

Для теоретического рассмотрения движений метки, связанной с белком гибкой «ножкой», развита модель «ротатора на ротаторе» [260], позволяющая рассчитать время корреляции как функцию внутренних вращений. Применение двойной метки позволяет определять расстояния между взаимодействующими радикалами и, тем самым, геометрию конформационных изменений (см. [255, 261, 262]).

Метод спиновых меток оказался весьма эффективным для изучения структуры биологических мембран и конформационных явлений в мембранах [263, 264]. Весьма перспективно изучение ядерной релаксации в биополимерах, содержащих парамагнитную метку. Время релаксации зависит от взаимодействия спинов ядра и электрона и, следовательно, от расстояния между ними ( $T$  пропорционально  $r^6$ ). Тем самым, можно получить информацию о геометрии молекулы и о ее движениях [265]. В работах [266] изучались спектры ЭПР и ЯМР алкогольдегидрогеназы, меченной аналогом никотинамидадениндинуклеотида. Оказалось, что метка конкурирует с НАД-Н в месте связывания ферментом, сильно иммобилизуется белком, резко изменяет время релаксации протонов воды, причем величина  $T$  сильно зависит от концентрации спирта. Установлено место связывания спирта этим ферментом и оценены кинетические и геометрические характеристики системы.

Еще не использованы такие возможности методов ЭПР, как изучение различий в релаксации в разных областях спектра [263]. Двойной электронный резонанс может оказаться полезным для определения расстояний между метками [267] (дальнейшие подробности см. в [255, 268, 269, 283, 284]).

Изучение структуры, конформационных изменений, внутренней динамики сложных биополимерных молекул естественно требует применения методов зондирования с помощью чувствительных меток. В этом смысле спиновые метки подобны люминесцентным.

## Литература

1. М. Перути, в сб. «Молекулы и клетки», «Мир», 1966.
2. С. Blake, Adv. Protein Chem. 23, 59 (1968).
3. М. Бургер, Рентгеновская кристаллография, ИЛ, 1948.
4. А. Гинье, Рентгенография кристаллов, Физматгиз, 1961.
5. А. И. Китайгородский, Рентгеноструктурный анализ, Гостехиздат, 1950.
6. А. И. Китайгородский, Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел, Гостехиздат, 1952.
7. А. И. Китайгородский, Теория структурного анализа, Изд-во АН СССР, 1957.
8. М. Бургер, Структура кристаллов и векторное пространство, ИЛ, 1961.
9. Б. К. Вайнштейн, Дифракция рентгеновских лучей на цепных молекулах, Изд-во АН СССР, 1963.

10. Б. К. Вайнштейн, УФН 88, 527 (1966).
11. Н. С. Андреева, в сб. «Основы молекулярной биологии, Физические методы исследования белков и нуклеиновых кислот», «Наука», 1967.
12. Н. С. Андреева, ЖВХО им. Менделеева 16, 369 (1971).
13. Д. Кендрью, Биофизика 8, 273 (1963).
14. М. Perutz а. о., Nature 219, 29 (1968).
15. W. Bolton, M. Perutz, Nature 228, 551 (1970).
16. R. Huber, O. Epp, H. Formanek, Naturwissenschaften 56, 362 (1969).
17. R. Dickerson а. о., J. Biol. Chem. 246, 1515 (1971).
18. С. Blake а. о., Nature 206, 757 (1965).
19. G. Kartha, J. Bello, D. Harker, Nature 213, 862 (1967).
20. H. Wyckoff а. о., J. Biol. Chem. 245, 305 (1970).
21. W. Lypscomb а. о., Phil. Trans. Roy. Soc. B257, 177 (1970).
22. S. Freer а. о., Biochemistry 9, 1997 (1970).
23. T. Steitz, R. Henderson, D. Blow, J. Mol. Biol. 96, 337 (1969).
24. J. Drenth а. о., Nature 218, 929 (1968).
25. A. Arnon а. о., Proc. Nat. Acad. Sci. US 64, 420 (1969).
26. J. Herriott, L. Sicker, L. Jensen, M. Lovenberg, J. Mol. Biol. 50, 391 (1970).
27. M. Adams а. о., Nature 227, 1098 (1970).
28. M. Adams а. о., Nature 224, 491 (1968).
29. C. Schubert, H. Wright, R. Alden, J. Kraut, Nature 221, 235 (1969).
30. Б. К. Вайнштейн, УФН 109, 545 (1973).
