

УДК 544.25+538.9+544.32+532.77

**В. В. Беляев<sup>1</sup>, Б. И. Островский<sup>2</sup>, Е. С. Пикина<sup>3</sup>**

**14-я ЕВРОПЕЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ЖИДКИМ КРИСТАЛЛАМ (ECLC-2017),  
25–30 ИЮНЯ 2017, МОСКВА**

<sup>1</sup>Московский государственный областной университет,  
ул. Радио, д. 10-а, 105005 Москва, Россия. E-mail: vic\_belyaev@mail.ru

<sup>2</sup>Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» РАН,  
Ленинский пр., 59, 119333 Москва, Россия. E-mail: ostrenator@gmail.com

<sup>3</sup>Институт проблем нефти и газа РАН,  
ул. Губкина, д. 3, 119333 Москва, Россия. E-mail: elena@ogri.ru

*В статье приводятся данные о впервые проведенной в России Европейской конференции по жидким кристаллам. Отмечено, что пленарный доклад профессора Н. В. Цветкова содержал обширный материал о деятельности выдающегося российского ученого В. К. Фредерикса. Сделан краткий аналитический обзор наиболее интересных разработок, представленных на 11 секционных заседаниях конференции, которые отражают новые и важные направления исследований в области жидких кристаллов и родственных материалов.*

**Ключевые слова:** жидкие кристаллы, синтез, структура, свойства, применение.

**DOI:** 10.18083/LCAppl.2018.1.84

**V. V. Belyaev<sup>1</sup>, B. I. Ostrovsky<sup>2</sup>, E. S. Pikina<sup>3</sup>**

**THE 14th EUROPEAN CONFERENCE ON LIQUID CRYSTALS (ECLC 2017),  
JUNE 25–30, 2017, MOSCOW**

<sup>1</sup>Moscow State Regional University,  
10-a Radio St., Moscow, 105005, Russia. E-mail: vic\_belyaev@mail.ru

<sup>2</sup>Federal Scientific Research Center «Crystallography and Photonics» of the RAS,  
59 Leninsky Pr., Moscow, 119333, Russia. E-mail: ostrenator@gmail.com

<sup>3</sup>Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences,  
3 Gubkina St., Moscow, 119333, Russia. E-mail: elena@ogri.ru

*The article contains data on the 14<sup>th</sup> European Conference on Liquid Crystals held for the first time in Russia. It is noted that the plenary report of Professor N.V. Tsvetkov contained extensive material on the activities of the outstanding Russian scientist V.K. Fredericks. A brief analytical review of the most interesting developments presented at 11 sectional meetings of the conference, which reflect the new and important areas of research in the field of liquid crystals and related materials is made.*

**Key words:** liquid crystals, synthesis, structure, properties, application.

Наука о жидких кристаллах – междисциплинарная область на стыке физики, химии, биологии, технологии, нанотехнологии и др. Одно из главных направлений – создание новых методов и систем синтеза, диагностики, контроля, необходимых для проведения исследований на современном уровне, а также разработка новых материалов и технологий. Все это было представлено на Европейской конференции по жидким кристаллам (ECLC), впервые состоявшейся в России 25–30 июня 2017 г.

Конференция имеет многолетнюю традицию, идущую с конца XX века. В 1970–1980-х предшественниками ECLC были конференции социалистических стран по жидким кристаллам (ЖК). В XXI веке ECLC проводились в Германии (Галле, 2001), Испании (Хака, 2003), Италии (Сесто, 2005), Португалии (Лиссабон, 2007), Франции (Кольмар, 2009), Словении (Марибор, 2011), Греции (Родос, 2013) и Великобритании (Манчестер, 2015). Первое проведение ECLC в

России подчеркивает приоритет ученых России и СССР в исследованиях ЖК и практических разработках.

Председателем оргкомитета ECLC-2017 был академик Хохлов Алексей Ремович, проректор МГУ им. М. В. Ломоносова, сопредседателями – профессор РАН Емельяненко Александр Вячеславович (МГУ) и профессор Беляев Виктор Васильевич (Московский государственный областной университет (МГОУ) (*фото 1*). Секретари оргкомитета – Торгова София Исааковна (ФИАН) и Шабатина Татьяна Игоревна (МГУ). Председатель программного комитета – профессор Блинов Лев Михайлович. Большой объем работы по подготовке и проведению конференции был выполнен сотрудниками мехмата и физфака МГУ А. Калугиным, С. Швецовым, В. Барбашовым, В. Рудяком и др. В проведении конференции участвовали волонтеры из МГОУ и Российского университета дружбы народов (РУДН) (*фото 2*).



