

и стратегии развития на средне- и долгосрочную перспективу. При этом, необходима интенсификация работы по недопущению ослабления и по наращиванию человеческого потенциала, а также по развитию современной инфраструктуры для его максимально эффективного практического применения – с упором на повышение наукоемкости ВВП и на формирование эффективной национальной инновационной системы как ключевого механизма обеспечения устойчивого экономического роста. Указанная работа требует максимально высокого уровня координации с нашими реальными партнерами и союзниками на основе единства и близости цивилизационных ценностей. Требуется отказ от наивных ожиданий возможности диалога на паритетных началах с нашими цивилизационными оппонентами. Только комплексная цивилизационная коллективная мощь является гарантией конструктивного диалога, а не противостояния цивилизаций.

УДК 544.25

**В.С. Безбородов¹, С.Г. Михалёнок¹, Н.М. Кузьменок¹,
О.Б. Дормешкин¹, И.М. Жарский¹, В.И. Лапаник²**

¹Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь

²НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко
Минск, Республика Беларусь

ТЕНДЕНЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрен с позиций анизотропии подход к разработке перспективных материалов и устройств. Предлагаемая концепция создания новых материалов и моделирования различных процессов основана на закономерностях эволюционного развития природных органических веществ, многочисленных данных, полученных в последние десятилетия при исследовании жидких кристаллов и упорядоченных сред.

**V.S. Bezborodov¹, S.G. Mikhalyonok¹, N.M. Kuzmenok¹,
O.B. Dormeshkin¹, I.M. Zharski¹, V.I. Lapanik²**

¹Belarusian State Technological University
Minsk, Republic of Belarus

²Institute of Applied Physics Problems
Minsk, Republic of Belarus

TRENDS AND DIRECTIONS IN DEVELOPMENT OF MODERN MATERIAL SCIENCE

Abstract. The anisotropic approach of the development of Advanced Materials and Devices is considered. The proposed concept of design of new materials and modeling of various processes are based on the regularities of the evolutionary development of natural organic substances; numerous data obtained in the last decades in the study of liquid crystals and ordered medium

Методология создания новых материалов включает два подхода, основанных на варьировании составов систем, используемых в качестве прекурсоров (исходного сырья) или варьировании процессов, включая синтез и условия последующей обработки полученных продуктов.

Управление процессами самоорганизации является важнейшей задачей на пути к созданию новых функциональных материалов с заданными физико-химическими свойствами и разработке разнообразных устройств на их основе.

Сложные системы при определенных условиях способны реализовать согласованное поведение и конкретный путь развития. Спонтанное формирование новых типов систем и структур, переходы от хаотических (беспорядочных) режимов функционирования к порядку и организованной структуре в неравновесных системах, возникновение новых динамических состояний материи были детально изучены И. Пригожиным – лауреатом Нобелевской премии по химии (1977 г.) «за работы по термодинамике необратимых процессов, особенно за теорию диссипативных структур» [1]. Было показано, что неравновесные термодинамические системы (диссипативные структуры) при определённых условиях, поглощая вещество и энергию из окружающего пространства, могут совершать качественный скачок к упорядочению и самоорганизации.

Очевидным подходом к контролю структуры самоорганизующихся систем является управление градиентными полями, определяющими силы притяжения и отталкивания ее элементов, а также, по нашему мнению, использование анизотропных материалов, которые будут способствовать созданию наведенной анизотропии, самоорганизации и упорядочиванию системы.

Учитывая, что большинство природных соединений и биополимеров – полисахариды, липиды и мембраны клеток, гликопротеины и полипептиды, РНК и ДНК характеризуются анизотропными свойствами; что возникновение жизни на Земле может

являться результатом химической эволюции (теории В.И. Вернадского, А.И. Опарина, Дж. Холдейна); что самоорганизация динамических структур (диссипативных), химических систем и органических молекул (теории И.Р. Пригожина, П.Ж. де Жена, ячейки К.А. Бенара) также является одним из возможных путей эволюции, мы предлагаем при разработке новых материалов и структур одновременно с условиями их получения рассматривать и учитывать **фактор (роль) анизотропии** – анизотропную форму молекул и анизотропию их свойств; самоорганизацию химических систем и органических молекул, обуславливающих региоселективность протекания реакций и образования комплементарных структур (супрамолекулярная химия).

Несомненно, что фундаментальный фактор анизотропии является определяющим в развитии современного материаловедения и создании новых поколений материалов с заданными физико-химическими свойствами.

Имея более чем **45 летний** опыт исследований различных типов жидкокристаллических материалов, мы разработали оригинальную **методологию** создания не только ЖК материалов для всех типов электрооптических устройств отображения информации, но и новых анизотропных материалов и устройств с более широким спектром практического использования.

Предлагаемые подходы получения новых материалов и анизотропных веществ, моделирования различных процессов базируются на закономерностях эволюционного развития природных органических соединений; многочисленных данных, полученных в последние десятилетия при изучении жидких кристаллов и упорядоченных сред [2]; на использовании анизотропии молекул полифункциональных соединений для дизайна новых молекулярных структур (инженерия молекул), пленок, жидких кристаллов, мембран, мицелл и т. д.; для создания анизотропных ансамблей молекул и биологических систем.