31. Э. Г. Пичскер, Дифракция электронов, Изд-во АН СССР, 1947.
32. Б. К. Вайнштейн, Структурная электронография, Изд-во АН СССР, 1956.
33. Д. Бекко, Дифракция нейтронов, ИЛ, 1957.
34. Д. Уотсон, Двойная спираль, «Мир», 1969.
35. А. И. Кугайгородский, Д. Я. Цванкин, Высокомол. соед. 1, 269, 279 (1958); Кристаллография 4, 625 (1959).
36. W. Asbury, Proc. Roy. Soc. B134, 303 (1947); B141, 1 (1953).
37. С. П. Каница, Природа, № 10, 22 (1971).
38. O. Kratky, Progr. in Biophys. а. Mol. Biol. 13, 194 (1965).
39. «Small-Angle X-Ray Scattering», ed. H. Brumberger, Gorder а. Breach, 1967.
40. O. Kratky, B. Paletta, G. Porod, K. Strohmaier, Z. Naturforsch. 126, 287 (1957).
41. О. Б. Птицын, Б. А. Федоров, ДАН СССР 153, 882 (1963).
42. H. Ritland, P. Keasberg, W. Veeman, J. Chem. Phys. 18, 1237 (1950).
43. А. А. Вазина, Г. М. Франк, Б. К. Лемажихин, J. Mol. Biol. 14, 373 (1965).
44. Р. Л. Каюшина, Н. И. Соифенов, И. П. Куранова, Н. В. Конарева, Биофизика 12, 611 (1967).
45. Н. Г. Есипова, А. Т. Дембо, В. Г. Туманян, О. Л. Поляновский, Мол. биол. 2, 527 (1968).
46. В. Г. Туманян, Н. Г. Есипова, Л. Л. Киселев, ДАН СССР 168, 211 (1966).
47. P. Laggner, O. Kratky, W. Palm, A. Holacek, FEBS Letters 15, 220 (1971).
48. G. Porod, Kolloid Z. 124, 83; 125, 51 (1951).
49. W. Wunderlich, R. Kirste, Ber. Bunsengesellschaft, Phys. Chem. 68, 645 (1964).
50. А. И. Григорьев, Л. А. Волкова, О. Б. Птицын, Высокомол. соед. B11, 232 (1969); A12, 1363 (1970); FEBS Letters 14, 189; 15, 217 (1971).
51. W. Grätzer, in «Poly- $\alpha$ -Amino Acids», ed. G. Fasman, M. Dekker Inc. 1967.
52. J. Ham, J. Platt, J. Chem. Phys. 20, 335 (1952).
53. H. Hunt, W. Simpson, J. Amer. Chem. Soc. 75, 4540 (1953).
54. D. Peterson, W. Simpson, J. Amer. Chem. Soc. 79, 2375 (1957).
55. J. Ladik, Nature 202, 1208 (1964).
56. M. Suard, G. Berthier, B. Pullman, Biochim. Biophys. Acta 52, 254 (1961).
57. M. Suard, J. Chim. Phys. 62, 79 (1965).

58. S. Yotosa, *Biopolymers, Symposia* 1, 1 (1964).
59. I. Tinoco, A. Halpern, W. Simpson, in «Polyamino Acids, Polypeptides and Proteins», ed. M. Stahmann, Univ. Wisconsin Press, 1962.
60. А. С. Давыдов, Теория поглощения света в молекулярных кристаллах, Изд-во АН СССР, 1951; Теория молекулярных экситонов, «Наука», 1968.
61. В. М. Агранович, Теория экситонов, «Наука», 1968.
62. W. Moffitt, *Proc. Nat. Acad. Sci. US* 42, 736 (1956).
63. Б. С. Непорент, Н. Г. Бахшиев, *Оптика и спектроскопия* 5, 64 (1958); 8, 777 (1960).
64. Н. Г. Бахшиев, *Оптика и спектроскопия* 10, 717 (1961); 19, 535 (1964).
