

обусловлено зависящими от времени динамическими изменениями свойств входящих в него объектов разной степени вложенности и их значений, приводящими в итоге к состоянию, при котором объекты теряют свои свойства и принадлежность к своему классу, т.е. теряют способность к самосохранению своей целостности. При построении модели и ее функционировании будет использован создаваемый мной специализированный язык описания возрастных изменений GERON. Современная геронтология пока не может дать однозначного ответа на вопрос: старение человека в большей степени обусловлено стохастическим накоплением разного рода нерепарируемых ошибок и сбоев или генетической программой? На мой взгляд, если допустить, что “включение” в старшем возрасте “особых” генов может индуцироваться этими же неизбежными ошибками, сбоями и их последствиями, а также относительно устойчивыми возрастными изменениями внутри- и внеклеточной среды, то получим хорошее соответствие фактам в пользу справедливости одновременно этих двух основных точек зрения на процесс старения человека и возможность примерить их сторонников.

Стратегия старения предлагаемого модельного организма основана на таком допущении. В настоящее время разрабатывается программа для компьютерной реализации этой модели, результаты использования которой будут представлены в отдельном сообщении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кауров Б.А. О применении новых информационных технологий в геронтологии // Наука и инновации. – 2009. - №8 (78). – С. 15-17
2. Бурцев М.С., Кривенко С.А. Возникновение стратегий старения в модели искусственной жизни: Препринт ИПМ РАН. – М.: ИПМ РАН, 2007. – №24. – 14 с.
3. Кауров Б.А. Индивидуальное развитие человека с точки зрения ситуационного управления // Деп. №1337-82. – М.: ВИНТИ, 1981. – С. 1-17.

*E-mail: bokar@mail.ru.*

УДК 577.1:612.015.347

**А.К. Мартусевич**, канд. мед. наук

(Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Киров)

### **ПРОЦЕСС СТРУКТУРНОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ДЕГИДРАТАЦИИ: СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ**

Произведен анализ механизмов структуризации высыхающих капель различных биологических субстратов организма человека и животных. Выделена и конкретизирована роль кристаллостаз-регулирующего комплекса и кристаллопротеома в формировании кристаллограмм и тезиграмм биоматериала.

**Ключевые слова:** биожидкости, структуризация, биокристалломика, кристаллопротеом.

За последние годы существенно возрос интерес исследователей к изучению кристаллогенных свойств различных биосубстратов организма человека, причем подавляющее большинство работ в указанной области касается уточнения диагностической значимости учета результата кристаллизации биосред в отношении конкретных заболеваний, в спектр которых входит патология уронефрологического, стоматологического, гастроэнтерологического и других профилей [1, 3, 5]. На основании этих сведений начало формироваться новое научное направление – биокристалломика, изучающее биоассоциированный кристаллогенез, одним из субнаправлений которого является медицинская биокристалломика [1, 2].

Искомым объектом в кристаллодиагностике в настоящее время остается поиск связей между тизеокристаллоскопической картиной биоматериала и конкретным физиологическим или патологическим состоянием организма, тогда как физико-химическая сущность происходящих в высыхающей капле биосубстрата процессов остается практически без внимания.

Лишь единичные работы отечественных авторов посвящены этому вопросу [4, 7], однако они содержат преимущественно физико-математическую трактовку рассматриваемого феномена. Следует отметить, что указанные авторами основные преобразования относятся как к биологическим (биосубстраты), так и небιологическим объектам исследования, хотя приводятся применительно к модельным белковым и белково-солевым псевдобιологическим системам [7] либо математическим моделям [4]. В целом, в дегидратационной самоорганизации биоматериала принимают участие следующие механизмы: геле- и золеобразование, зародышеобразование, мицелляция, собственно дегидратация и др. Важно, что эти процессы не полностью тождественны фазам структуризации образца, поскольку некоторые из них протекают в высыхающей капле одновременно.

По данным Н.П. Юшкина [6], при образовании минералов на органическом субстрате последний оказывает существенное воздействие на детерминацию морфоструктурных особенностей вновь формируемого кристаллического тела. Поэтому учет биогенной составляющей в общей картине структуризации образца жидкой биосреды необходим.

Согласно холистической теории биокристалломики [2] роль зародышеобразователя при кристаллизации жидких биосистем играет кристаллостаз-регулирующий комплекс, в большинстве биожидкостей организма человека и животных представленный совокупностью ионизированных, олиго- и полимерных форм карбоната и ортофосфата кальция.