*Фото 1.* Председатель оргкомитета академик А. Р. Хохлов (в центре), сопредседатель профессор РАН А. В. Емельяненко (справа), сопредседатель конференции, председатель секции «Применения ЖК», главный научный сотрудник отдела организации научных исследований и международных связей МГОУ доктор технических наук, профессор В. В. Беляев

*Photo 1.* Chairman of the Organizing Committee Academician A.R. Khokhlov (center), co-chairman of the RAS Professor A.V. Emelianenko (right), co-chairman of the conference, chairman of the section "Applications of housing and communal services", chief research officer of the Department of Organization of Scientific Research and International Relations of the Moscow State University of Architecture and International Relations, Doctor of Technical Sciences, Professor V.V. Belyaev



*Фото 2.* Волонтеры – студенты физико-математического факультета МГОУ и инженерной академии РУДН перед оргкомитетом конференции во время церемонии закрытия

*Photo 2.* Volunteers – students of the Physics and Mathematics Faculty of MGOU and the PFUR Engineering Academy before the conference organizing committee during the closing ceremony of the conference



*Фото 3.* Общее фото участников конференции

*Photo 3.* General photos of the conference participants

На конференции были представлены доклады организаций из 38 стран, государств СНГ и Российской Федерации с 453 участниками, в том числе 318 иностранными учеными из таких стран, как Великобритания, Франция, Италия, Германия, Ирландия, Польша, Чехия, Словакия, Словения, Болгария, Испания, Португалия, Швеция, Люксембург, Бельгия, Греция,

Турция, США, Китай, Япония, Корея, Тайвань, Гонконг, Чили, Венесуэла, Тунис, Алжир, Иран, Белоруссия, Грузия, Армения, Узбекистан и др. (*фото 3*). На конференции к большой науке приобщились студенты многих вузов: МГУ, МГОУ, РУДН и др. Всего в конференции приняло участие 215 молодых ученых.

Конференция была разделена на следующие основные секции: (1) новые ЖК-фазы, структура и характеристика фаз; (2) дизайн и синтез ЖК-материалов; (3) фотонные, электро- и фоточувствительные ЖК-системы; (4) теория и компьютерное моделирование ЖК-систем; (5) ЖК-полимеры, эластомеры, коллоиды и гели; (6) гибридные и наноструктурированные ЖК-системы; (7) биологические, лиотропные и хромонические ЖК-системы; (8) сегнетоэлектрические ЖК-системы; (9) ограниченные ЖК-системы и дефекты; (10) гидродинамика и микрофлюидика ЖК-систем; (11) применение жидких кристаллов.

ЕCLC-2017 открылась лекцией профессора СПбГУ Н. В. Цветкова о Всеволоде Константиновиче Фредериксе (1885–1944), основателе научного направления, успешно развивающегося во всем мире. Основные положения этой лекции будут опубликованы в статье Н. В. Цветкова во 2-м номере журнала «Жидкие кристаллы и их практическое использование» в этом году [1]. В 1927 г. Фредериксом в Петрограде в Физико-техническом институте были выполнены первые опыты по поведению ЖК в магнитном поле. Конференция как раз была посвящена 90-й годовщине открытия эффекта «переход Фредерикса». Эффект заключается в переориентации молекул ЖК под действием внешнего магнитного или электрического поля и приводящего к изменению оптических свойств ЖК. Этот эффект стал основой интенсивного развития многих технологий и устройств, относящихся к средствам отображения информации (дисплеям), оптическим элементам, устройствам и системам оптической обработки информации. Он свидетельствует о российском приоритете в исследованиях, нашедших всеобщее практическое применение.

Во вторник, 27 июня, на утренней пленарной секции состоялась вручение медалей имени В. К. Фредерикса Жидкокристаллического общества «Содружество» (фото 4). Медали за 2015–2016 гг. вручены ведущим российским и зарубежным ученым, физикам и химикам, за выдающийся вклад в науку о жидких кристаллах: Джону Гудби (Великобритания), Евгению Аверьянову (Красноярск), Нельсону Табиряну (США) и Галине Жарковой (Новосибирск). Все ученые награждены не только за фундаментальные исследования, но и за свой вклад в применение ЖК в различных областях техники. В статье [2] можно

ознакомиться со списком всех ученых – лауреатов этой престижной медали.



