Первый пурин

ATH <b>I</b> 131	ATG <b>M</b> 149	ACN <b>T</b> 119	AAV <b>N</b> 132	AAR <b>K</b> 146	AGY <b>S</b> 105	→ →	<table style="border: none; text-align: center; font-size: small;"> <tr><td></td><td>T</td><td>C</td><td>A</td><td>G</td></tr> <tr><td>T</td><td>□</td><td>□</td><td>□</td><td>□</td></tr> <tr><td>C</td><td>□</td><td>□</td><td>□</td><td>□</td></tr> <tr><td>A</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>G</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </table>		T	C	A	G	T	□	□	□	□	C	□	□	□	□	A	■	■	■	■	G	■	■	■	■
	T	C	A	G																												
T	□	□	□	□																												
C	□	□	□	□																												
A	■	■	■	■																												
G	■	■	■	■																												
AGR <b>R</b> 174	GTN <b>V</b> 117	GCN <b>A</b> 89	GAY <b>D</b> 133	GAR <b>E</b> 147	GGN <b>G</b> 75																											
$\Sigma = 1517 = 41 \times 37$																																

# Сигнатура 3.3. Веса боковых цепей румеровских пар M = (T,G) и K = (C,A)

$$R = (T \leftrightarrow G, C \leftrightarrow A)$$

Первое основание принадлежит M = 654

TTY F 91	TTR L 57	TCN S 31	TAY Y 107	TAR stop 0	TGY C 47	→	
TGA stop 0	TGG W 130	GTN V 43	GCV A 15	GAY D 59	GAR E 73	GGN G 1	
$\Sigma = 654$							

Второе основание принадлежит M = 789

TTY F 91	TTR L 57	CTN L 57	ATH I 57	ATG M 75	CTN V 43	→	
TGY C 47	TGA stop 0	TGG W 130	CGN R 100	AGY S 31	AGR R 100	GGN G 1	
$\Sigma = 789$							

Первое основание принадлежит K = 789



Второе основание принадлежит K = 654

CTN L 57	CCN P 41	CAY H 81	CAR Q 72	CGN R 100	ATH I 57	→	
ATG M 75	ACN T 45	AAY N 58	AAR K 72	AGY S 31	AGR R 100	→	
$\Sigma = 789$							

TCN S 31	CCN P 41	ACN T 45	GCN A 15	TAY Y 107	TAR stop 0	→	
CAY H 47	CAR Q 0	AAY N 130	AAR K 100	GAY D 31	GAR E 100	→	
$\Sigma = 654$							

Либо первые два основания принадлежат M, либо первые два основания принадлежат K

Both first bases in M				Both first bases in K		
TTY F 91	TTR L 57	TGY C 47	TTA stop 0	CCN P 41	CAY H 81	CAR Q 72
TGG W 130	GTN V 43	GGN G 1		ACN T 45	AAY N 58	AAR K 72
$\Sigma = 369$				$\Sigma = 369$		

## Сигнатура 3.4. Кодоны с двумя идентичными основаниями

Вес боковых цепей кодонов с парой одинаковых пиримидинов (Y) и любым другим отличным от него основанием

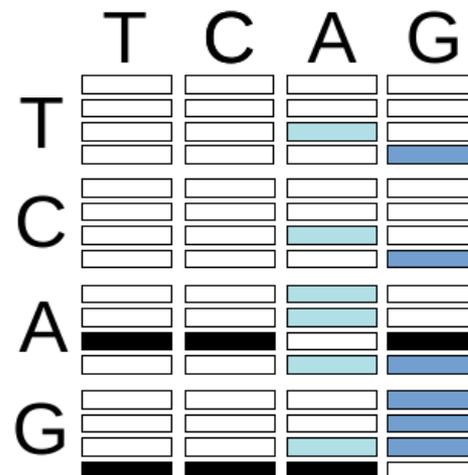
TTC	TTA	TTG	CCT	CCA	CCG	
<b>F</b> 91	<b>L</b> 57	<b>L</b> 57	<b>P</b> 41	<b>P</b> 41	<b>P</b> 41	T
CTT	ATT	GTT	TCC	ACC	GCC	
<b>L</b> 57	<b>I</b> 57	<b>V</b> 43	<b>S</b> 31	<b>T</b> 45	<b>A</b> 15	C
TCT	TAT	TGT	CTC	CAC	CGC	
<b>S</b> 31	<b>Y</b> 107	<b>C</b> 47	<b>L</b> 57	<b>H</b> 81	<b>R</b> 100	A
$\Sigma = 999$						G

