

## РОСНАНОФОРУМ



3–5 декабря 2008 в Москве в «Экспоцентре» прошел **Международный форум по нанотехнологиям, организованный государственной «Российской корпорацией нанотехнологий»**

Форум был представлен комплексом пленарных и секционных заседаний, стендовых докладов, выставок, круглых столов, пресс-конференций, дискуссий, семинаров и лекций по всему спектру нанотехнологий и nanoиндустрии с акцентом на практическое применение нанопродуктов во всех отраслях промышленности и бизнеса.

Широкое представительство отечественных и зарубежных ученых позволило сформировать интересную программу пленарных и секционных заседаний как на главной площадке форума – в ЦВК «Экспоцентр», так и в ряде научных и учебных организаций Москвы.

*Продолжение на с. 2*



### Коротко о главном:

Отчет об участии ЦФ РАН в Международном форуме по нанотехнологиям:

Наш сотрудник стал победителем конкурса молодых ученых.

Материалы секционного доклада М. В. Алфимова и В. А. Сажникова «Рациональный подход к дизайну оптохимических матричных сенсоров» читайте на с. 2.

Статья П. В. Лебедева-Степанова «Самоорганизация и самосборка: эволюция понятий» на с. 3.

В конце ноября состоялась 51-я научная конференция МФТИ: современные проблемы фундаментальных и прикладных наук. Подробнее на с. 4.

С 28 сентября по 3 октября в Ужгороде прошел Международный симпозиум «Нанопотоника», организованный Институтом физической химии им. Л. В. Писаржевского НАН Украины и Ужгородским национальным университетом. Читайте на с. 5.



Накануне Международного нанофорума, 2-го декабря 2008 г. ЦФ РАН посетил профессор Парас Н. Прасад (США) (Paras N. Prasad, Ph.D, University of Buffalo, The State University of New York (SUNY) Distinguished Professor of Chemistry, Physics, Electrical; Executive Director of Institute for Lasers, Photonics and Biophotonics).

Сотрудники ЦФ РАН познакомили высокого гостя с исследованиями и результатами подразделений Центра.

# РОСНАНОФОРУМ

Начало на с. 1

В рамках Форума были проведены специальные мероприятия, в том числе конкурс работ с участием молодых ученых, студентов и аспирантов.

Активное участие в работе форума приняло руководство страны, минис-

терств, ведомств, регионов, ведущих представителей российского бизнеса, а также зарубежных политиков и предпринимателей.

Большое внимание на выставке нанотехнологий привлекла экспозиция,

представленная Центром фотохимии РАН совместно с партнерами - ведущими научными институтами и учебными заведениями России: МФТИ, ИПХФ РАН, ИФХЭ РАН, ИСПМ РАН, ИВС РАН, ЦНИИ «Циклон», ООО SIAMS, имеющей большой опыт компьютерного моделирования процессов в области нанофотоники и компьютерной обработки результатов экспериментов, а также крупным голландским научным центром Holst Centre, с которым Центр фотохимии РАН на основе широкого обмена опытом проводит совместные исследования в области создания оптических хемосенсоров и функциональных наноструктурированных пленок.



## Рациональный подход к дизайну оптохимических матричных сенсоров

В секционном докладе, подготовленном в соавторстве с В. А. Сажниковым, М. В. Алфимов рассказал о важной для многочисленных приложений задаче построения оптического хемосенсора

Разнообразие летучих химических веществ, выделяющихся в результате природных и техногенных процессов, ставит задачу разработки и создания материалов и устройств обнаружения и контроля химических веществ, сравнимых по возможностям с системами обоняния живых организмов.

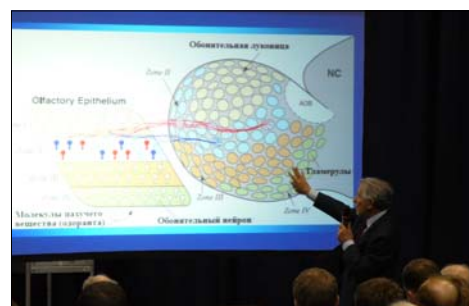
Актуальной является задача создания научной и технологических платформ, обеспечивающих разработку и производство систем контроля под заданные наборы летучих химических веществ.