Мы полагаем, что для синтеза как известных, так и новых анизотропных карбоциклических и гетероциклических соединений, имеющих стержнеобразную форму молекул и характеризующихся их ориентационной упорядоченностью, целесообразно использовать полифункциональные анизотропные соединения, такие как 3,6-дизамещенные циклогекс-2-еноны, *транс*-2,5-дизамещенные циклогексаноны, 3,5-дизамещенные 2-изоксазолины, 5-замещенные циклогексан-1,3-дионы, 1,2-дизамещенные циклопропанола и непредельные эпоксикетоны [3].

Доступность и многообразие исходных реагентов, высокие выходы продуктов реакций, возможность модификации циклогексенового, циклогексанового, изоксазолинового, циклопропанового, непредельного эпоксикетонного фрагментов различными реагентами позволяют целенаправленно проводить синтез соединений с желаемой комбинацией алкильных, циклических, мостиковых фрагментов; необходимым количеством и положением атомов галогенов, гидроксид-, других функциональных или полярных групп в центральной и терминальных частях молекул. Восстановление изоксазолинового фрагмента, раскрытие оксиранового цикла водой в кислой среде, галогенводородными кислотами, вторичными аминами открывают доступ к соответствующим α -диолам, галогенгидринам или аминспиртам, при этом последние могут быть переведены в водорастворимую форму в виде солей с минеральными кислотами. Это позволяет получать анизотропные водорастворимые вещества, характеризующиеся высокой упорядоченностью молекул, друг относительно друга, и является несомненным отличительным достоинством указанных соединений.

Особый интерес и место в современном материаловедении занимают природные вещества и анизотропные биополимеры. Комплекс свойств, характерный для них, позволяет создавать модифицированные материалы с уникальными параметрами и широким спектром практического использования [4].

Наиболее распространенными анизотропными биополимерами на планете являются структурные аналоги – целлюлоза и хитин. Высокая их механическая прочность обусловлена образованием супрамолекулярных структур из полидисперсных линейных полимерных цепей, закрепленных сильными межмолекулярными водородными связями, которые позволяют создавать уникальные легкие и сверхпрочные материалы, сравнимые по свойствам с металлами

Биополимеры были успешно использованы для замены различных элементов конструкций, связующих и активных материалов (электролитов) источников тока, устройств накопления и сохранения энергии: конденсаторов, литий-ионных батарей, солнечных панелей и т. д. Ожидается, что использование биополимеров в качестве функциональных составляющих и компонентов современных энергетических устройств и систем, дисплеев и устройств отображения информации приведет к новой парадигме развития инновационных материалов. Данное предположение и перспектива широкого

использования биополимеров в различных областях науки и техники основаны

- на новых подходах к их функционализации, модификации, упорядочению и самоорганизации;
- синтезе разнообразных функциональных производных, представляющих практический интерес.

Следует добавить, что многие из (био) датчиков скоро будут созданы из биополимеров и это поколение (био) сенсорных платформ может революционизировать обычные технологии зондирования.

Биополимеры также могут быть использованы в качестве вспомогательных материалов (эксципиентов) в фармацевтических композициях, ферментах; в средствах доставки лекарств, иммобилизации и распознавании белка; при изготовлении различных биоматериалов (заменителей кровеносных сосудов и мягких тканей, хрящей и костей), при восстановлении и заживлении кожи, в качестве антимикробных материалов. При этом биомедицинское применение биополимеров может быть значительно расширено, как это было показано ранее, путем дополнительной их функционализации

Таким образом, анизотропные свойства и хорошее упорядочение молекул природных биополимеров дают возможность получать оригинальные высокоупорядоченные композиты с широким спектром практического использования. Применение углеводных и пептидных строительных блоков в структуре сополимера позволяет не только улучшать мезоморфное поведение и свойства, но и контролировать упорядоченность структуры и его биологическую функциональность.

Анализ литературных данных и проведенные исследования показали, что среди потенциальных материалов, которые могут быть получены с использованием анизотропных свойств биополимеров, следует отметить:

- легкие и прочные композитные материалы (нити, пленки);
- гибкие экраны;
- эффективные смазочные композиции, в основе которых лежит надмолекулярное структурирование и формирование мезофаз, в том числе эпитропных;
- эффективные фильтры;
- ультраабсорбирующие гели;
- лекарственные препараты нового поколения и эффективные материалы для медицины;
- биодатчики и биосенсоры.

Очевидно, что создание и изучение анизотропных соединений, природных материалов, процессов самоорганизации в физико-

химических системах, использование моделей биоэволюции являются основой развития современного материаловедения.

Несомненно, предлагаемая нами методология является креативной, имеет целый ряд отличительных достоинств, в сравнении с известными методами получения аналогичных структур, моделирования биологических систем и с успехом может быть использована для создания новых поколений материалов, не уступающих по свойствам природным.

В этой связи возникает необходимость перейти от химии индивидуальных молекул к супрамолекулярной химии анизотропных соединений и детальному изучению процессов самоорганизации, лежащих в основе создания природных материалов и жизни на Земле.

Список использованных источников

1. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. 512 с.
2. Безбородов В.С. Химия жидкокристаллических материалов / В.С. Безбородов. – Мн.: БГТУ, 2017.– 277 с.
3. Bezborodov V.S., Mikhalyonok S.G., Kuz'menok N.M., Lapanik V.I., Sasnouski G.M. Liquid Crystals. v. 42, p.1124-1138, 2015.
4. Peng B.L., Dhar N., Liu H.L., Tam K.C., Can. J. Chem. Eng. v. 9999, p. 1–16. 2011.