65. S. Yanari, F. Bovey, *J. Biol. Chem.* 235, 2818 (1960).
66. M. Weissbluth, *Quart. Rev. Biophys.* 4, 1 (1971).
67. H. De Voe, *Biopolymers, Symposia* 1, 251 (1964).
68. R. Bullough, *J. Chem. Phys.* 43, 1927 (1965); 48, 3712 (1968).
69. H. De Voe, I. Tinoco, *J. Mol. Biol.* 4, 518 (1962).
70. R. Nesbet, *Mol. Phys.* 7, 211 (1964); *Biopolymers, Symposia* 1, 129 (1964).
71. W. Johnson, I. Tinoco, *Biopolymers* 7, 727 (1969).
72. M. Goodman, I. Listowsky, Y. Masuda, F. Boardman, *Biopolymers* 1, 33 (1963).
73. R. McDiarmid, P. Doty, *J. Phys. Chem.* 70, 2620 (1966).
74. K. Rosenheck, P. Doty, *Proc. Nat. Acad. Sci. US* 47, 1785 (1961).
75. В. И. Данилов, Н. В. Желтовский, В. В. Оглоблин, В. И. Печеная, *J. Theor. Biol.* 30, 559 (1971).
76. В. И. Данилов, Н. В. Желтовский, *Theor. Chim. Acta* 19, 384 (1970).
77. М. Борн, *Оптика*, ГНТИУ, 1937.
78. М. В. Волькенштейн, *Молекулярная оптика*, Гостехиздат, 1951.
79. D. Caldwell, H. Eyring, *The Theory of Optical Activity*, Wiley-Intersci. Publ., 1971.
80. L. Rosenfeld, *Z. Phys.* 52, 161 (1928).
81. Г. Эйринг, Д. Уолтер, Д. Кимбалл, *Квантовая химия*, ИЛ, 1948.
82. У. Козман, *Введение в квантовую химию*, ИЛ, 1960.
83. Е. Кондон, *УФН* 19, 380 (1938).
84. М. В. Волькенштейн, *Усп. хим.* 9, 1090, 1252 (1940).
85. А. Moscowitz, *Adv. Chem. Phys.* 4, 67 (1962).
86. А. Москковиц, в сб. «Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии», «Мир», 1970.
87. R. L. Kronig, *J. Opt. Soc. Amer.* 12, 547 (1926).
88. H. Kramers, *Atti Congr. Intern. Fisici Como*, 2, 545 (1927).
89. J. Macdonald, M. Brachman, *Rev. Mod. Phys.* 28, 393 (1956).
90. А. Moscowitz, *Rev. Mod. Phys.* 32, 440 (1960).
91. D. Caldwell, H. Eyring, *Ann. Rev. Phys. Chem.* 15, 281 (1964).
92. J. Kirkwood, *J. Chem. Phys.* 5, 479 (1937).
93. М. В. Волькенштейн, *ДАН СССР* 71, 447, 643 (1950).
94. А. McLachlan, M. Ball, *Mol. Phys.* 8, 581 (1965).
95. В. М. Асланян, М. В. Волькенштейн, *Оптика и спектроскопия* 7, 208 (1959).
96. E. Condon, W. Altar, H. Eyring, *J. Chem. Phys.* 5, 753 (1937).
97. W. Kauzmann, J. Walter, H. Eyring, *Chem. Rev.* 26, 339 (1940).
98. К. Джерасси, *Дисперсия оптического вращения*, ИЛ, 1962.
99. Л. Веллюз, М. Легран, М. Грожан, *Оптический круговой дихроизм*, «Мир», 1967.
100. Сборник «Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии», «Мир», 1970.
101. М. П. Кручек, в сб. «Оптика и спектроскопия», т. 2, Изд-во АН СССР, 1963; *Оптика и спектроскопия* 17, 545, 794 (1964).

102. *M. B. Волькенштейн, К. Константиновичус*, Оптика и спектроскопия **23**, 77 (1967).
103. *M. B. Волькенштейн, А. М. Эфрос*, Усп. хим. **19**, 602 (1950).
104. *W. Kuhn, H. Freudenberg*, Hand- u. Jahrbuch Chem. Phys. Bd. 8, Teil 3, 1930.
105. *J. Yang*, Proc. Nat. Acad. Sci. US **53**, 438 (1965).
106. *W. Moffitt*, J. Chem. Phys. **25**, 467 (1956); Proc. Nat. Acad. Sci. US **42**, 736 (1956).
107. *W. Moffitt, J. Yang*, Proc. Nat. Acad. Sci. US **92**, 596 (1956).
108. *W. Moffitt, D. Fitts, J. Kirkwood*, Proc. Nat. Acad. Sci. US **43**, 723 (1957).