Фото 4. Один из авторитетнейших российских ученых в области жидких кристаллов профессор Л. М. Блинов вручает медаль Фредерикса Н. Табиряну, США

Photo 4. Professor L.M. Blinov, one of the most authoritative Russian scientists in the field of liquid crystals, presents the medal of Fredericks N. Tabirianu, USA

В короткой статье невозможно рассказать обо всех интересных исследованиях и разработках, представленных на конференции. Отметим некоторые работы, доложенные на ECLC-2017 в Москве, которые представляют новые и важные направления исследований в области жидких кристаллов (ЖК) и родственных материалов.

Начнем с секции 1, посвященной новым ЖК-фазам, структуре и характеристике фаз. Группа профессора Ориано Франческанжели (Политехнический университет Марке, Италия) изучала ориентационный порядок в жестких стержнеобразных нематиках, составленных исключительно из ковалентно связанных ароматических колец.

К ним относятся *p*-quinquephenyl (PPPPP) и 2,6-biphenyl naphthalene (PPNPP), показывающие высокотемпературную (при температурах выше 400 °C!) нематическую фазу.

Подобные жесткие нематогены представляют собой идеальную модельную систему для сравнения теории нематического упорядочения с экспериментом. Дифракционные картины, наблюдаемые в нематической фазе, демонстрируют большое количество довольно узких меридиональных рефлексов. При этом продольная корреляционная длина существенно превышает значения, характерные для обычных нематиков. Величина ориентационного параметра порядка также существенно выше, чем следует из классической теории Майера – Заупе. В этом смысле полученные результаты ближе к предсказаниям теории Онзагера для твердых стержней. Наблюдаемые отличия авторы связывают с отсутствием в структуре молекул гибких концевых алкильных цепей.

Необходимо отметить три экспериментальные работы, посвященные изучению «*twist-bend*» нематической фазы (NTB) и фазового перехода нематик – нематик (N–NTB) в некоторых ЖК-системах. Подобные мезогенные материалы с двумя последовательными нематическими фазами вызывают в настоящее время повышенный интерес среди ЖК-сообщества. Низкотемпературная нематическая фаза в этих ЖК характеризуется спонтанным образованием хиральных доменов в системе из нехиральных компонентов.

Первая из указанных работ выполнена Марио Чифелли и коллегами (кафедра химии и промышленной химии университета Пизы, Италия) и называется «ЯМР исследование двуосности и диффузометрии в *twist-bend* нематической фазе». Авторы сообщают о расшифровке структуры двух нематических фаз в ЖК, образованном нечетным димером *1'',7''-bis-4-(4'-cyanobiphenyl-4'-yl) heptane* (CB7CB). Эксперименты проводились методом ЯМР, позволяющим определить компоненты тензора трансляционной самодиффузии. Анализ полученных данных подтверждают «*twist-bend*» (NTB) структуру в низкотемпературной нематической фазе.

Второй доклад под названием «Структурные параметры систем с двумя нематическими фазами» представил Дж. Мель с соавторами (университет Халла, Великобритания). Авторы описывают дизайн и синтез разнообразных ЖК-систем на основе фторированных *terphenyl* и *cyanobiphenyl*

фрагментов, связанных с помощью гибких алкильных цепей как четной, так и нечетной длины. Синтез ЖК-материалов контролировался таким образом, чтобы получать как симметричные, так и асимметричные олигомерные соединения. Экспериментально подтверждено существование NTB-фазы в некоторых из исследованных смесей.

Наконец, третья работа была представлена Ж. Карвалью с коллегами (Центр физики и техники перспективных материалов и кафедра физики Лиссабонского университета, Португалия). Название доклада «Ориентационный порядок NU и NTB-фаз CB9CB определенный методами  $^1\text{H}$  и  $^2\text{H}$  ЯМР-спектроскопии». Используя методы протонной и дейтериевой ЯМР-спектроскопии, авторы смогли определить компоненты ориентационного тензора Заупе в обеих нематических фазах, обнаруженных в соединении CB9CB. Им удалось доказать, что, помимо обычной нематической фазы, в этом соединении в интервале температур 377,6–356,6 К существует периодически модулированная NTB-фаза.

