

технологические составы для всех распространенных гальванохимических технологических процессов.

Производитель технологических составов для нанесения покрытий Galvano mondo (Турция) осуществляет изготовление и поставки химической продукции более чем в 35 стран мира с 1970 года. Сайт компании Galvano mondo [www.galvanomondo.com](http://www.galvanomondo.com)

Официальный представитель на территории Таможенного союза ООО «Гальваносервис», группа компаний «Процесс».

УДК 621:001.895

В.С. Безбородов<sup>1\*</sup>, С.Г. Михалёнок<sup>1</sup>, Н.М. Кузьменок<sup>1</sup>, А.С. Орёл<sup>1</sup>,  
А.А. Черник,<sup>1</sup> В.В. Жилинский,<sup>1</sup> И.М. Жарский<sup>1</sup>, В.И. Лапаник,<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет,  
<sup>2</sup>НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко  
\*e-mail: [v.bezborodov@belstu.by](mailto:v.bezborodov@belstu.by)

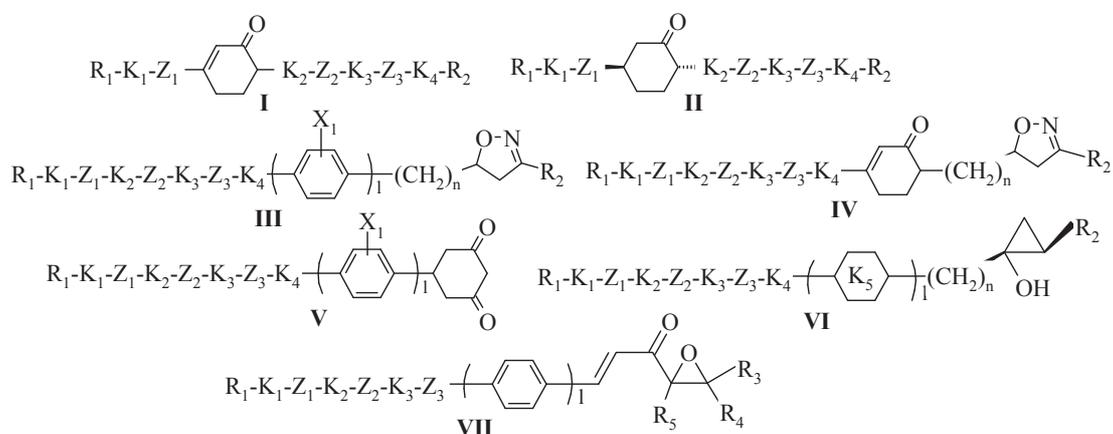
## **ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И СТРУКТУР НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Учитывая, что большинство природных соединений и биополимеров – полисахариды, белки, гликопротеины, нуклеиновые кислоты 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, анизотропию реакционной способности; самоорганизацию химических систем и органических молекул, обуславливающих региоселективность протекания реакций и образования комплементарных структур (супрамолекулярная химия).

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 [1], 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) [1].



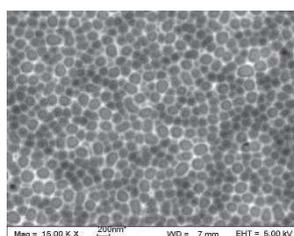
$R_{1,2}$  = алкильный или алкоксильный фрагменты, F, Cl, CN, CF<sub>3</sub>, OCF<sub>3</sub> или хиральный фрагмент; K<sub>1-4</sub> = связь или бензольное, циклогексановое, или циклогексеное кольца; n = 0-5; Z<sub>1-3</sub> = связь или CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>, или другие мостиковые фрагменты; l = 0 или 1; R<sub>3-6</sub> = H или алкильный, или арильный фрагменты

Доступность и многообразие исходных реагентов, высокие выходы продуктов реакций, возможность модификации циклогексенового, циклогексанового, 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, гидроксид-, других функциональных или полярных групп в центральной и концевой частях молекул. Восстановление изоксазолинового фрагмента, раскрытие оксиранового цикла водой в кислой среде, галогенводородными кислотами, вторичными аминами открывают доступ к соответствующим α-диолам, галогенгидринам или аминос-

пиртам. 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.

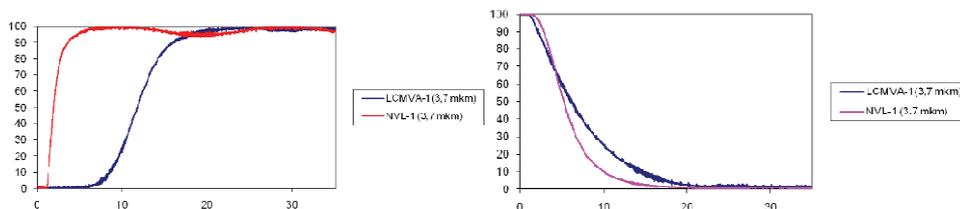
Предлагаемая методология синтеза анизотропных материалов отличается оригинальностью, имеет очевидные преимущества в сравнении с известными методами получения, а новые комбинации алкильных, алкенильных, циклических, мостиковых фрагментов; введение боковых заместителей в центральное ядро анизотропных материалов обеспечивают улучшение мезоморфных свойств (снижение температуры образования и расширение температурного интервала существования мезофаз), увеличение положительной или отрицательной диэлектрической анизотропии, уменьшение или увеличение оптической анизотропии, снижение вязкости и оптимизацию констант эластичности.

