

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Х.М. БЕРБЕКОВА

2011

Вып. 9

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Учредитель

*Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова
360004 Нальчик, ул. Чернышевского 173*

*Журнал зарегистрирован
в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций в 2003 г.
(свидетельство ПИ №77-16938 от 28 ноября 2003 г.)*

Адрес редакции: 360004 Нальчик, ул. Чернышевского 173
Телефон: (866-2)-423777 Факс: (095)-9563504 E-mail: avse@kbsu.ru

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Хапачев Ю.П. – доктор физ.-мат. наук, профессор, КБГУ, г. Нальчик

Зам. главного редактора: Дышеков А.А. – доктор физ.-мат. наук, профессор, КБГУ, г. Нальчик

- | | |
|-----------------|--|
| Абрамов А.М. | – чл.-корр. Российской академии образования, Московский институт развития образования, г. Москва |
| Аристов В.В. | – чл.-корр. РАН, Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов, г. Москва |
| Бахмин В.И. | – исполнительный директор Института Открытое общество, г. Москва |
| Григорьев М.С. | – доктор химических наук, Институт физической химии РАН, г. Москва |
| Ивахненко Е.Н. | – доктор философских наук, профессор, РГГУ, г. Москва |
| Ильяшенко Ю.С. | – доктор физ.-мат. наук, профессор, МИРАН, г. Москва |
| Карамурзов Б.С. | – доктор технических наук, профессор, КБГУ, г. Нальчик |
| Кетенчиев Х.А. | – доктор биологических наук, профессор, КБГУ, г. Нальчик |
| Кочесоков Р.Х. | – доктор философских наук, профессор, КБГУ, г. Нальчик |
| Крайзман В.Л. | – доктор физ.-мат. наук, профессор, Ростовский госуниверситет, г. Ростов-на-Дону |
| Лисичкин Г.В. | – доктор химических наук, профессор, МГУ, г. Москва |
| Лю Цзо И | – доктор технических наук, профессор, Технологический университет, г. Гуанджоу, Китай |
| Молодкин В.Б. | – чл.-корр. НАН Украины, профессор, Институт металлофизики НАН Украины, г. Киев |
| Оранова Т.И. | – доктор химических наук, профессор, КБГУ, г. Нальчик |
| Ошхунов М.М. | – доктор технических наук, профессор, КБГУ, г. Нальчик |
| Савин Г.И. | – академик РАН, профессор, Отдел информатики и вычислительной техники РАН, г. Москва |
| Скворцов Н.Г. | – доктор социологических наук, профессор, С.-Пб. госуниверситет, г. Санкт-Петербург |
| Ткачук В.А. | – академик РАН, академик АМН, профессор, МГУ, г. Москва |
| Тлибеков А.Х. | – доктор технических наук, профессор, КБГУ, г. Нальчик |
| Филатов В.П. | – доктор философских наук, профессор, Российский государственный гуманитарный университет, г. Москва |
| Шустова Т.И. | – доктор биологических наук, профессор, СПб. НИИ уха, горла, носа и речи, г. Санкт-Петербург |
| Шхануков М.Х. | – доктор физ.-мат. наук, профессор, КБГУ, г. Нальчик |



М.В. ЛОМОНОСОВ

1711–1765

300-летие первого русского поэта, историка
и ученого-естествоиспытателя

*Открылась бездна звезд полна;
Звездам числа нет, бездне дна.*

*О вы, которых ожидает
Отечество от недр своих
И видеть таковых желает,
Каких зовет от стран чужих,
О, ваши дни благословенны!
Дерзайте ныне ободренны
Раченьем вашим показать,
Что может собственных Платонов
И быстрых разумом Невтонов
Российская земля рождать.*

*Науки юношей питают,
Отраду старым подают,
В счастливой жизни украшают,
В несчастной случай берегут;
В домашних трудностях утеха
И в дальних странствах не помеха.
Науки пользуют везде,
Среди народов и в пустыне,
В градском шуму и наедине,*

В покое сладки и в труде

Первый русский ученый-естествоиспытатель, литератор, историк, художник. Родился Ломоносов 19 ноября (по старому стилю – 8 ноября) 1711 г., в селе Денисовка Куростровской волости около села Холмогоры Архангельской губернии, в семье крестьянина-помора Василия Дорофеевича Ломоносова, занимавшегося морским промыслом на собственных судах. Мать Ломоносова, умершая очень рано, была дочерью дьякона. Из двух мачех Ломоносова вторая была «злая и завистливая». О первых годах жизни Ломоносова имеются крайне скудные сведения. Лучшими моментами в детстве были поездки с отцом в море. Еще от матери Ломоносов научился читать. «Вратами учености» для него делаются откуда-то добытые им книги: «Грамматика» Смотрицкого, «Арифметика» Магницкого, «Стихотворная Псалтырь» Симеона Полоцкого.

В Москву Ломоносов ушел в декабре 1730, с ведома отца, но, по-видимому, отец отпустил его лишь на короткое время, почему он потом и числился «в бегах». Выдав себя за сына дворянина, в январе 1731 г. он поступил в Московскую Славяно-греко-латинскую академию при Заиконоспасском монастыре («Спасские школы»). Пробыл там около 5 лет. Он изучил латинский язык, ознакомился с тогдашней «наукой». В 1735 г. в числе наиболее отличившихся учеников Ломоносов был отправлен в Петербург для зачисления в Академический университет. В 1736 г. трое из способных учеников, в том числе Ломоносов, были отправлены Академией Наук в Германию для обучения математике, физике, философии, химии и металлургии. За границей Ломоносов пробыл 5 лет: около 3 лет в Марбурге, около года в Фрейберге, около года провел в переездах, был в Голландии. Женился еще за границей, в 1740 г., в Марбурге, на Елизавете-Христине Цильх, дочери умершего члена городской думы. Семейная жизнь Ломоносова была, по-видимому, довольно спокойной. Из детей Ломоносова осталась лишь дочь Елена, вышедшая замуж за Константинова, сына брянского священника. Ее потомство, как и потомство сестры Ломоносова, в Архангельской губернии, существует донине.

В июне 1741 г. (по другим сведениям в январе 1742 г.) Ломоносов вернулся в Россию и был назначен в академию адъюнктом АН по физическому классу, а в августе 1745 г. стал первым русским, избранным на должность профессора (академика) химии. В 1745 г. он хлопотал о разрешении читать публичные лекции на русском языке, а в 1746 г. – о наборе студентов из семинарий, об умножении переводных книг, о практическом приложении естественных наук. Одновременно занимается физикой и химией, печатает на латинском языке научные трактаты. В 1748 г. при Академии возникают Исторический Департамент и Историческое Собрание, в заседаниях которого Ломоносов вскоре начинает вести борьбу с Миллером, обвиняя его в умышленном принижении в научных исследованиях русского народа. В этом же году для Ломоносова была построена первая в России химическая научно-исследовательская лаборатория. В 1749 г. в торжественном собрании Академии Наук, Ломоносов произносит «Слово похвальное императрице Елизавете Петровне», имевшее большой успех, и начинает пользоваться большим вниманием при Дворе. Он сближается с любимцем Елизаветы графом И.И. Шуваловым, что создает ему массу завистников, во главе которых стоит Шумахер. В 1753 г., при помощи Шувалова, Ломоносову удается получить привилегию на основание фабрики мозаики и бисера и 211 душ, с землей, в Копорском уезде. В 1755 г., благодаря И.И. Шувалову при участии Ломоносова открывается Московский университет. В 1756 г. отстаивает против Миллера права низшего русского сословия на образование в гимназии и университете. В 1758 г. Ломоносову было поручено «смотрение» за Географическим департаментом, Историческим собранием, университетом и Академической гимназией при АН. Основной задачей Географического департамента было составление «Атласа Российского». В 1759 г. он занят устройством гимназии, опять отстаивая права низших сословий на образование. В 1763 г. избран членом Российской Академии художеств. В 1764 г., под влиянием его сочине-

ния

«О северном ходу в Ост-Индию Сибирским океаном», снаряжается экспедиция в Сибирь. В конце жизни Ломоносов был избран почетным членом Стокгольмской (1760 г.) и Болонской (1764 г.) Академий наук. Весной 1765 г. Ломоносов простудился. Умер 15 апреля (по старому стилю – 4 апреля) 1765 г. Незадолго до смерти его посетила императрица Екатерина. Похоронен на Лазаревском кладбище Александро-Невской лавры в Петербурге.

Среди работ Ломоносова – работы по филологии, истории, химии, физике (по исследованию атмосферного электричества), астрономии (26 мая 1761 г. во время прохождения Венеры по диску Солнца открыл существование у нее атмосферы), геофизики (исследования земного тяготения), геологии и минералогии (доказал органическое происхождение почвы, торфа, каменного угля, нефти, янтаря), разработка технологии получения цветного стекла (среди мозаичных портретов его работы – портрет Петра I; монументальная, около 4,8 м 6,44 м, мозаика «Полтавская баталия», 1762–1764). Среди научных трудов – «Письмо о правилах российского стихотворства» (1739 г., опубликовано в 1778 г.), «Размышления о причине теплоты и холода» (1744 г.), «Слово о рождении металлов от трясения Земли» (1757 г.), «О слоях земных» (конец 1750-х годов, опубликована в 1763 г.), «Российская грамматика» (1755 г., опубликована в 1757 г.; первая научная грамматика русского языка), «О происхождении света, новую теорию о цветах представляющее» (1756 г.), «О рождении металлов от трясения земли» (1757 г.), «Предисловие о пользе книг церковных в российском языке» (1758 г.), «Рассуждения о большой точности морского пути» (1759 г.), «Краткий Российский летописец с родословием» (1760 г., перечень важнейших событий до эпохи Петра I включительно), «Явление Венеры на солнце наблюденное» (1761), «О сохранении и размножении российского народа» (1761 г., трактат), «Первые основания металлургии или рудных дел» (1763 г.; руководство было выпущено огромным для того времени тиражом – 1225 экземпляров), «О явлениях воздушных от электрической силы происходящих» (1763 г.), «Древняя Российская история от начала Российского народа до кончины великого князя Ярослава Первого, или до 1054 года» (1 и 2 части, опубликована в 1766 г.). Среди литературного наследия Ломоносова – послания, идиллии, эпиграммы, оды, поэмы, трагедии: «На взятие Хотина» (1739, ода, опубликована в 1751 г.), «Ода на торжественный праздник рождения Императора Иоанна III» и «Первые трофеи Его Величества Иоанна III чрез преславную над шведами победу» (1741, обе оды составляют библиографическую редкость, так как подверглись общей участи – истреблению всего, что относилось ко времени императора Иоанна Антоновича), «Вечернее размышление о Божием величестве при случае великого северного сияния» (1743 г., ода), «Утреннее размышление о Божием величестве» (1743 г., ода), «Тамира и Селим» (1750 г., трагедия), «Демофонт» (1752 г., трагедия), «Письмо о пользе стекла» (1753 г., стихотворение), «Гимн бороде» (1757 г., сатира), «Петр Великий» (1760 г., поэма не закончена).

**Михаил Ковальчук****ОКНО В ЕВРОПУ**

В среду, 22 июня, в Минобрнауки России состоялось подписание договора о сотрудничестве между **Курчатовским институтом** и **Европейским центром синхротронного излучения (ESRF)** – крупнейшим в ЕС синхротронным источником, который ежегодно посещают с научными визитами более трёх с половиной тысяч специалистов из десятков стран. Соглашение создаёт правовую базу для работы российских специалистов на ESRF на период до возможного вхождения России в число ассоциированных членов организации. В ходе встречи европейские коллеги официально пригласили Россию начать процесс вступления в консорциум ESRF.

*«Запуск проекта по созданию
и национальному базированию
современной мировой инфраструктуры,
с тем, чтобы она была интересной
и привлекательной для Запада
и решала все собственные проблемы,
– это ключевой вопрос».*

По словам Андрея Фурсенко, вопрос о вхождении России в ESRF может быть рассмотрен в первой половине июля на заседании правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям под председательством Владимира Путина. На этой же комиссии ожидается принятие решения о **строительстве в России ряда объектов меганауки**.

После встречи Михаил Ковальчук ответил на вопросы журналистов о развитии меганауки в России, фактически выступив перед представителями прессы с небольшим докладом. Учитывая неизменно высокий интерес наших читателей к многогранной деятельности директора Курчатовского института, публикуем запись его выступления полностью.

1. «ТАМ»

Россия сегодня вносит огромный финансовый, научный и человеческий вклад как минимум в четыре крупных международных проекта.

Первый – ЦЕРН. Формально Россия не входит в число стран-участниц, но фактически там много лет на постоянной основе работает почти тысяча [наших граждан]. Все кристаллы, являющиеся основой калориметров в детекторах [Большого адронного коллайдера], в которых всё происходит, сделаны от начала и до конца российской наукой.

❖ Там без нас просто ничего бы не было.

Сейчас мы обсуждаем вопрос ассоциированного членства России в ЦЕРН, вскоре состоится очередная встреча в формате 5х5 (пять представителей России и пять ЦЕРН).

Второй проект – ИТЭР. В Японии только что прошло заседание членов совета организации, который возглавляет [президент Курчатовского института] Евгений Велихов. Процесс идёт, и мы туда вносим конкретный вклад, и финансовый, и «натуральный». Хочу напомнить, что в основе ИТЕР лежит **идея токамака, изобретённого в Курчатовском институте.**

Третий проект – XFEL – Европейский лазер на свободных электронах в Гамбурге. Там мы являемся вторым после Германии привилегированным членом. У Германии 50 процентов в этом миллиардном проекте, у нас – 25. При этом в основе идеи лазера на свободных электронах, опять же, лежат работы двух советских учёных. Мы в этом проекте полностью представлены, в научном директорате заседают наши представители.

Четвёртый проект – FAIR – ускоритель тяжёлых ионов в Дармштадте. В него мы тоже вносим огромный вклад, и финансовый, и научный.

Вот четыре проекта, в которых мы являемся привилегированными участниками, причём давшими [научную] базу. Они стали возможными благодаря работам российских и советских учёных.

Теперь – я специально говорю так подробно, чтобы вам было понятно, – у нас начинается новый этап. Мы уже стали частью мирового научного ландшафта в megascience. Причём существенной частью, одной из доминирующих.

2. «ЗДЕСЬ»

[Пора сделать] следующий шаг: мы должны теперь разворачиваться. Мы за это время не строили ничего у себя. Мы строили только там [за рубежом], вносили свой вклад в происходящее вне России. Теперь мы начинаем строить здесь, но с международным участием. В министерстве была создана большая рабочая группа, состоящая из учёных, которые уже больше года готовили соответствующие программы (в Минобрнауки не смогли обнародовать состав группы нашему корреспонденту, сославшись на возможность давления на экспертов. Официально известно лишь, что группу возглавляет замминистра Сергей Мазуренко. – STRF.ru). Было много сложных ситуаций, споров, конфликтов.

В результате научное сообщество выработало некий пакет [предложений], который был утверждён на этой рабочей группе – научной экспертной рабочей группе.

❖ Это я говорю, чтобы предотвратить различные спекуляции, которые у нас появляются, в частности, в прессе.

Широкое научное сообщество, всемирно известные люди в течение года обсуждали возможности создания установок на территории Российской Федерации. В результате абсолютно консенсусным образом научное сообщество зафиксировало – и вчера этому была подведена черта – некий пакет, который понятен и который будет обсуждаться. Из него выбираются приоритеты, то, что наиболее проработано. Теперь есть критерии: если проект международный, то это должны быть не слова, а реальное участие международного сообщества, реальная экспертиза и так далее.

Сейчас обсуждаются несколько проектов, и вы тоже об этом хорошо знаете. Один из них – **токамак с сильным полем «Игнитор»**, *российско-итальянский проект с иностранным участием* (токамак планируется изготовить в Италии и построить на базе ТРИНИТИ; с российской стороны проектом будет руководить Курчатовский институт. – STRF.ru). Он более глубоко, достаточно проработан, там понятно, как и что происходит, каковы вклады сторон и всё прочее.

Второй проект – окончание строительства реактора-источника нейтронов ПИК (расположен в Петербургском институте ядерной физики, вошедшем в состав Курчатовского института. – STRF.ru). Мы планируем потихоньку его превращать в некий нейтронный центр для, допустим, североευропейских стран или стран балтийского региона. Эти переговоры идут, но Германия уже внесла contribution (вклад): она поставила оборудование для экспериментальных станций на несколько десятков миллионов долларов. Это второй проект, который тоже реальный.

Третий проект, который концептуально продуман, наш. В мире сегодня существует **третье поколение синхротронов**. У нас в Курчатовском институте [работает источник поколения] 2+. Третье поколение представлено тремя машинами в мире. Одна в Аргоннской национальной лаборатории в США, другая в Японии, третья – тот самый ESRF. Дальше уже идут лазеры на свободных электронах (спектр их применения в науке схож с возможностями нынешних синхротронных источников, но интенсивность пригодного для исследований рентгеновского излучения гораздо больше. – STRF.ru).

Но между лазерами на свободных электронах и третьим поколением синхротронных источников есть некий gap (разрыв) – четвёртое поколение. *Мы планируем на территории России, у нас [в Курчатовском институте] строить не существующий нигде в мире синхротронный центр на базе источника четвёртого поколения.* У нас есть проект, который весь наш [российский], сейчас мы его обсуждаем с международным сообществом. Этот проект обсуждался уже много лет (речь о проекте MARS, разработанном в Институте ядерной физики СО РАН для Курчатовского института. – STRF.ru). Этот проект тоже, я надеюсь, один из сюжетов, который важен для нас. Мы сразу делаем у себя четвёртое поколение, а в лазере на свободных электронах участвуем в Европе. Сразу можем занять серьёзные позиции.

И наконец ещё речь идёт о *нескольких ускорительных комплексах*. В частности, один, который тоже уже достаточно продвинут в Дубне (**коллайдер тяжёлых ионов НИКА**. – STRF.ru). [Кроме того] лазерные вещи обсуждаются, астрофизика, там много чего есть. Но тем не менее я вам рассказал про основные проекты. При этом я хочу вам сказать, что очень важно: все эти проекты будут реализовываться здесь, с одной стороны развивая национальную базу, но с другой стороны – в полной, тесной, абсолютно реальной международной кооперации.

3. ПОЛНЫЙ ДОСТУП

Начинается новый этап, и важно, что наше правительство, руководство страны очень хорошо это понимает. [Понимает и] научное сообщество, что тоже крайне важно, в научном сообществе, которое на самом деле было неоднородное и – позволю себе грубо сказать – раздиралось междоусобицами, оно в этой части (megascience) консолидировалось.

❖ Потому что каждый человек понял, что если не договориться, то ни у кого не будет ничего.

Вот весь ответ. А когда договорились, тогда и разговаривать с властью намного проще и власть совершенно по-другому себя ведёт и поступает. И в этом смысле ваша [журналистская] задача – тоже способствовать не раздуванию каких-то конфликтов, а, наоборот, способствовать сплочению, консолидации сообщества. И тогда мы будем выглядеть достойно.

Очень важно также, что во всех этих программах отдельно [прописаны] программы для молодёжи. Причём молодёжи, которую совместно учим там и здесь. Во время открытия дней России и Германии было подписано соглашение, по которому был впервые создан совместный исследовательский институт по advanced science Иоффе-Рентген (планируется, что институт будет координировать совместные инициативы Курчатовского института и основного немецкого центра физики высоких энергий DESY в области megascience. – STRF.ru).

❖ Я придумал этот институт пять лет назад, но было рано.

Сейчас всё созрело и соглашение подписано. Мы имеем институт с бюджетом, часть его находится в Курчатовском институте, часть – в [DESY] Гамбурге. Полноценный международный институт. Дальше мы будем его развивать, [есть планы формирования] научной программы по **photon sciences**. Образовательная часть в рамках [всей megascience-инициативы РФ] является крайне важной.

То, что вы видели сегодня, – подписание меморандума о начале движения к полноправному членству в ESRF. Это очень важная вещь, потому что мы и так там работаем и присутствуем: 34 человека там находятся практически постоянно. Ездит огромное количество. У меня завтра защищается докторская диссертация, которая почти вся была выполнена там. Мы пользуемся пучками, нас используют, но мы не имеем полного доступа. Как только мы станем членами, у нас начнётся реальное глубокое сотрудничество.

Когда? Процесс начался. Я надеюсь, [правительственная] комиссия поддержит, и, может быть, в течение года мы станем полноправными членами ESRF. Года, двух – я не оракул. Но я надеюсь, что это может произойти довольно быстро. Очень важно, что мы становимся членами европейских институтов. И это очень удобно, потому что есть масса наших людей, которые сидят там, например, в этих областях, и нам не надо этих людей возвращать сюда. Они там работают, они bilingual (двухязычные), они уже привыкли, понимают, что к чему, они имеют русские корни, культуру и прочее. Эта европейская линия для нас очень важна. Для нас много важного, у нас двуглавый орёл, но тем не менее с моей, со всех точек зрения нам очень близка европейская линия. Мы – европейское государство.

STRF.ru: Есть ли уже какие-то оценки того, во сколько обойдётся России реализация выбранных рабочей группой научных мегапроектов? Как эти затраты соотносятся с общими расходами бюджета на фундаментальную науку?

- ❖ Этот вопрос вам лучше задать министру финансов или, в крайнем случае, министру науки. Я не отвечаю за деньги, тем более в рамках всех расходов. Я отвечаю за научную часть.

Но я могу вам ответить, понимая подтекст вопроса. Знаете как? Вот у меня в институте, в разных институтах люди есть. Приходишь, и люди начинают рассказывать про то, как они занимаются фундаментальной наукой. А у них из туалета течёт по коридору. И при этом они рассказывают про чистые комнаты. Вопрос заключается в чём? Первое и главное – наличие инфраструктуры исследований. Когда есть нормальная полноценная инфраструктура, у вас автоматически есть всё остальное. Приходите к нам в Курчатовский институт и посмотрите.

- ❖ **Мы за три года создали не имеющую аналогов в мире исследовательскую инфраструктуру для нанонауки.** Автоматически решились все проблемы. У нас очередь на приём на работу, возврат из-за границы и всё остальное. Вот весь ответ.

Поэтому запуск проекта по созданию, национальному базированию современной мировой инфраструктуры, с тем, чтобы она была интересной и привлекательной для Запада, с тем, чтобы она была конкурентоспособной и решала все собственные проблемы, – это ключевой вопрос. [Если его решить], молодёжь будет не растаскиваться, как сегодня, под крики о спасении фундаментальной науки. И об этом надо помнить каждый раз. Когда будет своя мощная национальная инфраструктура, тогда будет и мощная фундаментальная наука.

Сейчас происходит следующее: инфраструктура не развивается десятилетиями, а мы всё говорим о какой-то фундаментальной науке. Трудно представить, какая фундаментальная наука может делаться на приборах, которые не обновлялись тридцать лет. Это мой вам ответ. Все остальные ответы вторичны.

STRF.ru: Складывается впечатление, что вся megascience-инициатива в первую очередь имеет отношение к физическим наукам. Нет ли здесь некоего перекоса?

- ❖ Вы должны прекрасно понимать: есть, например, европейская организация ESF FRI (European Science Foundation Member Organisation Forum on Research Infrastructures). Эта инфраструктура очень разная. В первую очередь она включает в себя мощные физические установки. Например, синхротроны – весь прогресс в биологии, самый главный прогресс в биологии был осуществлён благодаря рентгеновскому синхротронному излучению (Михаил Ковальчук говорит об использовании **рентгеноструктурного анализа в биологии**. – STRF.ru). Только благодаря рентгеновской дифракции была открыта [пространственная] структура [белков], все нобелевские премии изначально, вся **молекулярная биология стала серьёзной наукой только благодаря синхротронным источникам**.