Нельзя не отметить и ряд теоретических работ, посвященных исследованию «*twist-bend*» – NTB-фазы и других модулированных фаз в нематических ЖК. Лех Лонга и Войцех Томчик (Ягеллонский университет, Краков, Польша) доложили работу «Модулированные нематические фазы, сформированные изогнутыми молекулами». Авторы представили расширенный вариант известных теоретических моделей для описания ориентационного порядка в новом семействе модулированных нематических фаз. Речь идет о *twist-bend* (NTB) и *splay-bend* (NSB) нематических фазах, которые преимущественно образуются ахиральными изогнутыми (*bent-core*) димерными и тримерными мезогенами. Особенностью NTB-фазы является то, что директор образует в пространстве коническую спираль с наномасштабной периодичностью, в то время как в NSB-фазе вариации директора отвечают плоской, нехиральной модуляции. На основе приближения самосогласованного поля авторам удалось идентифицировать и описать все возможные модулированные структуры и связанные с ними фазовые переходы в нематических ЖК.

Две другие теоретические работы были доложены в секции 4 «Теория и компьютерное моделирование ЖК-систем».

Альберта Феррарини и соавторы (Университет Падуи, Италия) представили доклад «Молекулярная диффузия в *twist-bend* нематической фазе: новые свойства, связанные с взаимодействием изогнутой формы и спирального окружения». Авторы исследовали процессы диффузии в NTB-фазе методами молекулярной динамики, используя модели, позволяющие получить последовательность фаз: изотропная жидкость – нематик – NTB. Диффузия изогнутых молекул характеризуется взаимодействием вращательного и трансляционного движений, которые проявляются в виде закрученных траекторий, наблюдаемых при смещении индивидуальных частиц в короткие периоды времени. Авторами показано, что геликоидальное строение NTB-фазы многократно усиливает эффекты взаимодействия, переводя их на макроскопический масштаб.

Михал Цесла с коллегами (Ягеллонский университет, Краков, Польша) представили доклад «Модулированные нематические структуры и нарушение хиральной симметрии». Авторы следуют идее Любенского и Радзиховского о том, что описание хирального порядка в среде, состоящей из нехиральных молекул, непременно должно включать квадрупольный (двуосный) и октопольный тензорные параметры порядка. Развивая этот подход, авторы исследуют свойства обобщенной решеточной дисперсионной модели Лебвола – Лашера (*Lebwohl – Lasher*) с взаимодействием ближних соседей, с добавлением туда квадрупольного и октопольного взаимодействий. Используя методы Монте-Карло авторы показали, что указанная модель действительно описывает спонтанное нарушение хиральной симметрии, приводящее к возникновению нематической *twist-bend* (NTB) структуре.

Анализируя доклады в секции 1 «Новые ЖК-фазы, структура и характеристика фаз», нельзя пропустить важную работу, посвященную структуре гексатической фазы в ЖК. Работа выполнена коллективом ученых из МИФИ, Центра «Фотоника и кристаллография» РАН, Москва, Россия и из Немецкого центра синхротронного излучения (Германия). Доклад «Восстановление функции парного распределения по картинам рентгеновской дифракции в гексатических ЖК» от имени соавторов представлен И. Залужным. Авторы рассматривают парную функцию распределения (PDF), определяющую вероятность найти частицу на

данном расстоянии от любой другой произвольно выбранной частицы. Использование этой функции является наиболее последовательным способом описания структуры системы. Авторами предложен новый способ реконструкции PDF из измеренных картин рентгеновской дифракции на основе недавно разработанного метода рентгеновского кросс-корреляционного анализа. Этот метод может быть использован для определения структуры любой частично упорядоченной атомной (молекулярной) системы с угловыми корреляциями. В данной работе этот метод применен для реконструкции PDF в смектической и гексатической фазах ЖК. Авторами показано, что появление порядка в ориентации связей в гексатической фазе проявляется в анизотропии PDF.