Вес боковых цепей кодонов с парой одинаковых пуринов (R) и любым другим отличным от него основанием

AAT	AAC	AAG	GGT	GGC	GGA	
<b>N</b> 58	<b>N</b> 58	<b>K</b> 72	<b>G</b> 1	<b>G</b> 1	<b>G</b> 1	T
TAA	CAA	GAA	TGG	CGG	AGG	
<b>stop</b> 0	<b>Q</b> 72	<b>E</b> 73	<b>W</b> 130	<b>R</b> 100	<b>R</b> 100	C
ATA	ACA	AGA	GTG	GCG	GAG	
<b>I</b> 57	<b>T</b> 45	<b>R</b> 100	<b>V</b> 43	<b>A</b> 15	<b>E</b> 73	A
$\Sigma = 999$						G

## Сигнатура 3.5. Тройная симметрия кодонов с двумя одинаковыми основаниями — пуринами (R).

AAT N 58	AAC N 58	AAG K 72	GGT G 1	GGC G 1	GGA G 1
TAA stop 0	CAA Q 72	GAA E 73	TGG W 130	CGG R 100	AGG R 100
ATA I 57	ACA T 45	AGA R 100	GTG V 43	GCG A 15	GAG E 73
$\Sigma = 999$					



Группа 1 содержит два пурина AA подряд  
 Группа 2 содержит два пурина GG подряд  
 Группа 3 содержит либо два AA, либо два GG,  
 разделенные третьим основанием

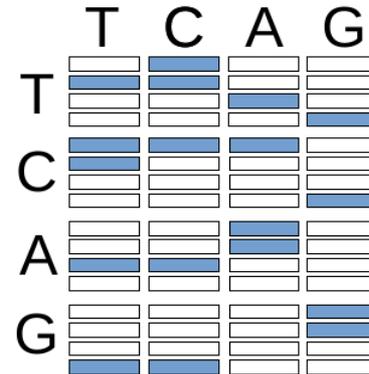
**Каждая группа имеет вес 333**

Замечание: в порядке расстановки оснований в группах нет произвола.

## Сигнатура 3.6. Кодоны с двумя одинаковыми основаниями и одиночным пурином (отдельно) или пиримидином (отдельно)

Два одинаковых основания и одиночный пурин (R)

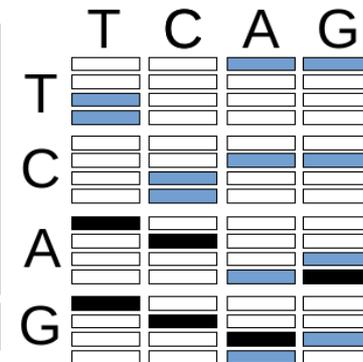
TTC	CCT	AAT	AAC	GGT	GGC
<b>F</b> 91	<b>P</b> 41	<b>N</b> 58	<b>N</b> 58	<b>G</b> 1	<b>G</b> 1
CTT	TCC	TAA	CAA	TGG	CGG
<b>L</b> 57	<b>S</b> 31	<b>stop</b> 0	<b>Q</b> 72	<b>W</b> 130	<b>R</b> 100
TCT	CTC	ATA	ACA	GTG	GCG
<b>S</b> 31	<b>L</b> 57	<b>I</b> 57	<b>I</b> 45	<b>V</b> 43	<b>A</b> 15
$\Sigma = 888$					



Два одинаковых основания и одиночный пиримидин (Y)

1. Одиночный пиримидин в последней позиции
2. Одиночный пиримидин в первой позиции
3. Одиночный пиримидин в средней позиции

TTA	TTG	CCA	CCG	AAG	GGA	$\Sigma = 269$
<b>L</b> 57	<b>L</b> 57	<b>P</b> 41	<b>P</b> 41	<b>K</b> 72	<b>G</b> 1	
ATT	GTT	ACC	GCC	GAA	AGG	$\Sigma = 333$
<b>I</b> 57	<b>V</b> 43	<b>T</b> 45	<b>A</b> 15	<b>E</b> 73	<b>R</b> 100	
TAT	TGT	CAC	CGC	AGA	GAG	$\Sigma = 508$
<b>Y</b> 107	<b>C</b> 47	<b>H</b> 81	<b>R</b> 100	<b>R</b> 100	<b>E</b> 73	
$\Sigma = 999 \times 1 + 111 = 333 + 777$						



