

В. С. Безбородов, проф., д-р хим. наук,  
С. Г. Михалёнок, доц., зав. кафедрой, канд. хим. наук;  
Н. М. Кузьменок, доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск)  
В. И. Лапаник, зав. лабораторией  
(НИИ ПФП БГУ, г. Минск)

## **РЕТРОСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ХИМИИ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ И АНИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ В БЕЛАРУСИ**

Работы по синтезу и исследованию зависимости свойств мезоморфных соединений от химической структуры молекул до 60-х годов прошлого века носили во многом чисто академический характер. Начиная с 60-х годов, после появления в США патентов (Фергасон) на применение холестерических ЖК для визуализации тепловых и СВЧ-полей и в других приложениях, интерес к ЖК резко возрос. Во многих странах мира (США, Япония, ФРГ, ГДР, Англия и др.), включая СССР, стали интенсивно вестись работы по синтезу и исследованию холестерических ЖК. Последующее открытие эффекта динамического рассеяния света в тонких слоях нематического ЖК с отрицательной диэлектрической анизотропией, а также обнаружение эффективной переориентации молекул нематических ЖК с положительной анизотропией под воздействием слабого электрического поля, стимулировали рост числа работ и патентов по синтезу, исследованию физических свойств и применению жидких кристаллов. Это привело к тому, что к 80-м годам сформировался новый специфический раздел органической химии – «Химия жидких кристаллов» со своей стратегией синтеза мезоморфных веществ и различных добавок, необходимых для создания эффективных ЖК материалов, и с тщательным анализом связи между структурой молекул мезоморфных соединений и их свойствами, что необходимо для целенаправленного выбора жидких кристаллов, обладающих улучшенными эксплуатационными параметрами.

К этому времени в Беларуси сформировалась научная школа, центр которой базировался в НИИ прикладных физических проблем БГУ. Позже к этим исследованиям присоединились ученые Белорусского государственного технологического университета, которые сгруппировались вокруг проф. Безбородова В.С., имеющего авторитет и опыт работы в этой области не только в нашей стране, но и за рубежом (США, Германия, Польша, республика Корея и др.).

Следует отметить, что в настоящее время, несмотря на успехи,

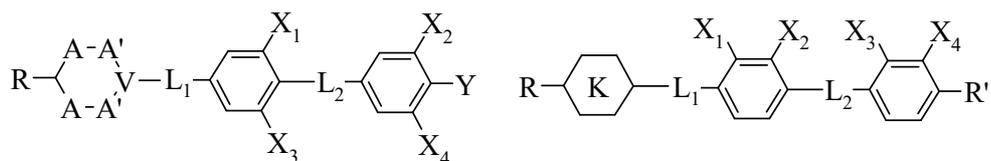
достигнутые в области синтеза жидкокристаллических соединений и создания на их основе разнообразных композиций, по-прежнему, несомненно, актуальной является разработка жидкокристаллических соединений, характеризующихся невысокой температурой образования мезофаз и широким температурным интервалом их существования, имеющих малую вязкость нематической фазы, высокое значение положительной или отрицательной диэлектрической анизотропии, хорошо смешивающихся с жидкокристаллическими соединениями различных классов. Методы синтеза этих соединений должны характеризоваться доступностью исходных реагентов, отсутствием сложных технологических стадий, высоким выходом конечных продуктов.

Имея более чем 45 летний опыт исследований различных типов жидкокристаллических материалов, ученые РБ разработали оригинальные **методологии** синтеза и создания не только ЖК материалов для всех типов электрооптических устройств отображения информации, но новых анизотропных материалов и устройств с широким спектром практического использования [1-4].

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 соединений для дизайна новых молекулярных структур (инженерия молекул), пленок, жидких кристаллов, мембран, мицелл и т. д.; для создания анизотропных ансамблей молекул и биологических систем.

Так, в результате проведенных исследований для получения полярных мезоморфных соединений были разработаны оригинальные методы синтеза, позволившие создать соединения с новыми сочетаниями используемых для этой цели структурных фрагментов и более высокими, по сравнению с известными ЖК компонентами, значениями положительной или отрицательной диэлектрической анизотропии.

