

12

© 1992

ВЗАИМОСВЯЗЬ МИЦЕЛЛЯРНОСТИ БИОЖИДКОСТЕЙ
И ИХ ФРАКТАЛЬНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИЕ.Ю. В е д м е д е н к о, И.Н. К у в и ч к а,
М.В. К у р и к

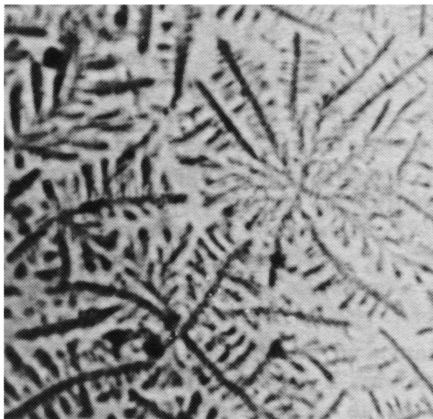
При кристаллизации на твердотельной подложке солей в матрице биологической жидкости, а также систем типа вода-соль-белок наблюдается образование разветвленных фракталов – структур с масштабным повторением характерных морфологических особенностей [1–4]. Во всех перечисленных работах указывается на то, что образованию фрактальных структур предшествует дислокационный рост „материнского” кристалла соли, т.е. в односолевых растворах белков и биожидкостей реализуется механизм фрактального роста, обусловленный в первую очередь не неравновесностью кристаллизации, а возникающей в ее процессе неоднородностью пространства вследствие фазового расслоения соли и белка [4, 3].

С другой стороны известно, что образование фракталов происходит при кристаллизации многих биологических систем и без солевых добавок [4–6], что обычно интерпретируется в рамках модели агрегации, ограниченной диффузией [1, 2]. Большинство рассматривавшихся систем имеют мицеллярную структуру в жидком состоянии.

В настоящей работе экспериментально изучено влияние мицеллообразования в биологических жидкостях на их кристаллизацию. Объектом исследования служили сыворотка крови и желчь человека в норме, поскольку мицеллярность их структуры достоверно доказана [7, 8]. При изучении кристаллизации систем типа биожидкость-вода методом поляризационно-оптической микроскопии установлено, что в таких системах, начиная с некоторой концентрации биожидкости в растворе, реализуется механизм фрактальной кристаллизации (см. рисунок). Для сыворотки крови эта концентрация близка к 9 г/л, для желчи она составляет 12.5 г/л.

Исследования зависимости удельной проводимости от концентрации раствора биожидкостей в воде показали, что критическая концентрация мицеллообразования и в желчи, и в воде с достаточной степенью точности совпадают с вышеуказанными концентрациями образования фракталов. При дальнейшем увеличении концентрации биожидкости в растворе фрактальность образующихся кристаллов сохраняется, однако меняется внешний вид фрактала и его размерность.

Появление фракталов при кристаллизации водного раствора биожидкости определенной концентрации нельзя объяснить только рас-



Фрактальные структуры, образующиеся при кристаллизации 10-процентного раствора сыворотки крови человека в воде на твердотельной подложке (масштаб изображения 150:1).

слоением солевой и органической компонент, так как содержание соли в 9–12 % растворе очень мало; кристаллов соли в центре фрактала не наблюдается; скачка содержания соли при этих концентрациях не происходит. Таким образом, рост фрактальных агрегатов при кристаллизации биологических объектов обусловлен не только расслоением солевой и органической компонент, но и образованием мицеллярных структур в жидкости.

В результате образования мицеллярных комплексов объем раствора становится неоднородным и крупные мицеллы новой фазы могут стать центрами нуклеации фракталов при гетерогенном зародышеобразовании. В процессе роста кристаллов возникают стерические затруднения, обусловленные необходимостью располагать немиецеллярную органическую фазу по периметру зародыша. Этот фактор, а также неоднородность фазового состава по глубине приводит к тому, что последующий рост идет вдоль нескольких направлений—ветки фрактала, что позволяет минимизировать энергетические затраты на образование вторичных структур.

Таким образом, образование фракталов при кристаллизации биологических структур может служить экспериментным подтверждением их мицеллярности.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Фракталы в физике. Труды У1 Международного симпозиума по фракталам в физике. М.: Мир, 1988. 670 с.

- К ан д е р М. // В мире науки. 1987. № 3. С. 87.
- М и н ц Р.И., Скопинов С.А., Яковлев С.Р. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. № 23. С. 2204-2207.
- M a t s u s l i t a М., H o n d a К., T o y o k i Н., H a y a k a w a // Journ. Phys. Soc. Japan. 1986. V. 55. N 8. P. 2618-2626.
- F o g e d b y Н.С., S o r e n s e n Е.С., M o n t z i t s e n О.Г. // Journ. Chem. Phys. 1987. V. 87. N 11. P. 6706-6709.
- M a g a z n S., M a i s a n o G., M i c o - l i Н. // Phys. Rev. 1989. V. 39. N 4. P. 4195-4200.
- К л и м о в А.И. Липопротеиды плазмы крови. // Липиды. М.: Наука, 1977. С. 57-80.
- Г а н и г к е в и ч Я.В., К а р б а ч Я.И. Исследование желчи. Киев: Вища школа, 1985. С. 91-100.

Поступило в Редакцию
12 февраля 1992 г.