## Сигнатура 3.7. Веса боковых цепей + декомпозиция кодонов на основания

В таблице ген.кода каждое основание встречается  $64 \times 3 / 4 = 48$  раз

Будем считать суммы весов по основаниям отдельно:

$$\begin{aligned} T &\rightarrow S (31) \\ TCA &\rightarrow S \Rightarrow C \rightarrow S (31) \\ A &\rightarrow S (31) \end{aligned}$$

Сумма весов боковых цепей по всей таблице TCGA  
 $10 \times 999 + 222$

Сумма весов боковых цепей для оснований CGA отдельно  
 $7 \times 999 + 555$

Сумма весов боковых цепей для T  
 $2 \times 999 + 666$

Сумма весов боковых цепей по всей таблице не является независимой.

$3700 + 4440 = 8140$  — сумма полных весов делится на 74

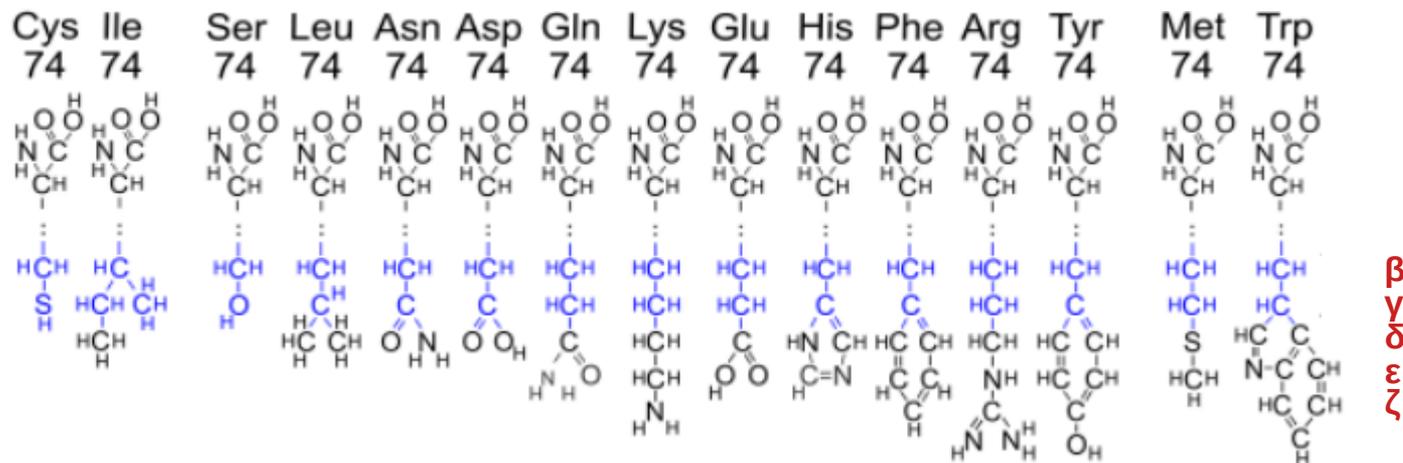
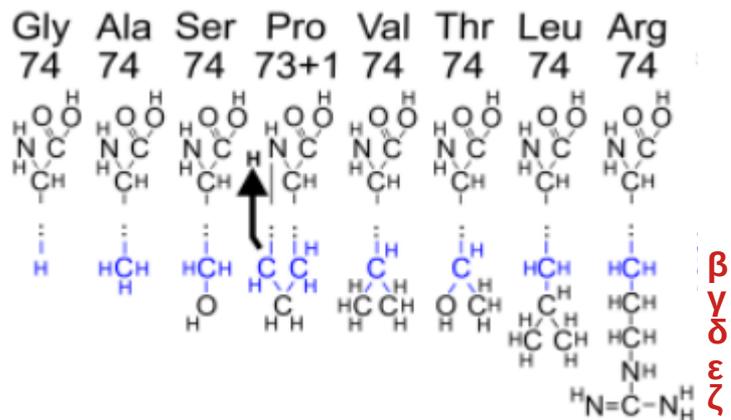
$8140 - 74 \times 64 = 3404$  — сумма весов боковых цепей делится на 74, следовательно делится на 37

$3404 \times 3$  — сумма весов боковых цепей для декомпозиции кодонов по основаниям, делится на  $37 \times 3 = 111$ :  
 $3404 \times 3 = 10 \times 999 + 222$