109. *I. Tinoco*, Adv. Chem. Phys. **4**, 113 (1962).
110. *I. Tinoco, R. Woody, D. Bradley*, J. Chem. Phys. **38**, 1317 (1963).
111. *J. Schellmann, P. Oriol*, J. Chem. Phys. **37**, 2114 (1962).
112. *I. Tinoco*, J. Chem. Phys. **65**, 91 (1968).
113. *W. Gratzer, D. Cowburn*, Nature **222**, 426 (1969).
114. *R. Woody, I. Tinoco*, J. Chem. Phys. **46**, 4927 (1967).
115. *E. Pysh*, Proc. Nat. Acad. Sci. USA **56**, 825 (1966); J. Mol. Biol. **23**, 587 (1967).
116. *N. Go*, Proc. Phys. Soc. Japan **21**, 1579 (1966).
117. *R. Harris*, J. Chem. Phys. **43**, 959 (1965).
118. *B. А. Зубков, М. В. Волькенштейн*, Мол. биол. **4**, 598 (1970).
119. *E. В. Ануфриева и др.*, Биофизика **10**, 918 (1965).
120. *G. Fasman, E. Blout*, J. Amer. Chem. Soc. **82**, 2262 (1960).
121. *J. Bradbury, A. Elliott, W. Hanby*, J. Mol. Biol. **5**, 487 (1962).
122. *S. Ikeda, H. Maeda, T. Isemura*, J. Mol. Biol. **10**, 223 (1964).
123. *K. Imahori. I. Yahari*, Biopolymers, Symposia **1**, 421 (1964).
124. *P. Sarkar, P. Doty*, Proc. Nat. Acad. Sci. US **55**, 981 (1966).
125. *E. Iizuka, J. Yang*, Proc. Nat. Acad. Sci. US **55**, 1175 (1966).
126. *R. Townsend a. o.*, Biochem. Biophys. Res. Comm. **23**, 163 (1966).
127. *B. Davidson, N. Tooney, G. Fasman*, Biochem. Biophys. Res. Comm. **23**, 156 (1966).
128. *M. В. Волькенштейн, В. А. Зубков, Ж. структ. хим.* **8**, 284 (1967).
129. *В. А. Зубков, М. В. Волькенштейн*, ДАН СССР **175**, 942 (1967).
130. *Т. М. Бириштейн, В. А. Зубков, М. В. Волькенштейн*, J. Polymer Sci. Pt. A-2 **8**, 177 (1970).
131. *В. А. Зубков, Т. М. Бириштейн, И. С. Милевская, М. В. Волькенштейн*, Мол. биол. **4**, 715 (1970).
132. *E. Blout, L. Stryer*, Proc. Nat. Acad. Sci. US **45**, 159 (1959); J. Amer. Chem. Soc. **83**, 1411 (1961).
133. *Е. Блоут, Д. Карвер, Е. Шехтер*, в сб. «Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии», «Мир», 1970, гл. 14.
134. *И. А. Болотина, М. В. Волькенштейн*, в сб. «Молекулярная биофизика», «Наука», 1965.
135. *Ю. М. Торчинский*, в сб. «Успехи биологической химии», т. 8, «Наука», 1967.
136. *T. Li, B. Johnson*, Biochemistry **8**, 3638 (1969).
137. *В. И. Пермогоров, Ю. С. Лазуркин, С. Э. Шмурак*, ДАН СССР **155**, 1440 (1964).
138. *К. Константиновичус, М. В. Волькенштейн*, Оптика и спектроскопия **23**, 80 (1967).
139. *М. Д. Франк-Каменецкий, А. В. Лукашин*, Оптика и спектроскопия **30**, 1092 (1971).
140. *J. Yang, T. Samejima*, Progr. Nucleic Acids Res. a. Mol. Biol. **9**, 224 (1969).
141. *J. Yang, T. Samejima, P. Sarkar*, Biopolymers **4**, 623 (1966).
142. *B. Johnson, I. Tinoco*, Biopolymers **7**, 727 (1969).
143. *P. Sarkar, B. Wells, J. Yang*, J. Mol. Biol. **25**, 563 (1967).

