

УДК 66.017: 620.22

**ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
СОВРЕМЕННОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ:
СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ХИМИЯ,
САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ СИСТЕМЫ,
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

В.С. Безбородов

*профессор кафедры органической химии Белорусского
государственного технологического университета, д.х.н.*

С.Г. Михалёнок

*заведующий кафедрой органической химии Белорусского
государственного технологического университета, к.х.н. доцент*

Н.М. Кузьменок

*доцент кафедры органической химии Белорусского государственного
технологического университета, к.х.н. доцент*

В.И. Лапаник

*заведующий лабораторией оптики конденсированных сред НИИПФП
им. А. Н. Севченко Белорусского государственного университета*

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.

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.

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.

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).

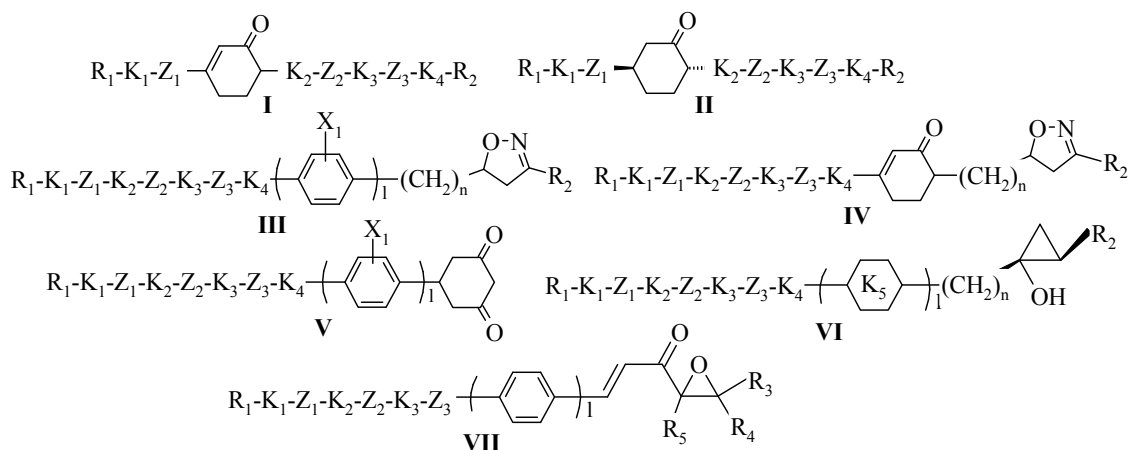
Несомненно, что фундаментальный фактор анизотропии является определяющим в развитии современного материаловедения и создании новых поколений материалов с заданными физико-химическими свойствами.

Имея более чем 40 летний опыт исследований различных типов жидкокристаллических материалов, мы разработали оригинальную методологию создания не только ЖК материалов для всех типов электрооптических устройств отображения информации, но 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; на использовании анизотропии молекул полифункциональных соеди-

нений для дизайна новых молекулярных структур (инженерия молекул), пленок, жидких кристаллов [2], 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 (I), транс-2,5-дизамещенные циклогексаноны (II), 3,5-дизамещенные 2-изоксазолины (III, IV), 5-замещенные циклогексан-1,3-дионы (V), 1,2-дизамещенные циклопропанола (VI) и непредельные эпоксикетоны (VII).



$R_{1,2}$ = алкильный или алкоксильный фрагменты, F, Cl, CN, CF₃, OCF₃ или хиральный фрагмент; K_{1-4} = связь или бензольное, циклогексановое, или циклогексеное кольца; $n = 0-5$; Z_{1-3} = связь или CH₂CH₂, или другие мостиковые фрагменты; $l = 0$ или 1; R_{3-6} = H или алкильный, или арильный фрагменты

Доступность и многообразие исходных реагентов, высокие выходы продуктов реакций, возможность модификации циклогексенонового, циклогексаненового, изоксазолинового, циклопропанового, непредельного эпоксикетонного фрагментов различными реагентами позволяют целенаправленно проводить синтез анизотропных материалов с желаемой комбинацией алкильных, циклических, мостиковых фрагментов; необходимым количеством и положением атомов галогенов, гидроксильных, 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.

Результаты наших исследований также показали, что анизотропные свойства и хорошее упорядочение молекул природных полимеров дают возможность получения оригинальных высокоупорядоченных композитов с широким спектром практического использования путем включения биополимеров в синтетическую полимерную матрицу. Использование пептидных и углеводных 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 нами исследования показали [3,4], что среди потенциальных материалов, которые могут быть получены с использованием анизотропных свойств биополимеров следует отметить:

- легкие и прочные композитные материалы (нити, пленки и т.д.);
- 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.

Очевидно, что изучение анизотропных соединений, природных материалов, процессов самоорганизации в физико-химических системах, использование моделей биоэволюции являются основой развития современного материаловедения.

В этой связи возникает необходимость перейти от химии индивидуальных молекул к супрамолекулярной химии анизотропных соединений, а именно, к новому направлению исследований – анизотропному материаловедению и детальному изучению процессов самоорганизации, лежащих в основе создания природных материалов и жизни на Земле.

Несомненно, предлагаемая нами методология является креативной, имеет целый ряд отличительных достоинств, в сравнении с из-

вестными методами получения аналогичных структур, моделирования биологических систем и с успехом может быть использована для создания новых поколений материалов, не уступающих по свойствам природным.

Литература

1. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. 512 с.

2. Bezborodov V.S., Mikhalyonok S.G., Kuz'menok N.M., Lapanik V.I., Sasnouski G.M. *Liquid Crystals*. v. 42, p.1124-1138, 2015.

3. Peng B.L., Dhar N., Liu H.L., Tam K.C., *Can. J. Chem. Eng.* v. 9999, p. 1–16. 2011.

4. Bezborodov V., Mikhalyonok S., Kuz'menok N., Arol A, Lapanik V. Conference on Liquid Crystals – Chemistry, Physics & Applications. XXII CLC 2018. Programme & Abstracts. Jastrzebia Gora, 17th-21th of September, 2018, Poland, O-22.