Сейчас, например, строящийся лазер на свободных электронах, в котором вы имеете импульсы фемтосекундной длительности, в котором вы можете увидеть жизнь молекулы во времени, это всё нацелено в первую очередь на **нанобиоорганические науки**. Поэтому создание мегаустановок, как правило, достигает нескольких целей.

Первое – вы познаете мир, как это делается в ЦЕРН. Принципиально новые вещи. Причём из них дальше [может возникнуть] новая энергетика. Считайте, что ЦЕРН, коллайдер – это исследования для новой энергетики. Потому что если вы открываете новые частицы... Смотрите: сначала у вас было деление, атомные электростанции. Следующее – синтез, термоядерная реакция, принципиально иная. А если вы опуститесь «ниже», к кваркам, ещё куда-то, то у вас дальше будет, может быть, следующий вид энергии, о котором мы сегодня не догадываемся, как не догадывались сколько-то лет назад о синтезе. С одной стороны, глобальное изучение вселенной, с другой – создание новых энергетических технологий.

Второе. Синхротронные и нейтронные источники – это материаловедение. Полное развитие материаловедения. Вся биология выросла только из этого. Все материаловедение имеет в основе рентгеноструктурный анализ. А он происходит сегодня на синхротронных и нейтронных источниках.

Третье. Приведу простой пример: диагностика. Вы можете в трёхмерном виде наблюдать очень сложные томографические картины любой детали. Это крайне важно: [упомяну лишь] лопасти турбин. Каждого из нас это касается. Мы садимся в самолёты, корабли, машины. Эти установки (синхротронные источники, ПИК) решают подобные задачи.

Приведу ещё пример: термоядерный синтез. Сейчас на базе этих технологий создана первая компания «Роснано» в Рыбинске (ЗАО «Новые инструментальные решения» выпускает монолитный твёрдосплавный инструмент с наноструктурированным покрытием. – STRF.ru). Технология создана на базе разработок Курчатовского института, на базе того, что было последом [изучения] термоядерного синтеза, казалось бы, никакого отношения к этому не имеющего.

И последнее: как автомобиль создал Америку, так создание мегаустановок двигает все отрасли высокотехнологичной промышленности. Вам нужно всё: разные материалы и кристаллы для детекторов, новые материалы и сплавы для высоких температур и нагрузок, новые электронные компоненты, сверхбыстрые, сверхмедленные и т.д. Например, вы знаете, интернет у нас [в России] возник из Курчатовского института, в мире – из ЦЕРН. Нынешние технологии [распределённых вычислений] грид также возникли в научных институтах, которые и являются их носителями.

- ❖ Их развитие связано с развитием megascience.

Вся наша жизнь опосредованно вырастает из того, что мы совершаем [научные] прорывы. И это очень хорошая вещь, потому что вторая [альтернативная стимулирующая] вещь – военное соревнование. Первая значительно выгодней.

Перепечатано: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/mikhail-kovalchuk-prorubil-okno-v-evr>

ЧТО ТАКОЕ КОЛМОГОРОВСКИЙ ПРОЕКТ И КАК ЗА НЕГО БОРОТЬСЯ?

Легенды о советских физматшколах живы до сих пор. Через 50 лет после возникновения первой такой школы ведущие ученые и учителя разработали Колмогоровский проект – концепцию развития учеников способных к математике, информатике, естественным наукам. Ее авторы: академики РАН Ю. Осипьян, В. Рубаков, В. Скулачев, А. Хохлов, член-корреспондент РАН В. Лебедев, члены корреспонденты Российской академии образования А. Абрамов и В. Полонский, народный учитель СССР Л. Мильграм, заслуженный учитель РФ, директор созданной И.М. Гельфандом заочной школы и директор лицея «Вторая школа» В. Овчинников. По итогам Госсовета, обсуждавшего в апреле прошлого года проблемы образования, Президент Д. Медведев дал поручения соответствующим министерствам и ведомствам, одно из них – об этом проекте. Но воз и ныне там. Почему?

Мой собеседник – член-корреспондент Российской академии образования **АЛЕКСАНДР АБРАМОВ**.

– Александр Михайлович! Что такое Колмогоровский проект? В чем его суть, задачи, цели, алгоритм?

– В России на этапе модернизации, необходимость которой очевидна, ключевой вопрос таков: есть ли люди, которые будут её делать? И проекты типа Сколкова, и вообще модернизация реализуемы только тогда, когда из школы выходят будущие талантливые исследователи, способные работать на мировом уровне.

Мы имеем колоссальные традиции, слава богу, еще не умершие окончательно, в подготовке таких способных молодых людей. Это делалось десятилетиями, когда возникали математические кружки, выпускалась научно-популярная литература, рождались специализированные школы.

Весь этот опыт, в том числе, зафиксированный, у нас есть. Есть и люди. Только четыре физматшколы (ФМШ) при ведущих университетах, основанные в 1963-м году, окончило около 25 тысяч человек. Как использовать и воспроизводить этот потенциал в новых, резко изменившихся условиях? На этот вопрос и отвечает Колмогоровский проект.

В его основу положено несколько принципов, которых придерживался Андрей Николаевич Колмогоров еще при зарождении ФМШ.

Первый принцип: таланты по территории страны распределены равномерно, независимо от места жительства и социального происхождения. Это подтверждает и судьба Ломоносова, и многие другие примеры. Следовательно, система их поиска, отбора, воспитания тоже должна равномерно распределяться по территории России, давая равные возможности всем.

Второй принцип: ставка на лидеров. Речь и о людях, и о структурах. То есть, проект должен начинаться не с чистого листа, а с уже накопленного опыта. Его стартовой базой могли бы стать уже действующие школы при ведущих университетах, гельфандовская заочная школа; столичный центр непрерывного математического образования, которому столько сил до последних своих дней отдавал академик В. Арнольд; алферовский научно-образовательный центр и 239-я школа в Петербурге; 2-я, 57-я школы Москвы. Из этих ядер кристаллизации начнется рост системы, в том числе в самых дальних, самых глубинных местах.

И третий принцип – сетевой. Вот он как раз новый по отношению к традициям. Проект должен представить не просто совокупное множество отдельных точек, но опирающуюся на современные информационные технологии неразрывную сеть, связывающую опорные обучающие и методические центры в единое целое.

Каркас проекта – опыт восьми опорных школ, по одной в каждом федеральном округе, плюс федеральный методический центр для распространения их опыта.

Непременное условие, без которого подобные проекты неосуществимы, – уважение к таланту и ученика, и учителя, уважение к науке, чем мы не можем похвастаться в последние 20 лет, если говорить о деле, а не только о широковещательных декларациях.

– По сравнению с временами Колмогорова, Кикоина, Капицы, Ландау, мир неузнаваемо изменился. На финише XX века наука и образование не только у нас, но и во всем мире вступили в полосу объемного, системного кризиса.

Это кризис физико-математических методов и моделей, на протяжении трех последних столетий господствовавших в науке и, во многом, в средней и высшей школе. Проникновение в глубины генетических механизмов жизни, в тайны мозга и человеческого сознания потребовали дополнения этих методов и моделей новыми, в том числе и философско-гуманитарного свойства.

Это и кризис чисто аналитического подхода к исследованию и изучению окружающего нас мира, когда единая наука дробится на множество специализированных наук, а образование – на такое же множество изучаемых предметов. Новые открытия все чаще, более того – как правило – делаются на стыках наук, а поиски новых, объясняющих мир моделей направлены к синтезу, к единой картине этого мира. Ещё Эйнштейн мучительно искал единую теорию поля. А сегодня учёные надеются открыть при помощи ЦЕРНовского коллайдера ключ к единой теории элементарных частиц – знаменитый бозон Хиггса. В применении к системе образования также возникло немало объединительных идей, начиная с метода основных принципов, так успешно примененного в знаменитых фейнмановских лекциях по физике. Мне рассказывали, что у ректора МГУ, академика Р. Хохлова была так и не осуществленная мечта – чтобы все первокурсники гуманитарных факультетов прослушивали емкий курс из нескольких лекций об основных сегодняшних проблемах наук естественных. И наоборот – такой же курс на естественных факультетах, но уже об узловых болевых точках гуманитарного знания.

И наконец, в связи с великой информационной революцией, подарившей человечеству компьютер и Интернет, поставлена под сомнение господствовавшая в течение двух с половиной тысячелетий сократовская парадигма образования, где незаменимой была прямая диалогическая связь: учитель – ученик. Впервые появилась иллюзия, что ее можно заменить новой связью: ученик – обучающая машина.

Наши чиновники от педагогики, демагогически повторяя слова о том, что в центре их образовательной реформы должен стоять учитель, на самом деле пытаются разрубить этот тройной «гордиев узел» самыми тупыми, примитивными способами – от повсеместного, как при Хрущеве сеяли кукурузу «с южных гор до северных морей», насаждения дебилизирующего и ученика, и учителя ЕГЭ, до слепого копирования «болонской системы» и попытки ввести якобы «синтезирующий» новый предмет «Россия в мире», скорее напоминающий комплексное изучение коровы в школах 20-х годов прошлого века.

– А ваш проект – в какой степени способен он ответить на вызовы времени?

– Принципы, к которым когда-то пришли Колмогоров, Кикоин и другие великие наши ученые, «возившиеся» с талантливыми школьниками, во многом оказались провидческими, с поправкой на будущее, то есть, на наше сегодня.

Новая связь: ученик – «обучающая машина» (по поводу этого понятия можно и нужно поспорить) все-таки никогда не заменит **личность** живого учителя, но – в союзе с другими новейшими информационными технологиями – десятикратно усиливает его роль и его возможности. К примеру, лекция великого ученого для студентов или урок великого учителя для школьников всей планеты, с ответами на их вопросы, когда отвечающий видит лицо спрашивающего на телеэкране и между ними идет прямой диалог – такое ещё не так давно сочли бы за фантастику. Теперь это уже технически возможно.

Современная заочная школа, работающая в Интернете на тех же демократичных началах, как у Гельфанда, ведущая талантливых ребят буквально с первых ступеней обучения наверх, от ступени к ступени усложняя задачи, строгость отбора, глубину подготовки, может оказаться в высшей степени эффективной. Принципиальны здесь сами эти гельфандовские начала дистантного массового образования. Интернет им не противоречит. Он их только усиливает. Но над такой системой надо еще много работать.

Кстати говоря, нечто подобное было в США, еще в доинтернетную эпоху, когда после запуска нашего первого спутника и – в связи с этим – после тщательного изучения их специалистами системы образования в СССР, там была осуществлена похожая на колмогоровскую и гельфандовскую программа поиска талантов с несколькими уровнями отбора. На высшем уровне с немногими отобранными работали уже нобелевские лауреаты.

Очень большие возможности открывает перед Колмогоровским и другими подобными проектами революция в способах фиксации и хранения информации, особенно перевод ее в цифровую форму. В одной флешке сегодня может уместиться многотомная библиотека. А ведь раньше для нас фиксация накопленного богатого опыта работы со школьниками была большой проблемой.

Да, конечно, выходил «Квант», его библиотечка, прекрасная серия брошюр заочной математической школы при МГУ. Но это все-таки был мизер по сравнению с теми объемными пластами драгоценного опыта, так и оставшегося незафиксированным. Андрей Николаевич Колмогоров в течение 15 лет читал математические курсы для школьников. У него не хватило времени, чтобы привести эти лекции в порядок и издать. Надо ли говорить, какая это невосполнимая потеря!

Это касается всех ФМШ. Их опыт фактически не зафиксирован. Сегодняшние же средства дают возможность создать в рамках Колмогоровского проекта на малых площадях колоссальные информационные банки. Речь идет не просто о более компактном хранении информации. Такие банки можно сделать и хорошо «свернутыми» с методологической и методической точки зрения. Что имеется в виду?

Одна из проблем подготовки способных людей состоит в том, что нельзя и не нужно научить решать десятки тысяч задач. Но можно и нужно освоить 20-30 идей – как научных, так и познавательных, передать их от учителей к ученикам. У нас, например, существует великое множество задачникников. При этом одни и те же задачи кочуют из одного задачника в другой. В современных условиях и необходимо, и возможно не наращивать их объемы, а «свертывать» их, выделять компактные порции задач, которые позволяли бы оперативно развивать в учащихся конкретные творческие качества.

Такой опыт уже существует. Когда готовят наших «международников» – российские команды, участвующие в международных предметных олимпиадах, – там поневоле из-за очень ограниченного времени неизбежно прибегают к «свертыванию», жесткому выделению и методов, и способов обучения этим методам.

И здесь у нас были великие «тренеры». Александр Разборов (сейчас он – член-корр. РАН) занимался логическими задачами, Сергей Конягин (сегодня тоже очень известный математик) – теорией чисел, Виктор Прасолов в результате этой работы создал совершенно замечательный задачник по геометрии. Тренером был и, тогда еще 17-летний, Максим Концевич.

Весь этот опыт в головах сохранился. Остается только его выразить и тиражировать, перевести в электронный вид, а главное в живую работу.

– Не получится ли так, что, хорошо наладив закрепление, хранение, воспроизводство необходимой для раскрытия таланта информации, обеспечив творческий диалог между учеником и обучающей машиной, в которую заложена квинтэссенция передового педагогического опыта, мы тем самым поставим под вопрос саму необходимость учителя в традиционном, веками складывавшемся смысле?

– Ну, прежде всего, для того, чтобы обучающая машина вообще могла работать, она сама, прежде всего, должна быть «обучена» реальными, живыми учителями. И никакая вложенная в нее программа не в силах учесть все, в том числе, психологические ситуации, которые возникают в процессе обучения между двумя живыми людьми – учеником и учителем.

Но дело не только в этом. Иллюзия, будто новые информационные технологии могут вообще вычеркнуть педагога из учебного процесса, опасна еще и потому, что она игнорирует очень важный, а, может быть, и ключевой момент. Обучение, передача знаний от поколения к поколению не есть некий изолированный, чисто технологический процесс. Это всегда и воспитание, передача по эстафете нравственного, культурного, духовного опыта. А это без живого взаимодействия – личность на личность – просто невозможно. В каком провале у нас сегодня образование и воспитание молодёжи – надо ли объяснять?

В области образования – это крайне низкие результаты, даже если судить по примитивным критериям ЕГЭ. Сползание в международных рейтингах чуть ли не на 10 мест вниз ежегодно. А встревожившие всех прошлогодние декабрьские события на Манежной продемонстрировали и глубочайший кризис, в котором находится воспитание.

– Мы спускаем молодежь по наклонной плоскости – по ней скользить куда легче, чем попытаться по ней же подняться вверх?

– Это уже не наклонная плоскость, а ускоряющееся падение в пропасть по склону, на котором есть и точка невозврата.

– Так все безнадежно?

– Да нет. Возьмите ту же 2-ю или 57-ю, некоторые другие московские школы. Там ведь дикарей по-прежнему нет. Точки опоры для подъема вверх найдутся. Но надо трезво понимать, какую опасность таят в себе нынешнее экспериментирование с дебилизацией молодежи – как в области «упрощения» образования, так и в фактическом (высоких слов, как всегда, предостаточно) отпуске воспитания молодежи на «волю воли».

Как повернуть ту молодежь, которая заполонила Манежную площадь 11 декабря прошлого года, к истинным ценностям? Сейчас по сему поводу много шума. Мне хочется напомнить, что эту проблему очень жестко ставил еще Петр Леонидович Капица в переписке с Колмогоровым. Он спрашивал: почему нужно заниматься наукой еще в школе? И отвечал так: из тех школьников, с которыми «возьтятся» крупные ученые, в науке закрепятся немногие, очень маленький процент. Но в XX веке человечество обрело приятную, на первый взгляд, а на самом деле, весьма опасную новинку. Это досуг. И чтобы он не был заполнен праздностью, бездельем, наркотиками, опустошением души, сердце, а особенно голова молодого человека должна быть занята серьезными вещами. Предложить в качестве такого серьезного дела знакомство с научными проблемами, вовлечение в них – очень актуальная задача общества.

Конечно, сделать это удастся лишь в том случае, если в у нас произойдет серьезный поворот к науке в качестве одной из ключевых ценностей. В этом, между прочим, и состоит одна из важных культурных миссий Колмогоровского проекта.

– Всем памятли яростные споры о телесериале «Школа». Авторов упрекали в том, что они сгустили краски, что такой густопсовой концентрации бездуховности, опустошенности «незанятых» голов и сердец в реальной школе нет, что это какой-то сюрреализм. Но, может быть, на самом деле это всего лишь критический реализм XXI века?

Писатель Сергей Шаргунов свидетельствовал в «Известиях»: «Знакомые с «Первого канала» рассказали, что прежде, чем запустить «Школу», установили скрытые камеры в обычных общеобразовательных учреждениях: хамство и драки на переменах и даже на уроках превзошли сценарные сюжеты». И вот все это выплеснулось за школьные стены на площади Москвы. Все, что уже у нас было, но мы боялись назвать это своим именем...

– Боялись признать, что у нас выросло поколение ленивых, агрессивных потребителей – не обо всех молодых, конечно, речь, но и не о редких исключениях. Эту ситуацию и ее атмосферу нужно менять независимо ни от чего, ибо она становится смертельно опасной для судьбы общества, страны.

И возможности для этого есть. Телевидение, к примеру, где бездумие и бездуховность самоутверждаются широким фронтом, начиная с рекламы пива и кончая перенасыщенными сценами насилия кинокоевиками, винят в том, что тем самым оно наносит огромный вред молодым, неокрепшим мозгам и душам. Но ведь «ядерную энергию» ТВ можно использовать иначе, в мирных целях. Возьмите успех замечательных научно-популярных программ Би-Би-Си. Они не только точно учитывают ту форму, в которой молодежь привыкла ныне потреблять новую информацию, но и содержит новые возможности сокращения, «свертки» учебного времени.

Современный учитель, конечно, сегодня – не сам по себе, а уже живет в совершенно новой, комбинированной системе: сам он, учитель, плюс электронные средства обучения. Именно в этих условиях ему приходится решать его главную задачу, от которой никакие компьютеры, никакой Интернет его не освободят. Он как личность, как живой человек является источником интереса к новым знаниям, своеобразным врачом-диагностом, определяющим трудности, с которыми сталкивается ученик, и помогающим их преодолевать с поправкой на каждую личность.

Лучшие учителя во всех лучших школах – это всегда прекрасные воспитатели. Не случайно во всех таких школах, даже если профильные предметы у них физика и математика, было хорошее гуманитарное образование. Вот во 2-й школе литературу вела Зоя Александровна Блюмина. Так ведь она была не только замечательный Учитель. Она была и Воспитатель, Личность.

– Вы говорили о равномерном распределении талантов. Но вот талант крупного ученого работать со школьниками – он сейчас у нас на том же уровне, как при Колмогорове и Кикоине, однако просто пока не востребован? Или время меняет ситуацию?

– К сожалению, меняет. И существенно к худшему. Вы сейчас не найдете ведущих ученых, которые отдавали бы, по существу, всю жизнь тем же школьникам, как это делали Колмогоров и Кикоин. Но среди них, в академической среде, к сожалению, нет и лидеров – лидеров и борцов. Однако среди докторов, кандидатов наук, аспирантов, студентов, среди учителей таких людей по-прежнему немало.

– А как все-таки вернуть в школу крупных ученых?

– Апатию, усталость от отношения к науке в течение последних 20 лет преодолеть не просто. Но давайте начинать не с глобальных проблем, а с конкретных задач. И тогда, может быть, с этого и начнется преодоление апатии. Дело-то касается нашего профессионального долга и в науке, и в образовании.

– Изменились экономический и общественный строй в стране. Соответственно, изменились и пути финансирования проектов, подобных вашему. Раньше они на 50, если не на все 100 процентов строились на энтузиазме и бескорыстии академиков, молодых ученых, студентов, учителей, работавших фактически бесплатно. Теперь такой вариант не пройдет. Но, с другой стороны, государственные zakroma открывались тогда на подобные цели охотнее, чем нынче. А сегодня – кто вам даст деньги, если конкретно?

– Возьмем конкретно 8 первых опорных школ. Что для них нужно помимо тщательного поиска и отбора учеников и учителей? Здания, высокая зарплата учителям, первоклассное оснащение лабораторий и предметных кабинетов, новейшая информационная и демонстрационная техника. И еще несколько первоочередных финансовых вложений. Все это в сумме абсолютно смешные в масштабах государства деньги! А вот эффект на каждый вложенный рубль будет колоссальный. Что уже доказано нашим историческим опытом. Между прочим, государство «за бесплатно» получившее тысячи первоклассных выпускников спецшкол, должно элементарно вернуть долг этим школам.

То же самое – учебно-методический центр. В нынешней Академии образования множество виртуальных, бесполезных ставок и структур. Давайте наполним их реальным содержанием: пусть этот центр войдет действующей структурой в «штатное расписание» Академии. Если реформировать РАО не без толку, а с умом, начать можно именно с такой работы.

То есть, первые девять единиц проекта – это бюджетные затраты. Но – не безвозвратные. Методический центр, будучи создан, начнет зарабатывать деньги. Ведь в этих школах и этом центре рождаются новейшие методики (кстати, и образовательные стандарты для массовой школы они могли бы предложить поумнее), книги и обучающие программы, которые на рынке образовательных услуг непременно окажутся востребованными (в том числе и на мировом рынке). Имея, между прочим, конкретную цену.

Положим, в этих базовых школах вырабатывается модель физической лаборатории. Потом она тиражируется по всей стране. Это же окупается моментально! А за счет тиража падает себестоимость. Пользуясь современной терминологией, это и есть инновация.

Возможны и другие источники. Многие выпускники ФМШ прошлых лет сегодня работают и в науке, и в бизнесе. Среди них – немало людей с заметными именами и большими кошельками, есть даже и «простые российские миллиардеры». При нормальных правилах игры им ничего не стоит поучаствовать в Колмогоровском проекте. Кое-кто из них и сегодня помогает подготовке талантливых ребят. Но – помогает «нецивилизованно», не согласован-

но. Нет общественно значимого, поощряемого государством проекта, в который их благие порывы были бы вписаны, встроены, так сказать, на законных основаниях.

У нас давно ведутся дебаты о правовых льготах для благотворительности. Но когда еще будет принят соответствующий закон! То, о чем мы сейчас говорим, – особая благотворительность. Она нацелена на спасение интеллектуальной элиты страны. И в рамках проекта можно четко прописать конкретные льготы для тех бизнесменов, которые на благотворительных началах в нем участвуют.

Когда люди, работающие на стыке бизнеса и науки, будут знать определенные, не меняемые чуть ли не каждый год ради политической конъюнктуры «правила игры», они с удовольствием примут участие в этой игре.

– Ваш проект находится в явном диссонансе с тем реформированием образования, которое проводится сейчас в РФ. Как тут быть? Под эту реформу нужен другой проект? Или – под этот проект нужна другая реформа?

– «Проект» министерства Фурсенко и Колмогоровский проект, конечно, совершенно перпендикулярны. Нынешнее «реформирование», по моему глубокому убеждению, губит нашу массовую школу. Но, думаю, что наш проект застрял где-то в кабинетах Минобрнауки просто в силу обычной чиновничьей инерционности, неспособности решать конкретные задачи оперативно и конструктивно.