144. J. Yang, in «Poly- $\alpha$ -amino acids», ed. G. Fasman, M. Dekker Inc., 1967.
145. H. Hashizume, M. Shiraki, K. Imahori, J. Biochem. Japan 62, 543 (1967).
146. S. Beychok, in «Poly- $\alpha$ -amino acids», ed. G. Fasman, M. Dekker Inc., 1967.
147. V. Saxena, D. Weltaufer, Proc. Nat. Acad. Sci. US 68, 969 (1971).
148. P. Urnes, P. Doty, Adv. Protein Chem. 16, 401 (1961).
149. E. Shechter, E. Blout, Proc. Nat. Acad. Sci. US 51, 695, 794 (1964).
150. E. Shechter, J. Carver, E. Blout, Proc. Nat. Acad. Sci. US 51, 1029 (1964).
151. С. Ю. Веньяминов, Ю. Н. Чиргадзе, Оптика и спектроскопия 23, 813 (1967); ДАН СССР 195, 722 (1970).
152. M. Warshaw, I. Tinoco, J. Mol. Biol. 20, 29 (1966).
153. Г. Б. Завильгельский, Мол. биол. 1, 703 (1967).
154. C. Cantor, I. Tinoco, Biopolymers 5, 84 (1967).
155. R. Cotton, P. McPhie, W. Gratzer, Nature 216, 864 (1967).
156. C. Bush, H. Scheraga, Biochemistry 6, 3036 (1967).
157. P. Oriol, J. Koenig, Arch. Biochem. 127, 274 (1968).
158. P. Oriol, Arch. Biochem. 115, 577 (1966).
159. Б. С. Непорент, ДАН СССР 119, 682 (1958).
160. Б. И. Степанов, Люминесценция сложных молекул, Изд-во АН БССР, 1955.
161. Э. В. Шпольский, УФН 71, 215 (1960); 80, 255 (1963).
162. С. И. Вавилов, Собрание сочинений, т. I, Изд-во АН СССР, 1952.
163. П. П. Феофилов, Поляризованная люминесценция атомов, молекул и кристаллов, Физматгиз, 1959.
164. А. Н. Теренин, Фотоника молекул красителей и родственных соединений, «Наука», 1967.
165. С. И. Вавилов, Микроструктура света, Изд-во АН СССР, 1950.
166. T. Förster, in «Comparative Effects of Radiation», ed. L. Burtop, J. Kirby-Smith, J. Magee, 1960.
167. T. Förster, Trans. Faraday Soc. 27, 7 (1959); Radiation Res. Suppl. 2, 326 (1960).
168. E. McRae, W. Siebrand, J. Chem. Phys. 41, 905 (1964).
169. А. Сцент-Дьёрды, Биоэнергетика, Физматгиз, 1960.
170. С. В. Конев, Электронно-возбужденные состояния биополимеров, «Наука и техника», Минск, 1965.
171. Г. М. Баренбойм, А. Н. Доманский, К. К. Туроверов, Люминесценция биополимеров и клеток, «Наука», 1960.
172. Ю. А. Владимиров, Фотохимия и люминесценция белков, «Наука», 1965.
173. G. Weber, Biochem. J. 75, 335, 345 (1960); 79, 29 (1961).
174. Э. А. Буриштейн, Биофизика 9, 184 (1964); 13, 433, 718 (1968).
175. Ю. А. Владимиров, Ли-Чинь-го, Биофизика 7, 270 (1962).
176. Н. С. Веденкина, Э. А. Буриштейн, Биофизика 15, 965 (1970); Мол. биол. 4, 743 (1970).
177. Е. П. Бусел, Э. А. Буриштейн, Биофизика 15, 993 (1970).
178. Е. П. Бусел, Т. Л. Бушужева, Э. А. Буриштейн, Оптика и спектроскопия 29, 501 (1970).
179. R. Chen, H. Edelhoch, R. Steiher, in «Physical Principles and Techniques of Protein Chemistry», ed. Leach, 1969.
180. И. Я. Осташеевский, Биофизика 16, 609 (1971); Мол. биол. 6, 3 (1972).
181. G. Weber, Biochem. J. 53, 145 (1952).
182. P. Wahl, G. Weber, J. Mol. Biol. 30, 371 (1967).
183. Е. В. Ануфриева, М. В. Волькенштейн, М. Г. Краковяк, Т. В. Шевелева, ДАН СССР 182, 361 (1968); 186, 854 (1969).
184. Е. В. Ануфриева и др., Изв. АН СССР, сер. физ. 34, 518 (1970).