Сигнатура весов боковых цепей для основания T является независимой

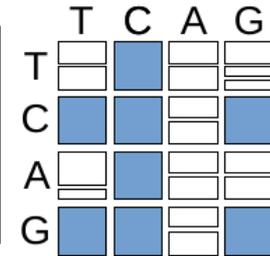


# Уровень 4. Массы звеньев цепей аминокислот



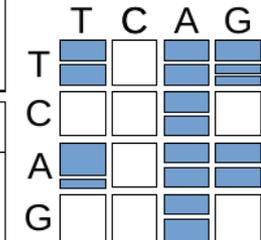
## Сигнатура 4.1. Уровень $\beta$ октета I

amino acid	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>V</b>	<b>T</b>	<b>L</b>	<b>R</b>
level $\beta$	H	CH <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub>	CH	CH	CH <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub>
weight	1	15	14	27	13	13	14	14
$\Sigma$	111							



## Сигнатура 4.2. Сумма уровней $\beta$ и $\gamma$ октета II

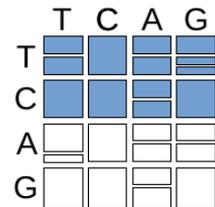
amino acid	<b>F</b>	<b>L</b>	<b>Y</b>	<b>stop</b>	<b>C</b>	<b>stop</b>	<b>W</b>	<b>H</b>	→
level $\beta$	CH <sub>2</sub> 14	CH <sub>2</sub> 14	CH <sub>2</sub> 14	– 0	CH <sub>2</sub> 14	– 0	CH <sub>2</sub> 14	CH <sub>2</sub> 14	→
level $\gamma$	C 12	CH 13	C 12	– 0	SH 33	– 0	CH 13	C 12	→
amino acid	<b>Q</b>	<b>I</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>R</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
level $\beta$	CH <sub>2</sub> 14	CH 13	CH <sub>2</sub> 14	CH <sub>2</sub>					
level $\gamma$	CH <sub>2</sub> 14	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> 29	CH <sub>2</sub> 14	C 12	CH <sub>2</sub> 14	OH 17	CH <sub>2</sub> 14	C 12	CH <sub>2</sub> 14
$\Sigma$	444								



## Сигнатура 4.3. Кодоны с первым пиримидином или с первым пурином

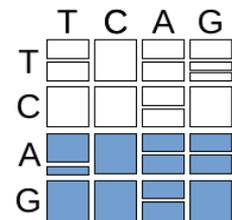
Кодоны с первым пиримидином, сумма  $\beta$  и  $\gamma$  уровней (уровни подряд)

amino acid	TTY <b>F</b>	TTR <b>L</b>	TCN <b>S</b>	TAY <b>Y</b>	TAR <b>stop</b>	TGY <b>C</b>	→
level $\beta$ (weight)	CH <sub>2</sub> (14)	CH <sub>2</sub> (14)	CH <sub>2</sub> (14)	CH <sub>2</sub> (14)	- (0)	CH <sub>2</sub> (14)	→
level $\gamma$ (weight)	C (12)	CH (13)	OH (17)	C (12)	- (0)	SH <sub>2</sub> (33)	→
amino acid	TGA <b>stop</b>	TGG <b>W</b>	CTN <b>L</b>	CCN <b>P</b>	CAY <b>H</b>	CAR <b>Q</b>	CGR <b>R</b>
level $\beta$ (weight)	- (0)	CH <sub>2</sub> (14)	CH <sub>2</sub> (14)	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> (27)	CH <sub>2</sub> (14)	CH <sub>2</sub> (14)	CH <sub>2</sub> (14)
level $\gamma$ (weight)	- (0)	C (12)	CH (13)	CH <sub>2</sub> (14)	C (12)	CH <sub>2</sub> (14)	CH <sub>2</sub> (14)
$\Sigma$	333						



Кодоны с первым пурином, сумма  $\beta$ ,  $\delta$ , и  $\zeta$  уровней (уровни через один)

amino acid	ATH <b>I</b>	ATG <b>M</b>	ACN <b>T</b>	AAY <b>N</b>	AAR <b>K</b>	AGY <b>S</b>	→
level $\beta$ (weight)	CH (13)	CH <sub>2</sub> (14)	CH (13)	CH <sub>2</sub> (14)	CH <sub>2</sub> (14)	CH <sub>2</sub> (14)	→
level $\delta$ (weight)	CH <sub>3</sub> (15)	S (32)	- (0)	ONH <sub>2</sub> (32)	CH <sub>2</sub> (14)	- (0)	→
level $\zeta$ (weight)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	NH <sub>2</sub> (16)	- (0)	→
amino acid	AGR <b>R</b>	GTN <b>V</b>	GCN <b>A</b>	GAY <b>D</b>	GAR <b>E</b>	GGN <b>G</b>	
level $\beta$ (weight)	CH <sub>2</sub> (14)	CH (13)	CH <sub>3</sub> (15)	CH <sub>2</sub> (14)	CH <sub>2</sub> (14)	H (1)	
level $\delta$ (weight)	CH <sub>2</sub> (14)	- (0)	- (0)	O <sub>2</sub> H (33)	C (12)	- (0)	
level $\zeta$ (weight)	C (12)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	- (0)	
$\Sigma$	333						