Мы ведь живем во время великих имитаций. Чиновники во всех сферах, в том числе и образовании, и в науке, хорошо научились имитировать деятельность вместо самой деятельности. Однако, если разобраться, Колмогоровский проект очень выгоден авторам нынешнего «реформирования» массовой школы. Со временем – да это уже и происходит – последствия действий наших «реформаторов» начнут сказываться на возможности решать задачи той же модернизации собственными силами... Кадровая деградация нарастает катастрофически. Мы попали в ситуацию острейшего исторического цейтнота.

– От одного известного ученого я слышал, что нынешняя школьная реформа готовит кадры для сохранения в перспективе сырьевой экономики, а отнюдь не для модернизации.

– Фактически с нашими «реформаторами» так и получается. Сами того не сознавая, они бьются за лозунг «Наше дело – труба!».

И вот представьте: на блюде с голубой каемкой им преподносят продуманный, детально разработанный вариант воспроизводства потенциала, способного решать на мировом уровне те задачи, которые перед ними ставят и время, и верховная власть. Я бы на их месте просто обеими руками поддержал такой проект. Вы знаете последнюю историю с предлагаемыми образовательными стандартами, вышибающими из-под образования его фундамент – системообразующие предметы: историю, русский язык, литературу, математику и предлагающие странный предмет «Россия в мире». Если вы хотите примитивизировать образование до такого уровня, когда никто ничего знать не будет, тогда тем более, вы должны оставить в стране систему, которая позволяла бы воспитывать хоть какое-то количество умных людей.

В известном смысле Колмогоровский проект родился от отчаяния. Если гробится массовое образование, то тогда уж любой ценой надо сохранить возможность того, чтобы у нас воспроизводилась и закреплялась, а не «утекала» на сторону своя интеллектуальная элита. Это совершенно необходимо, независимо ни от каких реформ.

Словом, Колмогоровский проект – это совершенно неизбежное средство защиты от непрофессионализма, от неграмотно проводимой образовательной реформы. Но это, конечно, не отменяет проблемы массовой школы. И если мы в рамках проекта подготовим несколько десятков тысяч высококвалифицированных, творчески работающих учителей, то они могут стать центром кристаллизации и при подготовке педагогов для массовой школы.

– Более того, никакая дебилизирующая система не подавит творческого учителя. Умный учитель обойдет и эту «гору».

– Конечно, но крови она ему попортит немало.

– Что нужно делать, что бы «процесс пошел»? Первое, второе, третье... Кем решение должно быть принято персонально? А. Фурсенко, В. Путиным, Д. Медведевым?

– Мы ждем такого решения от Президента России. Причем, довольно жесткого. Ведь открытых противников Колмогоровского проекта ни в руководстве страны, ни в министерстве образования и науки нет. Никто не высказался против. Но никто из чиновников и пальцем не пошевелил для его продвижения. Действий не последовало по сей день. Значит, первое: кто-то должен понести строгую ответственность за неисполнение поручения Президента. (Мне достоверно известно, что текст колмогоровского проекта был передан Дмитрию Медведеву лично в руки).

Второе: создание рабочей группы при президенте или премьере страны (раз «профильное» министерство этот проект фактически саботирует), которая в течение месяца-двух подготовила бы правовое, организационное, финансовое обоснование проекта. Давайте посмотрим на это как на общественный эксперимент: удастся ли нам пробить бюрократическую пробку хотя бы на одном конкретном направлении? В рабочую группу, помимо авторов проекта, должны войти в первую очередь авторитетные представители научной и педагогической общественности (включая авторов проекта), а также ответственные лица от Минобрнауки, РАН, РАО, и непременно Минюста, Минэкономики, Минфина. Ведь придется все тщательно просчитать. Проект должен начинаться со сметы, с положения об этих восьми школах и методцентре.

Третий шаг: постановление правительства или указ президента об осуществлении Колмогоровского проекта со всеми необходимыми приложениями.

Проект, кстати, очень важен и политически. Представьте: на Северном Кавказе появляется такая школа. Остатки боевиков – они же из лесов выйдут! Ведь острейшая проблема там – занятость молодёжи. Работой прежде всего. Но и учёбой тоже.

– Не слишком ли наивная надежда?

– Нет. Не надо недооценивать притягательную силу мощных просветительно-образовательных центров вблизи самых «горячих точек», такие центры открывают новые перспективы, особенно перед местной молодежью.

Если за работу взяться сейчас, к июню можно начать формирование педагогических коллективов на конкурсной основе, отбор будущих учеников, широкую рекламу проекта. Впрочем, эту работу можно начинать и одновременно с формированием рабочей группы.

А 1 сентября начать в этих школах занятия. Пока еще на старой материальной базе, но постепенно и ее подтягивая к уровню поставленных задач, строя новые школьные здания, оснащая лаборатории. Давайте посмотрим, что тут в мире есть самого лучшего и перенесем это лучшее в наши опорные школы, тем самым решая не только задачу подготовки научной смены, но и закладывая основы для укрепления общеобразовательных школ в стране.

– Вы назвали свой проект Колмогоровским. Один из его авторов академик В. Скулачев заметил, что в применении к биологии он мог бы называться и Белозерским. И каждый специалист мог бы найти в своей области науки достойное имя...

– Называя проект Колмогоровским, мы не только отдавали дань традиции – физматшколам, возглавлявшимся крупными учеными, но и тому, что в основу этого проекта легли конкретные, опробованные на практике педагогические принципы Колмогорова. Однако согласен: сегодня такой проект должен включать в себя весь спектр основных, прорывных направлений науки. Кстати, на практике так оно и получается. За последние лет 15, например, в школе-интернате (сначала физико-математической) при МГУ химическое, биологическое направления и информатика очень хорошо развивались.

Как о перспективных направлениях в работе таких школ можно говорить и об экологии, физической географии, геологии. Оптимальный путь – делать такие школы многопрофильными, чтобы и преподаватели, и ученики подпитывали друг друга.

– Марк Башмаков, организатор такой работы в Питере, в свое время говорил мне, что они в физико-математической школе-интернате при ЛГУ (теперь СПбГУ) совсем не стремятся, чтобы все их выпускники пошли на матмех (в МГУ – мехмат, механико-математический факультет, в ЛГУ – традиционно «в пику» Москве – матмех): «Важно, что учась в нашей школе, ребята из провинциальных углов получают не только углубленное знание и понимание физики и математики, но и будут погружены в большую культуру и большую науку одного из самых красивых городов мира, где Эрмитаж, Русский музей, Товстоноговский театр, великая архитектура. И это произойдет как раз в том возрасте, когда формируется, образовывается личность человека. А кем он потом станет – математиком или геологом, артистом или поэтом – не так уж и важно. Исходная идея все равно окупится».

– Андрей Николаевич Колмогоров считал именно так. Кстати, за прошедшие десятилетия накоплена убедительная статистика, говорящая о том, что школы-интернаты и заочные ФМШ не только вырастили смену талантливых математиков и физиков. Их выпускники, выбравшие другие профессии, как правило, проявляются и самоутверждаются в них очень ярко. От наполнения или, наоборот, от вакуума в умах и душах именно в этом возрасте зависит не только личная судьба конкретного молодого человека, но, если хотите, и судьба, будущее страны.

К великому моему огорчению, нынешние «реформаторы» из Минобрнауки этого не хотят и не могут понять. Уже тысячи сограждан протестуют против их «реформаторского зуда» (под протестом против их последних экзерсисов на тему образовательных стандартов подписалось более 20 тысяч человек). А они – как тот кот Васька из басни Крылова...

– «А Васька слушает да ест» потому, что этому попустительствует Повар. Но полная безнаказанность ведет к запредельному маразму, достигшему в этих экзерсисах такого «градуса», что самому министру пришлось делать шаг назад, обещая широкое общественное обсуждение...

– Но то же самое тот же министр А. Фурсенко обещал и в случае с ЕГЭ. И даже заявлял, что он был принят после многочисленных обсуждений и опытной проверки.

Да, обсуждение было. Многие ученые, учителя, писатели, рядовые граждане, можно сказать, духовный и интеллектуальный цвет страны, самые умные, опытные и дальновидные наши соотечественники высказались резко против ЕГЭ, считая, что нынешние «реформы» ведут наше образование в тупик. Но, к сожалению, как верно заметил еще П.Л. Капица, судьбу рекомендаций самых мудрых людей, в конечном счете, решают у нас другие, далеко не самые мудрые.

Взрыв возмущения, тысячи подписей, поставленных под протестным письмом учителя С.Волкова против новых образовательных стандартов заставили министра сделать хорошую мину при плохой игре; попытаться, чтобы потом, когда страсти улягутся, сделать уже два шага в том же направлении. Маловероятно, что этот «новый проект» его чиновники разрабатывали и предлагали без его ведома, в тайне от него.

Понятно, что начинать надо было не с ЕГЭ, а как раз с образовательных стандартов, а они в свою очередь должны были предопределить методы и формы учебного процесса, в том числе и проверки знаний. Минобрнауки поставило телегу впереди лошади. И вот теперь всем стало ясно, какую «лошадь» собирались пристегивать к «телеге» ЕГЭ. Что мы имеем в итоге? Новое платье голого короля. (Замечу, кстати, что Г.Х.Андерсон в своей сказке «Новый наряд короля» по существу привел первый в истории человечества пример рекламы нанотехнологий – невидимой ткани, изобретенной заморскими портными. Явление голого короля народу и его триумфальное шествие – явление весьма и весьма поучительное...).

Так что, если действительно попытаться остановить нашу воспитательно-образовательную систему на краю пропасти, надо немедленно менять в Минобрнауки команду нынешних «горе-реформаторов» на коллектив знающих, думающих специалистов, способных осуществить дальновидные, результативные преобразования в нашей школе. А чтобы Академия педнаук стала методическим центром, мозгом таких преобразований, она тоже потребует кардинального реформирования. Последние события уже в который раз показали: пребывание команды Фурсенко у штурвала нашей школы – потерянное время для ее подлинного реформирования.

– По той буре, которую вызвало в Интернете письмо учителя С. Волкова, очевидно: научное и педагогическое сообщество начинает, наконец, прозревать. Готово ли к таким «прозрениям» руководство страны?

– Не знаю. Но убежден: у нового педагогического мышления уже сегодня должны быть свои плацдармы. Колмогоровский проект – один из них. Давайте для начала хоть что-то сделаем с умом, по-человечески. И доведем до конца.

Ким Смирнов беседовал с Александром Абрамовым, выпускником 1 выпуска 1964 года Колмогоровской ФМШ № 18 при МГУ.

Перепечатано из Новой Газеты № 25 от 11 марта 2011 года.

О.Г. Ашхотов, И.Б. Ашхотова, Л.Н. Здравомыслова

**РОССИЙСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
В БОЛОНСКОМ ИЗМЕРЕНИИ**

oandi@rambler.ru

*Кабардино-Балкарский
госуниверситет, г. Нальчик*

В последние годы в литературе широко обсуждается вопрос интеграции российской высшей школы в общеевропейское образовательное пространство. Проблемы не просто обсуждаются, но и предпринимаются определенные усилия на правовом, организационном и методическом уровнях по соответствующему регулированию отечественной системы высшего образования. Какие поставлены здесь цели, какие задачи уже решены и какие требуют решения в ВУЗах России – тема настоящей статьи.

Прежде всего, несколько слов о сути вопроса, опираясь не на вторичные публикации, а на первоисточники, в которых однозначно сформулированы цель и задачи формирования общеевропейской системы высшей школы. В Болонской декларации [1] (1999 г.), а также в Пражском [2] и Берлинском [3] коммюнике (2001 и 2003 гг. соответственно) определена четкая цель – «создание зоны европейского высшего образования» и конкретизированы задачи по достижению этой цели:

1. Принятие системы, основанной, по существу, на двух основных циклах – постепенного (бакалавра) и послестепенного (магистра и/или доктора) и системы легко понимаемых и сопоставимых степеней.

2. Внедрение системы кредитов по типу European Credit Transfer System – ECTS [4], суть которой заключается в приведении каждого компонента образовательной программы (дисциплины, курсового проекта и т.д.) к некоторому числовому выражению и единообразному выставлению оценки за освоение данного компонента.

Достижение цели по замыслу авторов Болонской конвенции приведет к устранению препятствий в доступе студентов ко всем образовательным услугам, развитию единых критериев оценки качества преподавания и образования, появлению схем мобильности, интегрированных программ обучения и проведения научных исследований и, в конечном итоге, к повышению конкурентоспособности и привлекательности интегрированной системы европейского высшего образования.

Если коротко сформулировать суть образовательного процесса по Болонской схеме, то получатся три короткие формулы:

**«ОБУЧЕНИЕ В ДЕЛЕ»;
«ВСЁ СЕМЕСТР – СПЛОШНАЯ СЕССИЯ»;
«ОБУЧЕНИЕ В ТЕЧЕНИЕ ВСЕЙ ЖИЗНИ».**

Все это может быть реализовано только при высоком качестве образовательного процесса. Как отмечается в Саламанкской декларации 300 европейских высших учебных заведений в 2001 г. [5] – «*Качество – основное условие для доверия, уместности, мобильности, совместимости и привлекательности в Зоне европейского высшего образования*». Другими словами, качество – это фундаментальный камень в здании общеевропейской системы высшего образования. Проблема обеспечения качества в Болонских представлениях решается ВУЗом самостоятельно. Перечисленные конвенции не требуют капитального реформирования образовательной системы в ВУЗах с детальным прописыванием каждого аспекта реформы. Высшим

учебным заведениям предоставляется только каркас системы. Такой подход наиболее предпочтителен, *«так как попытка детального регулирования не только приводит к негибкости, но вступает в противоречие с общей тенденцией в сфере высшего образования»* [6].

Что на сегодняшний день имеется в ВУЗах РФ для вхождения в зону европейского высшего образования.

Многие университеты практикуют двухуровневую подготовку (бакалавры и магистры), по крайней мере, естественнонаучных специалистов. Здесь, правда, непонятно, почему осталась подготовка инженеров (специалистов), которые никак не фигурируют в упомянутых декларациях.

Последние пятнадцать лет в некоторых ВУЗах оценивание успешности обучения проводится в рамках балльно-рейтинговой системы (БРС), которая при правильной реализации предоставляет определенные преимущества для преподавателей и студентов. Для преподавателя это систематическое оценивание студентов, которое позволяет более активным и «продвинутым» предлагать индивидуальную учебную программу, вносить изменения в учебный процесс и др. У студентов БРС стимулирует своевременное выполнение работ, систематическое посещение занятий, творческую активность в научно-исследовательской деятельности.

К настоящему времени накоплен обширный материал по использованию БРС в ВУЗах РФ, который широко представлен в обычных и, особенно, Интернет-комментариях, -отзывах и -публикациях. Все это, а также материал, накопленный за время использования БРС на кафедре автора настоящей статьи, позволяет выделить и проанализировать те недостатки и упущения, которые возникли за годы эксплуатации БРС в ВУЗах России.

В первую очередь не была учтена специфика основной массы российских учащихся. Не секрет, что их подготовка находится на очень низком уровне. К этому следует добавить и другой аспект. В силу социальных потрясений в России в 90-х годах прошлого столетия у молодежи были сильно деформированы основополагающие моральные устои, что привело их к стойкому представлению о возможности получения документа о высшем образовании без особого труда и настойчивой учебы через взятки в том или ином виде. БРС же дает значительный эффект только когда у студентов есть желание постигать истину через получение и аккумулирование знаний. Если такого желания нет, то ничего кроме вреда эта система не принесет. По этой причине БРС не только не стерла, а, наоборот, резко контрастировала границу между процессами получения знаний и получения количества вожаемых баллов, без которых успешное продвижение по курсам ВУЗа становится проблематичным.

По мнению автора, БРС не сработала и в плане интенсификации учебного процесса. Студенты работают в «рваном» ритме – затишье между контрольными точками сменяется авралом в период проведения рейтинговых мероприятий, когда они должны в течение двух недель поучаствовать с положительным результатом в 10-13 контрольных мероприятиях.

Другой недостаток – излишняя жесткость БРС, которая часто приводит к пиковым ситуациям на младших курсах. Приходится отчислять за какие-то третьестепенные недоборы баллов толковых студентов, часто не имеющих элементарного представления об особенностях учебы в ВУЗе. Если придерживаться всех приказов, которые идут сверху в плане реализации БРС, то приходится снижать баллы или даже отчислять не двоечников за неуспеваемость, а вполне способных студентов, например, за пропуски занятий. Кстати в ECTS предусмотрена возможность дорабатывать баллы и после завершения курса [4]. Чрезмерно жесткий каркас БРС, созданный в наших ВУЗах, сильно ограничивает (если не сказать запрещает) инициативу преподавателей, что совсем не согласуется с положениями Всеобщей хартии университетов [7], где в п.3 основных принципов говорится, что *«свобода преподавания, исследований и обучения является основным принципом жизни университетов»*.

Многие годы остается непонятной ситуация, связанная с оцениванием успешности обучения студентов. Если уж мы перешли на БРС, то надо быть последовательными – необходимо отменить пятибалльную систему. Нет смысла одни и те же знания оценивать в двух системах измерения.

Не лучше обстоит дело и с объективностью при проведении контрольных мероприятий в рамках БРС. По замыслу чиновников, БРС в ВУЗах должна была стать барьером для преподавателей и сотрудников, зарабатывающих на поборах студентов. На самом же деле коррупция получила новое развитие. Недобросовестные преподаватели обезопасили свои позиции в силу того, что они якобы никак не участвуют в контрольных мероприятиях (например, компьютерное тестирование или экзамен, принимаемый комиссией), а возможности инженерного корпуса в этом плане значительно возросли. В итоге возникла ситуация, как в случае с ЕГЭ – количество людей, зарабатывающих на решении задач, трафике вопросов и ответов во время контрольных мероприятий резко выросло. Это дело стало вполне законным и весьма прибыльным.

Российские особенности высшего образования в Болонском измерении

Таким образом, в силу целого ряда объективных трудностей и финансовых проблем в России, внедрение балльно-рейтинговой системы в российских ВУЗах во многом было сведено к созданию параллельной (чаще стобалльной), наряду с пятибалльной шкалой, системы оценивания знаний. При этом была разработана и реализована система карательных мер, которая должным образом не работает и никак не связана с положениями Болонской конвенции. Причина такой ситуации в чрезмерном использовании административных рычагов и «...директивном, прямом использовании рекомендуемых методик, которые могут привести к механической унификации образовательных услуг, что не только не способствует интеграционным процессам, но и чрезвычайно опасно для них» [6].

С бюрократической точки зрения мы движемся в верном направлении – у нас в активе есть двухуровневая система подготовки и БРС, которую со временем можно трансформировать в ECTS. Нет главного – качества образования, хотя реформаторы, по-видимому, рассчитывают, что рано или поздно количество новых приемов оценки знаний перерастет в качество образования.

Как видно из первоисточников, для вхождения в общеевропейскую зону высшего образования не требуется пересмотра всех элементов сложившейся образовательной системы. Более того, опыт 1980-1990-х годов показал, что на Западе наши специалисты востребованы независимо от того какой диплом они имеют и по какой системе оценены их знания и способности.

Но, для обеспечения современного качества образования ВУзам необходимо выполнить огромный объем работы по информационному оснащению испытанной временем российской образовательной технологии. Здесь мы в самом начале длинного и тяжелого пути.

В первую очередь, необходимо провести широкомасштабную и очень серьезную внутри- и вневузовскую переподготовку преподавателей по современным образовательным технологиям.

Далее, потребуется создание информационно-образовательной среды ВУЗа, которая представляет из себя совокупность двух компонент – новых информационных технологий и средств для новых информационных технологий. Для этого потребуются в большом количестве специализированные лекционные аудитории, лаборатории с периферийным оборудованием для ЭВМ, системы автоматизации и АСУ, тренажеры, демонстрационные стенды, дистанционные лаборатории и системы виртуальной реальности, телесистемы, телесети, телецентры и пр. В современном представлении информационно-образовательная среда – это электронный клон ВУЗа, в котором сосредоточены делопроизводство, все необходимые методические материалы в электронной форме; материалы для аудиторной работы по каждой дисциплине: тексты лекций, планы семинарских занятий, мультимедийное сопровождение аудиторных занятий; материалы для самостоятельной работы студентов: наборы текстов домашних заданий, материалы для самоконтроля по каждой дисциплине, типовые модели рефератов и курсовых работ. Здесь не следует забывать, что цифровые информационные технологии это только одно из многих аудиовизуальных средств, которые используются в современном образовании и которые тоже необходимо развивать.

Таким образом, для интеграции с Европой на образовательном уровне совсем не требуются радикальные подходы. Для вхождения в зону европейского высшего образования нужно одно – качество образования при единой системе оценивания знаний. Каким путем будет достигнуто качество совершенно неважно. Для выхода на европейский уровень подготовки специалистов нашим ВУЗам требуется модернизация существующих образовательных технологий через переподготовку преподавателей и создание информационно-образовательной среды ВУЗа *при сохранении и преумножении* всего того ценного, что наработано многими поколениями российских педагогов. Этой работой систематически никто не занимается, а все попытки регулирования отечественной системы высшего образования, в основном, сводятся к поспешному, слепому и часто неудачному копированию чужого опыта.

Литература

1. Зона европейского высшего образования. Совместное заявление европейских министров образования. – Болонья, 1999. – 19 июня.
2. К зоне европейского высшего образования. Коммюнике встречи европейских министров, отвечающих за высшее образование. – Прага, 2001. – 19 мая
3. Создание общеевропейского пространства высшего образования. Коммюнике конференции министров, ответственных за высшее образование. – Берлин, 2003. – 19 сентября.
4. http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects_en.html.
5. Конвенция европейских высших учебных заведений. Формирование будущего. – Саламанка, 2001. – 29–30 марта.
6. Комментарий экспертов к методике расчета трудоемкости основных образовательных программ высшего профессионального образования в зачетных единицах. <http://www.philiprov.ru/interview/26/29>.
7. Всеобщая хартия университетов. г. Болонья. 18 сентября 1988 г.

СЛОЖНОСТЬ КОНЕЧНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ НУЛЕЙ И ЕДИНИЦ И ГЕОМЕТРИЯ КОНЕЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВ

Владимир Игоревич Арнольд

Математический институт им. В. А. Стеклова, г. Москва

Публичная лекция 13 мая 2006 года

Доклад в Московском математическом обществе

Я всю жизнь следую рецепту Дирака, который учил, как создавать Новую Физику, следующими словами:

«Прежде всего, — говорил Дирак, — нужно отбросить все так называемые «физические представления», ибо они — не что иное, как термин для обозначения устаревших предрассудков предшествующих поколений». Начинать, по его словам, следует с красивой математической теории. «Если она действительно красива, — говорит Дирак, — то она обязательно окажется прекрасной моделью важных физических явлений. Вот и нужно искать эти явления, развивать приложения красивой математической теории и интерпретировать их как предсказания новых законов физики», — так строится, по словам Дирака, вся новая физика, и релятивистская, и квантовая.

В.И. Арнольд

Недавно в американской книжке «Законы Мерфи» я нашел четкую классификацию всех наук: «Если воняет, то это химия, когда ничего не работает — физика, а если понять нельзя ни слова — математика».

Я всю жизнь борюсь с этим представлением. По моему мнению, математика — просто часть физики, экспериментальная наука, которая открывает человечеству самые важные и простые законы природы.