185. Е. В. Ануфриева и др., ДАН СССР 194, 1108 (1970).
186. В. А. Самокиш, Е. В. Ануфриева, М. В. Волькенштейн, Мол. биол. 2, 374 (1968).

187. *Н. Г. Бахшиев, Ю. Т. Мазуренко, И. В. Питерская*, Изв. АН СССР, сер. физ. 32, 1360 (1969).
188. *Е. В. Ануфриева, М. В. Волькенштейн, В. А. Самокиш*, ДАН СССР 195, 1215 (1970).
189. *М. В. Волькенштейн, М. А. Ельяшевич, Б. И. Степанов*, Колебания молекул, т. 1, 2, Гостехиздат, 1949.
190. *М. В. Волькенштейн, Л. А. Грибов, М. А. Ельяшевич, Б. И. Степанов*, Колебания молекул, «Наука», 1974.
191. *Г. Герриберг*, Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул, ИЛ, 1949.
192. *Е. Вильсон, Д. Дешуис, П. Кросс*, Теория колебательных спектров молекул, ИЛ, 1960.
193. *Л. М. Свердлов, М. А. Ковнер, Е. П. Крайнов*, Колебательные спектры многоатомных молекул, «Наука», 1970.
194. *М. М. Сущинский*, Спектры комбинационного рассеяния молекул и кристаллов, «Наука», 1969.
195. *М. Born, R. Orpenheimer*, App. Phys. 84, 457 (1927).
196. *М. В. Волькенштейн*, ДАН СССР 30, 784 (1941); ЖЭТФ 11, 642 (1941).
197. *М. В. Волькенштейн*, УФН 29, 54 (1946).
198. *Т. Mijazawa, Т. Shimanouchi, S. Mizushima*, J. Chem. Phys. 24, 408 (1956), 29, 611 (1958).
199. *Т. Schimanouchi, I. Makagawa, J. Hiraishi, M. Ishii*, J. Mol. Spectr. 19, 78 (1966).
201. *Г. Сузи*, в сб. «Структура и стабильность биологических макромолекул», «Мир», 1973.
202. *С. Liang, S. Krimm, G. Sutherland*, J. Chem. Phys. 25, 543, 549 (1956).
203. *С. Liang, S. Krimm*, J. Chem. Phys. 25, 563 (1956).
204. *Ю. Я. Готлиб*, Оптика и спектроскопия 7, 294 (1959); 9, 319 (1960); Высокомолекул. соед. 1, 474 (1959).
205. *Ю. Я. Готлиб, Л. В. Кудинская*, Оптика и спектроскопия 10, 335 (1961); 13, 59 (1962).
206. *В. Г. Бойцов, Ю. Я. Готлиб*, Оптика и спектроскопия, в сб. «Молекулярная спектроскопия», т. 2, 1963, стр. 128, 135.
207. *Л. А. Грибов, Т. С. Абилова*, Оптика и спектроскопия 23, 374, 535 (1967); 26, 915 (1969).
208. *О. Б. Зубкова, Л. А. Грибов, А. Н. Шабадаш*, Ж. прикл. спектроскопии 16, 2, 306 (1972).
209. *К. Fukushima, Y. Ideguchi, T. Mijazawa*, Bull. Chem. Soc. Japan 36, 1301 (1963).
210. *С. Suzuki, Y. Iwashita, T. Shimanouchi, M. Tsuboi*, Biopolymers 4, 337 (1966).
211. *Т. Mijazawa*, J. Chem. Phys. 32, 1647 (1960).
212. *Т. Mijazawa, E. Blout*, J. Amer. Chem. Soc. 83, 712 (1961).
213. *С. Krimm*, J. Mol. Biol. 4, 528 (1962).
214. *Н. Susi, S. Timasheff, L. Stevens*, J. Biol. Chem. 242, 5460 (1967).
215. *Ю. Н. Чиргадзе*, Инфракрасные спектры и структура полипептидов и белков, «Наука», 1965.
216. *R. Lord, N. Yu*, J. Mol. Biol. 50, 509; 51, 203 (1970).
217. *Е. К. Завойский*, J. Phys. USSR 9, 245, 447 (1945); 10, 170, 197 (1946).
218. *Э. Эндрю*, Ядерный магнитный резонанс, ИЛ, 1962.
219. *Д. Попл, В. Шнейдер, Г. Бернстайн*, Спектры ЯМР высокого разрешения, ИЛ, 1962.
