

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

53(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ
И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР**

(28—29 мая 1986 г.)

28 и 29 мая 1986 г. в конференц-зале Института физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

28 мая

1. Э. Л. Андроникашвили, Г. М. Мревлишвили. Низкотемпературная теплоемкость ДНК.

2. Н. Н. Горькавый, А. М. Фридман. Резонансная природа колец Урана и предсказание его новых спутников.

29 мая

3. С. П. Михеев, А. Ю. Смирнов. Осцилляции нейтрино в среде с переменной плотностью.

4. В. Л. Гинзбург, В. П. Фролов. Квантовые эффекты в ускоренных системах, аномальный эффект Допплера и принцип эквивалентности*).

Краткое содержание трех докладов приводится ниже.

547.963.3(048)

Э. Л. Андроникашвили, Г. М. Мревлишвили. Низкотемпературная теплоемкость ДНК. В настоящем сообщении мы рассмотрим проблему физической характеристики «нативного состояния» биологически важнейшего вещества — носителя генетической информации — молекулы ДНК, т. е. характеристики функционально значимого и уникального структурного состояния этого биополимера. Отметим, что эта проблема впервые с физической точки зрения была рассмотрена в начале 40-х годов Э. Шрёдингером, который охарактеризовал функционирующие в живой клетке «гены» как «аперiodические кристаллы»¹. В чем, например, основные физические отличия нативной, упорядоченной (хотя и аперiodической) структуры ДНК от свойств других аперiodических и аморфных структур биологического и небологического происхождения? Как охарактеризовать границу между «нативной» (жизнеспособной) и биологически неактивной («мертвой») материей? На каком уровне иерархической структуры биологической материи проявляются физически измеримые различия между этими состояниями?

Ответы на эти вопросы можно было бы получить (наряду с известными подходами (см., например, ²⁻⁵) путем изучения тепловых свойств биологи-

*) Содержание этого доклада будет опубликовано позже в виде статьи. (Примеч. ред).

ческих макромолекул, находящихся в различных конформациях, вблизи 0 К (Э. Л. Андроникашвили, 1956; см. ⁶). С помощью созданной в ИФ АН СССР высокочувствительной низкотемпературной микрокалориметрии ^{7, 8} нам удалось приблизиться к решению вышеуказанных проблем.

Установлено, что критическое значение количества кристаллизационной воды (не принимающей участие в фазовом переходе лед — вода при охлаждении и прогреве растворов биополимеров), без которой ДНК перестает

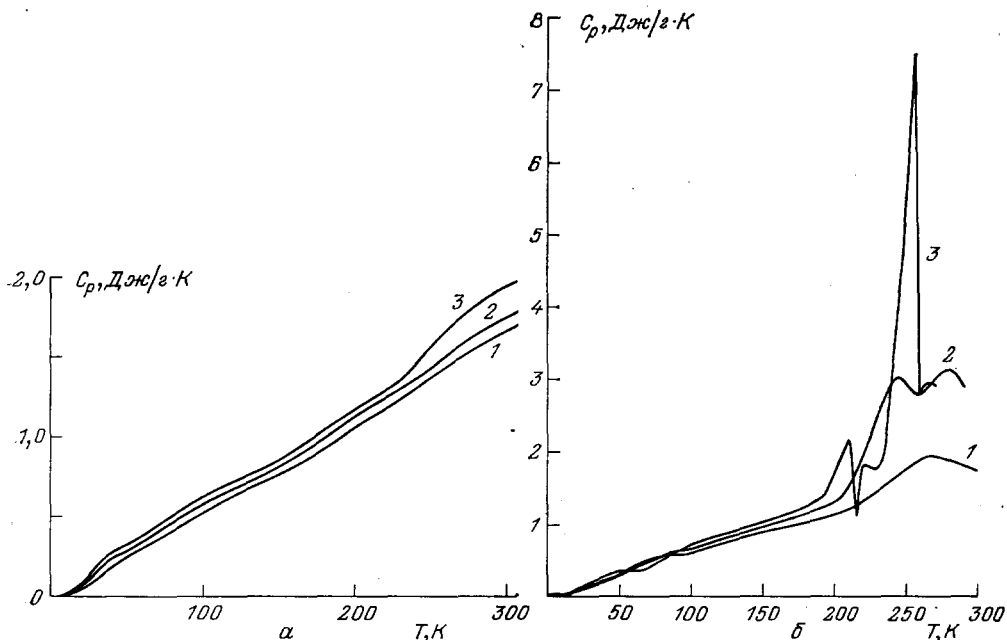


Рис. 1. Температурная зависимость теплоемкости нативных волокон Na-ДНК спермы лосося (а) и механической смеси нуклеотидов ($\text{Na}_2 - \text{d}(\text{AMP})$, $\text{Na}_2 - \text{d}(\text{TMP})$, $\text{Na}_2 - \text{d}(\text{GMP})$, $\text{Na}_2 - \text{d}(\text{CMP})$) (б) при различном содержании воды: 1 — $n = 0 - 2$; 2 — $n = 8 - 10$; 3 — $n = 23$ моль $\text{H}_2\text{O}/\text{МПО}$.