## Уровень 5. Симметрии APCаз

### Где и как записан генетический код?

Набор аминокислот, используемый в синтезе белков, кодируется специфичным набором молекул:

**транспортные РНК — тРНК** и  
**аминоацил-тРНК-синтетазы — APC**

Набор тРНК и APCаз есть субстрат записи генетического кода

- APC бывают двух классов: класс 1 и класс 2.
- Всем аминокислотам кроме лизина (K) соответствует единственная APCаза определенного класса: 1 или 2
- Лизину соответствуют две APCазы, класса 1 и класса 2.

Есть 10 аминокислот с единственной APC1

Есть 9 аминокислот с единственной APC2

Есть лизин с APC1 и APC2. Искусственно припишем лизину APC2

⇒										
ARS	V	G	C	T	L	C	I	A	Q	C
1	E	G	M	A	R	C	Y	T	W	T
G	G	A	G	S	T	P	C	T	A	ARS
N	A	D	G	K	A	H	C	F	T	2
⇒										

↑  
Ключ к  
активации  
симметрий

- Внутри каждого класса аминокислоты расположены в порядке возрастания весов.
- Вместе с аминокислотой показано первое основание кодонов, кодирующих эту аминокислоту
- Светло-коричневые и желтые строки по горизонтали — полные наборы CTGA
- Синие столбцы — однородные
- Темно-красные столбцы — получаются друг из друга инверсией
- Зеленые столбцы полный набор CTGA

Похоже на румеровские симметрии таблицы генетического кода - поддерживает интерес к классификации APCаз

## Числовые симметрии таблицы APCаз

Нумерация аминокислот в соответствии с типом APC и весом

V	C	L	I	Q	E	M	R	Y	W	ARS-1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	+
G	A	S	P	T	N	D	K	H	F	ARS-2
-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-

C	-7, P	3, L	5, Q	-2, H	8, R	(3, 2)
T	-8, S	2, C	-1, F	9, Y	10, W	(3, 2)
A	-6, T	4, I	-5, N	-3, K	7, M	(2, 3)
G	-10, G	-9, A	1, V	-4, D	6, E	(2, 3)
Σ	-31	0	0	0	31	
	(0, 4)	(3, 1)	(2, 2)	(1, 3)	(4, 0)	

- С,Т,А,Г расположены по возрастанию веса основания
- Для каждого основания выписаны аминокислоты с этим первым основанием в кодоне
- Суммы номеров антисимметричны относительно центра таблицы (0.111)
- Количество вхождений APC-1 и APC-2 по строкам образует симметричную структуру (0.188)
- Количество вхождений APC-1 и APC-2 по столбцам образует центрально-симметричную структуру (0.344)

$$P = 0.111 \times 0.188 \times 0.344 = 0.038$$

# Обсуждение

## 1. Возможно ли? Пример сценария направленной панспермии

- Берется уже существующий генетический код (код «создателя») и путем **модификации** этого кода в него вводятся информационные сигнатуры. Такие технологии уже известны и используются на Земле.
- Бактерии с модифицированным кодом помещаются в состоянии анабиоза в контейнеры и с малой скоростью (субсветовые скорости не нужны!) посылаются в область образования подходящей звездной системы.
- При формировании подходящих мест обитания бактерий контейнеры раскрываются и звездная система оказывается заражена жизнью с модифицированным генетическим кодом.
- Не требуются технологии выходящие далеко за пределы земных технологий.
- Предсказание: для направленной панспермии, скорее всего, будут использованы бактерии-экстремофилы (нужно, чтобы «искусственная» жизнь укоренилась раньше, чем любая «естественная»).
- Трудность сценария: уже 4.5 млрд. лет назад в Галактике должен был существовать разум, причем недалеко от Солнечной системы.

