

Бионеорганическая химия (фрагментарные заметки)

Г. Зигель

ГЕЛЬМУТ ЗИГЕЛЬ (HELMUT SIGEL) — профессор, Базельский университет (Швейцария), химический факультет, кафедра неорганической химии. Главный редактор серии монографий «Metal Ions in Biological Systems».

University of Basel, Department of Chemistry, Spitalstrasse 51, CH-4056 Basel, Switzerland.

Давно было известно, что металлы необходимы для жизни, так как в прошлом многие из них, например, натрий, калий и кальций были найдены в живом веществе. Так, поташ был получен из водорастворимой фракции древесной золы, а феррицианид калия ($K_3[Fe(CN)_6]$) — из крови. Однако роль металлов, их влияние на жизнь оставались в основном неизвестными до тех пор, пока в 1950-х годах неорганическая и координационная химия не испытали существенный подъем. Экспериментальные и теоретические методы, разработанные в этот период, необходимость решения биохимических проблем привели к становлению области науки и дисциплины [1], известной сейчас как бионеорганическая химия или неорганическая биохимия, которую в последнее время часто называют биологической неорганической химией. Разумеется, изложенное выше о сосредоточении внимания на металлах не означает, что неметаллы исключаются из рассмотрения в бионеорганической химии; в настоящее время важные функции, например, галогенидов, карбонатов и фосфатов так же хорошо известны [2].

К 1970-м годам бионеорганическая химия полностью сформировалась как самостоятельная дисциплина; был основан «*Journal of Inorganic Biochemistry*» (1972), стала выпускаться серия книг «*Metal Ions in Biological Systems*» (с 1973 г.). Конференции, посвященные данной теме, проводились время от времени уже в 1950-х и 1960-х годах, например *Gordon Research Conferences* «Металлы в биологии» (*Metals in Biology*, первоначальное название *Metals and Metal Binding in Biology*) [3]. Открытие Гордоновской конференции состоялось в 1962 в Нью Хемпшире (США). Первая международная конференция по бионеорганической химии (ICBIC) была проведена во Флоренции (Италия) в 1983 г., и с тех пор она регулярно проводится каждые два года. Следующая конференция ICBIC-12 будет проведена в г. Энн Арбор (Мичиган, США) в 2005 г., а ICBIC-13 — в Вене (Австрия) в 2007 г.

Достижения бионеорганической химии за последние 30 лет и ее развитие в настоящее время происходят благодаря воздействию трех факторов [3]:

- быстрое и высокоточное определение структуры белков, нуклеиновых кислот и других биомолекул;
- использование мощных спектральных методов, позволяющих изучать химические структуры в динамике;
- широкое использование конструирования макромолекул для создания биологически важных структур,

ведущих к новым белкам и нуклеиновым кислотам, которые являются удобными моделями для изучения биологических функций.

Эти принципы отражены в двух недавно вышедших книгах [4, 5], посвященных металлопротеинам.

Интенсивное развитие бионеорганической химии демонстрирует важность этой области знаний, находящейся на стыке многих дисциплин. В связи с этим было образовано Общество биологической неорганической химии (*The Society of Biological Inorganic Chemistry*, SBIC), и на восьмой международной конференции ISBIC-8 в Любеке (Германия) участники могли впервые вступить в члены общества. Журнал общества «*Journal of Biological Inorganic Chemistry*», основанный в 1996 году, а также недавно изданная книга [6], объединяющая «химию и жизнь», демонстрируют блестящие перспективы данной области науки.

Этот весьма своевременный выпуск «Российского химического журнала», издаваемого Российским химическим обществом им. Д.И. Менделеева, посвященный бионеорганической химии, хорошо дополняет похожие специальные выпуски Трудов Национальной академии наук США (*Proceedings of the National Academy of Sciences*) [7] и «*Chemical Reviews*» [8]. В настоящее время область бионеорганической химии охватывает такие направления как металлосодержащие лекарства [9] и терапия рака [10], металлопротеины [4, 5] и рибозимы [11], биохимические циклы элементов [12], доступность и транспорт металлов в окружающей среде [13], а также включает проблемы медицинской химии [14] и биоминерализации.

Логично, что в данном выпуске «Российского химического журнала» рассматриваются такие разные темы как фиксация азота, терапия рака, нуклеиновые кислоты для медицины, биологические окислительные процессы, биосенсоры, различные медицинские приложения, биоматериалы и свойства широко распространенных в природе порфиринов. Это разнообразие доказывает, что биологическая неорганическая химия развивается и крепнет в России!