Один из подходов к решению поставленной задачи может быть основан на «кодировании» химического вещества оптическим сигналом за счет использования материалов, изменяющих оптические свойства при взаимодействии с химическими веществами. Контроль состава сложных смесей летучих химических веществ

возможен только при использовании матричных систем, построенных из набора различных сенсорных элементов.

Ключевым звеном в реализации названного подхода является разработка стратегии конструирования и получения разнообразных оптохемосенсорных материалов. Получить отличающиеся по хемосенсорным характеристикам материалы при сохранении единой технологии их получения возможно для материалов определенного типа – иерархических наноструктурированных материалов.

Конструирование и получение таких материалов включает несколько последовательных стадий: для заданного набора веществ конструируется специальный набор супрамолекулярных рецепторных центров, в которые встроены индикаторные поглощающие или люминесцирующие мо-



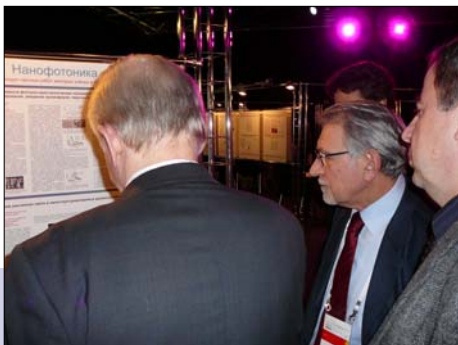
лекулы, которые могут связывать молекулы аналитов по принципу «гость-хозяин», осуществляется иммобилизация супрамолекулярного рецепторного центра на органической или неорганической наночастице; проводится сборка модифицированных наночастиц в микроструктуры (ансамбли наночастиц), которые являются элементами матричного хемосенсора (хемочипа).



## СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ НА ФОРУМЕ

**Поздравляем  
научного сотрудника ЦФ РАН  
Артема Александровича Хлебунова  
с первым местом на конкурсе  
молодых ученых!**

**На фото:** комиссия слушает доклады  
молодых ученых



# Самоорганизация и самосборка:

## ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЙ

Термин «самоорганизация» (англ. – self-organization) возник раньше, чем появилось понятие самосборки (англ. – self-assembly), которому не более двух десятков лет. В соотношении двух этих понятий до сих пор нет полной ясности во многом потому, что представители различных научных дисциплин по-своему их трактуют. Это имеет и историческую подоплеку. Концепция самоорганизации пришла в естественные науки из философии. Иммануил Кант говорил о самоорганизации звездных систем из облака первичной материи. Впоследствии концепция самоорганизации проявилась в теории эволюции живых организмов.

В 1947 г. термин «самоорганизация» появился в научной публикации Уильяма Эшби «Principles of the Self-Organizing Dynamic System», Journal of General Psychology, v. 37, p. 125–128.

В 1960-е гг. термин использовался в теории систем, а в 1970-е – 1980-е стал использоваться в физике сложных систем. Появилась специальная наука о самоорганизации – синергетика. Г. Хакен – основатель синергетики определил ее именно как науку о самоорганизации: «Самоорганизация – процесс упорядочения (пространственного, временного или пространственно-временного) в открытой системе, за счет согласованного взаимодействия множества элементов ее составляющих».

Концепцию самоорганизации структур и возникновения порядка из хаоса в так называемой диссипативной открытой системе развивал нобелевский лауреат Илья Пригожин.

Выделяют следующие характеристики самоорганизующейся системы:

- она является открытой, т.е. имеет место наличие обмена энергией (в том числе, возможно, веществом) с окружающей средой;
- она содержит неограниченно большое число элементов (подсистем);

- существует стационарный устойчивый режим системы, в котором элементы взаимодействуют хаотически (некогерентно).