Разница между математикой и физикой состоит только в том, что в физике эксперименты стоят миллионы или даже миллиарды долларов, а в математике — единицы рублей или копеек.

Сегодня я намерен показать вам, как с помощью простейших экспериментов можно открывать новые и неожиданные законы природы.

Вслед за Ньютоном и Пуанкаре я считаю лучшие такие открытия важными вехами на пути прогресса человеческой цивилизации. Некоторые современные математики придерживаются противоположной точки зрения.

Например, Харди объяснил слова Гаусса «математика – королева наук» полной бесполезностью обеих. Директор Математического института Макса Планка в Бонне написал (в статье, посвященной 2000-летию Иисуса Христа), что математика – это формализованное переливание из пустого в порожнее, а ее вклад в решение основной проблемы современного постиндустриального человечества состоит, по его мнению, «в отвлечении лучших умов от более опасных, чем математика, занятий».

«Некоторые идиоты считают, – говорит он, – будто математика полезна для физики и техники» (в его статье слова «идиоты» нет, но спорил он именно со мной, я и заказал ему эту статью от имени Международного математического союза, который ее и опубликовал к 2000 году). «Истинная же польза» – по его словам – в том, что если бы вместо проблемы Ферма математики занимались бы усовершенствованием автомобилей или самолетов, то вреда было бы гораздо больше».

Я не собираюсь усовершенствовать ни автомобили, ни самолеты, ни даже криптографию, к которой относится сегодняшний доклад.

Но я всю жизнь следую рецепту Дирака, который учил, как создавать Новую Физику, следующими словами:

«Прежде всего, – говорил Дирак, – нужно отбросить все так называемые «физические представления», ибо они – не что иное, как термин для обозначения устаревших предрассудков предшествующих поколений».

Начинать, по его словам, следует с красивой математической теории. «Если она действительно красива, – говорит Дирак, – то она обязательно окажется прекрасной моделью важных физических явлений. Вот и нужно искать эти явления, развивать приложения красивой математической теории и интерпретировать их как предсказания новых законов физики», – так строится, по словам Дирака, вся новая физика, и релятивистская, и квантовая.

Между прочим, мало кто знает, что за три года до проблем Гильберта и лет за десять до Эйнштейна Пуанкаре сформулировал основную задачу, оставленную XIX веком в наследство двадцатому в области математики. В формулировке Пуанкаре основная задача такова: построение математической теории для релятивистских и квантовых явлений. Ну он, кстати, это и сделал для релятивистского случая – правда, почему-то странным образом Эйнштейн до 1945 года на него забывал ссылаться. В 45-м году упомянул, что Минковский ему посоветовал прочитать, что за десять лет до Эйнштейна напечатал друг Минковского Пуанкаре. Вот.

Еще менее известно, что релятивистские электронные уравнения Дирака возникли у него из древней математической теории кос. А именно: Дирак заметил, исходя из топологии семейства эллиптических кривых в алгебраической геометрии, что в группе сферических кос из четырех нитей существует элемент второго порядка, и интерпретировал это свое открытие в виде теории спина электрона, имеющего 2 значения (это означает, что для того, чтобы частица вернулась в прежнее положение, ей нужно повернуться не на 360 градусов, а 720).

Это было никому не понятно, и поэтому ему не верили. Чтобы убедить физиков в справедливости соответствующей странной математической теоремы (утверждающей, что фундаментальная группа группы $SO(3)$ вращений трехмерного пространства состоит из двух элементов), Дирак продемонстрировал соответствующий эксперимент, изготовив физически свою сферическую косу второго порядка.

Эта коса делается так: берется сфера и другая концентрическая с ней меньшая сфера и соединяются четырьмя веревками. Четыре гвоздя вбиваются в наружную сферу, четыре во внутреннюю, и четыре веревки их соединяют, но так, чтоб эти веревки не по радиусу шли, а переплетались между собой. Вторая, точно такая же, коса (это называется «сферическая коса») – вторая коса, совершенно так же устроенная, соединяет меньшую сферу с еще меньшей.

А теперь, элемент второго порядка – это вот что такое. Это значит, что, если убрать среднюю сферу, получится четыре веревки, связывающие самую большую с самой маленькой. Так вот, они оказывались незапутанными, они были запутаны между большой и средней, запутаны между средней и малой таким же способом. А если среднюю убрать, то между большой и малой их можно непрерывным преобразованием перетащить на радиальные незапутанные. Получается тривиальная коса.

Это и есть та математическая теорема, о которой идет речь, которую Дирак и доказал. Дирак изготовил эти сферы и среднюю сжег. Сферы оказались соединенными незавязанными веревками, и физики поверили в теорию спина. Так он это и доказал.

Между прочим, сейчас ни физики, ни математики этого уже не знают. Может, один я прочитал у Дирака, как это делается и как он это придумал. А в спин физики верят, потому что провозглашено там, дают за это нобелевские премии, значит, что уже это всем известно, что это знаменитая, великая вещь. И все верят, просто потому, что это провозглашено, что это так.

Ну так вот. На самом деле, это открытие Дирака – теория спина – было основано на эксперименте, доказавшем математическую теорему.

Поэтому и я начну сейчас рассказ о своих экспериментах, которые я вам сейчас покажу, но только сделаю одно предварительное замечание о докладе.

Фарадей, который выучился всему самоучкой, первым организовал публичные научные лекции для слабоподготовленных слушателей, и они были замечательными. В результате своих лекций Фарадей пришел к такому выводу: «По-настоящему поучительная лекция никогда не сможет быть популярной, а по-настоящему популярная никогда не достигнет настоящей поучительности».

Я постараюсь опровергнуть эту точку зрения великого физика (теории которого составили основу современной цивилизации после того, как Максвелл записал их математически в виде своей знаменитой системы уравнений).

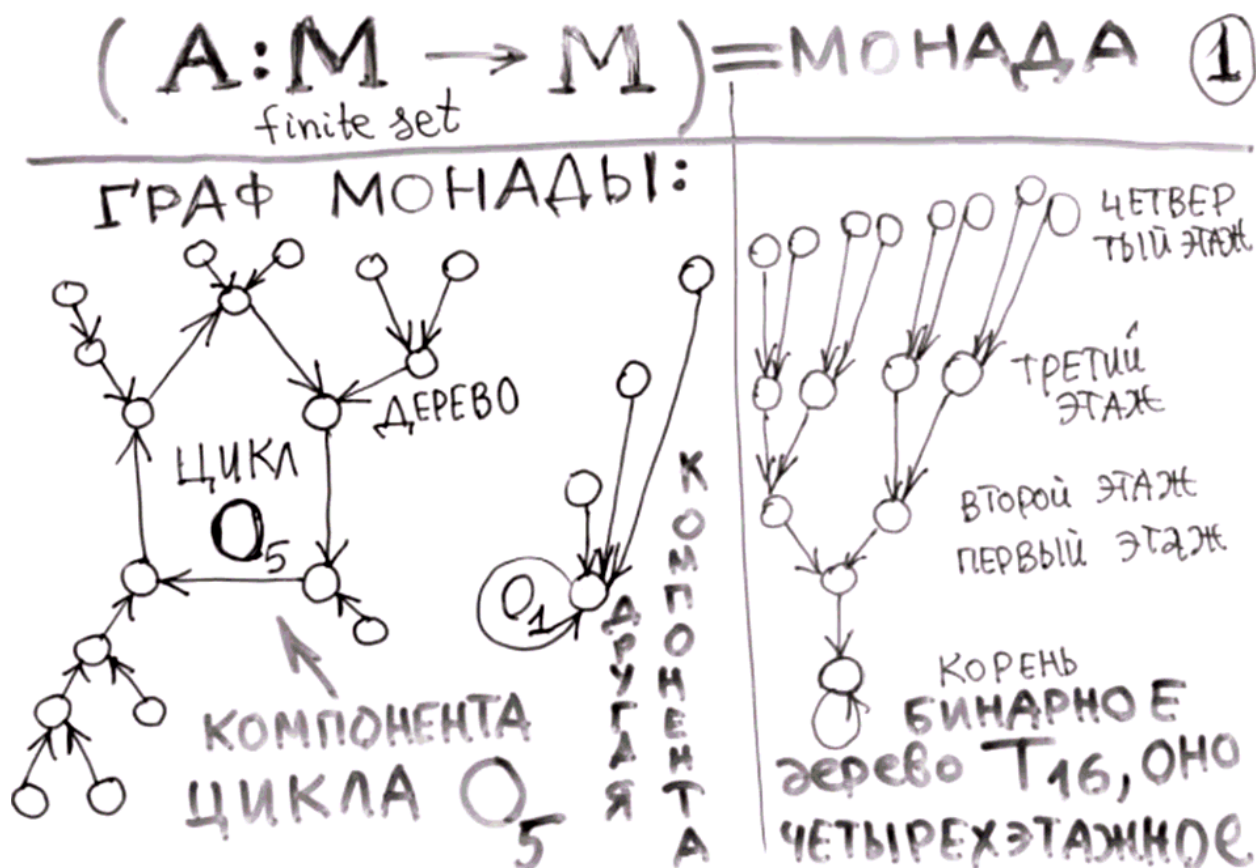
Математические открытия, о которых я буду сегодня говорить, немножко похожи на теорию Максвелла, которая установила неразрывную связь между совершенно разными на вид явлениями электричества и магнетизма.

Точно так же и математика всегда устанавливает неразрывное единство совершенно разных явлений, которые на первый взгляд не имеют между собой ничего общего.

Но для математиков такая новая наука может оказаться слишком трудной, но менее подготовленные слушатели и даже школьники, которым я рассказывал об этих теориях в Объединенном институте ядерной физики в Дубне в 2005 году и в Международном центре теоретической физики имени Абдуса Салама в Мирамаре месяц назад, не только меня поняли, но даже получили первые новые самостоятельные результаты в этом направлении, где много еще остается сделать, как вы сейчас услышите.

Ну вот теперь я перехожу к делу. Значит, я буду рассказывать про теорию самого общего математического объекта, который только есть. Я его называю для простоты «монадой» по Лейбницу и объясню сейчас вам, что это такое. Значит, монада. Это самый простой математический объект, какой только можно придумать.

Пусть имеется конечное множество — оно там M обозначено. И пусть имеется отображение этого конечного множества в себя. Каждой точке этого конечного множества сопоставляется новая точка. Это и есть монада. Значит, вот, оказывается, существует теория этих монад, и из этой теории вытекают совершенно нетривиальные математические и физические следствия. И я некоторые из этих теорий, некоторые из этих следствий вам сейчас покажу.



Во-первых. Чтобы понять монаду, мы будем ее изображать в виде графа — картинки. Значит, граф монады строится таким образом: берется конечное множество точек. Это множество монада отображает в себя, то есть для каждой точки x из этого множества монада переводит ее в какую-то другую точку y — y , которое есть A от x , отображение в себя. Так вот, соединим каждую точку x стрелочкой с той точкой, в которую она отображается. Вот y , например, вот эта точка, тоже куда-то отображается. Например, сама в себя. А эта точка отображается, например, вот в эту. Ну, еще осталось тут указать, куда эта точка, ну, например, вот сюда.

Вот монада из четырех точек, и нарисован граф этой монады. Вот как он устроен. Это определение первое, поэтому самое простое понятие. Это вам не суперструна. Это просто.

Теперь рассмотрим теорему первую, простейшую. Теорема: «Каждая монада — граф каждой монады — разбивается на связные компоненты». Вот эта монада связная — одна компонента только. А может быть, тут рядом имеются еще какие-то точки — в этом же множестве M — и монада их тоже переводит друг в друга. Тогда будет несколько компонент связности.

Теорема: «В каждой компоненте связности монады обязательно имеется цикл». Вот здесь имеется — а, у меня нарисовано, давайте нарисуем по-другому, чтобы циклы были разными, а то у меня здесь все циклы одинаковые, это что такое... Вот здесь цикл длины четыре. А здесь цикл длины один. Но это циклы. Компоненты без цикла не бывает. Доказательство: множество точек конечное, поэтому, если мы выйдем и пойдем по стрелочкам, будем идти, идти, идти, когда-нибудь вернемся в точку, где уже были раньше. Потому что их конечное число. Тогда от первого посещения этой точки до второго будет цикл. Конец доказательства.

Второе утверждение: «В компоненте не может быть двух циклов». Доказательство: если бы в какой-нибудь компоненте было два цикла — ну тут где-то точки стоят в каком-то количестве, вот — то, так как это в одной компоненте, между ними была бы связь, тоже из стрелок как-то состоящая. И тогда где-то посередине была бы точка, из которой можно идти по стрелкам и к одному циклу, и к другому. А ведь тут же отображение: из каждой точки выходит только одна стрелка — приходит может много, а выходит только одна. Поэтому связь между двумя циклами невозможна. Не бывает связи между двумя циклами. Вот такая картинка невозможна, потому что из этой точки выходим сюда, а стрелка на этой должна обязательно быть в эту сторону. Значит, из этой вершины идем сюда и сюда, а так не бывает — из каждой вершины в одну сторону. Значит, всё. Цикл только один.

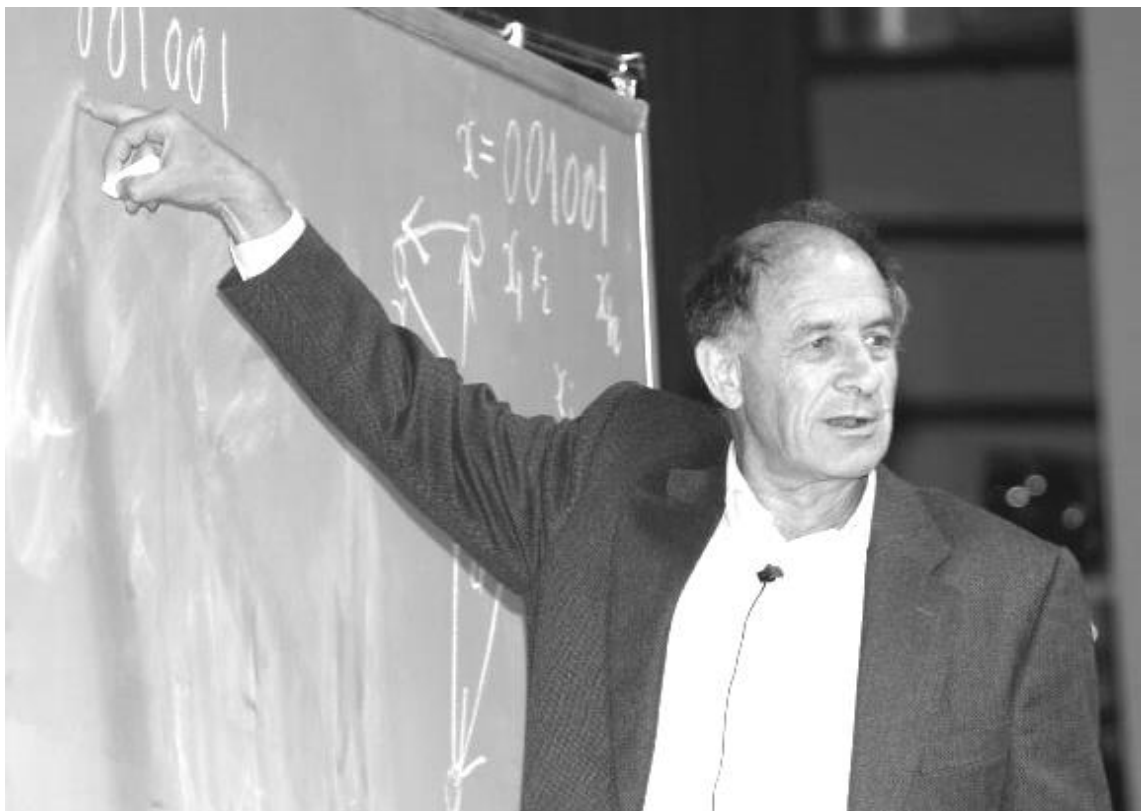
Итак, как же устроена монада? Монада устроена так всегда: имеется цикл, у него имеются вершины, и в каждой из этих вершин имеется аттрактор — что-то, что к нему притягивается. А то, что к нему притягивается, — это дерево, это уже кусок без цикла. Деревья могут быть разные — некоторые деревья большие, некоторые маленькие, у некоторых вершин даже пустые деревья, может и не быть никакого дерева, такое тоже бывает. Но, во всяком случае, всякая монада имеет геометрическое строение, которое весьма просто.

Вот теперь я теорию монад начинаю использовать. Я сейчас использую теорию монад для исследования очень древней, очень важной, очень фундаментальной и нерешенной задачи, которая не знаю, к какой науке относится. Значит, я отношу ее к математике, по привычке, а на самом деле эту задачу можно относить к естествознанию, криптографии, к компьютерной теории и вообще к чему угодно.

Эта задача такая: вот у нас имеется какая-то деятельность, мы что-то решаем, какие-то задачи, какие-то объекты исследуем. Среди этих объектов бывают объекты простые, а бывают объекты сложные. Задача, которую я хочу обсудить, — это такая: как различать, какие объекты простые, а какие сложные? Что такое сложность, что такое сложность объекта?

Конечно, этой задачей много занимались. Например, в теории алгоритмов имеются алгоритмически разрешимые проблемы и алгоритмически неразрешимые, имеется понятие алгоритмической сложности». Но дело в том, что во всех этих теориях рассматриваются бесконечные наборы и рассматривается сложность задач, у которых бесконечное число возможностей. И говорится, что какая-нибудь такая задача, ну, скажем, проблема Ферма ($x^n + y^n = z^n$)... Вот можно поставить вопрос: разрешима ли она алгоритмически, есть ли алгоритм, который будет решением. Так это значит вот что: ведь если n фиксированное, если x , y , z фиксированные, то проверить, так это или не так, всегда можно, это легко. Задача возникает из-за того, что нету ограничения, что система не ограниченная — бывают очень большие x , y и z , и узнать надо про все сразу, про всё бесконечное множество надо сразу узнать. А я хочу сложность определять не для бесконечных задач, а для конечных.

Вот пусть имеется некоторый конечный объект. Например, программа в машине, скажем. Сложная она или простая? Я сейчас придам точный математический смысл — при помощи монад — понятию «сложности задачи». На я буду рассматривать, конечно, задачи все-таки для примера специального вида.



Я взял самую простую задачу, самый простой объект из математических объектов — последовательность нулей и единиц. Вот, значит, возьмем — бинарные последовательности это называется — возможно брать языки любые, последовательности любые, символы любых алфавитов. Ну я возьму самый простой алфавит, в котором всего есть 0 и 1 и ничего другого. И вот последовательность — это есть несколько нулей и несколько единиц, записанных подряд. Вот: 001001. Вот последовательность длины шесть, из шести элементов. Значит, я их буду писать так. Вот это я буду обозначать x , первый ноль — это x_1 , который равен нулю, вот это x_2 , вот это x_n — тогда последовательность длины n . В моем примере n равно шести. Спрашивается: вот эта последовательность (видно, что довольно простенькая — 001001), а бывает последовательность... — вот видите там есть последовательность 010101 — она простенькая, — а вторая последовательность 010011 — она уже ... не так легко продолжать, не так легко догадаться, как она написана, по какому принципу. Но можно до любого n , конечно, такие вещи делать, и мы и будем так делать.

Но вот спрашивается: в каком точном смысле вторая последовательность сложнее первой? Сейчас монады дают ответ на этот вопрос, и вот какой ответ: рассмотрим, значит, все последовательности длины n из символов 01. Таких последовательностей будет 2^n штук. 2^6 , например, длины 6, как у меня тут, — 64 последовательности возможно. И вот я хочу различить из этих 64 последовательностей — какие простые, какие сложные. Значит, это множество всех последовательностей имеет в математике разные названия — в зависимости от области математики вы можете их по-разному называть. Можно называть это... Вот, например, если последовательности длины 2 — 00, 01, 10, 11 — можно говорить, что это квадрат: четыре вершины квадрата. А можно говорить, что это векторное пространство размерности 2, плоскость над коэффициентами $\mathbb{Z}_2$ — остатками от деления на 2. Вот арифметика по модулю 2, значит... Плоскость там имеет всего четыре точки. Вот эти четыре точки здесь и есть. Вот точно так же в общем случае, значит, если у нас длина n , то это куб в n -мерном пространстве. Если n равно трем (длина 3), то это будет восемь точек, и они образуют кубик вот такой. Так, хорошо.

Так вот, оказывается, каждой точке x вот такого вида — скажем, любой вот такой последовательности — я сейчас сопоставлю монаду. Монада одна будет, а это будет вершина, это будет конечное множество, вот эти вершины куба. Мы построим отображение вершин куба в себя: из каждой вершины куба будет выходить стрелка, которая ведет в какую-то другую вершину. А придумал этот способ Ньютон, который уже рассматривал ту задачу, о которой я буду рассказывать.

Задача у него была такая: дана функция, и нужно определить, простая она или сложная, как написать формулу для этой функции. Ну вот, например, можно считать, что здесь у меня написано как последовательность, но можно считать, что x — это функция, x_i — это функция от i . Значит, это функция, которая определена на дискретном множестве из n точек, конечном множестве от единицы до n и принимает значения либо 0, либо 1 в этих точках. И причем любая вот такая функция.

Как Ньютон исследовал функции, как он исследовал, например, многочлен — функция или нет, — как он это делал? Он предложил: надо рассмотреть разности у этой функции. Вот как Ньютон это делал. Вот, значит, мы начинаем эксперимент... *(Это называется доска?.. Вот я слышал — мне рассказывал Виталий Лазаревич Гинзбург, — что у них в институте в ФИАНе не бывает ни мела, ни досок, но, может, он и ошибался, я не знаю. По-видимому, это свойство такое всеобщее. Ну ладно.)* Определение у Ньютона было такое: вот если какая-то последовательность есть — вот, скажем, давайте возьмем эту самую 001001, да — то образуем новую последовательность таким образом: возьмем разности соседей в исходной последовательности, первые разности возьмем. Причем это остатки от деления на 2, и мы разности вычитания будем брать по модулю 2. 0 минус 0... *(Когда я в Дубне там лекцию читал школьникам, они все кричали с места, сколько это.)* Сколько? Ноль. 1 минус 0? Сколько, Митрофанушка? Один! 0 минус 1? Тоже один. По модулю 2. 0 минус 0? Ноль. 1 минус 0? Один. Но чтобы получить последовательность длины 6, а не 5, я буду считать, что после последнего элемента опять идет первый, чтобы она была как бы периодическая такая. Тогда не будет меняться длина. Значит, после этой единицы идет как бы этот ноль, поэтому получится опять единица. Вот из этой последовательности получилась вот такая вот последовательность, а можно брать следующую разность и так далее.