Доклад, представленный В. Колосовым, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, «Трансротационные кристаллы, сформированные в аморфных пленках» на первый взгляд не имеет прямого отношения к жидким кристаллам. Речь идет о весьма специфических микроструктурах в ультратонких кристаллических пленках различного состава. Однако симметрия образующихся дефектов решетки имеет много общего с распределением поля директора вокруг дисклинаций в нематических ЖК. Для исследования микроструктуры пленок использовались методы просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ). Автором обнаружены необычные трансротационные микроструктуры, образующиеся в тонких (10–100 нм) аморфных пленках различной химической природы (оксиды, халкогениды, металлы и сплавы) в процессе роста кристаллов. Для исследования микроструктуры пленок использовались методы просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ). Это необычное явление можно рассматривать как регулярное внутреннее вращение плоскостей кристаллической решетки в растущем кристалле. Трансротация в кристаллах представляет собой сочетание трансляций элементарных ячеек с их малыми вращениями вокруг осей, лежащих в плоскости пленки. В результате возникают сильные ориентационные градиенты в решетке, описываемые различной геометрией: цилиндры, эллипсоиды, тороиды, седловидные поверхности и т. д. Трансротационный кристалл рассматривается докладчиком как идеальный кристалл, заключенный в искривленное пространство.

Рассматривая доклады в секции 4 «Теория и компьютерное моделирование ЖК-систем», нельзя не отметить работу Дж. Селинджера и С. Танга (Кентский университет, США) «Ориентация топологических дефектов в двумерных НЖК». Доклад посвящен теоретическому исследованию ориентации некоторых топологических дефектов в двумерных нематических ЖК. Топологические дефекты чрезвычайно важны для понимания структуры и динамики жидких кристаллов. В последнее время стало понятным, что топологические дефекты в двумерной среде – это не просто точечные объекты. Они обладают и ориентационными свойствами, которые сильно влияют на движение и энергетику дефектов. Авторы представили новый математический формализм, позволяющий описать ориентационные свойства дефектов в двумерном нематике. Ими показано, что использование векторов для описания ориентации дефектов является неправильным, так как результат зависит от способа выбора системы координат. Вместо этого авторы работы предложили представлять ориентацию дефектов посредством тензора, ранг которого зависит от топологического заряда: ранг 1 для заряда  $+1/2$  и ранг 3 для заряда  $-1/2$ . Используя этот тензорный формализм, авторы рассчитали взаимодействие между дефектами, зависящее от их ориентации, и представили результаты численного моделирования движения дефектов.

В секции 5 «ЖК-полимеры, эластомеры, коллоиды и гели» большой интерес вызвал доклад Федерико Ланча и соавторов (Университет Твенте, Нидерланды) «Придание жесткости жидкокристаллическим полимерным пружинам фотооблучением». Авторы доклада разработали пружины на основе фоточувствительного ЖК-эластомера, свойства которого можно менять с помощью УФ-облучения. Эти пружины из эластомера демонстрируют сложные виды движения и нелинейный механический отклик на внешние воздействия. Подобная нелинейность в природе достигается с помощью спиральных структур в биополимерах, а также посредством их иерархической самоорганизации в волокнах. Авторами работы показано, что сходное механическое поведение может быть воспроизведено с помощью «умного» конструирования некоторых типов ЖК-эластомеров. В качестве исходного материала авторы использовали

хиральную нематическую фазу ЖК и регулировали механическую жесткость системы, изменяя плотность сшивок в ЖК-эластомере. Это позволило создать фоточувствительные пружины на основе этих материалов. Было показано, что эффекты, связанные с фотоизомеризацией азобензольных фрагментов, внедренных в эластомерную матрицу, усиливаются вследствие исходной закрутки холестерика, преобразуясь в макроскопическое движение. Подобные «мягкие» пружины обладают нелинейным откликом на внешнее механическое воздействие, их жесткость можно варьировать с помощью УФ-облучения. По мнению авторов, регулируемые пружины на основе ЖК-эластомеров могут найти применение в роботизированной технике.

С явным интересом был встречен ряд докладов в секции 9 «Ограниченные ЖК-системы и дефекты». Здесь в первую очередь необходимо отметить доклады, посвященные самоорганизации включений (коллоидных частиц) в ЖК-матрицах. Это активно развивающееся направление исследований в ЖК представляет несомненный интерес как для фундаментальной физики, так и для ряда практических приложений. Различные двумерные структуры в ЖК-пленках образуются вследствие взаимодействия включений, связанного с деформацией поля ориентационного упорядочения в жидком кристалле.

Павел Долганов с соавторами (Институт физики твердого тела РАН, Черноголовка) представил доклад «Структуры, образованные самоорганизацией включений в свободно подвешенных смектических пленках». Авторами обнаружен целый ряд двумерных структур, образованных топологическими дефектами в свободно подвешенных смектических С-пленках (хиральных и нехиральных). Среди них можно выделить как линейные, так и разветвленные и гексагональные системы включений. При этом исходными элементами, из которых формируются различные двумерные структуры, являются смектические острова в пленках. Авторами показано, что изменение положений топологических дефектов на границе включений вызывает значительные изменения равновесных межчастичных расстояний. Формирование двумерных структур в смектических С-пленках и величины их межчастичных расстояний количественно объяснены ориентационной деформацией поля с-директора вокруг индивидуальных включений.