## 2. «Осмысленные структуры» как критерий искусственности

- Каков должен быть критерий искусственности сигнала?
  - История с радиопульсарами
  - Линии эмиссии технеция в спектре звезд
  - Наличие доплеровского сдвига одновременно в двух направлениях
- Только осмысленная и недвусмысленно интерпретируемая информация!
- Пример: Cosmic Call 1 и 2 начинаются с ряда натуральных чисел и потом ряда простых чисел.
- Есть ли осмысленная информация среди информационных сигнатур генетического кода?
- Проблема: нет выделенного «порядка прочтения» генетического кода.
- Среди сигнатур встречаются **все** числа 111, 222, 333, ... ,999.  
Не является ли это представлением ряда натуральных чисел?
- Есть «явная» ссылка на пару чисел (10,37) со специальными свойствами.  
Не является ли это паттерном, аналогичным ряду простых чисел?
- Есть структура, соответствующая теореме Пифагора  $3^2 + 4^2 = 5^2$ .  
(Причем, на самом видном месте). Это просто случайность?
- Распределение информации по уровням 1, 2, 3, 4, 5, включая «уровни привлечения внимания» 1 и 2 выглядит как будто специально спланированным, но не существует ли это только в нашем воображении?
- Выделенность основания 10 — за или против искусственности?
- **Критерий «осмысленности» может быть неоднозначным.**

### 3. Оценка уровня «невероятности» информационных сигнатур

#### Наивная оценка

Румеровские симметрии:	1/1024
Второй информационный уровень:	$1/74 \times 1/74 \times 1/32$
Третий и четвертый информационный уровень:	$\sim 1 / 111^{15}$
Пятый информационный уровень:	0.038
Всё вместе: $\sim 10^{-40}$ (скорее всего на несколько порядков меньше)	

Эта оценка не имеет смысла.

#### Проблема «поиска по углам»

Обезьяна за компьютером:

Какова вероятность того, что на странице найдется не меньше 60 символов подряд, содержащих осмысленный текст?

Что такое осмысленный текст?

«Глокая куздра будланула бокра и кудрячит бокренка» - это осмысленный текст?

Что такое «осмысленная» сигнатура генетического кода в общем виде сформулировать невозможно, поэтому никакие осмысленные вероятности сосчитать нельзя.

**Любая оценка «невероятности» субъективна**

- Критерий осмысленности не позволяет решить дилемму случайность/искусственность
- Критерий маловероятности не позволяет решить дилемму случайность/искусственность
- Это тупик?

## 4. Что делать?

### Альтернативные генетические коды

25 альтернативных генетических кодов

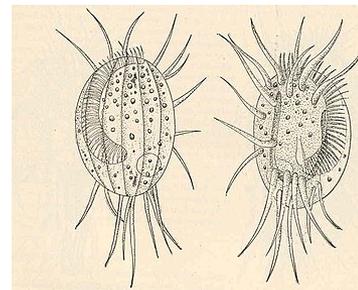
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Utils/wprintgc.cgi>

- Все альтернативные генетические коды получены мутацией исходного универсального генетического кода (это гипотеза).
- Если информация была внесена искусственно, то мутации могли ее только испортить.
- Предсказание 1: нет таких альтернативных генетических кодов, в которых информация универсального генетического кода полностью сохранена, и есть что-то еще дополнительное.
- Предсказание 2: нет таких альтернативных генетических кодов, в которых имелся бы полностью альтернативный «сильный» набор информационных сигнатур.
- **Гипотеза искусственности фальсифицируема (проверяема).**

Все 25 альтернативных генетических кодов проверены, и для них предсказание 1 полностью подтверждено.

## Генетический код Euplotidae

		ВТОРОЙ НУКЛЕОТИД			
		T	C	A	G
ПЕРВЫЙ НУКЛЕОТИД	T	TTT F	TCT S	TAT Y	TGT C
		TTC	TCC	TAC	TGC
		TTA L	TCA	TAA stop	<del>TGA stop</del>
		TTG	TCG	TAG	TGG W
	C	CTT L	CCT P	CAT H	CGT R
		CTC	CCC	CAC	CGC
		CTA	CCA	CAA Q	CGA
		CTG	CCG	CAG	CGG
	A	ATT I	ACT T	AAT N	AGT S
		ATC	ACC	AAC	AGC
		ATA	ACA	AAA K	AGA R
		ATG M	ACG	AAG	AGG
	G	GTT V	GCT A	GAT D	GGT G
		GTC	GCC	GAC	GGC
		GTA	GCA	GAA E	GGA
		GTG	GCG	GAG	GGG



Уровень 2 (привлечение внимания) разрушен

### Универсальный код

Масса октета I = 3700 делится на 74

Масса октета II = 4218 делится на 74

### Код Euplotidae

Масса октета I = 3700 делится на 74

Масса октета II = 4265 не делится

Предсказание 2 не проверялось, и как это делать на регулярной основе — непонятно, но фальсификация на этом пути в принципе возможна.