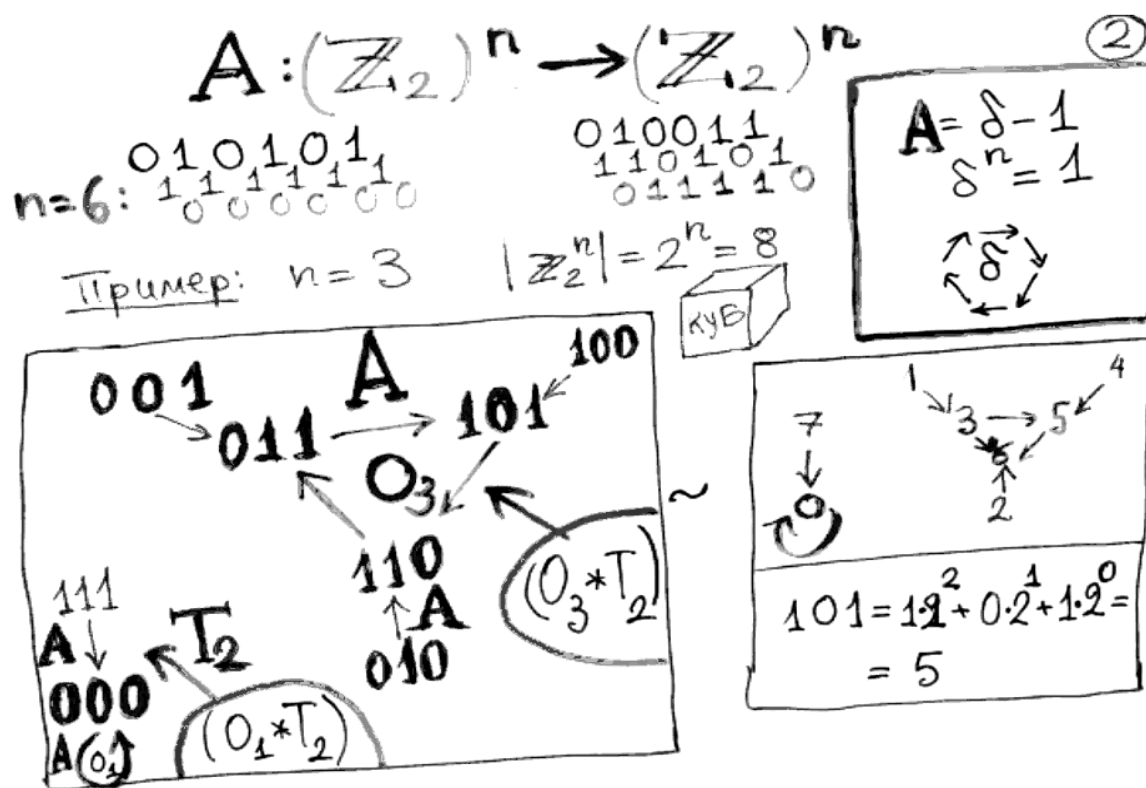
Так вот. Ньютон заметил: если функция была константа, то первые разности будут нули. А если первые разности будут константа, то функция будет многочлен первой степени. А если вторые разности константа, то не больше второй. И так далее. Ну да. У второй вторые разности константа. А третьи нули.

Так вот. Определим оператор A , который действует на последовательность x и определяет последовательность y по такой формуле: $y_i = x_{i+1} - x_i$.

Разности я вам показал, а вот формула для них. Вот и всё. Это операция Ньютона. Мы получили отображение из нашего куба, из множества вот этих самых... Куб наш (M мы его обозначим) — это множество вершин Z_2^n — это, значит последовательности длины n , у которых элементы 0 и 1. И операция: каждой такой последовательности сопоставляем новую — вот операция A . Получается отображение в себя.

А раз получили отображение в себя, то, значит, есть монада. А есть монада, то есть граф. А есть граф, то есть картинка. А есть картинка, то есть циклы и деревья. И вот в терминах этих геометрий, этих монад, и будет дано сейчас скоро очень определение сложности.

Так вот. Я обещал эксперимент — вот он будет сейчас. Мы сейчас просчитаем... Вот я уже дал определение теории, и эта теория трудна и не решена математически и является трудной математической задачей, формулирует трудную и нерешенную в общем виде математическую задачу. Дано число n , найти граф монады операции Ньютона. Какая будет картинка? Это трудная задача, по поводу которой я доказал несколько десятков теорем, открыл несколько очень странных фактов (экспериментально, без компьютеров даже), потом ученики мои проверяли, доказывали, я часть доказал, а многое остается гипотезами.



Давайте мы начнем вот с чего. Возьмем $n=3$ и просчитаем всё явно. Если $n=3$, то точек всего восемь. И для восьми-то точек мы сумеем посчитать разности? Последовательность длины всего 3 — это проще, чем в этом примере, но давайте посмотрим. Какие бывают последовательности нулей и единиц длины 3? Какие последовательности? Вот бывает последовательность 0, 0, 0. Бывают другие длины 3? Бывают. Еще какие? 0, 0, 1? Вот. И возьмем еще... ноль...

Знаете, я-то буду вот что считать. Я буду считать, что у меня тут ученые слушатели, которые знакомы с компьютерами и, значит, с бинарными числами и могут считать: такая последовательность — это просто двоичная запись числа в двоичной системе цифрами. Там две цифры только — 0 и 1.

Значит, вот это вот двоичная запись числа ноль. А вот это двоичная запись какого числа? Один. А поэтому мы возьмем число 2 и его тоже запишем. Как записывается? 0, 1, 0. А теперь возьмем число 3 и его запишем. Как число 3 двоично записать? 0, 1, 1. Бывает еще 4. Четыре — 1, 0, 0. Бывает 5. Пять... что? Я что-нибудь неправильно написал?

Знаете, когда я читал лекции в Московском университете, я привык: надо все формулы писать неправильно. Вот, например, кинетическую энергию надо вместо « mv^2 пополам» писать «два mv^2 ». Или там где-нибудь в лагранжиане вместо « T минус U » писать « T плюс U ». И тогда все просыпаются и начинают участвовать, и начинают говорить. Я привык к этому и сейчас по этой привычке тоже могу написать иногда неправильную двоичную запись. Но, надеюсь, вы меня исправите, да?

Шесть мне надо написать. 6 — это что такое? 4 и 2. 7 — это... Что? 4... Сейчас, погодите, я не пропустил? 0, 1, 2... Ах, 8, это оно и есть. 5, 6, 7, 8. Нет. Ноль... Их всего восемь, восьми нету. Оно будет четырехзначное число. 7 — последнее. Хотя последнее 7, а их восемь, потому что начинается с нуля. Ну вот. Единичка три раза. Вот так. Хорошо!

Теперь давайте считать разности. У последовательности 0, 0, 0 какие разности? Она же сама! Значит, 0 переходит в себя. Вот мы уже начали наш граф строить.

У последовательности 0, 0, 1 какие разности? 0, 1, 1. Теперь, это где стоит? Вот он.

У последовательности 0, 1, 0 разности 1, 1, 0. Это где? Шестерка.

Так. 0, 1, 1 — разности: 1, 0, 1... 1, 0, 1 — пятерка.

Так, теперь здесь. 1, 1, 0 — шестерка. И дальше... Что? Из пятерки шестерка, из шестерки... Что?

Из шестерки: 0, 1, 1. 0, 1, 1 — где это? Вот, тройка.

И из семерки три нуля.

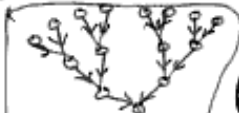
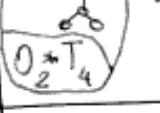
Что-нибудь неверно? А? У тройки? Из тройки две стрелки? Не может быть! Нет, сейчас... из тройки одна стрелка. Что? Пятерка? Это пятерка, правильно? Пятерка: 1, 1, 0 — 1, 1, 0, шестерка. Что неправильно? А? Из четырех?

А, забыл 4, правильно! Тут стерто, и я забыл, правильно. 1, 0, 1... 1, 0, 1 — где это? 1, 0, 1 — пятерка, вот. Правильно, спасибо! Вот, совсем как со школьниками.

Так вот, получается... Получается граф этой монады, который у меня вон там нарисован. Там-то у меня правильно нарисовано. Значит, мы видим: компонент две — один цикл длины 3, а другой цикл длины единица. Цикл длины 3 я обозначаю символом O_3 , цикл длины единица я обозначаю символом O_1 .

Теперь деревья, которые к этим аттракторам стремятся. Там они длины единица, видите, вот здесь... Этот самый цикл — это кто? Цикл образует 3, 5... Три... Что, 3, 5, 6, да? Вот, возьмем 3, 5, 6. 3, 5, 6, 3 — вот цикл. Да. Но в тройку входят кроме шестерки еще единицы. И так повсюду. Значит, вот эта компонента — она вот такая: просто треугольник, который цикл, и он притягивает — каждая его вершина — притягивает еще дерево, которое из двух вершин всего, очень коротенькое такое. Росток такого дерева, вот так. Вот. Хорошо!

Значит, вот мы проделали этот эксперимент. Решение задачи, о которой я говорил, дальнейшее при других n совершенно такое же. Только вместо восьми точек здесь будет 2^n точек. Вот. И, знаете, я, как маленький, стал делать n равное 4, 5... и дошел до 12-ти. При двенадцати число точек будет два в двенадцатой степени, то есть четыре тысячи. И, значит, они у меня еще уместились, эти точки, на одном листе. И поэтому я мог нарисовать этот граф. А при 13-ти они у меня уже на одном листе не уместались, и поэтому я его не сумел нарисовать, и поэтому я уже не посчитал до конца. Но, правда, ученики у меня потом на компьютере посчитали, так что я знаю сейчас ответы очень далеко, и эти ответы имеют совершенно удивительный вид, и я вам сейчас их покажу, и, глядя на таблицу этих ответов, я придумал несколько десятков теорем, о которых я вам несколько слов скажу (Пожалуйста, следующий кадр).

n	ν	Компоненты графа $A: \mathbb{Z}_2^n \rightarrow \mathbb{Z}_2^n$	Соотношение ³⁾
2	1	 $(O_1 * T_4)$	$A^2 = 0$
3	2	 $(O_3 * T_2) + (O_1 * T_2)$	$A^4 = A$
4	1	 $(O_1 * T_{16})$	$A^4 = 0$
5	2	 $(O_6 * T_2) + (O_1 * T_2)$	$A^{16} = A^2$
6	4	$2(O_6 * T_4) + (O_3 * T_4) + (O_1 * T_4)$	$A^8 = A^2$
7	10	$9(O_7 * T_2) + (O_1 * T_2)$	$A^8 = A$
8	1	 $(O_1 * T_{256})$	$A^8 = 0$
9	6	$4(O_{63} * T_2) + (O_3 * T_2) + (O_1 * T_2)$	$A^{64} = A^2$
10	10	$8(O_{30} * T_4) + (O_5 * T_4) + (O_1 * T_4)$	$A^{32} = A^2$
11	4	$3(O_{341} * T_2) + (O_1 * T_2)$	$A^{342} = A$
12	24	$20(O_{1216} * T_4) + 2(O_6 * T_{16}) + (O_3 * T_{16}) + (O_1 * T_{16})$	$A^{16} = A^2$
13	6	$5(O_{819} * T_2) + (O_1 * T_2)$	$A^{820} = A$

Вот. Вот, значит, здесь вы видите n равное двум — очень простенький ответ: там $O_1 * T_4$, то есть имеется такое вот дерево высоты четыре... T_4 — это дерево из четырех вершин, вот такое.

А, нет, простите. Простите. Я забыл обозначения. Значит, мне потребуется такое понятие — *бинарное дерево*. Бинарное дерево — это дерево, у которого в каждой точке ветвления две ветки расходятся. Вот. И при этом они так до самого верхнего этажа, а на верхнем этаже они... Ну, значит, T_4 — это такое дерево. У него 4 вершины — вот они. И вот они устроены таким образом. Ну, при этом, так как он аттрактор, еще имеется цикл. Вот он притягивается к циклу, и T_4 — это вот такое вот дерево, которое вот так просто устроено.

Ну, а T_8 — это, соответственно, будет еще в каждую из этих вершин тоже по две. Тогда их станет 8. 16 — еще больше. И так далее. T_2 в степени n — это значит, будет соответствующее число n этажей. Так вот, в этой таблице — там и указано — оказывается, странным образом, все компоненты имеют такой вид: каждая компонента оснащена лесом из деревьев, и деревья всех вершин компоненты, всех вершин — циклы у деревьев все одинаковые. И притом бинарные всегда. Там загадочное число, какое именно бинарное, из каких именно вершин. Вот, например, если n равно восьми ... нет, какой тут странный случай ... 11-ти. Если длина последовательности 11, то здесь цикл длиной 341. А если n равно восьми, то дерево T_{256} — это бинарное дерево высоты 8. Значит, восьмиэтажный дом такой вот расцвел. Вот так вот, оказывается.

Ну, теперь, глядя на эту таблицу, можно сделать много-много всяких умозаключений, которые и оказываются математикой. Это и есть открытия, это и есть математические теоремы. Ну вот, например. Последний столбец в этой таблице, в каждом месте последний столбец — это компонента специального вида. Цикл длины один, вот как здесь, вот как у этого дерева. И к нему растет привязано бинарное дерево и ничего другого. Просто бинарное дерево, у которого нижняя вершина переходит сама в себя. Никакого большого цикла там нету.

Теорема: такая компонента есть при любом n и точки вершины x , которые ей принадлежат, — не какие попало, а это очень интересные точки. А вот что это такое: они и только они являются *многочленами*. Функция x , которую мы исследуем, для которой мы строили дерево, является многочленом, если и только если эта точка в графе попадает на эту последнюю часть, вот на это дерево.

Отсюда следует, что многочлены — вовсе не все функции. Вот, например, при n равном двум все функции многочлены, при n равном трем — нет, при n равном четырем все функции многочлены, при n равном пяти — нет, и так далее.

Мы изучаем пространство функций, функциональное пространство. Но, в отличие от анализа обычного, здесь у нас конечное число точек в этом функциональном пространстве. И мы изучаем комбинаторику этого функционального пространства из конечного числа точек. В нем есть анализ, дифференциальные уравнения, синусы, косинусы, экспоненты... А мы сейчас изучаем многочлены.

Многочлены — это последний столбец, причем интересно: этот последний столбец будет единственным столбцом в каких случаях? Посмотрите: при n равном двум, четырем, восьми... Вот здесь написано, сколько компонент. Одна компонента — когда? Когда n равно двум, четырем, восьми...

Ну, дальше у меня тут нету таких случаев, но если посчитать дальше, то в 16-ти. И мои школьники уже догадывались, и уже в этот момент начинали кричать — в отличие от нобелевских лауреатов, которым я читал тоже такую лекцию, которые ничего не понимали, — но школьники сразу замечали: компонента только одна, если и только если n — степень двойки.

Если число n — степень двойки, то все функции — многочлены. Это кольцо многочленов. Их можно умножать, произведение, сумму многочленов снова в многочлен... Все функции — многочлены для функции на конечном числе точек тогда и только тогда, когда число точек — степень двойки.

Ну вот. Причем сколько там многочленов — тоже можно посчитать, раз только одна компонента. А в других случаях получаются тоже интересные наблюдения, но я не буду уж перечислять — тут много есть интересных открытий, которые кто захочет, тот сделает сам и получит либо какую-нибудь мою теорему, либо мою гипотезу, либо неверное утверждение, которое опровергнуто вычислениями моих учеников, которые сделаны дальше.

Вот я, например, скажу. Одно из открытий, которое я сделал, глядя на эту таблицу. Смотрите. Для каждого n имеется самый длинный цикл. Вот самый длинный цикл. Если $n = 10$, то самый длинный цикл — O_{30} , длины 30. Если $n = 9$, то самый длинный цикл длины 63. Если $n = 13$, то самый длинный цикл имеет длину 819. Спрашивается: какая длина у самого длинного цикла?

Мои школьники в Дубне догадывались, в чём тут дело. Ответ: длина самого длинного цикла делится на n . Вот если 10, то 30 — делится, и в частном получается 3. Если 9, то 63 — делится, и в частном получается 7. А какие частные? 3, 7... — что это за числа? А мои школьники догадались. Математика — это экспериментальная наука: можно глядеть на эксперимент и получать ответы. Ответ: частное будет степень двойки без единицы. 7 — это два в кубе без единицы, 3 — это два в квадрате. Даже если вот возьмете там подальше там 819, тоже будет верно — надо разделить только на 13. Это долго, но если вы разделите, то сколько там получится? 819 разделить на 13, да? Это сколько будет? 78, да? И 39. 78 — это 6, 39 — это 3, значит будет 63. Это 64 минус единица. 2^6 минус единица.

И вот всё время так получается. Это удивительный факт, для которого вот нет доказательства, а есть опровергающий пример. Первое число, для которого... Это всё верно не всегда, а неверный пример нашли мои ученики на компьютере. Оказывается, если $n = 23$, то это неверно. Если $n = 23$, оказывается, беда вот в чём. Оказывается, если $n = 23$, то самый длинный цикл очень длинный, но длина этого цикла уже сама степень двойки минус единица, и делить на n не надо. Она уже степень двойки без единицы.

Ну, в общем, тут получается огромное количество теорем теории чисел, и очень интересные теории чисел, но, конечно, всё рассказать-то невозможно — я только хочу вам показать примеры, что уже самые простые математические эксперименты с самыми простыми математическими объектами уже приводят к интересным результатам (Можно следующий).

Периоды $T(n)$ наибольших циклов, $T(n) > 4$ (4)

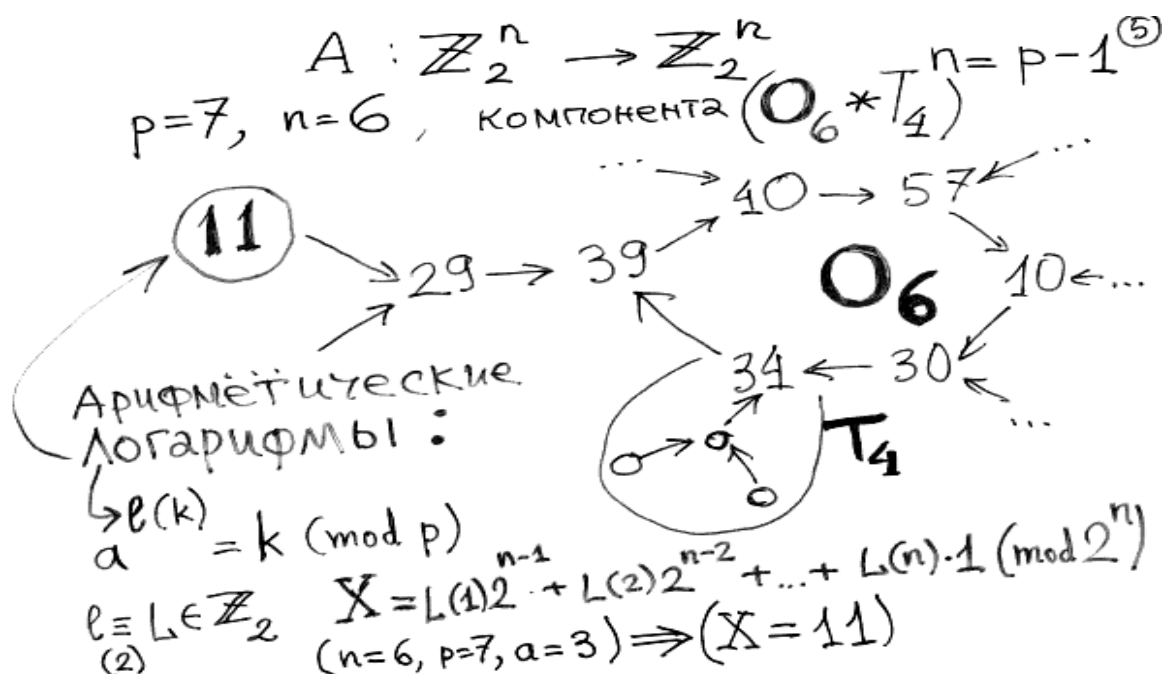
$A: \mathbb{Z}_2^n \rightarrow \mathbb{Z}_2^n$

n	3	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15
T	3	15	6	7	63	30	341	12	819	14	15
T/n	1	3	1	1	7	3	31	1	63	1	1
	2^1-1	2^4-1	2^2-1	2^3-1	2^6-1	2^5-1	2^8-1	2^4-1	2^7-1	2^4-1	2^4-1

n	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
T	255	126	979	60	63	682	2047	24	25575	1638	13797	28
T/n	15	7	51	3	3	31	89	1	1023	63	511	1
	2^8-1	2^7-1	2^9-1	2^6-1	2^6-1	2^6-1	$2^{11}-1$	2^4-1	$2^{15}-1$	2^7-1	$2^{12}-1$	2^5-1

Вот таблица этих самых делений. Вот периоды самые короткие выписаны здесь. При больших n , не только при тех 12-ти, которые я посчитал сам, но и при тех, которые посчитали мои ученики. Вот здесь вот имеется число 23, которое дает период самого короткого цикла 2047. 2047 — если его поделить на n , которое 23, оно делится на 23. Но получится 89, которое ни к какой степени двойки не имеет никакого отношения. Так беда здесь в том, что число 2047 само равно 2048 без единицы. А 2048 — это степень двойки.

Значит, здесь возникает целая наука, я не буду рассказывать вам всё, что по этому поводу известно. Известно много... Но вот, например, даже асимптотика — как ведут себя эти дроби t деленное на n при больших n , насколько часто встречаются исключительные случаи вроде 23-х... Всё по этому поводу имеются гипотезы моих учеников, но нет настоящих теорем, по-настоящему не доказано (Можно следующий кадр).



Вот. Теперь вот из вычислений я показываю пример одной из компонент. Значит, есть длина 6 — цикл длины 6, O_6 , вот он. И у него деревья оказываются T_4 — значит, деревья из 4-х вершин к нему привязаны. Но я изображаю эти последовательности двоичными числами. Я, например, там пишу 29 или 40, там, написано. Но это имеется в виду последовательность из 4-х нулей и единиц, которая в двоичной записи будет давать это вот. Так вот. Эта последовательность чисел — вот я их посчитал просто, до 12-ти я всё посчитал просто — там не такие уж длинные вычисления, — я всё посчитал эти графы, получил замечательные картинки, и так далее.

Меня интересовал следующий вопрос. Конечно, самая простая функция ноль. Конечно, следующая по простоте — единица. Конечно, вслед за константами идут многочлены первой степени. Потом второй. Потом все многочлены вместе. Вот про них я уже вам рассказывал. А как устроены дальше функции? Какая самая сложная функция при данном n ?

Значит, определение, кстати: последовательность называется более сложной, если она принадлежит циклу, который имеет большую длину. А если две последовательности имеют циклы одинаковой длины, то сложнее та, которая дальше от цикла. Которая на дереве на высоких ветках. Вот определение сложности.

После этого мы можем действительно реально конечные последовательности — вот например мой вот пример: вот эта последовательность, в которой там были нули и единицы, которые были выписаны. И мы увидим: вот те, которые нам интуитивно кажутся простыми, оказываются действительно в этом смысле строго простые. А те, которые нам кажутся сложными, действительно этому интуитивному понятию сложности совершенно соответствуют.

Хотя, насколько я знаю, до меня в математике не было никакого другого определения, так что нельзя было сравнивать такие вещи. А вот теперь можно, вот я объяснил, как. Геометрия монад позволяет узнавать, какая последовательность сложная, а какая простая.

Я это рассказываю для случая остатков от деления на два, вот для такой простой модели, но между тем эта геометрия распространяется на совершенно общие задачи, гораздо более широкие, и для них тоже все это можно делать, но только это приводит к новым теоремам, к новым результатам... Так вот. Занимаясь всем этим, я наконец нашел самую сложную функцию. И вот я вам, значит, такой, можно сказать, экспериментальный, но главный в каком-то смысле результат, который оказался неожиданным.

Утверждение. Я не называю его теоремой, а причина тут такая: я ее не сумел доказать. Я уверен, что она верна. Но я ее проверил, там, в нескольких сотнях случаев. Какое же это доказательство? Это как такой крупнейший американский математик, филдсовский лауреат Делинь, как-то приезжал в Москву, и мы с ним обсуждали другие мои результаты, и он мне сказал: «Ну какая же это у тебя теорема — ты рассмотрел всего сорок миллионов примеров». А здесь даже до сорока миллионов не доходит. Здесь меньше тысячи примеров. Но все-таки.