220. *Д. Робертс*, Ядерный магнитный резонанс, ИЛ, 1962.
221. *Д. Робертс*, Введение в анализ спектров ЯМР высокого разрешения, ИЛ, 1963.

222. Н. Бхакка, Д. Уильямс, Применение ЯМР в органической химии, «Мир», 1966.
223. А. Лёше, Ядерная индукция, ИЛ, 1963.
224. И. Я. Слоним, А. Н. Любимов, Ядерный магнитный резонанс в полимерах, «Химия», 1966.
225. Д. Эксли, Д. Финей, Л. Сатклиф, Спектроскопия ядерного магнитного резонанса высокого разрешения, «Мир», 1968.
226. А. И. Кольцов, Б. А. Ершов, Ядерный магнитный резонанс в органической химии, изд. ЛГУ, 1968.
227. J. Markley, I. Putter, O. Jardetzky, Science 151, 1249 (1968).
228. G. Roberts, O. Jardetzky, Adv. Protein Chem. 24, 448 (1970).
229. C. McDonald, W. Phillips, in «Biological Macromolecules», vol. 3, ed. G. Fasman, S. Timasheff, M. Dekker, Inc., 1970.
230. K. Wüthrich, R. Shulman, Physics Today 23, № 4, 43 (1970).
231. O. Jardetzky, Naturwissenschaften, Heft 7, 149 (1967).
232. J. Markley, D. Meadows, O. Jardetzky, J. Mol. Biol. 27, 25 (1967).
233. A. Burgen, O. Jardetzky, J. Metcalfe, N. Wade-Jardetzky, Proc. Nat. Acad. Sci. US 58, 447 (1967).
234. J. Markley, M. Williams, O. Jardetzky, Proc. Nat. Acad. Sci. US 65, 645 (1970).
235. J. Cohen, O. Jardetzky, Proc. Nat. Acad. Sci. US 60, 92 (1968).
236. D. Meadows, G. Roberts, O. Jardetzky, J. Mol. Biol. 45, 491 (1969).
237. G. Roberts, E. Dennis, D. Meadows, J. Cohen, O. Jardetzky, Proc. Nat. Acad. Sci. US 62, 1151 (1969).
238. В. Ф. Быстров, В. Г. Сахаровский, ЖВХО им. Менделеева 16, № 4, 380 (1971).
239. С. А. Альтшулер, Б. М. Козырев, Электронный парамагнитный резонанс, Физматгиз, 1961.
240. Д. Ингрэм, Электронный парамагнитный резонанс в свободных радикалах, ИЛ, 1961.
241. Д. Пейк, Парамагнитный резонанс, «Мир», 1965.
242. Д. Ингрэм, Электронный парамагнитный резонанс в биологии, «Мир», 1972.
243. Сборник «Свободные радикалы в биологических системах», ИЛ, 1963.
244. B. Compton, Light and Life, John Hopkins Press, 1961.
245. Л. П. Каюшин, К. М. Львов, М. К. Пулатова, Исследования парамагнитных центров облученных белков, «Наука», 1970.
246. Э. Г. Розанцев, Свободные аминокислотные радикалы, «Химия», 1970.
247. T. Stone, P. Buchman, P. Nordio, H. McConnell, Proc. Nat. Acad. Sci. US 54, 1010 (1965).
248. H. McConnell, C. Hamilton, Proc. Nat. Acad. Sci. US 60, 776 (1968).
249. H. McConnell, W. Deal, R. Ogata, Biochemistry 8, 2580 (1969).
250. H. McConnell, J. Chem. Phys. 25, 709 (1956).
251. D. Kivelson, J. Chem. Phys. 33, 1094 (1960).
252. A. Hudson, G. Luckhurst, Chem. Rev. 69, 191 (1969).
253. S. Ogawa, H. McConnell, Proc. Nat. Acad. Sci. US 58, 19 (1967).
254. S. Ogawa, H. McConnell, A. Horwitz, Proc. Nat. Acad. Sci. US 61, 401 (1968); Nature 220, 787 (1968).
255. Г. И. Лихтенштейн, Метод спиновых меток в молекулярной биологии, «Наука», 1974.
256. Г. И. Лихтенштейн, Т. В. Трошкина, Ю. Д. Ахмедов, В. Ф. Шувалов, Мол. биол. 3, 413 (1969).