# Новости

# IAA SETI Committee - 16 октября 2024 г.

The screenshot shows a Zoom meeting interface. At the top, there is a header bar with participant names: Admin, Alexander Panov, Andrew Siemion, Li Jiankang, Martin Dominik, and John. A green box highlights the text "You are viewing Michael Garrett (U of Manchester), JBCA's screen". Below the header, a slide is displayed with the following content:

0\_IAA SETI Committee - final agenda and d...  
Page 2 of 2

## 11.00 SETI developments

- SETI at the Sardinia Radio Telescope – Andrea Mellis (5 min)
- Breakthrough Listen update – Jamie Drew (5 min)
- SETI Inst. update - Bill Diamond (5 min)
- SETI at FAST – Tong-Jie Zhang (5 min)
- SETI at the University of Insubria – Paolo Musso (5 min)
- PAST - Robert Blumenschine (5 min)
- DSI South Africa - Takalani Nemaungani (5 min)
- PSETI – Jason Wright (5 min)

11.45 Post-detection Developments - Kathryn Denning (10+5 min)\*

12.00 New 2024 Post-detection Protocol document – Les Tennen (15 min)

12.45 PDP consultation process and convergence at IAC 2025 – M.A. Garr

12.55 AOB

The bottom of the screen shows the Zoom control bar with icons for Unmute, Start video, Participants (17), Chat, Share screen, AI Companion, Record, Reactions, Raise hand, Whiteboard, Notes, and a red Leave button.



75<sup>th</sup> International Astronautical Congress (IAC)  
Milan, Italy 14-18 October 2024

IAC-24-A4.2.6 x84417

# The Future of the SETI Post-Detection Protocols: Progress Towards Revisions

Leslie I. Tennen, Kathryn Denning, Carol Oliver, Michael A. Garrett

© 2024 L.I. Tennen, K. Denning, C. Oliver, M.A. Garrett

### Brief History of Protocol Development

- 1989 IAA SETI Committee adopted 'Declaration of Principles Concerning Activities Following the Detection of Extraterrestrial Intelligence' (the Declaration).
  - By 1992 approved by IAA, IISL, IAF, COSPAR, IAU
- 1995 Draft 'Declaration of Principles Concerning Sending Communications with Extraterrestrial Intelligence' (the Reply Principles)
  - 1996 IAA Board of Trustees formal IAA Position Paper (revised 2007)
  - June 2000 presented to UN COPUOS
  - Report of COPUOS was approved by UNGA
- 2010 Revised 'Declaration of Principles Concerning the Conduct of the Search for Extraterrestrial Intelligence'
- IAA SETI Committee 2017, 2018, 2022
  - Task Force – current authors + Lori Walton, Andrew Siemion

## 2024 Revised draft puts handling of candidate evidence before searching

### 2024 Proposed Text:

#### 1. Handling Candidate Evidence

- In the event of a putative detection of extraterrestrial intelligence, the discoverer will make all efforts to verify the detection, using the resources available to the discoverer and in collaboration with other investigators. Such efforts will include, but not be limited to, observations at more than one facility and/or by more than one organisation.
- Information about candidate signals or other potential detections should be handled with the same care as provisional laboratory results, **recognising that** initial findings may be incomplete or ambiguous, requiring thorough analysis and confirmation, which could be a lengthy process. **It is** crucial to uphold the highest standards of scientific responsibility and integrity **throughout this process**. **Additionally**, best practices in science communication should be employed **to clearly convey the importance and significance of candidate discoveries to non-specialist audiences**.
- Reference to Rio Scale deleted

## The Future of the SETI Post-Detection Protocols: Progress Towards Revisions Leslie I. Tennen, Kathryn Denning, Carol Oliver, Michael A. Garrett

### 2. Searching:

- SETI practitioners and their institutions and organisations will be free to present reports on activities and results in public and professional fora. Institutions and organisations should be responsive to news organisations, social media platforms, and other public communications media. Responses to inquiries should be prompt, accurate and honest.
- There is no obligation to disclose verification efforts until a discovery is confirmed. If a candidate technosignature is discovered, communication about ongoing observations and analyses may be necessary to dispel rumours and provide accurate and reliable information.
- Speculative or unconfirmed conclusions should be clearly identified as such, and exaggerated statements should be avoided.