Характеристики процесса самоорганизации в синергетике таковы:

- существует интенсивный обмен энергией (в том числе, возможно, веществом) с окружающей средой, причем совершенно хаотический, т.е. не вызывающий упорядочения в системе;

- макроскопическое поведение системы описывается несколькими величинами – параметром порядка и управляющими параметрами (исчезает информационная перегруженность системы);

- имеется некоторое критическое значение управляющего параметра (связанного с поступлением энергии), при котором система спонтанно переходит в новое, упорядоченное состояние (переход к сильному неравновесию);

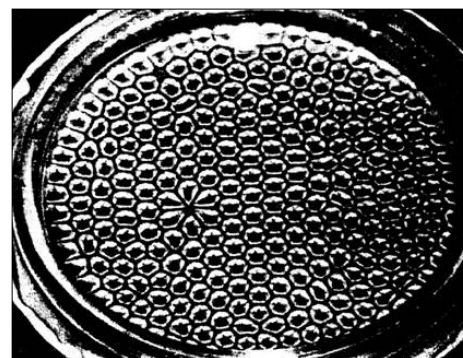
- новое состояние обусловлено согласованным (когерентным) поведением элементов системы, эффект упорядочения обнаруживается только на макроскопическом уровне;

- новое состояние существует только при безостановочном потоке энергии или вещества в систему. При увеличении интенсивности обмена система проходит через ряд критических переходов; в результате структура усложняется вплоть до возникновения турбулентного хаоса.

Имеется три стандартных примера самоорганизации: лазер, в котором имеет место пространственное упорядочение; ячейки Бернара (тоже пример пространственного упорядочения) и реакция Белоусова–Жаботинского (пространственно-временное упорядочение).

Пригожин создал нелинейную модель реакции Белоусова–Жаботинского, так называ-

## НАШИ ДИСКУССИИ



Пример самоорганизации – ячейки Бернара в масле. Если в сосуд с плоским дном налить масло, а сверху насыпать какой-либо плавающий порошок и нагреть сосуд на плите, то можно наблюдать как порошок на поверхности масла, вдруг начинает перестраиваться и образует сетку с правильными шестиугольными ячейками. В центре каждой ячейки вверх движется поток горячего масла, по мере поднятия остывает, увеличивает плотность и опускается вниз по краям ячейки. А. К. Чибисов демонстрирует бокс-камеру контроля диффузии атмосферного кислорода и воды

емый «брюсселятор». Поскольку для возникновения упорядочения в таких системах необходим приток энергии или отток энтропии, ее диссипация, Пригожин назвал эти системы диссипативными. Вследствие нелинейности, наличия более одного устойчивого состояния в этих системах, в них не выполняется ни второе начало термодинамики, ни теорема Пригожина о минимуме скорости производства энтропии. По аналогии описания самоорганизующихся систем с фазовыми переходами диссипативная самоорганизация получила название фазового перехода в неравновесной системе.

Практически до начала XXI в. синергетика казалась монополистом на описание самоорганизации.

Продолжение на с. 6

СЕМИНАРЫ «НАНОФОТОНИКА»

**29** мая 2008 г. Динамика аннигиляции в квантовых точках и углеродные нанотрубки. Exciton Annihilation Dynamics in Quantum Dots and Carbon Nanotubes. Проф. Масанори Тачия (Masanori Tachiya). National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST Tsukuba, Japan) General Research Director of the COE Development Project «Photoreaction Control and Photofunctional Materials».



# ХРОНИКА семинаров

Второе полугодие 2008

**16** июня 2008 г. на семинаре лаборатории 101 П. Е. Хохлов, студент 5-курса Факультета наук о материалах МГУ выступил с отчетом по практике, которую он проходил в ЦФ РАН, «Исследование режимов самосборки микро- и наноструктур из растворов коллоидных частиц».



**9** июля 2008 г. на семинаре лаборатории 101 были заслушаны доклады:  
1. А. А. Штыкова. «Условия образования и взаимных превращений полиморфных модификаций карбоцианинового красителя в водных и водноспиртовых растворах» (материалы статье).  
2. П. В. Лебедев-Степанов. «Кинетика агрегирования в тонких пленках раствора» (введение в теорию).

## 51-я научная конференция МФТИ:

современные проблемы фундаментальных и прикладных наук

Конференция МФТИ проходит ежегодно. В ней участвуют студенты, аспиранты и сотрудники МФТИ и других научно-исследовательских институтов РАН.

28 ноября 2008 г. в ЦФ РАН были заслушаны доклады участников конференции по отделению молекулярной и биологической физики, секция физики супрамолекулярных систем.

**Призеры среди аспирантов:**

**I место** заняла И. В. Демишева (ЦФ РАН), выступившая с докладом:

И. В. Демишева, В. А. Лившиц, В. П. Цыбышев, М. В. Алфимов. «Исследование методом ЭПР микроструктуры частиц двуокиси кремния».