Среди последних особую значимость имеет гидроксиапатит. По-видимому, эти соединения при любом фазовом состоянии присутствуют в биосистеме, но в жидкой фазе динамическое равновесие между ними смещено в сторону ионизированных структур. При наличии условий, благоприятствующих кристаллообразованию, происходит накопление гидроксиапатита, являющееся ключевым событием кристаллогенеза биосубстратов, запускающим дальнейший полимеризационный каскад.

Вторым ключевым элементом, детерминированным биологическим происхождением исследуемой капли биосреды, служит структуризация белкового ком-

понента, также претерпевающего ряд трансформаций.

Так, запускающей стадией процесса является формирование нанокристаллов белков, из которых на следующем этапе образуются кристалломицеллы с последующим генезом более крупных белковых частиц – агрегатов кристалломицелл, в свою очередь, выступающих основным структурным элементом белковых макрокристаллов. Вся совокупность указанных компонентов включена нами в понятие «кристаллопротеом». По нашему мнению, все вышеперечисленные элементы присутствуют в биосубстратах и в жидкой фазе, однако равновесие в данной динамической системе отчетливо сдвинуто в сторону наименее структурированных частиц (нанокристаллы, кристалломицеллы). Перечисленные физиологические условия (сдвиг равновесий в кристаллостазрегулирующем комплексе и кристаллопротеоме), с наших позиций, служат гарантиями поддержания фазового состояния биожидкости – ее кристаллогенной стабильности.

Важно подчеркнуть, что согласно нашей теории [2] процесс дегидратационной самоорганизации биосубстрата является сложномодулированным, так как обеспечивается особенностями микро- и макроокружения формирующихся кристаллов.

Это связано с тем, что, кроме компонентного состава высыхающего биоматериала, основным лимитирующим результат кристаллизации служит внешняя многоуровневая система модуляторов. В качестве ее нулевого уровня следует рассматривать кристаллостазрегулирующий комплекс (КРК). Первый (относительно кристаллопротеома) уровень включает соединения, оказывающие непосредственное действие на КРК или кристаллопротеом.

Модуляторы второго и более высоких уровней корректируют действие первичных. В большинстве случаев это приводит к тому, что они более тонко регулируют кристаллогенную стабильность жидкой биосистемы. В целом, многоуровневая система модуляции состояния кристаллопротеома приведена на рис. 1.

Примером первичных модуляторов кристаллогенных свойств сыворотки крови являются микроорганизмы, ожоговые токсины, обладающие непосредственной активирующей и ингибирующей активностью на кристаллопротеом, соответственно модулятор оссификации сосудов – матричный Gla-белок.

Имеющиеся сведения о протекании дегидратационной самоорганизации биосред, хотя и дают возможность составить общее представление о происходящих процессах, не всегда позволяют получить полную информацию об их особенностях при конкретных биосистемах и механизмах ее преобразований.

Для этой цели активно разрабатывается комплекс биокристалломных методов, позволяющих описать с системных позиций как динамику (измерение акустомеханического импеданса, биограмметрия, протеограмметрия, лазерная флоуметрия и термография фаций), так и результат кристаллообразования биосред (визуальная и компьютерная морфометрия, спектрометрия высушенных образцов и др.).

Таким образом, дегидратационная самоорганизация жидкой биологической системы – сложномодулированный физико-химический процесс, лимитирован-

ный составом кристаллизующейся биосреды и особенностями макроокружения ее кристаллогенеза.



Рис. 1. Кристаллоскопическая фацция как результат многоуровневой модуляции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А.В., Мартусевич А.К., Перетягин С.П. Кристаллогенез биологических жидкостей и субстратов в оценке состояния организма. – Н. Новгород: ФГУ «ННИИТО Росмедтехнологий», 2008. – 384 с.
2. Холистическая теория биокристалломики и биофизическая медицина / А.К.Мартусевич [и др.] // Актуальные проблемы биофизической медицины: Мат. V междунар. симп. – Киев, 2009. – С. 62-63.
3. Савина Л.В. Кристаллоскопические структуры сыворотки крови здорового и больного человека. – Краснодар, 1999. – 238с.
4. Тарасевич Ю.Ю. Механизмы и модели дегидратационной самоорганизации биологических жидкостей // Успехи физических наук. – 2004. – Т. 174, №7. – С. 779-790.
5. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. Морфология биологических жидкостей человека. – М.: Хризопраз, 2001. – 304 с.
6. Юшкин Н.П. Минеральный мир и биосфера // Вестник Института геологии КНЦ УрО РАН. – 2007. №6. – С. 2-5.
7. Динамика фазовых переходов в высыхающих каплях растворов белков сыворотки крови человека /Т.А Яхно [и др.] // Журнал технической физики. – 2007. – Т. 77, вып. 4. – С. 123-127.

E-mail: cfpd@amur.ru.