В качестве альтернативных вариантов формирования структурированных материалов на поверхностях, апробирован способ создания гомеотропной ориентации молекул нематических жидких кристаллов (НЖК) на упорядоченных наносетчатых пленках алюминия, оксидов  $\text{In}_2\text{O}_3$  и  $\text{SnO}_2$  (ITO), сформированных методом электрохимического анодирования на стеклянных подложках, поры которых могут иметь различные диаметр, глубину и поверхностный рельеф (рис.1) [2].



**Рисунок 1 – СЭМ-снимок проводящей алюминиевой структуры, полученной в щавелекислом электролите**

Было установлено, что формирование структурированных пленок на указанных поверхностях с диаметром пор 150–200 нм позволяет получать однородную гомеотропную ориентацию молекул нематических жидких кристаллов. Используя данные плёнки в качестве ориентирующих поверхностей, можно достичь улучшения качества ориентации молекул НЖК, временных и электрооптических параметров жидкокристаллических устройств отображения информации (рис. 2).



**Рисунок 2 – Временные параметры ЖК ячеек**

При этом по сравнению с традиционными методами создания ориентирующих покрытий, электрохимическое анодирование, позволяющее получать различные плёнки с регулярной рельефной поверхностью, является более простым и экономичным методом.

Комбинация анизотропных материалов, плёнок и поверхностей, характеризующихся упорядоченной рельефной структурой, открывает новый подход к разработке и созданию различных высококачественных устройств отображения информации с улучшенными параметрами.

Управление процессами самоорганизации является важнейшей задачей на пути к формированию функциональных наноматериалов с заданными физико-химическими свойствами и разработке наноустройств на их основе. Очевидным подходом к контролю структуры самоорганизованных систем является управление градиентными полями, определяющими силы притяжения и отталкивания ее элементов, а также использование анизотропных соединений, которые будут способствовать созданию наведенной анизотропии и организации систем.

Роль анизотропной формы, анизотропии свойств, реакционной способности молекул и направленности процессов (реакций) в получении природных веществ, биополимеров в формировании природной среды и живых организмов, в возникновении жизни несомненна.

В этой связи возникает необходимость перейти от химии индивидуальных анизотропных молекул к химии анизотропных молекул в коллективе, к новому направлению исследований – супрамолекулярной химии анизотропных материалов – анизотропному материаловедению и детальному изучению процессов самоорганизации.

Предлагаемая нами методология является креативной и имеет целый ряд отличительных достоинств, в сравнении с известными методами получения аналогичных соединений и структур, моделирования биологических систем и с успехом может быть использована для раз-

работки новых материалов и устройств с широким спектром практического использования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. V.S. Bezborodov, S.G. Mikhalyonok, N.M. Kuz'menok, V.I. Lapanik, G.M. Sasnouski. *Liquid Crystals*. v. 42(8), p.1124-1138 (2015).

2. V. Bezborodov, V. Zhylnski, A. Chernik, N. Bogomazova, I. Zharski, A. Smirnov, A. Stsiapanau, V. Lapanik, S. Mikhalyonok. International Symposium. Digest of technical papers. Eurodisplay 2015. Ghent, Belgium. P26, p. 93 (2015).

УДК 541.133

А.В. Кузьмин<sup>1,2</sup>, В.П. Горелов<sup>1</sup>, В.Б. Балакирева<sup>1</sup>, А.Ю. Строева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,  
620137, г. Екатеринбург, С. Ковалевской, 22

<sup>2</sup>Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

### **ПРОТОНПРОВОДЯЩИЕ ОКСИДЫ: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

В ряду глобальных проблем, стоящих перед современной наукой, особое место занимает создание новых источников энергии, а также разработка энергосберегающих и экологически чистых технологий. Одним из перспективных направлений решения энергетических проблем является разработка электрохимических устройств на базе высокотемпературных оксидных твердых электролитов. На основе таких материалов разрабатываются топливные элементы с высоким КПД, электролизеры для получения особо чистых газов, датчики для контроля состава газовой фазы.

Важная материаловедческая задача в процессе развития высокотемпературных электрохимических устройств – оптимизация свойств твердого электролита, основными требованиями к которому являются высокая ионная проводимость, термическая и химическая стабильность, механическая прочность в рабочих условиях. Технический прогресс, развитие технологий в сфере энергетики и энергосбережения предъявляют все более высокие требования к материалам. Так, в области твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) отчетливо выражена тенденция на снижение рабочей температуры до 700-500°C. Снижение температуры позволит применять недорогие конструкционные материалы, упростить конструкцию, увеличить срок службы вследствие снижения скорости процессов деградации, повысить экс-