**II место** заняла А. В. Иванчихина (ИПХФ РАН), выступившая с докладом:



А. В. Иванчихина, С. Б. Бричкин, В. Ф. Разумов. «Наноразмерные J-агрегаты цианинового красителя в растворах обратных мицелл на основе полиоксиэтилен-алкилфенилаэфира».

**Призеры среди студентов:**

**I место** заняла Д. А. Возняк (ЦФ РАН) с докладом:

Д. А. Возняк, А. К. Чибисов, Н. Х. Петров, М. В. Алфимов. «Особенность фо-

тофизических процессов в молекулах 33-диалкилтиакарбоцианинов в бинарных смесях растворителей».

**II место** занял Г. В. Арутинов (ИПХФ РАН) с докладом:

Г. В. Арутинов, С. Б. Бричкин, В. Ф. Разумов. «Исследование методов программируемой самосборки наночастиц различной природы».



**6** ноября 2008 г. состоялся семинар по тематике проекта «Многомасштабное моделирование». Были заслушаны два доклада:

1. В. И. Ролдугин. «Особенности диффузионного транспорта в наноразмерных системах».

Обсуждались вопросы, связанные с транспортом газов в наноразмерных каналах, в том числе и с переносом молекул из газовой фазы в область, занимаемую пористой средой. Были рассмотрены: проблема сопряжения диффузионных потоков на границе раздела фаз, задача о проникновении молекул наноразмерные каналы, эффекты, связанные с влиянием поверхностных сил, наличия пористых слоев на поверхности каналов и конечности их длины на движение молекул. Были проанализированы эффекты, связанные с наличием ловушек на поверхности наноразмерных каналов.

2. А. О. Малахов, В. В. Волков. «Адсорбция в наноразмерных системах».

Рассмотрено феноменологическое описание изотерм сорбции различных типов в рамках аналитической модели кооперативной полимолекулярной сорбции. В частных случаях модель сводится к теориям Ленгмюра и БЭТ. Модель иллюстрируется на системе алифатические спирты/политриметилсилилпропин, об-

суждается смысл параметров теории. Адсорбция в упорядоченных материалах с цилиндрическими мезопорами анализируется с помощью классического термодинамического подхода Дерягина-Брукгоффа-де Бура. Рассмотрены возможные модификации этого подхода, его сравнение с другими способами описания.

**10** декабря 2008 г. состоялся очередной семинар «Нанопотоника» со следующей повесткой дня:

1. В. н. с. ЦФ РАН, д. ф.-м. н. В. В. Егоров. «Современные тенденции в нанопотонике. Теория, эксперимент, приложения».

В докладе были рассмотрены особенности оптических свойств металлических наночастиц и их агрегатов, сенсорных устройств на их основе, а также молекул и J-агрегатов на поверхности и вблизи наночастиц.

2. Доклад в ведущей организации Астафьева А. А. «Сканирующая и двухфотонная микроскопия нано- и биообъектов» (научные руководители профессор О. М. Саркисов и академик РАН М. А. Островский) на соискание ученой степени к. ф.-м. н по специальности 01.04.17 (химическая физика в том числе физика горения и взрыва).

## ЭТО ИНТЕРЕСНО:



Сотрудники ЦФ РАН, как правило, люди нестандартные, что проявляется не только в их способности генерировать оригинальные идеи и прокладывать новые пути в науке, но и в их хобби. Мы уже рассказывали об увлечении директора ЦФ РАН академика М. В. Алфимова живописью, о картинах, написанных с. н. с. ЦФ РАН В. М. Аристарховым, об увлечениях нумизматикой и энтомологией н. с. ЦФ РАН С. К. Сазонова. Наверное, большинству известно, что телескоп – это микроскоп наоборот. Поэтому увлечение микроскопистов астрономией – логичное дополнение основной профессии. Мы публикуем фотографию солнечного затмения в Москве, сделанную с. н. с. ЦФ РАН к. х. н. А. В. Кошкиным 1 августа 2008 г. во дворе Центра в тот момент, когда затемненное Солнце на миг показало из сплошной облачности. Многие наши сотрудники находились в отпуске, и только А. В. Кошкин и Ученый секретарь ЦФ РАН В. Г. Авакян не пропустили знаменательное и редкое событие