Итак, утверждение: самая сложная функция — *логарифм*. Вот идут константы, потом многочлены малых степеней, потом многочлены более высоких степеней... Можно было бы строить тригонометрию, синусы, спецфункции, можно было бы строить весь анализ тут. Это всё можно сделать. Но логарифм оказывается сложнее всего. Причина мне совершенно непонятна, я этого не предвидел. Но просто посчитал, какая сложность логарифма, — оказалось, что он самый сложный. Вернее, не совсем так. Он либо самый сложный, либо почти самый сложный — я сейчас определяю, что это такое, покажу, как это получается. Но прежде всего надо определить, что такое логарифм.

К сожалению, логарифмы... Вот министр Филиппов хотел исключить из средней школы логарифм. И потом там был еще такой представитель Всероссийской школы экономики, такой Ярослав Кузьминов, которому было поручено математику ликвидировать, и он мне сказал: «Логарифмы никому и ни для чего не нужны».

Я ему говорю: ну а как же, например, вот там, имеется, там, закон Планка или параметрическая формула, например, как же так вот... «Да это, — он говорит, — мы экономисты, нам это не нужно». А я ему говорю: а закон Мальтуса как понять без логарифмов? Или, например, сложные проценты? Или, там, я еще сказал несколько такого рода примеров... Так, значит, вот, инфляция без логарифмов не получается. Ничего не получается. И оказалось, что у них там эти экономисты не знают о таких понятиях как сложные проценты, инфляция и закон Мальтуса. Пришлось объяснять. Но знаете, нет, он оказался очень способным учеником. Он оказался очень способным учеником, он через сколько-то недель, не помню, опубликовал в газете: «Мои предыдущие утверждения, что логарифмы не нужны в школе, были ошибочными — логарифмы очень полезны для вычисления сложных процентов». Ну хорошо.

Так вот, и здесь, оказывается... вот, вдохновившись этим своим опытом с логарифмами, которые даже экономистам нужны, я тоже решил опробовать логарифмы, и вот что получилось. Оказалось, что логарифм — самая сложная функция. Но надо определить теперь логарифмы для нашей ситуации. Итак. Мы хотим определить функцию... Аргумент у нас i — это номер члена последовательности. Но как определить логарифм i — ведь это не будет число бинарное? Чтобы это было число, остаток от деления на два надо. Как же это сделать? И вот что я придумал.

Я придумал воспользоваться опытом великого такого юриста. Был такой великий юрист во Франции, до Ньютона еще — Ферма. И, значит, Ферма доказал такую знаменитую теорему Ферма. Это не то, что обычно называют теоремой Ферма, которую он не доказал и которая была его гипотезой. А это так называемая Малая теорема Ферма, которую он действительно доказал. Причем я очень во многом следуя во всем этом рассказе как раз его методу.

Он исследовал математические вопросы именно так. Он составлял таблицы величиной в несколько километров и смотрел на них. И обнаруживал факты. Ну, потом искал доказательства. Когда находил, то это теоремы Ферма. Когда не находил, то гипотезы. Потом через несколько сотен лет находится какой-нибудь филдсовский лауреат, который решит там это, докажет это. Так я тоже стараюсь делать таким же образом. Я, что могу, доказываю. Вот здесь я кое-что доказал, а кое-что нет.

Так вот. Определение. Теорема Ферма устроена таким образом. Оказывается... Это теорема о геометрической прогрессии. Ну вот. Давайте я вам покажу сейчас. Геометрические

прогрессии исключили уже из школ? Мне нужны теории остатков и теории геометрических прогрессий. Я буду рассматривать остатки по модулю p , а p будет у меня для примера 13 – простое число. Вот. А геометрическую прогрессию я возьму такую: 2^a . a равняется 1, 2 и так далее. Ну, можно даже с нуля начинать, но я предпочитаю с единицы. Вот.

Так вот у этих чисел – степеней двойки – надо брать остатки от деления на 13. Что это будет за последовательность? Ферма проделал первый этот эксперимент. А мы сейчас повторим, мы тоже можем. Смотрите.

При a равном единице какое число? Двойка. Так. Остаток двойки от деления на 13? Двойка. Теперь при a равном двойке. Четверка. Остаток от деления на 13? Четыре. Восемь. Остаток от деления на 13? Восемь. Следующее? Три. Потому что дважды 8 будет 16. Потому что дважды 8 это 16, а остаток от деления 16 на 13 – это 3. 3 на 2? Шесть. 6 на 2? 12. Это еще хорошо – меньше 13-ти. 12 на 2? 11, правильно. 12 это минус 1, поэтому 12 на 2 будет – 2. А – 2 по модулю 13 – это 11. Правильно. 11 на 2? – 4, то есть 9. 9 на 2 – 18, то есть 5. 5 на 2 – 10, 10 на 2 – 20, то есть 7, 7 на 2 – 14, то есть 1. 1 на 2 – 2.

Так вот, заметьте: двойка получилась опять. Мы с нее начинали и к ней пришли. Вывод Ферма: эта последовательность *периодическая*. И притом, какой у нее период, посчитайте. Смотрите: на какой раз получилась двойка? Раз, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 – на тринадцатом месте. И так будет всегда, период будет p .

То есть, простите, как тринадцатом? Как это может быть? Сейчас. 1-е, 2-е, 3-е, 4-е, 5-е, 6-е, 7-е, 8-е, 9-е, 10-е, 11-е, 12-е. А второй раз двойку считать не надо. Длина периода 12, а не 13. А 12 – заметил Ферма – это 13 минус один. И он доказал, что p минус один – всегда период. Ну, это, может, не наименьший период... В данном случае это наименьший период, но, во всяком случае, всегда есть такое число, для которого период будет p минус один.

А тогда мы напишем вот как. Если a в степени l равняется k (по модулю p) то мы l назовем логарифмом числа k . Это довольно обычно, если кто встречал где-нибудь логарифмы, в школе когда-нибудь... Так и определяется – по модулю a , ну, логарифмы с основанием a . Но. Это число – l – определено по модулю периода, по модулю p минус 1. Поэтому это число l само является остатком от деления на p минус 1. Вот. А k – остаток от деления на p .

Стало быть, у каждого остатка от деления на p имеется логарифм. Вот он определен. Но этот логарифм сам является остатком от деления на p минус 1. Вот беда. А мы хотим, чтобы логарифм имел значения в $\mathbb{Z}_2$, то есть имел значения только 0 и 1. А тогда мы сделаем так. Мы это число по модулю p минус 1... Если p было нечетным – простое число, – то p минус 1 будет четным. Поэтому по модулю p минус 1 можно привести по модулю 2. И посмотреть, четное или нечетное число l . Если число l четное, то скажем, что логарифм, приведенный по модулю 2, равен нулю. А если нечетное, то единице. И это и есть определение логарифма.

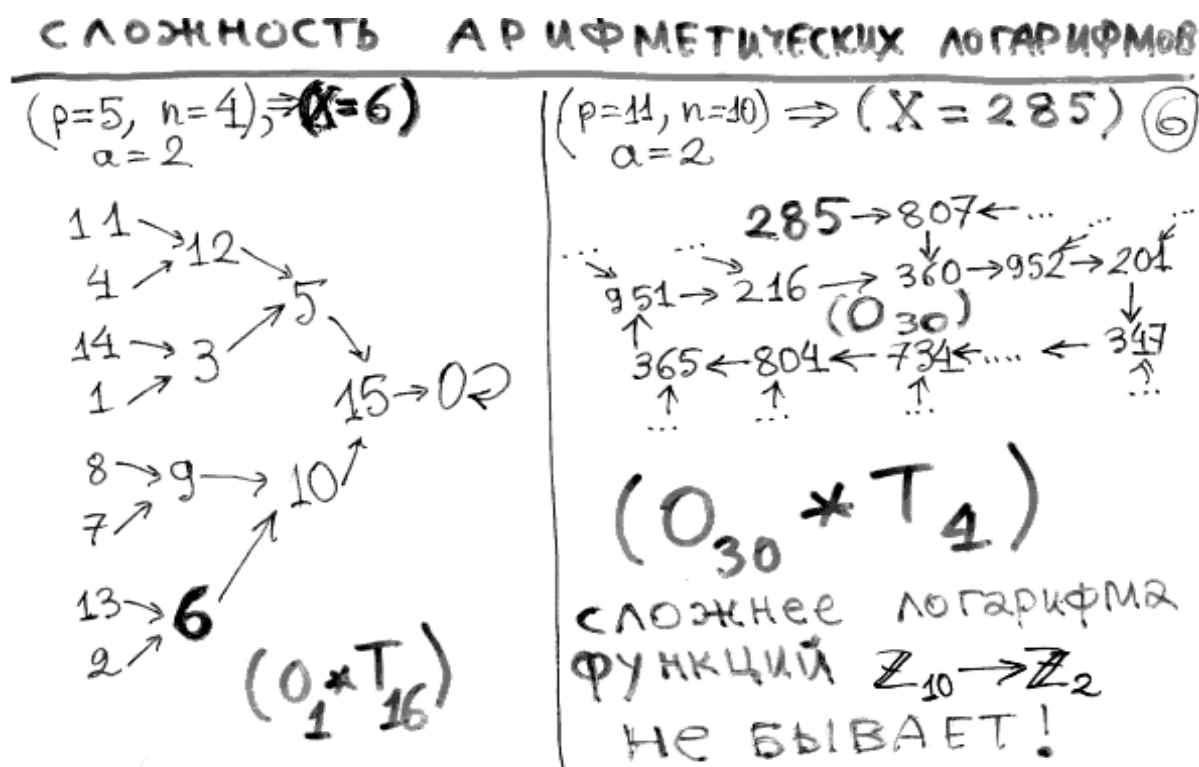
Арифметический логарифм определяется таким способом. Арифметический логарифм числа равен нулю, если это число является основанием в четной степени (для остатков), а единице – в противном случае. Но в этом случае надо только... смотрите... сколько у нас аргументов? k – это остаток от деления на p , то есть, значит... сколько их бывает? k – это остаток от деления на p , но неравный нулю надо брать, конечно, остаток, иначе не получится. Чтобы он был... Ноль тут не получается, это неравный нулю. То есть их будет p минус 1. Значит $n = p - 1$.

Для последовательности длины не любой, а p минус 1 мы определили. Двоичные логарифмы определяются вот этим правилом. Между прочим, для знающих теорию чисел, надо сказать, еще это и так можно определить: если вычет k – квадратичный вычет, то 0, а если

невычет, то 1, и поэтому этот логарифм был давно известен в теории чисел — называется *символом Лежандра*.

Так вот. Возьмем теперь этот логарифм и в каждом случае, для каждого нашего n , которое есть $p - 1$, посчитаем его. Вот если взять n равное шести, которое $7 - 1$, то логарифм можно посчитать, и логарифм (вот он написан здесь, вот этот логарифм) — когда мы его посчитаем здесь (надо посчитать значения: логарифм единицы, логарифм двойки, логарифм тройки) — будет последовательность, а эту последовательность можно записать как двоичное число. А это двоичное число можно посчитать, и оно равно в этом случае *одиннадцать*.

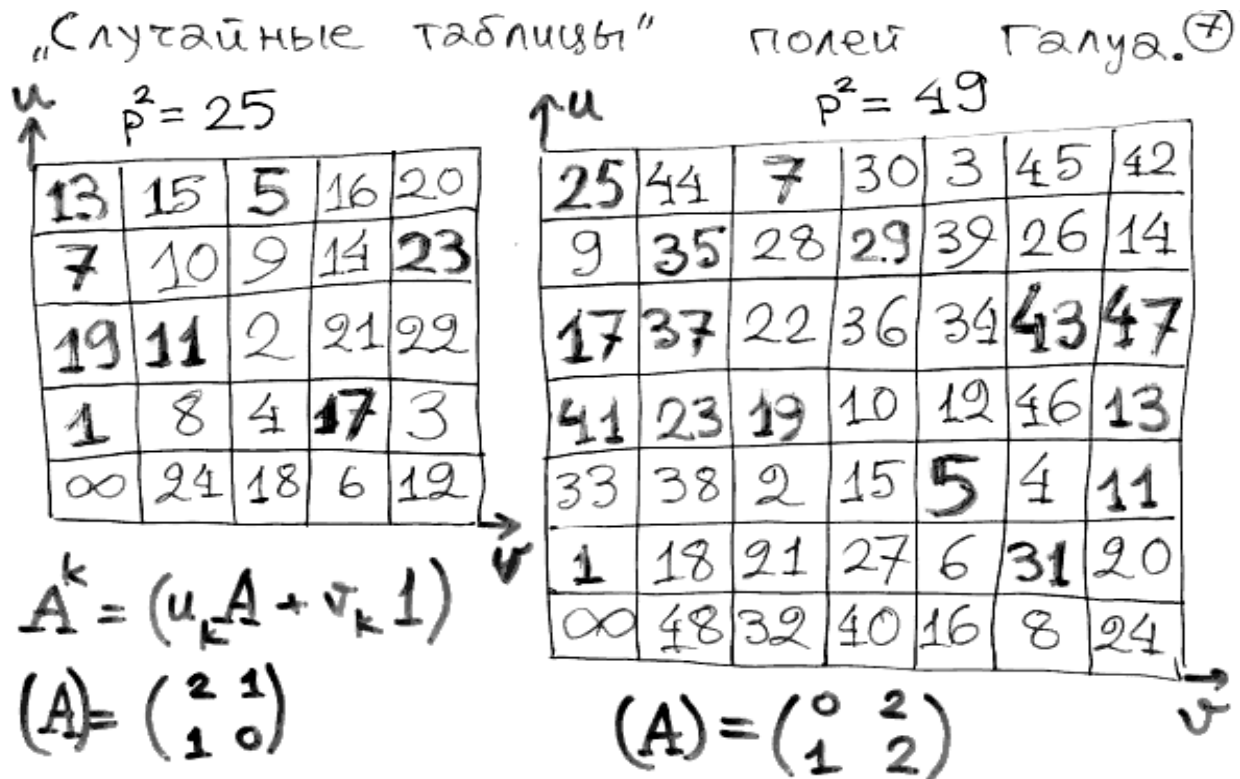
А теперь 11 занимает в нашей диаграмме какое-то место. А вот какое место. Наша диаграмма: цикл длины 6, на котором растет лес из деревьев T_4 . А 11 — это верхняя вершина на цикле T_4 . А длиннее циклов не бывает при этом значении n . Следовательно, 11 (вот эта точка) — самая сложная точка нашей монады. А это значит, логарифм в этом случае — это двоичный логарифм — самая сложная функция. Вот я вам провел доказательство... Но это в частном случае, этих случаев, я сказал, у меня, там, меньше миллиона, но все-таки много (Пожалуйста, следующий.).



Вот здесь, например, написаны другие значения, которые тоже... n равно четырем, p равно пяти. Тогда, оказывается, логарифм соответствует целому числу 6, двоичное разложение 6-ти дает. А дерево здесь вот какое. Видите: цикл длины один и дерево — это будет дерево, какое там, — T_{16} . O_1 значит T_{16} .

Но 6 — оказывается, длиннее нету в этом случае — цикл самый длинный. Но логарифм — не самая высокая вершина. На единицу отстоит. И в других примерах у меня так же. Для всех примеров, в которых я считал, логарифм либо самая высокая вершина, он всегда принадлежит самому длинному циклу, и при этом вершина оказывается либо самой высокой, либо предшествующей. Почти самая высокая. Вот здесь, в этом случае, константа двойка, или 13 — они еще сложнее, чем логарифм, но чуть-чуть сложнее.

Я не знаю, что это за функции, надо посмотреть, может быть это какой-нибудь там x логарифм x или что-нибудь в этом роде... или единица делить на логарифм может даже оказаться... Но... не знаю. Вот дальше у меня показан там... еще один пример я показал — логарифм для p равного 11-ти, то есть n равного 10-ти... логарифм соответствует... функция логарифма соответствует числу 285, цикл имеет длину 30, и вот я некоторый кусок этого цикла выписал, из каких чисел он состоит, и видно... И в этом случае логарифм оказывается самой далекой вершиной, на самом длинном цикле, тоже как и в предыдущем случае. Вот я объяснил (Так, пожалуйста, следующий).



А теперь я уже кончаю доклад, но хочу еще показать несколько интересных вещей. Значит, оказывается, сложность этого логарифма связана с очень странным и загадочным явлением природы. Это явление встречается в разных науках под разными названиями — эргодическая теория, теория хаоса... И вот здесь тоже... Дело вот в чем. Рассмотрим вот, скажем, нашу геометрическую прогрессию, которую мы тут выписывали (а я уже стер ее, но она была), и посмотрим. Какие-то эти остатки как-то там распределены. Как они распределены?

Утверждение состоит в том, что вот этот логарифм или, наоборот, геометрическая прогрессия, обратная функция, — распределены их значения, вообще значения, хаотическим образом. Оказывается... нарисую график для обычных картинок... ну там вот есть какая-нибудь функция... ну или там логарифм... вот он имеет какой-нибудь гладкий график вот... в обычном случае... А в нашей арифметической задаче оттого что мы берем остатки от всего этого, то оказывается, получается функция, у которой график ведет себя вот так. Безобразный график получается, хаотический. Он не непрерывный, конечно, это конечное число точек, это облако точек некоторое. Но если нарисовать этот график аккуратно, то есть одна точка здесь, одна здесь, получается случайный набор точек на плоскости.

В каком смысле он случайный? Это надо определять. Что такое случайность, что такое случайный набор... Все это можно сделать, проверить, посчитать... Я вот занимался когда-то с Яковом Борисовичем Зельдовичем случайностью распределения галактик и скопления галактик во Вселенной и применял потом здесь, в этой задаче, те же самые критерии, при по-

мощи которых определяли, случайно галактики распределены или нет, можно и к этим точкам. Удовлетворяют всем критериям, по которым Зельдович считал, что галактики случайно в какой-то области распределены... Так и здесь: те же самые критерии можно применить, и получается, что это случайные точки.

Так вот теперь спрашивается: а где брать случайные точки вообще? В криптографии очень нужны случайные точки — для того чтобы код делать случайный... И как их получать? И вот я сейчас хочу рассказать... эта теория, про которую я здесь рассказываю, в частности дает некоторые очень странные алгоритмы построения случайных последовательностей.

Я придумал такие алгоритмы для разных других задач, но все-таки использовал такие два алгоритма. Один алгоритм я взял такой: я взял список академиков Национальной академии наук США и других академий, в которых я состою, значит тоже брал. И брал списки телефонных номеров по алфавитному списку академиков, и брал средние цифры телефонного номера, чтобы не учитывать, что там какой-нибудь там... нули в конце или там какой-нибудь 192 в начале, чтобы не попадали одинаковые, чтобы, несмотря на то, где они там, в Гарварде или в Принстоне, чтобы этот Гарвард не влиял. Получается последовательность, которая, как и галактики, как и эти вычеты, удовлетворяет всем распределениям случайности.

А я сделал еще... второй опыт я сделал такой. Я взял и мимо нашего Математического института имени Стеклова проходящие номера машин списал. Значит, взял несколько сотен машин, списал номера, а потом взял и обработал теми же методами. Опять получается.

Я пробовал некоторые другие вещи — они НЕ получаются. Я знаю, какие последовательности случайные, какие нет. Не все случайные. Но вот одна случайная мне очень нравится, и про нее я хочу сказать вам несколько слов. Она сейчас там уже вот видна. Это даже не последовательность, а это случайные перестановки. Мне нужно было для некоторых целей знать, как выглядит случайная перестановка n элементов.

Так вот, таблицы случайных перестановок доставляет теория полей Галуа. Это как раз перестановки, которые происходят от геометрических прогрессий в полях Галуа, которые ровно такие же, как и здесь. То, что я рассказывал — когда берутся остатки от деления на p — то это как раз поле Галуа и есть. Но поля Галуа всегда имеют число элементов p в какой-нибудь степени. Бывает из p элементов, где p — простое число, p^2 , p^3 и так далее. Вот если брать из p^2 элементов, то получится перестановка p^2 чисел, и она записывается заполнением таблицы размером p^2 ... Вот у меня нарисовано слева, там, где p равно пяти, 25 клеточек, и в них вписаны числа от единицы до 25. Но на самом деле, до 24-х, и еще бесконечность там есть по некоторым причинам. (Но это, не хочу рассказывать, это, там, связано с теорией полей Галуа, которую обычно как-то скрывают, даже в учебниках по полям Галуа вы этого не найдете).

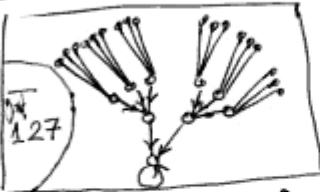
Но если посчитать, это сделать — что, конечно, тоже можно выполнить — то получается заполнение такой шахматной доски номерами. Но можно было бы занумеровать, как на шахматной доске, цифрами и буквами или цифрами подряд, а здесь заполнение получается совершенно нерегулярное. Смотрите, у меня там отмечены места, где стоят образующие поле Галуа. Но это не важно, не важно, что там красным, надо смотреть на все заполнения. Вот там...

Можно сказать так, что если знаешь, где стоит, скажем, единица, предсказать, где будет тройка или двойка, уже очень трудно. И вот критерий случайности это тоже выдерживает, так же хорошо, как и номера телефонов академиков и как номера автомобилей, идущих по

улице Вавилова. Вот там написаны такие таблицы случайных чисел, случайных перестановок, которые получаются вот таким вот способом.

Значит, вот эта наука, о которой я рассказывал, она дает вот такие самые разнообразные странные приложения, отчасти экспериментальные, отчасти доказанные.

$$A : (\mathbb{Z}_3)^n \rightarrow (\mathbb{Z}_3)^n \quad (8)$$

n	b	КОМПОНЕНТЫ графа	Соотношение
2	3	 $3(O_1 * T_3)$	$A^2 = A$
3	1	$(O_4 * T_{27})$	$A^3 = 0$
4	6	$3(O_8 * T_3) + 3(O_4 * T_3)$	$A^9 = A$
5	4	$(O_{80} * T_3) + (O_1 * T_3)$	$A^{81} = A$
6	11	$8(O_3 * T_{27}) + 3(O_4 * T_{27})$	$A^6 = A^3$
7	3	$2(O_{364} * T_3) + (O_1 * T_3)$	$A^{365} = A$

В заключение (пожалуйста, следующий) я сделал еще одну картинку специально для сегодняшнего доклада. Потому что, там, предыдущее я школьникам рассказывал и нобелевским лауреатам. А это для вас специально. Я решил вспомнить такое высказывание математиков общего характера — это у Бурбаки я где-то такое прочитал — такое общее высказывание. Вот какое высказывание: понять теорему можно только таким способом, есть только один способ понять теорему — надо ее обобщить. Чтобы найденные закономерности оказались распространенными на более широкий круг явлений.

Поэтому я не останавливался на рассказанной вам теории бинарных последовательностей, а решил проделать то же самое с тернарными, специально для сегодняшнего доклада. Тернарные — это значит, что остатки не от деления на 2, 0 и 1, как в компьютере, а на 3. Можно любое число брать было бы, но я поленился брать для любого. А для 3-х просчитал.

