

## СИМБИОГЕНЕЗ И Б.М. КОЗО-ПОЛЯНСКИЙ

### Фет В.

Университет Маршалла, Хантингтон, Западная Виргиния, США,  
*fet@marshall.edu*

### Маргулис Л.

Университет Массачусеттса, Амхерст, Массачусеттс, США.

Слово «симбиогенез» впервые употребил К. С. Мережковский (1855-1921), чьи публикации на немецком и французском языках не привлекли внимания современных ему западных ученых. Идеи Мережковского были слишком необычны. Кроме того, симбиогенез в его интерпретации был умиротворяющей и объединяющей силой, противодействующей дарвиновскому отбору, тогда понимавшемуся как кровавая и жестокая борьба. Младший соотечественник Мережковского, известный воронежский ботаник Борис Михайлович Козо-Полянский (1890-1957), публиковался только по-русски. Его книга «Новый принцип биологии: очерк теории симбиогенеза» (1924) никогда не переводилась на иностранные языки. Этот обзор оставался полностью неизвестным западным ученым до того, как Л. Н. Хахина (1979, англ. перевод 1992) дала его краткий анализ в подробной монографии, посвященной истории симбиогенетических исследований в России. Книга «Новый принцип биологии» осталась практически неизвестной и в самой России. Там, в удушливой идеологической атмосфере 1920х-1950х гг., необычные идеи Козо-Полянского считались не более чем ненаучной фантазией. Такая позиция весьма знакома исследователям симбиогенеза по всему миру.

Козо-Полянский был хорошо знаком с работами Поля Портье, Айвена Уоллина, и других своих современников, которые изучали симбиоз как фактор эволюции. В отличие от них, Козо-Полянский не был экспериментатором. Однако, в своем обзоре он выдвинул ряд смелых теоретических интерпретаций.

Козо-Полянский соединил идеи симбиогенеза с естественным отбором Дарвина (Хахина 1979). Он видел дарвиновскую эволюцию посредством отбора в эволюционном успехе симбиогенетических клеток, консорций, органов и организмов, не проводя жестких границ между этими уровнями. По Козо-Полянскому, симбиогенетические клетки, органы и организмы являются более продвинутыми, более адаптированными, и вследствие этого выживающими в борьбе за существование. Козо-Полянский писал об отборе между различными симбионтами в пределах консорции. Мы сейчас называем это **эволюцией**

**симбиотических систем** – и именно этот термин употреблял Козо-Полянский в 1924 г.

Козо-Полянский также связывал симбиогенез непосредственно с дарвиновским «пангенезом», со знаменитым утверждением Дарвина о том, что «живая клетка – это микрокосм». По Козо-Полянскому, теория пангенеза (наличие наследственных «геммул» во всех клетках и органах) прямо предшествует теории симбиогенеза. Это напоминает «внутриклеточный пангенез» Де Фриза, где ядерные гены («пангены») фактически и есть «геммулы» Дарвина, но только ограниченные ядром клетки. По Козо-Полянскому, они присутствуют везде и наследуются путем инфекции через цитоплазму яйцеклетки. В наше время эта гипотеза получила блестящее подтверждение с пониманием молекулярных механизмов наследственности, которые наряду с хромосомами включают вирусы, плазмиды, транспозоны, и многочисленные прочие явления – континуум вертикальной, горизонтальной и симбиогенетической наследственности, как в пределах геномов и видов, так и между ними.