## СИМПОЗИУМ В УЖГОРОДЕ

С 28 сентября по 3 октября в г. Ужгород на Украине проходил Международный симпозиум «Нанопотоника». Симпозиум был организован Институтом физической химии им. Л. В. Писаржевского НАН Украины и Ужгородским национальным университетом. Симпозиум проводился при поддержке Научного совета Комплексной программы фундаментальных исследований НАН Украины «Наноструктурные системы, наноматериалы и нанотехнологии» и был приурочен к 80-летию со дня рождения известного



фотохимика Украины и бывшего СССР, организатора ряда всесоюзных школ по фотохимии, Йосифа Йосифовича Дилунга.

Тематика симпозиума включала следующие направления:

- дизайн фотоактивных наноструктур;
- фотофизические процессы в наноразмерных полупроводниках;
- фотохимические и люминесцентные свойства наноструктур;

- нанопотокатализ;
- фотовольтаические системы;
- нанокompозитные электролюминесцентные материалы;
- системы на основе наноструктур для оптической регистрации информации.

В научный комитет симпозиума входили академик М. В. Алфимов и проф. В. А. Барачевский. Представленные на симпозиуме доклады отличал высокий научный уровень. На фото докладчики, сотрудник ЦФ РАН д. ф.-м. н. Е. Н. Ушаков (Черноголовка) и проф. В. А. Барачевский.

В работе симпозиума принимали участие ученые из России, Украины и Беларуси. Многих участников симпозиума еще с советских времен связывает дружба и сотрудничество, поэтому несмотря на сложности в отношениях между Россией и Украиной, обстановка на симпозиуме была на редкость теплой и душевной, а на неформальных мероприятиях звучали русские, украинские и белорусские песни. Это была встреча старых друзей, а для тех, кто раньше не был знаком – возможность завязать новые контакты.

## НАШИ ДИСКУССИИ

Начало на с. 3

Новое понимание понятия самоорганизации возникло в результате становления нанотехнологий, которые основаны на междисциплинарном подходе. Это привело к столкновению различных пониманий одних и тех же терминов. Ярким примером здесь является понятие самоорганизации. Выяснилось, что термин самоорганизация, в области супрамолекулярной химии и эволюционной биологии определен иным образом и для других феноменов, чем в синергетике. Кроме того, определение, данное в рамках синергетики, с течением времени разошлось по разным дисциплинам (включая социологию), стало нечетким.

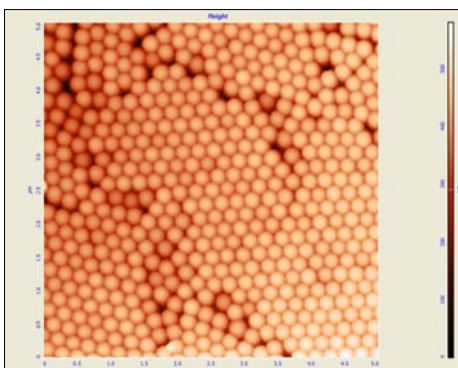
В 1987 г. основатель супрамолекулярной химии Жан-Мари Лен ввел наряду с термином «самоорганизация» термин «самосборка» для описания процессов упорядочения в системах высокомолекулярных соединений при равновесных условиях, в частности образования молекулы ДНК. Изучение вещества на наноуровне, образование сложной структуры в процессе кристаллизации без внешнего воздействия также потребовало описание этих явлений как самоорганизации. При этом фазовые переходы, такие как кристаллизация также стали относиться к самоорганизации. Для устранения путаницы, феномен упорядочения в равновесных условиях иногда определяют как консервативная самоорганизация.

Понятие «самосборка», введенное Ж.-М. Леном, возникло около двух десятков лет в супрамолекулярной химии, но наиболее широкое употребление оно приобрело с возникновением нанотехнологий.

Обратимся к современной энциклопедии по нанотехнологиям (*Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*. Edited by H. S. Nalwa, v. X, pp. 1–23). Здесь специфика понятия «самосборка» по отношению к понятию «самоорганизация» трактуется следующим образом. Самосборка – это процесс, в котором принимают участие только компоненты конечной структуры, т.е. включаемые в собирающуюся структуру. Как правило, в этот процесс вовлечены гидрофобные или гидрофильные взаимодействия, кулоновские и вандерваальсовы силы, как, например, в случае взаимодействия наночастиц в коллоидном растворе.