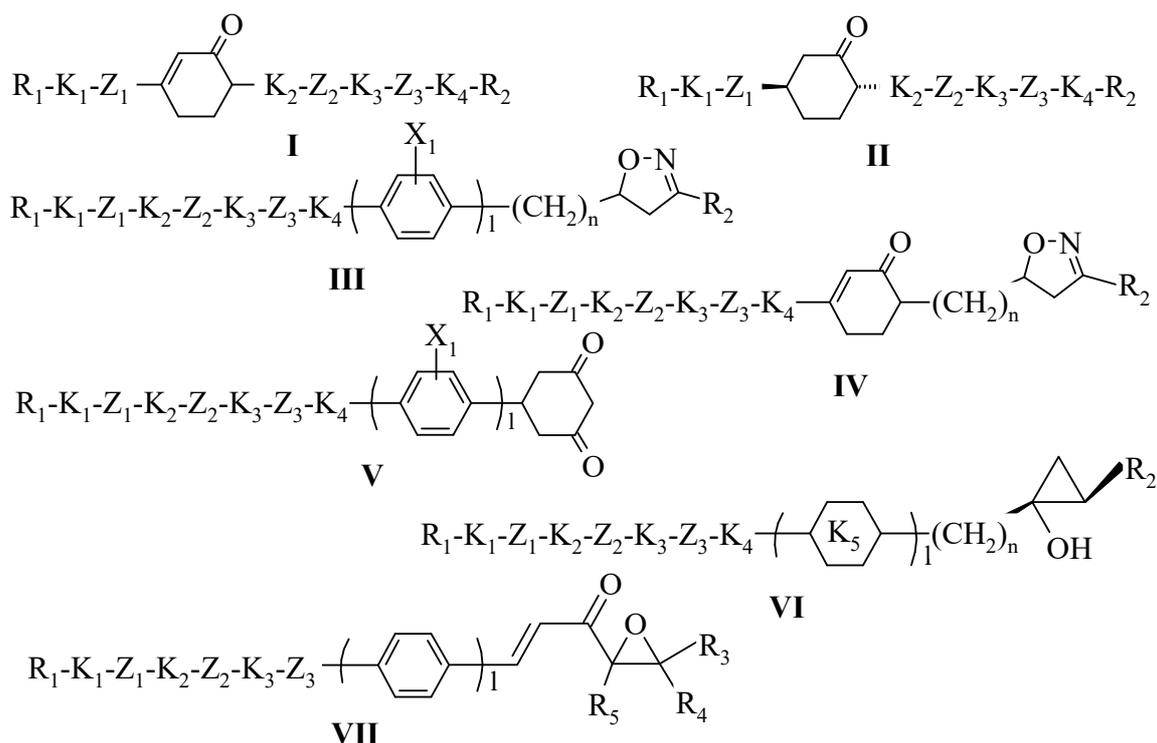
Общие формулы полученных соединений указаны ниже.



$A, A' = O, C; V = C, B, N; X_{1-4} = H$  или  $F, Cl, CF_3, CH_3; Y = F$  или  $Cl, CN, NCS, CF_3, OCF_3$   $K =$  циклогексановое или бензольное кольцо;  $R, R' =$  алкильный или

алкоксильный радикалы;  $L_{1-2}$  = связь или  $CH_2CH_2$ ,  $COO$

Для синтеза анизотропных карбоциклических и гетероциклических соединений, имеющих стержнеобразную форму молекул и характеризующихся их ориентационной упорядоченностью было предложено 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 непрелдельные эпоксикетоны (VII).



$R_{1,2}$  = алкильный или алкоксильный радикалы,  $F$ ,  $Cl$ ,  $CN$ ,  $CF_3$ ,  $OCF_3$  или хиральный фрагмент;  $K_{1-4}$  = связь или бензольное, циклогексановое, циклогексеное кольцо;  $n = 0-5$ ;  $Z_{1-3}$  = связь или  $CH_2CH_2$ , или другие мостиковые фрагменты;  $l = 0$  или  $1$ ;  $R_{3-6}$  =  $H$  или алкильный, арильный фрагменты

Доступность и многообразие исходных реагентов, высокие выходы продуктов реакций, возможность модификации циклогексанового, циклогексанового, изоксазолинового, циклопропанового, непрелдельного эпоксикетонного фрагментов различными реагентами позволили 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 терминальных частях молекул. Восстановление изоксазо-

линового фрагмента, раскрытие оксиранового цикла водой в кислой среде, галогенводородными кислотами, вторичными аминами открывают доступ к соответствующим  $\alpha$ -диолам, галогенгидринам или аминоспиртам, при этом последние могут быть переведены в водорастворимую форму в виде солей с минеральными кислотами. Это позволило 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.

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

## ЛИТЕРАТУРА

1. Bezborodov V.S., Dabrowski R. Present and future of the liquid crystal chemistry. *Mol.Cryst.Liq.Cryst. Sci. and Techn.* – 1997. Vol. 299, № 1. – P. 1–17.
2. Dąbrowski R., Bezborodov V. Developing syntheses of new liquid crystals. *Liq. Cryst.* – 2006. – Vol. 33, № 11–12. – P. 1487–1489.
3. Bezborodov V.S., Mikhalyonok S.G., Kuz'menok N.M., Lapanik V.I., Sasnouski G.M.. Polyfunctional intermediates for the preparation of liquidcrystalline and anisotropic materials. *Liquid Crystals.* – 2015. Vol. 42, № 8. – P. 1124–1138.
4. Безбородов В.С. Химия жидкокристаллических материалов / В.С. Безбородов. – Мн.: БГТУ, 2017.– 277 с.