Марьям Никкху (университет Лидса, Великобритания) и Игорь Мушевич (университет Любляны, Словения) доложили работу «Топологические монополи на микроспиралах и микрорезках в нематических ЖК». Авторы рассказали об экспериментах по стабилизации произвольного числа пар топологических дефектов в нематических ЖК с использованием объектов сложной геометрической формы. Топологические монополи были созданы с помощью индуцированной лазером локальной температурной закалки. Поскольку суммарный топологический заряд системы должен сохраняться, монополи появлялись парами с противоположными топологическими зарядами. Авторами показано, что геометрические формы, состоящие из топологически простых цилиндров с микроспиралами и микрорезками, удобны для образования цепочек устойчивых пар противоположно заряженных топологических дефектов, разделенных расстояниями в несколько микрон. За счет контроля число бороздок и расстояния между ними на цилиндрах с бороздками любое парное число топологических дефектов с точными пространственными положениями может быть создано и сделано устойчивым.

В этой же секции необходимо отметить доклад Елены Пикиной и соавторов (Институт теоретической физики РАН, Черноголовка, Россия, Институт проблем нефти и газа РАН, Москва и ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва) «Роль дислокаций в образовании и росте ядер самовключений в перегретых смектических пленках». Представленная работа посвящена теоретическому изучению механизма образования включений исходного молекулярного состава (нематических или изотропных капель) в перегретых свободно подвешенных смектических пленках. Авторами показано, что плавление смектиков в ограниченной геометрии (свободно подвешенные пленки) представляет собой сочетание самых разных явлений. Оно включает в себя как послойное утоньшение пленки в целом, так и спонтанное возникновение и рост нематических (изотропных) капель. Показано, что образование капель в перегретых смектических пленках возможно только при флуктуационной (тепловой) генерации достаточно большого числа дислокационных петель. В обычных условиях образующиеся в смектических пленках дислокации

уходят в мениск, окружающий плоскую часть пленки. В то же время для формирования и роста нематических капель в смектических пленках также требуется поглощение достаточно большого числа дислокационных петель. Это означает, что в перегретых смектических пленках капли конкурируют с мениском в захвате дислокаций.

Основным применением жидких кристаллов в настоящее время являются средства отображения информации (дисплеи). Поэтому значительная часть докладов на секциях, посвященных применениям ЖК, была по ЖК-дисплеям, их компонентам, новым электрооптическим эффектам, позволяющим улучшить визуальные и эксплуатационные характеристики дисплеев и привести новые функции этих устройств. На этих секциях были показаны пути совершенствования различных типов ЖК-устройств, применяемых как в дисплеях, так и других областях техники – фотоники, трибологии, медицины и др. Показаны возможности создания новых ЖК-устройств с новыми функциями, в том числе и с использованием различных видов наноматериалов – наночастиц, квантовых точек, биологических частиц и др.

Одним из центральных событий этой секции стала презентация устройств китайской компании БОЭ (BOE) (фото 5). Сейчас она является вторым в мире (после Самсунга) производителем дисплейных ЖК-панелей, а по ряду позиций (панели для мониторов, мобильных телефонов) занимает лидирующее положение в мире. 27 июня на выставке в Шуваловском корпусе МГУ, около зала Примакова, были представлены многочисленные промышленно производимые дисплеи БОЭ. В своем докладе «Открытые инновации для будущих дисплеев» старший вице-президент, технический директор дисплейной бизнес-группы БОЭ Донг Ксуэ рассказал о научной основе разработок БОЭ, о политике компании по развитию дисплейной техники, о последних достижениях мирового уровня.

Сейчас в мире основным разработчиком и производителем ЖК-материалов для различных применений является германская компания Мерк из Дармштадта. Руководитель одного из подразделений Мерк Арне Бюзинг рассказал об истории и будущих аспектах ЖК-материалов, исходя из промышленных перспектив. Эти две компании выступили спонсорами конференции ECLC-2017.