Самоорганизация же определена как механизм или процесс формирования образца на высшем масштабном уровне посредством

# Самоорганизация и самосборка: ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЙ



Результат самосборки полистирольных частиц из коллоидного раствора на плоской подложке (изображение получено в атомно-силовой микроскоп)

множественных взаимодействий компонентов более низких иерархических уровней системы. При этом компоненты взаимодействуют через свои локальные взаимодействия, каждое из которых в отдельности не определяет финальную структуру образца.

Иными словами, можно было бы сказать, что самоорганизация – это многостадийная или многомасштабная самосборка. И наоборот, самосборка – это локальная самоорганизация на одном из иерархических масштабных уровней на основе свойственных этому уровню взаимодействий.

Можно также заметить, что понятие самосборки имеет более явно выраженный технологический аспект, тогда как самоорганизация по смыслу восходит к своему теоретическому (синергетическому) прототипу и даже туманному философскому прообразу.

Во время дискуссии вокруг отличия и сходства понятий «самоорганизация» и «самосборка» на научно-техническом совете в ЦФ РАН 26 ноября 2008 г. столкнулись два крайних мнения.

Одно из них сводилось к тому, что самосборка и самоорганизация – одно и то же (как зачастую и принимается явно или нет во многих научных статьях). И действительно, в этом утверждении есть резон, если иметь в виду, что в обоих случаях, как правило, речь идет об открытой диссипативной системе, когда понижение энтропии ансамбля наноструктур происходит за счет подвода энергии извне. Сторонники этого мнения полагают,

что спор о смысле этих терминов – беспочвенный спор о словах, тавтология.

Противоположное мнение состоит в том, что понятие самосборки все же имеет свою специфику, возникшую благодаря новым классам задач, порожденных бурно развивающимися нанотехнологиями. Авторитет Ж.-М. Лена при отстаивании последнего мнения, конечно, играет свою роль. Но можно показать и чисто методическое отличие описания понятия самосборки от синергетического или восходящего к работам Пригожина подхода, принятого для описания самоорганизации. Отличие связано с разницей рассматриваемых систем.

Действительно, процесс самосборки предполагает некоторую ограниченную во времени эволюцию системы от некоторого начального состояния, когда элементы системы обладают подвижностью, до некоторого конечного состояния, когда элементы теряют подвижность, образуя финальную морфологию, характеризующую фиксированную в пространстве архитектурой ансамбля наноструктур. Процессы самоорганизации, рассмотренные на примере таких классических примеров как ячейки Бернара, которые представляют собой постоянно поддерживаемые подводом энергии извне формы конвективной неустойчивости жидкости, при которых состояние системы является стационарным. Для самоорганизации характерно также понятие бифуркации и связанного с ним понятия потери устойчивости, аналога которому нет в методологии процесса самосборки в описанном выше смысле.

Таким образом, споры о понятиях иногда приводят к рождению совершенно новой методологии, развитию нового теоретического аппарата, востребованного новыми, бурно развивающимися областями прикладной науки.

Сотрудники ЦФ РАН, вовлеченные в нанотехнологические проекты, активно участвуют в формировании новых понятий, востребованных этой новой и увлекательной областью науки. Приглашаем всех, кого заинтересовала эта тема, принять участие в дискуссии, в создании вместе с нами новых теоретических и экспериментальных методов в нанотехнологиях.

П. В. Лебедев-Степанов, к. ф.-м. н.

Газета «В центре фотохимии»;  
Издание Центра фотохимии РАН;  
Подготовлено ООО «Издательство «Регион»

Газета в формате PDF доступна на сайте  
<http://www.photonics.ru/>

По вопросам публикации обращаться:  
в приемную М. В. Алфимова  
к Марине Владимировне Кузьминой  
тел.: (495) 936-7753, e-mail: kuzmina@photonics.ru;  
к Петру Владимировичу Лебедеву-Степанову  
тел.: (495) 935-0120, e-mail: petrils@photonics.ru

Над номером работали:  
М. В. Алфимов, П. В. Лебедев-Степанов (ред.),  
И. Е. Штинов, В. В. Рунов.