Космос · 15 октября, 16:59

## **«Мы их нашли». Ученый заявил об обнаружении инопланетной цивилизации.** Какая новость может стать «главным научным прорывом за всю историю»

В Великобритании заявили об обнаружении развитой инопланетной цивилизации

Обновлено 16 октября 2024, 11:32



Фото: Ian Waldie / Getty Images

Обсерватория Паркса, зарегистрировавшая радиосигнал BLC-1 в 2019 году

Th  
Ge

 the Parkes radio telescope in Australia  Image: Bloomberg via

**NEWS** **POLITICS** **FOOTBALL** **CELEBS** **TV** **STRICTLY** **SHOPPING** **ROYALS**

# EXCLUSIVE: Huge alien announcement 'could happen within weeks' as professor says 'we've found it'

In what could potentially be the biggest story in the history of science – two rival teams of astronomers are said to be racing to confirm the discovery of an alien civilisation

By **Michael Moran**

14:37, 10 Oct 2024 | **UPDATED 07:30, 11 OCT 2024**

    |  | **BOOKMARK** 

A British academic believes he has stumbled on the most world-changing piece of news in recorded history.

**Professor Simon Holland**, who has produced documentaries for **NASA-funded** projects including a project pinpointing Earth-threatening asteroids, says that **two rival groups of astronomers** are in a race to publish the first confirmed evidence of **an extraterrestrial civilisation**.

## 2019, Проксима Центавра, BLC-1, 982 МГц, 5 часов телескоп Parkes, Австралия

<https://www.iflscience.com/breakthrough-listen-responds-to-claims-they-have-detected-an-alien-signal-76462>

"In 2020 the Breakthrough Listen team identified a candidate technosignature signal in observations conducted in the direction of the nearby star Proxima Centauri using the Parkes telescope, which was denoted Breakthrough Listen Candidate 1 (BLC-1)," Siemion told IFLScience following the new claims. "Extensive subsequent analysis led to the conclusion that BLC-1 most likely originated from terrestrial radio frequency interference."

"The Listen team continues to observe many nearby stars, including Proxima Centauri, with a variety of facilities, but there have been no re-detections or other developments with respect to BLC-1 which alter the conclusions in our 2021 publications."

**"There have been no re-detections or other developments with respect to BLC-1 which alter the conclusions in our 2021 publications."**

*- Dr Andrew Siemion*



# Он должен был подтвердить теорию Большого взрыва, но вместо этого телескоп Джеймса Уэбба ее подрывает

23,2K прочтений · 10 июля 2023

На данный момент крупнейшим космическим телескопом в мире является телескоп-рефлектор системы Корша James Webb Space Telescope. Эту орбитальную инфракрасную обсерваторию строили целых 30 лет и потратили на это 10 миллиардов долларов. Но это того стоило, ведь его оптика в разы мощнее, чем у других подобных аппаратов. Например, общий диаметр его зеркала равен 6,5 метра, таким образом, площадь света, который собирает этот телескоп, примерно в 5-6 раз больше, чем у зеркала телескопа Hubble, имеющего диаметр в 2,4 метра. Площадь собирающей поверхности Webb'a превышает 25 квадратов, а у Hubble она всего 4,5 метра квадратных.

2024-10-25  
ИТФ им. Ландау

Первичные черные дыры, темная материя и антиматерия  
в пост-инфляционной Вселенной

А.Д. Долгов

## Seeding of galaxy formation by PBHs

Usually it is assumed that supermassive black holes (SMBHs) observed in large galaxies, are created by matter accretion to the galactic centers.

However, the necessary time is much larger than the universe age, even for the contemporary universe, with the age about 15 billion years, to say nothing of the 20 times younger universe at  $z \sim 10$ .

Contradiction between observations and canonical theory is neatly solved if the universe is populated by primordial black holes (PBH) that **seeded** formation of cosmic structures, as is suggested 30 years ago:

A.Dolgov, J.Silk, PRD 47 (1993) 4244 (DS), "Baryon isocurvature fluctuations at small scale and baryonic **dark matter**";

A.Dolgov, M. Kawasaki, N. Kevlishvili (DKK), NPB807 (2009) 229, "Inhomogeneous baryogenesis, **cosmic antimatter**, and dark matter"; and subsequent publications by our group.



$\Lambda$ CDM+PBH