*Фото 4.* Леоно Гуо, главный сотрудник организации стратегического маркетинга БОЭ, и В.В. Беляев открывают выставку БОЭ в МГУ

*Photo 4.* Leono Guo, Chief Officer, Strategic Marketing Organization, BOE, and V.V. Belyaev opens BOE exhibition at Moscow State University



*Фото 5.* Дисплей на выставке БОЭ в МГУ

*Photo 5.* Display at BOE exhibition at Moscow State University

В ЖК дисплейных технологиях давно идет поиск материалов, альтернативных нематическим ЖК (НЖК), главным образом для повышения быстродействия дисплея и снижения времени электрооптического отклика ЖК с десятков миллисекунд до единиц миллисекунд и ниже. Основными претендентами на замещение НЖК

являются сегнетоэлектрические ЖК (СЭЖК). В них реализовано время переключения до 50 мкс и ниже. Проблемой является высокая стоимость материала, так как основные компоненты СЭЖК синтезируются с использованием сложных методов стереохимии. Другой проблемой является реализация градаций каждого цвета. Поэтому в мире ведутся активные поиски нехиральных ЖК-материалов, проявляющих эффект сегнетоэлектричества. В докладе группы ФИАН под руководством И. Н. Компанца описываются электрооптические свойства новых СЭЖК без спиральной структуры.

А в докладе Ю. Панарина, Дублинский технологический институт, Ирландия, обсуждаются нехиральные ЖК-системы, у которых осто молекулы имеет изогнутое строение. Такие системы обеспечивают линейный электрооптический отклик как по полярности приложенного напряжения, так и по виду вольт-контрастной характеристики, что дает большие возможности по передаче градаций интенсивности прошедшего света.

Среди новых типов ЖК-материалов и эффектов для использования в дисплейных технологиях – полимерно-стабилизированная голубая фаза для отражательного устройства (Ю. Корея), *твист-бэнд*-фаза (ЖК со структурой, имеющей деформацию кручения и продольного изгиба; исследование, выполненное в Польше), фрустрированные нематики с присущей им периодической структурой (Словения), материалы, представляющие собой эмульсию ЖК в воде (Московский технологический университет), ЖК-материалы с наночастицами различного типа – окись титана (Польша), графен (Армения) и др.

Среди *недисплейных применений ЖК* основным направлением является *фотоника* – область науки и техники, в которой исследуются и применяются различные эффекты формирования световых пучков, их распространение в различных средах и управление их характеристиками. Одним из идеологов этого направления является профессор Гонконгского университета науки и технологии В. Г. Чигринов. В его обзорной лекции были представлены различные эффекты и технологии ЖК-линз с переключаемым фокусным расстоянием, оптическая перезаписываемая память, умные окна и др.

В докладе Н. Табиряна, президента и основателя компании БИМКО (США), приведены многочисленные приборы и технологии ЖК-фотоники, за которые автору была присуждена медаль В. К. Фредерикса 2016 г. за выдающиеся достижения в физике ЖК.

В компании разработаны и внедрены в производство множество видов сверхтонких (толщина десятки микрометров) фазовых и дифракционных элементов, которые используются при обработке и преобразовании изображений, в астрономии, лазерной оптической связи, системах виртуальной и дополненной реальности. В качестве примера можно привести структуру фазовой пластины «векторный вихрь», имеющей сложное распределение локальной оптической оси оптически анизотропного материала. На основе этой структуры создан сверхтонкий и сверхлегкий объектив спутникового телескопа.

Одним из самых популярных недисплейных применений ЖК в оптике является *исследование и разработка различных линзовых ЖК-устройств*. На эту тему были представлены доклады из университета Халла (Великобритания), Юго-восточного университета (Китай), Гонконгского университета науки и технологии, Московского государственного областного университета. В докладе из Британии описана технология покапельной печати пленок ЖК и изготовления микролинзовых устройств.

В настоящее время ЖК все больше используются не только для модуляции света, но и для его генерации. С. Лукишова из университета Рочестера, штат Нью-Йорк (США), описала новую систему для нанокристаллических сверхъярких источников поляризационного излучения для дисплеев, светодиодов, микролазеров, однофотонных источников для обработки квантовой информации. Были представлены 6 независимых докладов из ФИАН, Института кристаллографии, Института кибернетики Грузии, Университета Калабрии, Италия, о генерации лазерного излучения в системах с холестерическими ЖК.