257. Г. И. Лихтенштейн, Ю. Б. Гребенщиков, П. Х. Бободжанов, Ю. В. Коханов, Мол. биол. 4, 682 (1970).
258. Ю. В. Коханов, Ю. Д. Ахмедов, Г. И. Лихтенштейн, Л. В. Иванов, ДАН СССР 205, 372 (1972).

259. В. П. Тимофеев, О. Л. Поляновский, М. В. Волькенштейн, Г. И. Лихтенштейн, *Biochim. Biophys. Acta* **20**, 357 (1970).
260. D. Wallach, *J. Chem. Phys.* **41**, 5223 (1968).
261. Г. И. Лихтенштейн, *Мол. биол.* **2**, 234 (1968).
262. Г. И. Лихтенштейн, А. П. Пивоваров, П. Х. Бободжанов, Э. Г. Розанцев, Н. Б. Смолина, *Биофизика* **13**, 396 (1968).
263. H. McConnell, B. McFarland, *Quart. Rev. Biophys.* **3**, 91 (1970).
264. W. Hubbell, H. McConnell, *Proc. Nat. Acad. Sci. US* **61**, 12 (1968); **63**, 16 (1969).
265. A. Mildvan, M. Cohn, *Adv. Enzymol.* **33**, 1 (1970).
266. N. Mildvan, H. Weiner, *Biochemistry* **8**, 552 (1969); *J. Biol. Chem.* **244**, 2465 (1969).
267. J. Hyde, J. Chien, J. Freed, *J. Chem. Phys.* **48**, 4211 (1968).
268. M. Cohn, *Quart. Rev. Biophys.* **3**, 61 (1970).
269. В. А. Яковлев, *ЖВХО им. Менделеева* **16**, № 4, 391 (1971).
270. Н. Г. Есипова, Рентгеноструктурный анализ белков, в сб. «Молекулярная биология», т. 2 (Итоги науки и техники, ВИНТИ АН СССР), 1973.
271. В. Г. Туманян, Рентгеноструктурный анализ нуклеиновых кислот, в сб. «Молекулярная биология», т. 2 (Итоги науки и техники, ВИНТИ АН СССР), 1973.
272. И. А. Болотина, Изучение структуры белков методом кругового дихроизма, в сб. «Молекулярная биология», т. 1 (Итоги науки и техники, ВИНТИ АН СССР), 1972.
273. В. И. Иванов, Круговой дихроизм и структура комплементарных нуклеиновых кислот, в сб. «Молекулярная биология», т. 1 (Итоги науки и техники, ВИНТИ АН СССР), 1972.
274. Е. П. Бусел, Люминесцентные свойства основных хромофоров белка, в сб. «Молекулярная биология», т. 3 (Итоги науки и техники, ВИНТИ АН СССР), 1973.
275. Э. А. Бурштейн, Люминесценция белка. Природа и применение, в сб. «Молекулярная биология», т. 3 (Итоги науки и техники, ВИНТИ АН СССР), 1973.
276. О. Ф. Борисова, А. Н. Суровая, Применение флуоресцирующих красителей для изучения структуры нуклеиновых кислот, в сб. «Молекулярная биология», т. 1 (Итоги науки и техники, ВИНТИ АН СССР), 1972.
277. Ю. Н. Чиргадзе, Инфракрасная спектроскопия полипептидов и белков, в сб. «Молекулярная биология», т. 1 (Итоги науки и техники, ВИНТИ АН СССР), 1972.
278. Ю. Н. Чиргадзе, Н. А. Невская, *ДАН СССР* **208**, 447 (1973).
279. Ю. Н. Чиргадзе, *Биофизика* **14**, 792 (1969); *Ж. прикл. спектроскопии* **11**, 923 (1969).
280. Ю. Н. Чиргадзе, А. М. Овсепян, *Мол. биол.* **6**, 721 (1972); *Biopolymers* **11**, 2179 (1972); **12**, 637 (1973).
281. Ю. Н. Чиргадзе, С. Ю. Венямино, *Biopolymers* **12**, 1337 (1973).
282. W. Peticolas a. o., *Proc. Nat. Acad. Sci. US* **69**, 1467 (1972).
283. Г. И. Лихтенштейн, В. К. Кольтовер, Метод спиновых меток в молекулярной биологии, в сб. «Молекулярная биология», т. 3 (Итоги науки и техники, ВИНТИ АН СССР), 1973.