И вот что у меня получилось — там нарисовано, какие монады получаются, если брать остатки от деления на 3. Значит, вместо бинарных деревьев получаются тернарные. Многочлены образуют тернарное дерево, которое есть всегда. И там теоремы делимости, которые были, тоже имеют аналоги свои... Но я не всё рассказываю, что там просчитал. Здесь забавные такие разбиения этих монад... Вместо куба там будет более сложный такой многогранник, у которого число вершин не 2^n , а 3^n , где n — это длина последовательности.

И вот я очень удивился, когда заканчивал уже вычисления и вычислял для n равного семи. Последовательности длины 7, тернарные последовательности длины 7 какую имеют

монаду? И вот это последнее, что я вам хочу показать. Это удивительный результат, который, только благодаря тому что вот «Династия» пригласила меня прочитать этот доклад, был обнаружен. А именно: обнаружилась совершенно удивительная связь этой теории, при n равном семи и при тернарных последовательностях, с астрономией. А эту связь вы сейчас увидите. Значит, 3 в степени 7 — это число точек монады, число вершин, мы сейчас будем граф рисовать с таким числом вершин.

Что такое 3 в степени 7? Не много, не много. Когда я учился в школе, то нас заставляли это решать в уме и говорить сразу, а кто не говорил, тому двойку. Да. 3 в степени 7 — это 3 умножить на 3 в степени 6. А 3 в степени 6 — это 27 в квадрате, или 9 в кубе. Между прочим, 9 в кубе легче всего посчитать. Потому что 9 в квадрате — 81, умножить на 9 — 729.

Мало кто замечает, что эта формула имеет огромное астрономическое значение, а я заметил и сейчас вам расскажу. Что? 3, конечно. Спасибо. Спасибо. Ну я, как всегда, всё путаю нарочно. Так вот. Спасибо, спасибо. Значит слушают, правильно. Теперь замечание, замечание, замечание. Вон там стоят ответы, вот они написаны. Там T_3 стоит — почему T_3 ? Какое дерево?

Смотрите: самая простая последовательность длины 7 — это 7 семерок, 7 нулей. Ну я ее обозначаю «ноль». Ноль, конечно, переходит в себя. Последовательность разностей из нуля будет ноль. А кто в него еще переходит, какое дерево навешано на этот цикл длины 1? У какой еще функции, кроме нуля, разности 0? Это константа. А какие бывают константы? Нет.... Это же тернарные последовательности. Только две константы — единица и двойка. Ну, 0, конечно, тоже. Они переходят в 0, в 0 переходят три точки. Ноль, единица и двойка. Поэтому тернарное дерево. Спрашивается: а в единицу кто переходит? Многочлены там первой степени...

Но смотрите, в чём дело. Надо по разностям найти функцию, у которой такие разности. Единица. Эта операция называется *интегрирование*. Но интегрировать константу очень опасно. Потому что получится суммирование (обратная операция к разности). Получится, что интеграл по всему циклу будет 7. Но это тернарные, по модулю 3. Значит, если 7, если была единичка, будет 7, а 7 это 2. Нет, 7 это 1, по модулю 3. Один.

А это значит, что последовательность периодической быть не могла. Потому что через периода она прирастает на единицу. Линейная функция не бывает периодической. А это значит, что никакого другого элемента, кроме единицы и двойки чистой, в ноль не переходит. Дерево только вот такое. А из этого следует, что у всех циклов дерево только вот такое. Это легко уже доказать. Поэтому каждая компонента имеет число элементов, которое делится на 3. Поэтому сумма всех длин всех циклов — 729.

Все компоненты имеют вид: дерево T_3 , навешанное на цикл O_n . И сумма этих n — 729. Но одна из компонент — вот она — это компонента нуля. Это цикл длины единица. Поэтому, если брать сумму по n , которые не равны единице, — остальные компоненты — то будет 728. А спрашивается: как разбить на слагаемые? Какие же там циклы? Ну я посчитал вручную, надо сказать, может быть, и можно это догадаться как-нибудь, но я до сих пор не умею хорошо догадываться. Я только, когда такая трудная задача, надо 300 чисел рассмотреть, я их просто все выписываю. Я выписал и получил: компонент две. Оказывается, компонент две, они одинаковые. Имеется два одинаковых цикла, сумма длин которых 728. Трудный вопрос: какая длина каждого цикла? Какая длина каждого цикла? 728 надо разделить пополам. Значит, длина каждого цикла будет 728 пополам — равняется 364.

А теперь мы, во-первых, обращаемся к астрономии. Мы получили длину года без високосного дня. А теперь мы обращаемся к моей теореме. Длина цикла делится на длину последовательности. А длина последовательности была 7. Значит, получаем вывод: 364 делится

на 7. А теперь делим: 364 разделить на 7 — что получается? Ну, мои школьники умели. Сколько? 52 — число недель в году. А это равняется: 13 умножить на 4. Следовательно: 364 — год — состоит из 13 месяцев, лунных, по 28 дней в каждом. Что и требовалось доказать.

Благодарю за внимание.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ – МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ КРИСТАЛЛОГРАФИИ ДЕФЕКТОВ В МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, В ЧАСТНОСТИ, В КРИСТАЛЛАХ КРЕМНИЯ

**А.П. Шпак, М.В. Ковальчук, В.Б. Молодкин, П.К. Кашкаров,
В.А. Бушуев, Ю.П. Хапачев, А.А. Дышеков, А.С. Ташилов,
С.В. Лизунова, В.В. Лизунов, А.И. Низкова, Р.Н. Кютт,
В.Л. Носик, Е.Г. Лень, В.В. Молодкин, И.М. Карнаухов**

Предлагается типовой проект оригинальных станций, разработанных учеными Украины и России. Включены результаты, полученные авторами в процессе подготовки проекта для РНЦ «Курчатовский институт», которые могут быть использованы на любом современном синхротроне или источнике нейтронов.

ВВЕДЕНИЕ

В отличие от классической кристаллографии, которая изучает параметры только идеальных периодических решеток кристаллов, кристаллография на диффузном рассеянии изучает отклонения от периодичности, обуславливающие это диффузное рассеяние, т.е. она количественно устанавливает без разрушений характеристики дефектов и параметры искусственно созданных нанотехнологиями сверхструктур, которые и определяют основные физические свойства разрабатываемых материалов.

Как показано авторами в самое последнее время [16, 26, 29–33, 37], именно эффекты многократности диффузного рассеяния, главным образом его блоховский (стоячий) характер и экстинкция за счет рассеяния на дефектах обеспечили появление зависимости от условий дифракции характера влияния дефектов на картину динамического рассеяния и, следовательно, возможность экспериментальной реализации впервые многопараметрической диагностики, т.е. однозначного решения обратной задачи восстановления по картинам многократного рассеяния в различных условиях дифракции характеристик сразу нескольких типов дефектов, как правило, одновременно присутствующих в кристаллах, или большого числа параметров изделий нанотехнологий, что сегодня наиболее актуально.

В данной работе на основе квантово-механического рассмотрения установлена [52] интерференционно-ориентационная, т.е. принципиально динамическая, природа недавно открытого авторами важного для диагностики явления – зависимости от условий дифракции характера влияния дефектов на картину рассеяния при динамической дифракции излучения в кристаллах с дефектами и уникальной структурной чувствительности этих зависимостей, что принципиально отсутствует при кинематическом рассеянии. Это наблюдается как многообразие диффузодинамической картины и обеспечивает уникальную возможность создания на этой основе управляемой многопараметрической кристаллографии (в том числе и наносистем). Другими словами, создан уникально информативный структурный метод стоячих диффузных волн (стоячих брэгговских и целого пакета стоячих диффузных волн, взаимодействующих между собой за счет процессов многократного рассеяния).

При этом показано, что при переходе от кинематического рассеяния к динамическому законы дисперсии как для брэгговских, так и для диффузных волн приобретают блоховские интерференционные свойства, в результате которых принципиально изменяется характер

взаимодействия излучения с кристаллом. А именно, усредненное по координатам взаимодействие с бегущими волнами при кинематическом рассеянии заменяется при динамической дифракции на взаимодействие упорядоченных атомных плоскостей кристалла со стоячими блоховскими волновыми полями с периодом равным расстоянию между рассеивающими плоскостями. Это обуславливает соответствующую атомноразмерную разрешающую способность динамической дифрактометрии, которая обеспечивается таким уникальным самоорганизованным, но управляемым условиями дифракции зондом. Характер взаимодействия существенно определяется локализацией этого зонда, а именно блоховских брэгговского и диффузных волновых полей относительно атомных плоскостей и в результате приобретает уникальную ориентационную зависимость, описывающую переход характера взаимодействия от динамического к кинематическому при отклонениях от условий Вульфа – Брэгга. Указанные ориентационные эффекты и их зависимости от условий дифракции, а также от характеристик дефектов обуславливают соответствующие зависимости интерференционных отражающей (преломление) и поглощающей способностей кристалла, появляющиеся при динамической дифракции и описывающиеся впервые найденными авторами (мировой приоритет принадлежит ИМФ НАНУ) динамическими множителями. Указанные множители характеризуют эти зависимости распределения в пространстве обратной решетки картины рассеяния, т.е. характера влияния дефектов на распределения диффузодинамической картины, от условий дифракции за счет указанных ориентационных эффектов, принципиально отсутствующих при кинематическом рассеянии.

Эти зависимости, как и сами ориентационные эффекты, оказались принципиально разными для брэгговской (ориентационные эффекты) и диффузной (двойные ориентационные эффекты) составляющих. Также они существенно отличаются между собой для дефектов разного типа, так как каждая из флуктуационных волн и соответствующая ей диффузная стоячая волна имеет свое отклонение от условий Вульфа – Брэгга и свой характер взаимодействия с кристаллом, зависящий от условий дифракции, а кроме того благодаря открытому и описанному в ИМФ динамическому эффекту экстинкции за счет рассеяния на дефектах, имеющему свою специфическую зависимость от условий дифракции, определяемую типом дефектов. Это обеспечивает в целом появление указанных выше уникальных информативных возможностей многообразной диффузодинамической картины рассеяния, в частности, возможности многопараметрической диагностики.

При этом новизна экспериментальных и методических основ нового подхода состоит в следующем. При старом подходе традиционно измеряют единственные структурночувствительные при однократном (кинематическом) рассеянии распределения в пространстве обратной решетки дифрагированной интенсивности излучений. В случае двумерных распределений они оказываются наиболее информативными, однако при этом наименее чувствительными, особенно на хвостах распределений. В случае измерения интегральных интенсивностей они оказываются наиболее чувствительными, однако принципиально полностью теряют информативность относительно характеристик дефектов, а, кроме того ни в каких случаях не позволяют решить обратную задачу при необходимости восстановления по картинам рассеяния характеристик сразу нескольких типов дефектов, т.е. многопараметрическую задачу.

Указанные недостатки устраняются в новом подходе, в котором вместо традиционных предлагаются измерения принципиально новых (оказавшихся уникально чувствительными к характеристикам дефектов, однако только за счет эффектов многократности рассеяния и, следовательно, в случае кинематической дифракции принципиально неинформативными) структурно чувствительных распределений этой интенсивности, а именно распределений в существенно более многомерном пространстве параметров, характеризующих условия динамической дифракции. Во-первых, это позволило осуществить экспериментальное и соответствующее теоретическое интегрирование по пространству обратной решетки интенсивностей рассеяния и в результате существенно повысить чувствительность, экспрессность и простоту

диагностики, однако компенсируя с лихвой за счет использования этих новых распределений неизбежную потерю, обусловленную интегрированием по обратному пространству, информативности и чувствительности к характеристикам дефектов. Во-вторых, измерения этих оказавшихся уникально чувствительными к характеристикам дефектов зависимостей уже интегральных интенсивностей от условий дифракции позволили не только компенсировать и существенно повысить информативность диагностики. Более того, за счет возможности экспериментального измерения значительно большего (чем традиционно измерения зависимостей максимум от двух углов рассеяния в пространстве обратной решетки) количества этих новых зависимостей, обусловленного большим числом различных дифракционных параметров, эти новые измерения обеспечили возможность решения многопараметрической задачи. В результате заложены основы для создания экспрессной, высокочувствительной и информативной многопараметрической кристаллографии, реализация которой принципиально невозможна в рамках традиционных кинематических представлений и методик.

РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ОРИГИНАЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ С ОПТИМАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Диагностические станции нового поколения, создание которых основывается на отмеченных выше приоритетных теоретических и методических разработках киевских ученых (ИМФ НАН Украины) при участии ученых России, не имеют аналогов в мире по своим уникальным функциональным возможностям, что, в частности, обеспечивает сертификацию XXI века, т.е. не только по элементному составу, а также и по спектру дефектов структуры, что важно для высоких технологий. Создание учеными Украины и России проектов оригинальных станций для источника синхротронного излучения Российского научного центра «Курчатовский институт» обеспечит следующие принципиально новые функциональные возможности.

1. Комплекс станций многопараметрической кристаллографии несовершенств структуры на основе стоячих диффузных волн будет объединять комплекс методов – трехосевую, двухосевую и одноосевую дифрактометрии, реализованные в разных условиях динамической дифракции, в разных режимах и методиках измерений, которые позволят на основе измерений с точностью до сотых угловой секунды в пространстве обратной решетки картины рассеяния стоячих диффузных и брэгговских волн выполнять количественную многопараметрическую характеристику несовершенств структуры, а именно сложных дефектных структур в модифицированных кристаллах и многослойных кристаллических структурах, а также наноструктурах [1–49]. Рассмотрим каждую из составляющих предлагаемого комплекса отдельно.

Станция 1. Двухмерное распределение $I(\Delta\theta, \Delta\theta')$ (мапы) интенсивности в плоскости рассеяния (трехосевая дифрактометрия) [1–6, 33, 47]. На рис. 1 приведена схема трехосевого рентгеновского дифрактометра, а на рис. 2 схема перемещения рабочей точки в обратном пространстве с точностью 0,1–0,01 угловых секунд.

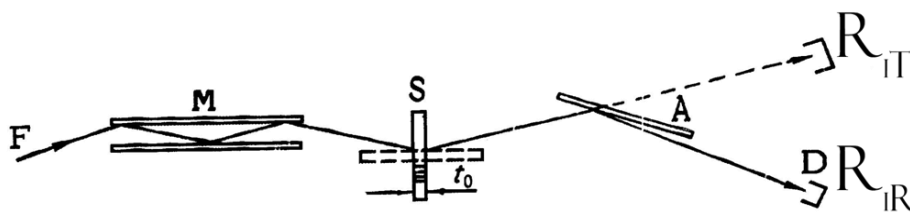


Рис. 1. Схематическое изображение трехосевого рентгеновского дифрактометра. Здесь F – источник излучения, M – монохроматор, S – образец, A – анализатор, D – детектор

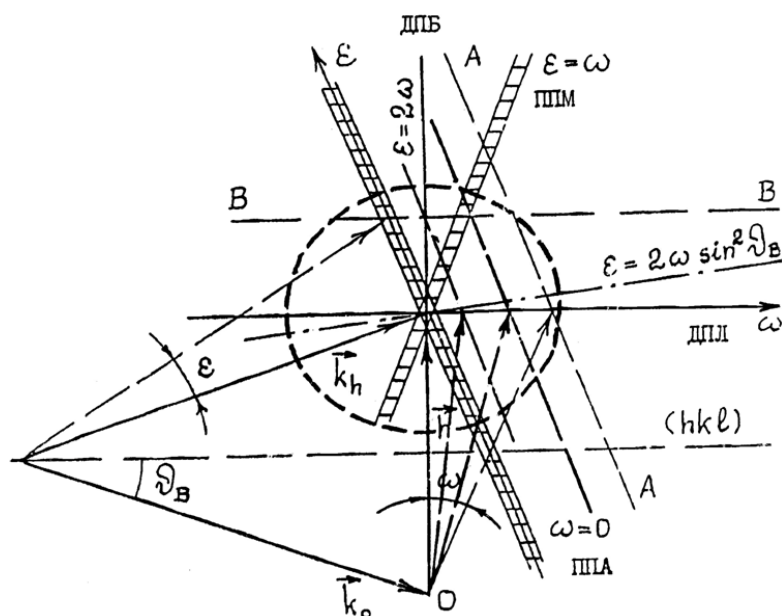


Рис. 2. Схема перемещения рабочей точки в обратном пространстве с точностью 0,1–0,01 угловых секунд (диссертация Р.Н. Кютта)

При динамической дифракции распределение интенсивности в картине рассеяния определяется конкуренцией распределений в пространстве обратной решетки фурье-компонент полей смещений атомов от дефектов и возникающего только при динамическом рассеянии (за счет перестройки бегущих брэгговских и диффузных волн в стоящие как брэгговские, так и диффузные волновые поля и соответствующего существенного изменения характера взаимодействия этого поля с кристаллом) распределения в обратном пространстве величин множителей, которые описывают обусловленную этой перестройкой ориентационную зависимость от $\Delta\theta$, $\Delta\theta'$ отражательной и поглощательной способностей кристалла и определяются условиями дифракции. В результате при динамической дифракции характер влияния дефектов на динамическую картину рассеяния зависит как от характеристик дефектов, так и от условий дифракции. При этом указанные зависимости установлены (аналитически) в рамках построенной авторами динамической теории (см. [6]), что обеспечивает возможность их целенаправленного изменения для повышения информативности динамической дифрактометрии. Таким образом, существует возможность управления характером распределения интенсивности в картине рассеяния при динамической дифракции путем изменения условий дифракции, которая приводит к явлению многообразности полной динамической картины рассеяния, обеспечивающему уникальную возможность многопараметрической диагностики.

На рис. 3–7 демонстрируется описанное выше явление многообразности полной динамической картины рассеяния в кристаллах с дефектами.

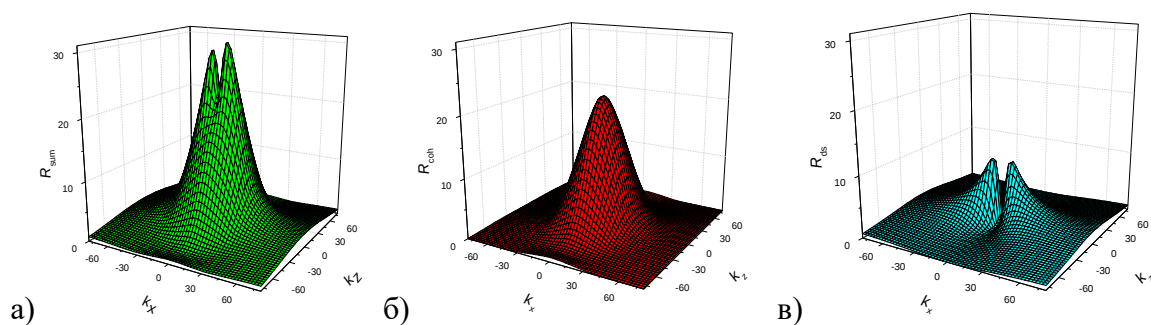


Рис. 3. Двухмерные распределения в плоскости дифракции для полной интенсивности дифракции (а), а также ее брэгговской (б) и диффузной (в) составляющих. Случай Лауэ CuK_α 220 (сферические кластеры в кремнии), $t = \Lambda/10$, $\Lambda = 15,4$ мм – длина экстинкции, k_x, k_z – отклонения в плоскости рассеяния от узла обратной решетки

в единицах обратных длин экстинкции, $L_H=0,04$, $\mu_{ds}(0)/\mu_0 = 0,22$

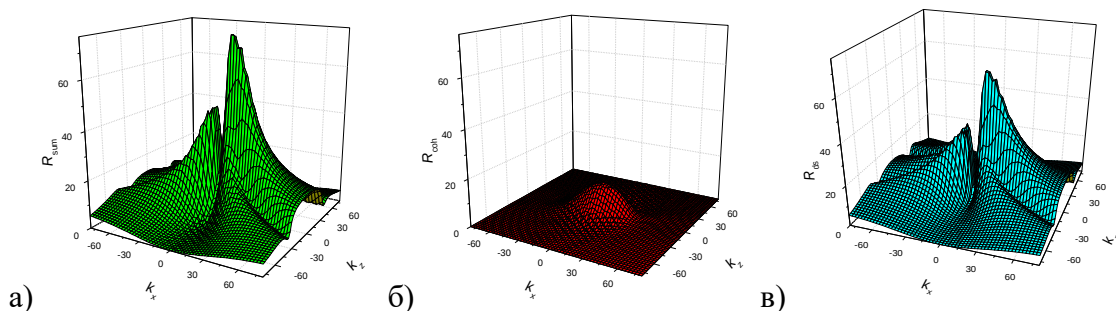


Рис. 4. То же, что и рис. 3, но при $t=100$ мкм

На рис. 4 по сравнению с рис. 3, наблюдается аномальное возрастание вклада диффузной составляющей и изменение в результате этого вида полной картины рассеяния с изменением толщины кристалла при неизменных характеристиках дефектов, что является принципиально невозможным при кинематическом рассеянии.

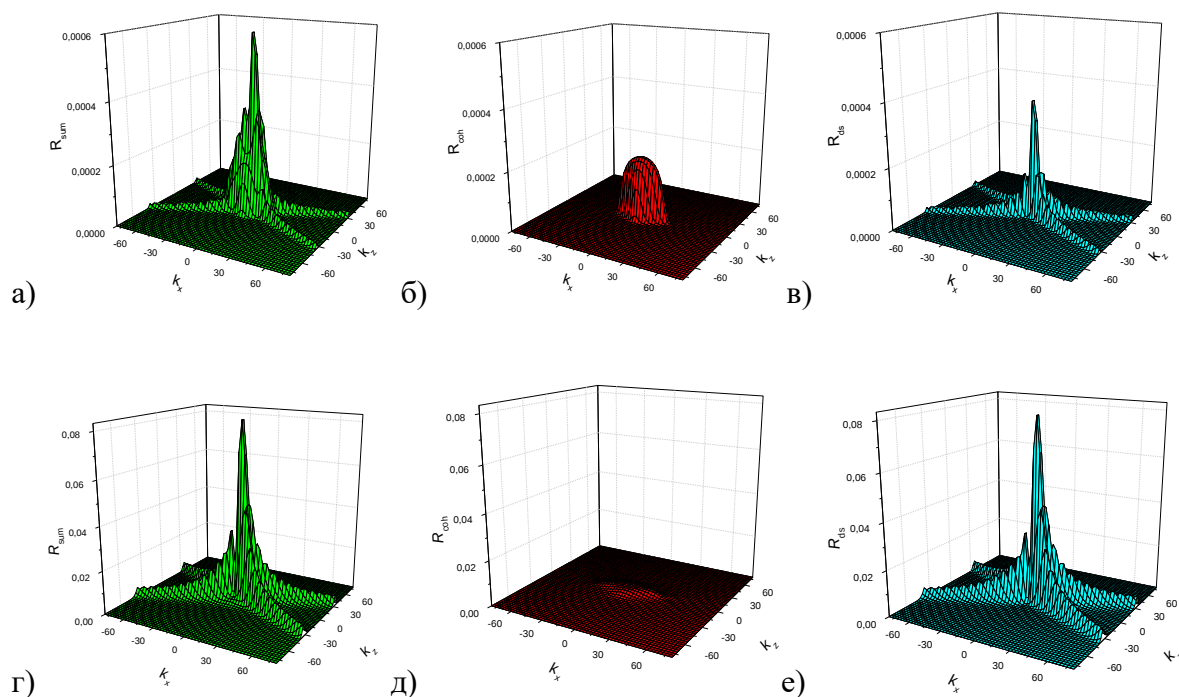


Рис. 5. То же, что и на рис. 3, но для $t=1000$ мкм:

$a-v$ – при $\mu_{ds}(0)/\mu_0 = 0,22$ и $г-e$ – при $\mu_{ds} = 0$

Здесь видоизменение картин обусловлено эффектами Бормана для брэгговской и диффузной составляющих и экстинкции за счет диффузного рассеяния, а также различиями проявления этих эффектов для брэгговской и для диффузной составляющих.