Концентрация «пар оснований» в механической смеси нуклеотидов соответствует молярному отношению пар оснований в нативной ДНК и составляет 41% GC

быть «упорядоченной» и теряет свою биологическую активность, определяется химической композицией ДНК и линейно зависит от GC-содержания по закону $n = [28, 0 - 0,12 (\% \text{GC})]$ моль $\text{H}_2\text{O}/\text{МПО}$ ^{8, 9}.

Тепловые эффекты в области низких температур (10; 50; 100; 200 К), обнаруженные в хаотической — аморфной смеси нуклеотидов (из которых построена нативная молекула ДНК), резко отличают это состояние от аperiодической структуры ДНК (рис. 1). Характер $C_p = f(T)$ для единичных полинуклеотидных цепей в состоянии статистических клубков также отличается от $C_p = f(T)$ для нативных ДНК, однако совпадает с температурным ходом теплоемкости (включая фазовые переходы в растворителе) для механической смеси нуклеотидов, во всем интервале температур (рис. 2). Таким образом, качественный скачок в свойствах, характеризующих «нативный» биополимер, возникает не на уровне создания уникальной линейной последовательности нуклеотидов (которая сохраняется в единичных цепях ДНК), а после полного формирования двойной спирали. Причем, как видно из приведенных данных, роль растворителя (воды) оказалась решающей в определении физических свойств такой — «самоорганизующейся из хаоса» — макромолекулярной структуры. В совокупности проведенные исследования показали, что формирование нативной структуры ДНК (т. е. готового для функционирования генома) есть результат слияния двух подструктур, одна

из которых аperiодична (полинуклеотидные цепи ДНК), а другая является сеткой водородных связей, создающейся между молекулами воды, встроенными в двойную спираль. Эта сетка не вполне упорядочена (топологически неупорядочена). (Геометрия водного «каркаса» гидратной оболочки ДНК

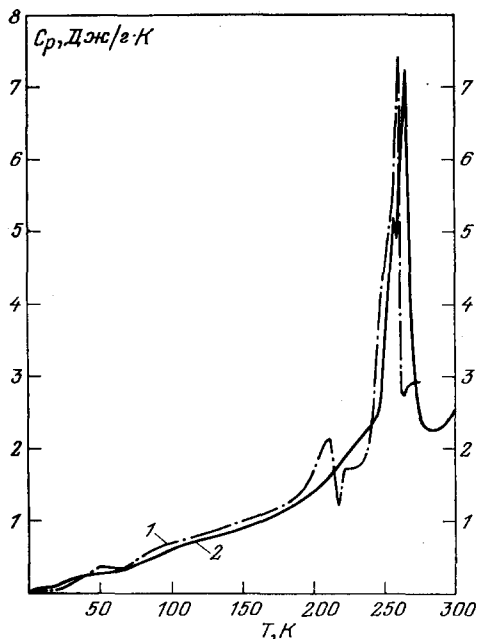


Рис. 2. Температурная зависимость теплоемкости механической смеси нуклеотидов (1) и единичных цепей ДНК в состоянии статистических клубков (2) при $n = 23$ моль $H_2O/МПО$

в различных упорядоченных формах была определена недавно в деталях методом рентгеноструктурного анализа^{10, 11.}) Таким образом, нативную ДНК следует представлять как аperiодический кристалл, «пронизывающий» массу растворителя, приближающуюся к стеклообразному состоянию, и, следовательно, мы имеем дело с особым типом состояния конденсированного вещества («аperiодическое твердое тело»). Дальнейшие исследования физических особенностей таких макромолекулярных структур при низких и сверхнизких (< 1 К) температурах с учетом влияния водной среды могут существенно изменить наши представления о динамических свойствах биополимеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шрёдингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика.— М.: Атомиздат, 1972.— С. 63.
2. Веденов А. А., Дыхне А. М., Франк-Каменецкий М. Д.//УФН. 1971. Т. 105. С. 479.
3. Франк-Каменецкий М. Д.//Итоги науки и техники. Серия «Молекулярная биология».— М.: ВИНТИ, 1979.— Т. 15. С. 42.
4. Ivanov V. I., Krylov D. Yu., Minyat E. E.//J. Biomol. Struct. Dyn. 1985. V. 3. P. 43.
5. Parak F., Frolov E. N., Mosbauer R. L., Goldanskii V. I.// J. Mol. Biol. 1981. V. 145. P. 825.
6. Андроникашвили Э. Л., Мревлишвили Г. М., Джапаридзе Г. Ш., Сохадзе В. М., Татишвили Д. А. Низкотемпературные исследования разности энтропий нативной молекулы ДНК и хаотической смеси составляющих ее нуклеотидов: Препринт ИФ АН ГССР БФИ.— Тбилиси. 1986.
7. Мревлишвили Г. М.//УФН. 1979. Т. 128. С. 273.
8. Мревлишвили Г. М., Андроникашвили Э. Л., Джапаридзе Г. Ш., Сохадзе В. М., Татишвили Д. А.//Биофизика. 1982. Т. 27. С. 987.
9. Мревлишвили Г. М.//ДАН СССР. 1981. Т. 260. С. 761.

10. К о р к а M. L., F r a t i n i A. V., D r e w H. R., D i c k e r s o n R. E. // J. Mol. Biol. 1983. V. 163. P. 129.
11. K e n n a r d O., C r u s e W. B. T., N a c h m a n J., P r a n g e T., S h a k - k e d Z., R a b i n o v i c h D. // J. Biomol. Struct. Dyn. 1986. V 3. P. 623.