На секции № 11 «*Применение ЖК*» было представлено пять докладов по использованию ЖК в фотонно-кристаллических системах, выполненных в университете Лиссабона (Португалия), Военно-техническом университете (Польша), Университете Гента (Бельгия), Институте физики твердого тела (Черноголовка). Например, в

португальском докладе была представлена бионическая разработка нанокристаллической пленки из целлюлозы со структурой, соответствующей строению покровов некоторых насекомых и растений. А в докладе Я. Парки из Польши рассмотрена возможность использования ЖК-материала в качестве метаматериала для переключаемых приборов, работающих в тера- и гигагерцовом диапазоне. С. Урбан, Ягеллонский университет, Краков (Польша), описал свойства нового материала для фотовольтаического эффекта. Это смесь вновь синтезированных азометиновых производных с наночастицами двуокиси титана.

Был представлен ряд докладов по *ЖК-эластомерам и гелям*, которые являются основой перспективных МЭМС. Специалисты из Люксембурга, Венгрии, Индии, Великобритании, Италии, США, Словении, России, Тайваня показали возможность создания и функционирования актуаторов, микропружин, микронасосов и других механических устройств, функционирующих под действием тепла и света. Помимо традиционных ЖК-материалов, в одной из разработок ЖК-эластомеров впервые использована голубая фаза III, которая стала применяться в практике сравнительно недавно.

Показано несколько примеров применений ЖК в качестве датчиков различного типа. В докладе П. Шибаева (университет Нью-Йорка) ЖК используются в качестве газоанализаторов. А в докладах П. Долганова, ИФТТ РАН (Черноголовка) и Д. Л. Ма (Ю. Корея) впервые показана возможность использования в датчиках ЖК в качестве светящегося, а не светомодулирующего материала. Инду Верма, Индийский институт научного образования и исследований им. Мохали, предложила метод обнаружения креатинина по поверхностно-индуцированным переходам в ЖК-ячейках. В докладе В. Лапаника, НИИ прикладных физических проблем, Минск (Белоруссия), на основе ЖК-ячейки с картинными электродами было создано антенное устройство.

На этой же секции были представлены новые приборы для исследования свойств ЖК-материалов и характеристик ЖК-устройств, в том числе с использованием ЖК-элементов в их конструкции. В докладе Ереванского государственного университета был представлен измеритель циркулярного дихроизма на основе

поляризационной дифракционной волновой пластины. И. Вартамянц, представляющий германский эксперимент DESY (Дюссельдорф), применил кросс-корреляционный анализ рассеяния рентгеновских лучей для исследования геометрии внутримолекулярных связей.

*Магнитные свойства ЖК* изучаются давно. Кроме наиболее распространенных ЖК с диамагнитными свойствами, в группе Ю. Г. Галяметдинова, Казанский национальный исследовательский технологический университет, созданы ЖК с парамагнитными свойствами. На конференции были представлены новые материалы, синтезированные в этой группе. А в последнее время созданы ЖК с ферромагнитными свойствами, о чем были доклады из Словении, Испании, России (МГУ).

Главными итогами конференции должны стать вклад в проблему создания российской программы исследований и разработок в области жидких кристаллов, а также создание российских исследовательских коллективов в этом направлении и формирование инициативных международных исследовательских и внедренческих групп.

Разработки, достойные внимания в этой области, в России есть, следует усилить междисциплинарный подход и тесное

сотрудничество компаний, производств, и исследовательских лабораторий. Такое крупное событие в отрасли наук о ЖК, как проведение конференции столь высокого уровня, поможет ученым повысить уровень исследований и разработок и укрепить в нашей стране технологию продвижения продуктов от лабораторий на рынок.

*Организация и проведение секций конференции осуществлены при поддержке по грантам РФФИ № 17-03-20254, 17-02-20256, 17-07-20250. Технический партнер конференции – компания «Унифест». Информационными и техническими спонсорами стали издательство «Техносфера» и НПО «Криптен» (Дубна), изготовившее голографические эмблемы конференции.*

#### Список литературы / References

1. Tsvetkov N.V. Vsevolod Konstantinovich Freedericksz – the founder of the Russian school of physics of liquid crystals . *Liq. Cryst. and their Appl.*, 2018, **18** (2), – принята к печати.
2. Torgova S.I. Frederiks medal. *Liq. Cryst. and their Appl.*, 2017, **17** (3), 93–95.

*Поступила в редакцию 23.10.2017 г.  
Received 23 October 2017*