Самое неожиданное, однако – это то, что в «Новом принципе биологии» Козо-Полянский указывает на фундаментальный разрыв между формами жизни на Земле, известными сегодня как прокариоты и эукариоты. Уже Геккель в 1904 г. объединил цианобактерий с бактериями в группе *Monera* и предположил, что клетки растений возникли в результате симбиоза с «сине-зелеными водорослями» (цианобактериями) (Sapp 2005). Эта идея была развита К. С. Мережковским, который первым предположил эволюцию хлоропластов от цианобактерий. Козо-Полянский логически завершил развитие этой идеи: «настоящая клетка» (то, что мы называем сегодня эукариотической клеткой) для него – это **система**, собранная из разнородных частей. Само слово «клетка» для Козо-Полянского и его поколения всегда означало «клетку с ядром», эукариотическую клетку. Более мелкие формы жизни назывались по-разному, в зависимости от того, как они выглядели под микроскопом: мелкие точкообразные «биобласты» или «цитоды» (в том числе и внутри клеток), подвижные сферы и плавающие темные точки («жгутиконосные цитоды»), растущая слизистая масса и пена («нефелоид», «фермент»). Козо-Полянский четко понимал, что сегодняшние «зеленые, подобные растениям» цианобактерии, вырабатывающие кислород, более близки к другим безъядерным формам жизни, «биобластам», нежели к растениям, или к зеленым, красным и бурым водорослям. Козо-Полянский, конечно, не использовал терминов «прокариоты» и «эукариоты», которые восходят к статье Шаттона (Chatton 1925, см. Sapp 2005). Однако, в отличие от Шаттона, он верно уловил важность симбиогенетического происхождения эукариотической клетки от прокариотических предков (Margulis 1993).

Наиболее поразительное предсказание, сделанное Козо-Полянским совместно с Мережковским, Фаминцыным, Портье и Уоллином – симбиогенетическое происхождение митохондрий и пластид – подтвердилось с потрясающей точностью (Margulis 1993). Для Козо-Полянского, однако, симбионтами могли быть не только митохондрии и хлоропласты (которые он считал практически эквивалентными зоохлореллам и зооксантеллам) – но и все прочие органеллы: центросома, блефаропласт, аппарат Гольджи и даже ядро. Более того, поскольку «цитоды» (термин Геккеля для бактерий и цианобактерий) не имеют ядра, они, согласно Козо-Полянскому, и должны были быть предковыми формами для всех симбиогенетических комбинаций. Клетки бактерий, по Козо-Полянскому, даже и не могут быть названы настоящими клетками. Он просто и парадоксально **ограничил определение клетки**, и называл так только то, что мы называем сегодня эукариотической клеткой ввиду симбиогенетического происхождения этой новой системы. Таким образом, исторически Козо-Полянский был **первым** исследователем, который понял, что наиболее фундаментальный разрыв в формах жизни на Земле определяется именно симбиогенетической, синтетической структурой эукариотической клетки-«матрешки», ее эволюцией из менее сложных симбионтов-прокариот.

Козо-Полянский (1924) подробно описал многочисленные примеры симбиогенеза у прокариот и эукариот. Многие из этих примеров известны нам сейчас как классические симбиогенетические системы, подробно изучаемые на всех уровнях, от геномов до экосистем. Это, например – лишайники; цианобактерии-симбионты водяного папоротника *Azolla*, печеночника *Anthoceros* и покрытосемянного рода *Gunnera*; микоризы многих видов деревьев; грибы-эндофиты злаков; зеленые бактерии червей-турбеллярий; бактериальные мицетомы пиявок, вшей, муравьев, клопов, тлей (“pseudovitellus”), тараканов; загадочный симбионт оболочников-мольгулид *Nephromyces* (относящийся, как установлено недавно, к протоктистам типа *Apicomplexa*!); люминесцентные бактериомы оболочников-сальп и кальмаров, и множество других (Margulis, Fester 1991).

Нас поразили предвидение, широта взглядов и оригинальность Козо-Полянского. Перевод на английский язык его книги «Новый принцип биологии» (1924) готовится к публикации в США.

Литература

- Козо-Полянский Б.М. Новый принцип биологии: очерк теории симбиогенеза. — М.-Л.: Пучина, 1924. — 147 с.
- Хахина Л.Н. Проблема симбиогенеза // Историко-критический очерк исследований отечественных ботаников. — Л.: Наука, 1979. Перевод на англ. яз: Khakhina L. N. Concepts of Symbiogenesis. A Historical and Critical Study of the Research of Russian Botanists. Edited by Margulis, L. & M. McMenamin. Yale University Press, New Haven, CT, 1992.
- Margulis L. Symbiosis in Cell Evolution. 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Freeman & Co, 1993.
- Margulis L., Fester R. (eds.) Symbiosis as a Source of Evolutionary Innovation: Speciation and Morphogenesis. MIT Press, 1991.
- Sapp J. The prokaryote-eukaryote dichotomy: meanings and mythology. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 2005, 69(2): 292–305.