

[DOI: 10.34617/eth3-vn13](https://doi.org/10.34617/eth3-vn13)

УДК 577.118:577.2

**ФОСФАТНЫЕ МИНЕРАЛЫ КАК ОСНОВА
ФОСФО-ОРГАНИЧЕСКИХ МАТРИЦ ДЛЯ
ВОСПРОИЗВОДИМОГО СИНТЕЗА ПЕПТИДОВ
В МОДЕЛИРУЕМЫХ АБИОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ
THE PHOSPHATE MINERALS AS THE BASES OF
PHOSPHO-ORGANIC TEMPLATES FOR REPRODUCTIVE
PEPTIDE SYNTHESIS AT THE MODELLING ABIOGENIC
CONDITIONS**

Скобликов Николай Эдуардович¹, канд. мед. наук

Зимин Андрей Антонович², канд. биол. наук

¹ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии
и ветеринарии», г. Краснодар, Российская Федерация

²Институт биохимии и физиологии микроорганизмов
им. Г.К. Скрыбина РАН – обособленное подразделение ФГБНУ
«Пушкинский научный центр биологических исследований» РАН,
г. Пушкино, Российская Федерация,

Skoblikow Nikolai Edwardovich¹, PhD. Med.

¹Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry
and Veterinary Medicine, Krasnodar, Russian Federation,

Zimin Andrey Antonovich², PhD. Biol.

²G. K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of
Microorganisms of the Russian Academy of Sciences, Pushchino,
Russian Federation.

Аннотация: дан обзор спектра фосфатных минералов – потенциальных кандидатов для получения фосфо-органических матриц для воспроизводимого синтеза пептидов в моделируемых абиогенных условиях. Описаны преимущества ряда минералов на основе сравнения химического состава и стереохимических параметров кристаллической решётки.

Ключевые слова: фосфаты; минерал-органические соединения; синтез пептидов; происхождение трансляции; абиогенез.

Abstract: the review of the phosphate minerals range as the potential bases for phospho-organic templates for abbiogenic repro-

ductive peptide synthesis is proposed. The preferences of some minerals based on comparison of chemical and stereochemical parameters are described.

Key words: phosphates; mineral-organic compounds; peptide synthesis; origin of translation; abiogenesis.

Определяющая роль минералов в абиогенном происхождении живых систем рассматривалась ещё с середины XIX в. различными исследователями. Однако систематизация теоретических положений и первые предложения по экспериментальному подтверждению возможного минерал-опосредованного возникновения различных макромолекулярных систем и живых клеток традиционно отсчитываются от фундаментальной работы [1].

Особенно привлекательным представлялось рассмотрение в качестве главных акторов абиогенного синтеза биополимеров – нуклеиновых кислот и пептидов неорганических полифосфатов и фосфатов. Данный взгляд являлся производным общего представления того, что матричный синтез возник и осуществлялся в добиологическую эпоху на минеральных матрицах [2].

В последующих экспериментах было установлена способность полифосфатов катализировать образование пептидных связей в абиогенных условиях [3]. Одновременно такая способность была установлена для неорганических нерастворимых фосфатных минералов (апатитов) абиогенной природы [4].

Параллельно, дальнейшие исследования, выявившие способность фосфатных гранул к связыванию различных органических соединений – не только высокомолекулярных (ДНК, РНК, белков), но и аминокислот и гетероциклических азотсодержащих соединений (на чём, собственно, и основан наблюдаемый эффект метахроматического окрашивания).

Дальнейшие наблюдения, обнаружившие тесную функциональную и топологическую взаимосвязь и взаимодействие клеточных полифосфатных гранул и рибосом, позволили предположить, что фосфатные образования живых клеток являются не только основными функциональными партнёрами рибосом в процессе трансляции, но и их эволюционным структурно-функциональными предшественниками [5].

Накопленные данные привели к разработке теоретической концепции, согласно которой в пребиотических условиях ранней Земли осуществлялось специфическое связывание аминокислот и их последующая полимеризация в линейные пептиды на поверхности фосфатных минералов – апатитов – предварительно поверхностно модифицированных азотистыми гетероциклическими соединениями – эволюционными предками азотистых оснований современных нуклеиновых кислот [6-7].

В соответствии с принципами, указанными в этой теории, подходящие минералы должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Являться минералами магматической (метеоритной), но не осадочной природы, способными к формированию в абиогенных условиях;
2. Обладать полярностью, необходимой для электростатического взаимодействия с полярными гетероциклическими молекулами и аминокислотами;
3. Обладать регулярной кристаллической решёткой с относительно большими размерами элементарных ячеек (от 10.5 до 21.0 Å);
4. Обладать умеренной прочностью (до 4 по шкале Мооса) и реактогенностью;
5. Состоять из ионов, встречающихся в современных биологических системах.

Из десятков известных фосфатных минералов таким условиям удовлетворяют несколько:

1	Hydroxyapatite	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$
2	Chlorapatite	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$
3	Whitlockite	$\text{Ca}_9\text{Mg}(\text{PO}_4)_6(\text{HPO}_4)$
4	Merillite	$\text{Ca}_9\text{MgNa}(\text{PO}_4)_7$
5	Alluaudite	$\text{CaMgFe}^{3+}\text{Fe}^{2+}(\text{PO}_4)_3$
6	Moroxite	$\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_3(\text{Fe}^{2+}, \text{Cl}, \text{OH})$
7	Woodhouseite	$\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$

Выводы. В результате нами предложен ряд минералов фосфатной природы – оптимальных кандидатов для получения фосфо-органических матриц для воспроизводимого синтеза пеп-

тидов в моделируемых абиогенных условиях. Для дальнейших экспериментов эти минералы могут быть, как добыты в природных источниках, так и получены в лабораторных условиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края в рамках научно-го проекта № 19-44-230040-р_а.

Список литературы

1. Bernal JD (1951) The physical basis of life. Routledge and Kegan Paul, London.
2. Cairns-Smith AG (1982) Genetic Takeover and the Mineral Origins of Life. Cambridge University Press. ISBN 0-521-34682-7.
3. Chetkauskaite, AV, Grinius, LL, Mukhin, LM (1988) Stimulating action of polyphosphates on peptide formation from glycine and phenylalanine amides under abiogenic conditions. Zh Evol Biokhim Fiziol 24:465–470 (in Russian).
4. Acevedo, OL, Orgel, EL (1987) Template-directed ligation of oligonucleotides on hydroxy-apatite: a model for complexation in a primitive ocean. Origins Life 18:441.
5. Norris, V, Reusch, RN, Igarashi, K, Root-Bernstein R (2014) Molecular complementarity between simple, universal molecules and ions limited phenotype space in the precursors of cells. Biol Direct 9:28.
6. Skoblikow, NE, Zimin, AA (2016) Hypothesis of Lithocoding: Origin of the Genetic Code as a “Double Jigsaw Puzzle” of Nucleobase-Containing Molecules and Amino Acids Assembled by Sequential Filling of Apatite Mineral Cellules. J Mol Evol Volume 82, Issue 4, pp 163-172. doi: 10.1007/s00239-016-9736-x.
7. Skoblikow, NE, Zimin, AA (2018) Mineral Grains, Dimples, and Hot Volcanic Organic Streams: Dynamic Geological Backstage of Macromolecular Evolution. J Mol Evol Volume 86, Issue 3-4, pp 172-183. doi: 10.1007/s00239-018-9839-7.