Выражаю глубокую благодарность Астрид Зигель за компетентную поддержку в моей работе, своим коллегам по европейской программе COST за плодотворные обсуждения, а также Базельскому Университету, Швейцарскому национальному научному фонду, Швейцарскому федеральному управлению науки и

образования (программы COST) за финансовую поддержку в течение ряда лет. Это позволило мне проводить исследования в области бионеорганической химии по взаимодействию ионов металлов с нуклеотидами [16], нуклеиновыми основаниями [17] и противовирусными аналогами нуклеотидов [18].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Beinert H.* Bioinorganic Chemistry: A New Field or Discipline? Words, Meanings, and Reality. *J. Biol. Chem.*, 2002, v. 41, p. 37967–37972.
2. *Williams R. J. P., Fraústo da Silva J. J. R.* The Natural Selection of the Chemical Elements. Oxford: Clarendon Press, 1996, 646 p.
3. *Gray H. B.* Biological Inorganic Chemistry at the Beginning of the 21st Century. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2003, v. 100, p. 3563–3568.
4. *Handbook on Metalloproteins.* Eds. I. Bertini, A. Sigel, H. Sigel. New York: Marcel Dekker Inc., 2001, 1182 p.
5. *Handbook of Metalloproteins. 3 Volume Set.* Eds. A. Messerschmidt, R. Huber, T. Poulos, K. Wieghardt. Weinheim: Wiley-VCH, 2004, 2308 p.
6. *Williams R. J. P., Fraústo da Silva J. J. R.* Bringing Chemistry to Life. From Matter to Man. Oxford: Oxford University Press, 1999, 548 p.
7. *Halpern J., Raymond K. N.* Editorial: At the Interface of Inorganic Chemistry and Biology. 2003, v. 100, p. 3562. См. также ссылку [3] и другие статьи, посвященные теме «Бионеорганическая химия, особые черты» в *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2003, v. 100.
8. *Biomimetic Inorganic Chemistry.* Eds. R. H. Holm, E. I. Solomon. *Chem. Rev.*, 2004, v. 104, p. 347–1200.
9. *Metal Ions in Biological Systems. V. 41. Metal Ions and Their Complexes in Medication.* Eds. A. Sigel, H. Sigel. New York: Marcel Dekker, Inc., 2004, 519 p.
10. *Metal Ions in Biological Systems. V. 42. Metal Complexes in Tumor Diagnosis and as Anticancer Agents.* Eds. A. Sigel and H. Sigel. New York: Marcel Dekker, Inc., 2004, 534 p.
11. a) *Sigel R. K. O.* Group II Intron Ribozymes and Metal Ions. A Delicate Relationship. *Eur. J. Inorg. Chem.*, 2005, in press; b) *Sigel R. K. O., Pyle A. M.* Lanthanide Ions as Probes for Metal Ions in the Structure and Catalytic Mechanism of Ribozymes. *Met. Ions Biol. Syst.*, 2003, v. 40, p. 477–512.
12. *Metal Ions in Biological Systems. V. 43. Biogeochemical Cycles of Elements.* Eds. A. Sigel, H. Sigel, R. K. O. Sigel. New York: Marcel Dekker, 2005, 301 p.
13. *Metal Ions in Biological Systems. V. 44. Biogeochemistry, Availability, and Transport of Metals in the Environment.* Eds. A. Sigel, H. Sigel, R. K. O. Sigel. New York: Marcel Dekker, 2005, 298 p.
14. *Handbook on Metals in Clinical and Analytical Chemistry,* Eds. H.G. Seiler, A. Sigel, H. Sigel. New York: Marcel Dekker, Inc., 1994, 753 p.
15. *Biomimetalization. Progress in Biology, Molecular Biology and Application.* Ed. E. Baeuerlein. Weinheim: Wiley-VCH, 2004, 361 p.
16. *Sigel H.* Adenosine 5'-Triphosphate (ATP⁴⁻). Aspects of the Coordination Chemistry of a Multi-Talented Biological Substrate. *Pure Appl. Chem.*, 2004, v. 76, p. 375–388.
17. *Sigel H.* Acid-base Properties of Purine Residues and the Effect of Metal Ions. Quantification of Rare Nucleobase Tautomers. *Pure Appl. Chem.*, 2004, v. 76, p. 1869–1886.
18. *Sigel H.* Metal Ion Complexes of Antivirally Active Nucleotide Analogues. Conclusions Regarding Their Biological Action. *Chem. Soc. Rev.*, 2004, v. 33, p. 191.