Рис. 3–6, a) иллюстрируют многообразность характера влияния дефектов на динамическую картину рассеяния в целом, т.е. многообразность полной картины, при изменении условий дифракции.

На рис. 7 демонстрируется изменение характера многообразности при изменении типа дефектов.

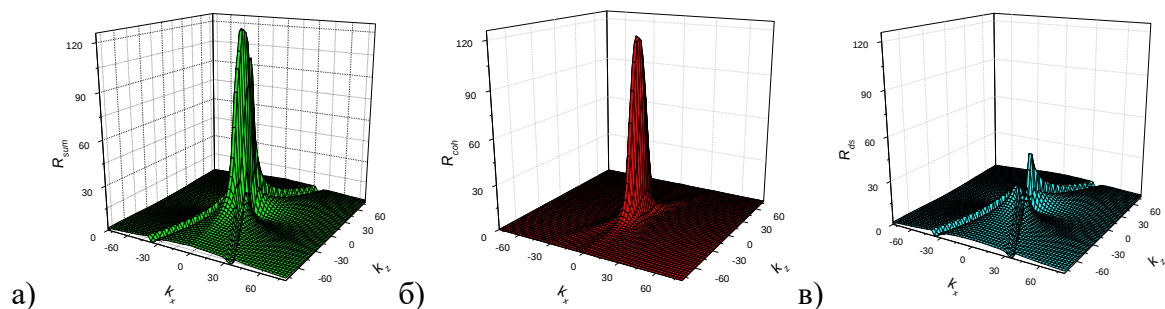


Рис. 6. То же, что и рис. 3, но для случая Брэгга при $t=1000$ мкм. Иллюстрируется изменение картины за счет изменения геометрии дифракции

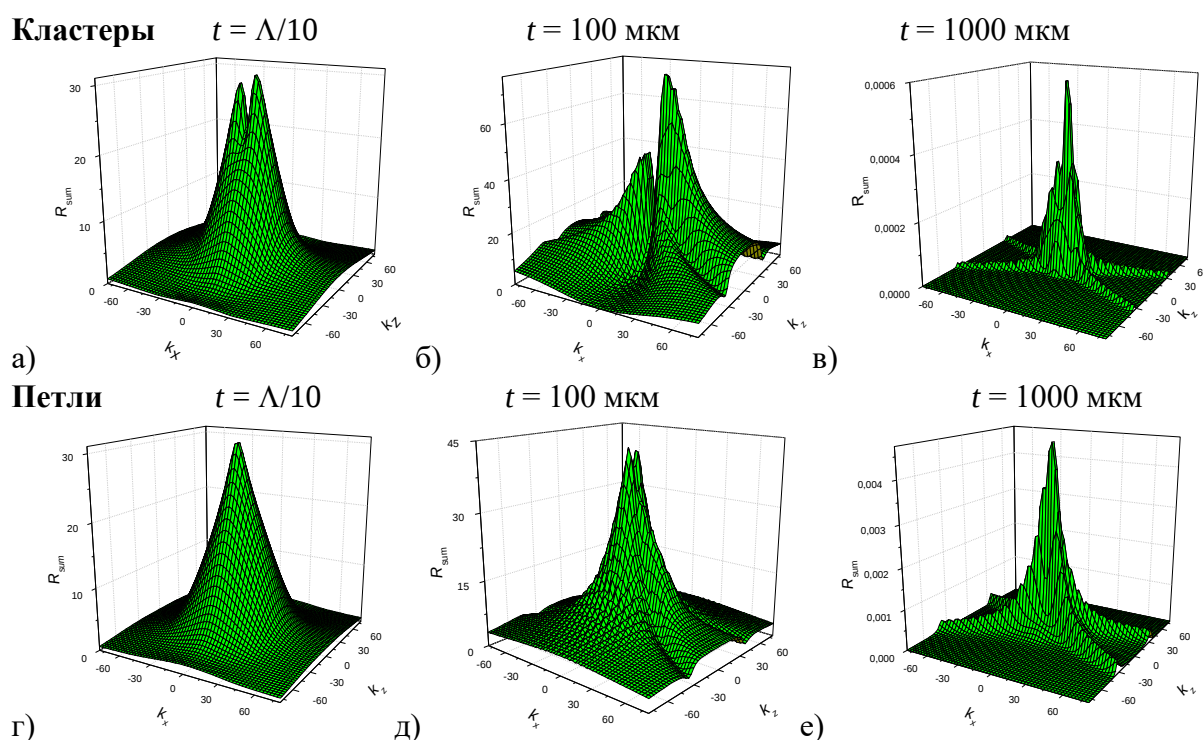


Рис. 7. Распределения полной картины динамического рассеяния при разных толщинах и для разных типов дефектов: а-в – кластеры ($L_H=0,04$, $\mu_{ds}(0)/\mu_0 = 0,22$) и г-д – петли ($L_H=0,1$, $\mu_{ds}(0)/\mu_0 = 0,036$). Случай Лауэ CuK_α 220

Таким образом, как следует из теории и демонстрируется на рис. 3-7, с изменением условий дифракции изменяются механизмы определяющих эффектов многократности и соотношение вкладов брэгговской и диффузной составляющих, и это изменяет характер (и даже знак) влияния дефектов на динамическую картину рассеяния, т.е. дефекты могут как уменьшать, так и увеличивать интенсивность рассеяния в любой точке пространства обратной решетки по сравнению с ней в идеальном кристалле. Отличие зависимостей эффектов многократности рассеяния от характеристик дефектов разного типа также, как и от условий дифракции, обеспечивает уникальную многообразность динамической картины, которая связана с зависимостью от условий дифракции характера влияния дефектов на картину рассеяния, и обуславливает качественно новые функциональные возможности информативности диагностики и, в частности, возможность многопараметрической диагностики методом комбинированной трехосевой дифрактометрии в различных условиях динамической дифракции. На станции 1 предполагается практическая реализация указанной возможности, которая будет представлять основу ее оригинальности и обеспечит главное преимущество.

Станция 2. Одномерное распределение $I(\Delta\theta)$ (кривые отражения) интенсивности в плоскости рассеяния (двухосевая дифрактометрия) [7–22, 49]

1. Методика полных кривых дифракционного отражения [7–17]

На рис. 8 приведена схема двухосевого рентгеновского дифрактометра, предназначенного для измерений симметричных брэгговских отражений.

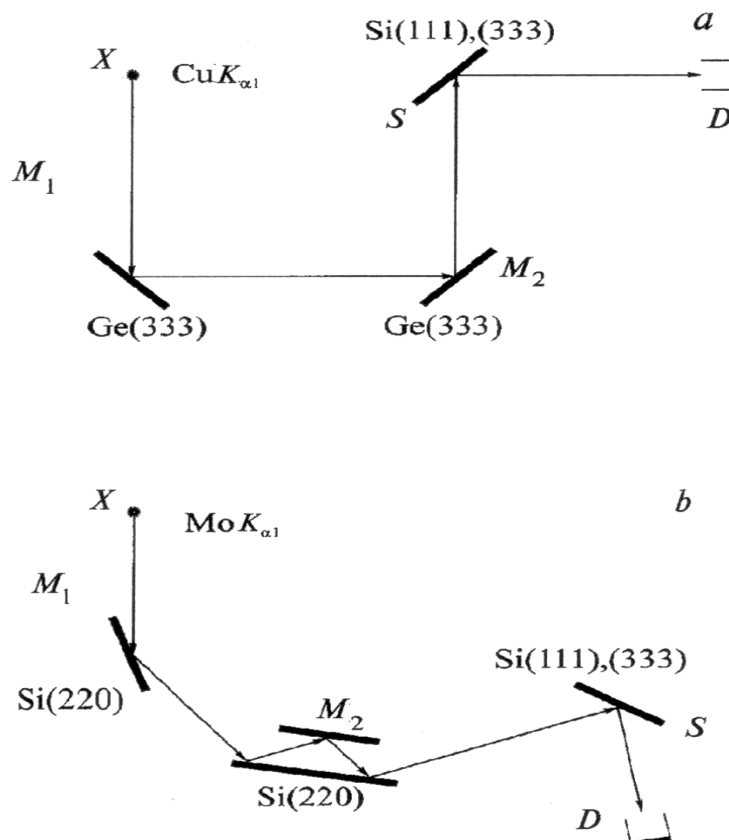


Рис. 8. Схематическое изображение станции высокоразрешающей трехкристалльной двухосевой дифрактометрии для измерений симметричных брэгговских отражений (а – характеристическое $\text{CuK}_{\alpha 1}$ и б – $\text{MoK}_{\alpha 1}$ излучение). Здесь X – рентгеновская трубка, M1 и M2 – монохроматоры, S – образец, D – детектор

На рис. 9 представлена схема взаимного расположения волновых векторов для случая геометрии Брэгга. Тут $\Delta\theta$ и $\Delta\theta'$ – угловые отклонения векторов $\mathbf{K}$ и $\mathbf{K}'$ от их соответствующих брэгговских направлений, $\mathbf{k}_0$ – отклонение сферы Эвальда от узла обратной решетки $\mathbf{H}$. Тут, вследствие того, что $\mathbf{q} \ll \mathbf{K}$ (где $\mathbf{q}$ – переданный импульс за счет рассеяния на искажениях, $\mathbf{K}$ – волновой вектор падающей волны), удобно заменить сферу Эвальда плоскостью, аппроксимирующей эту сферу вблизи узла обратной решетки $\mathbf{H}$.

Полная кривая дифракционного отражения строится путем измерения коэффициента отражения при различных значениях отклонения $\Delta\theta$ вектора падающей волны от точного брэгговского направления. При этом слово полная в названии полная кривая дифракционного отражения отображает как то, что измерения проводятся в широком диапазоне значений $\Delta\theta$, а не на хвосте кривой, так и то, что измеряется и брэгговская, и диффузная компоненты интенсивности.

На рис. 10 приведены результаты измерений, проведенных методом двухосевой дифрактометрии для образца Si.

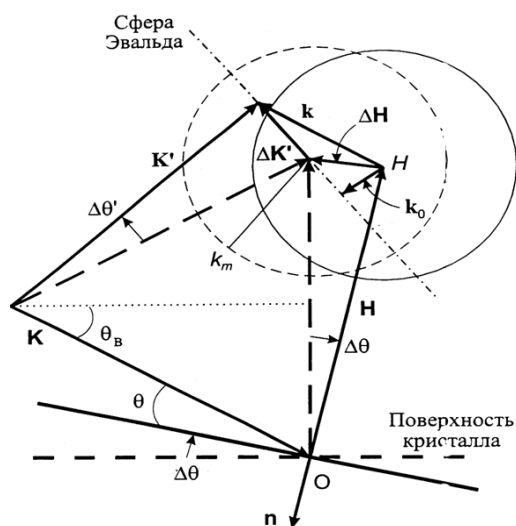


Рис. 9. Схема волновых векторов для случая геометрии Брэгга

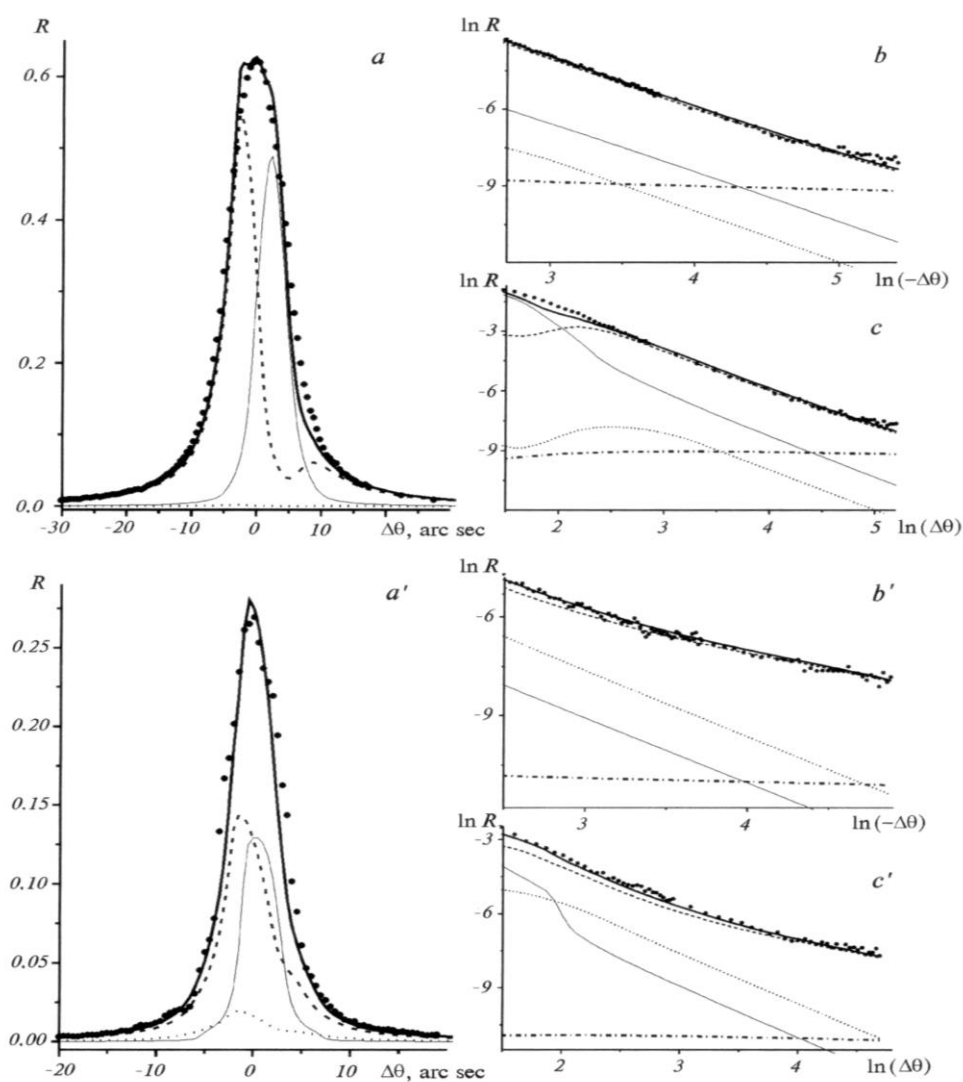


Рис. 10. Кривые дифракционного отражения образца Si для рефлексов (111) и (333) и $\text{Cu}_{\alpha 1}$ -излучения соответственно (a,b,c) и (a',b',c') для всей кривой (a, a') и отдельно для хвостов (b, c, b', c') (сплошные линии – теория, маркеры – эксперимент). Кроме того, представлены когерентная (тонкая сплошная линия) и диффузные компоненты от дислокационных петель (штриховая линия), преципитатов (пунктирная линия) и точечных дефектов (штрихпунктирная линия)

2. Методика дифференциально-интегральной дифрактометрии [18–20]

Информативность двухосевой дифрактометрии можно существенно расширить, если отдельно измерять соотношение диффузной и когерентной составляющих интенсивности, которое является более структурночувствительным. На рис. 11 приведена схема картины рассеяния в идеальном кристалле и для кристалла с дефектами (в верхнем правом углу экрана).

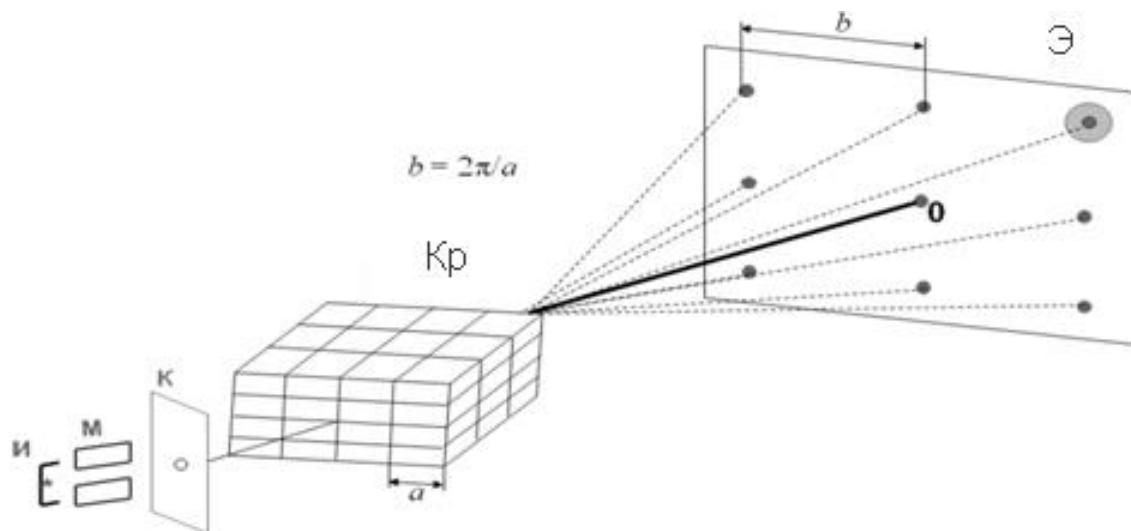


Рис. 11. Картины рассеяния в идеальном кристалле (темные точки на экране, размеры и форма которых определяются в кинематической теории только размерами и формой образца) и в кристалле с дефектами (в правом верхнем углу, темная точка отвечает распределению в обратном пространстве брэгговской компоненты дифрагированной интенсивности, а более светлое пятно вокруг нее – распределению диффузной составляющей). И – источник, М – монохроматор, К – коллиматор, Кр. – кристалл, Э – экран

Интегральная интенсивность рассеяния в кристаллах с дефектами характеризуется двумя интегральными параметрами, которые целесообразно ввести следующим образом. Первый параметр – это общая яркость картины (размытого Лауэ-пятна, изображенного в правом верхнем углу на рис. 11), т.е. полная интегральная интенсивность отражения R_i , которая равна сумме брэгговской R_{iB} и диффузной R_{iD} составляющих. Второй параметр – это удельный вклад диффузной составляющей или соотношение диффузной и брэгговской составляющих (R_{iD}/R_{iB}).

В кинематической теории неидеальных кристаллов для каждого отражения полная интегральная интенсивность не зависит от степени искажения кристаллической решетки, а единственным структурно чувствительным фактором является второй параметр (R_{iD}/R_{iB}), который при этом не зависит от условий дифракции.

Таким образом, для этих двух параметров выполняются два соответствующих закона сохранения кинематической теории. Первый закон сохранения отражает независимость полной интегральной интенсивности R_i (первого параметра) от характеристик структуры дефектов кристалла, т.е. в кинематической теории R_i для кристалла с дефектами остается таким же, как в идеальном кристалле (R_{ip}), и зависит только от условий дифракции. Однако нормирование этого параметра на R_{ip} приводит к потере его зависимости и от условий дифракции и делает его универсальной константой, которая равняется единице в кинематической теории, т.е. этот параметр оказывается полностью неинформативным. Второй закон сохранения кинематической теории указывает на независимость для каждого рефлекса относительного вклада диффузной составляющей (второго параметра) от условий дифракции. Таким образом, в кинематическом случае существует только этот единственный для любых условий дифракции структурночувствительный параметр.

Существование в кинематической теории рассеяния в кристаллах с дефектами и сверхструктурой двух законов сохранения для двух интегральных параметров картины рассеяния является причиной, которая ограничивает информативность кинематической картины рассеяния. Учитывая, что распределения величин этих параметров в пространстве обратной решетки являются для первого параметра самой картиной рассеяния, а для второго – распределением ее диффузной составляющей, можно сделать выводы о причинах как ограниченности информативности самой картины дифракции в условиях кинематического рассеяния, так и принципиальной неадекватности применения кинематического рассмотрения для динамической дифракции, не только в случае интегральных подходов, но и в случае дифференциально-интегральных и дифференциальных методов дифрактометрии.

Анализ соответствующих выражений динамической теории рассеяния показывает, что, в отличие от кинематической теории, два интегральных параметра картины рассеяния при динамической дифракции оба являются зависимыми как от параметров дефектной структуры, так и от условий дифракции. Кроме этого, как и в методе трехосевой дифрактометрии, сохраняется многообразность полной картины рассеяния, вызванная изменением характера влияния дефектов на картину рассеяния при изменении условий дифракции, которая обеспечивает структурную чувствительность диагностики с повышенной информативностью.

Для измерения относительного вклада диффузной составляющей в кривую отражения применяется трехосевая схема (см. рис. 1), в которой можно измерить вклад диффузной (или когерентной) составляющей интенсивности (метод дифференциально-интегральной дифрактометрии). Результаты измерений методом дифференциально-интегральной дифрактометрии приведены на рис. 12–14. На рис. 12–13 показаны экспериментальные профили, измеренные методом дифференциально-интегральной дифрактометрии при различных углах поворота образца.

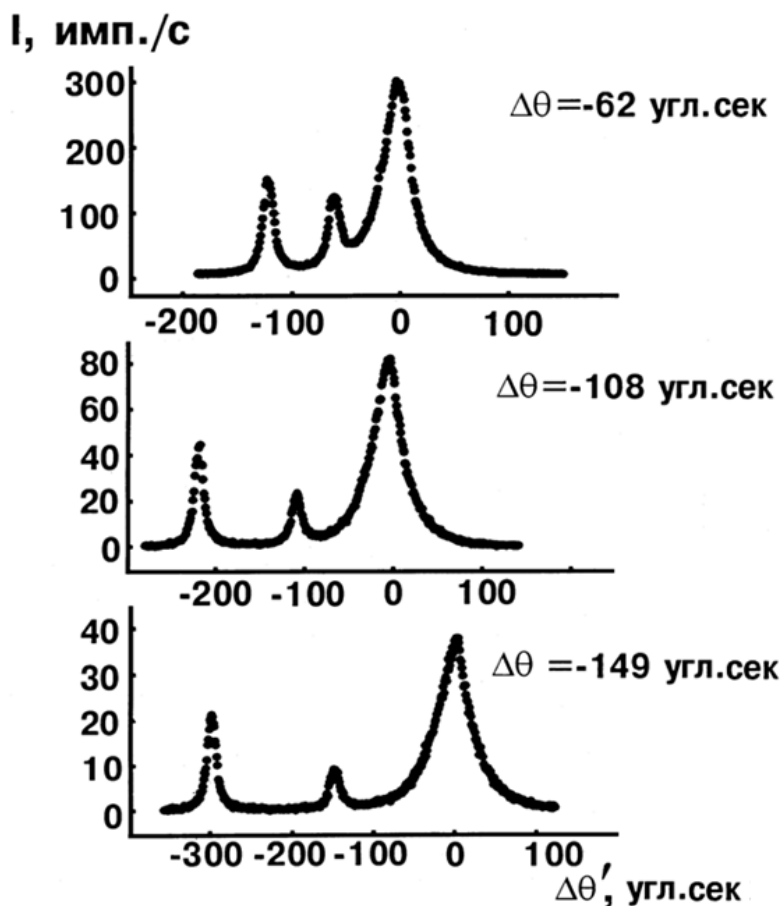


Рис. 12. Экспериментальные профили, измеренные методом дифференциально-интегральной дифрактометрии для симметричного отражения Si (111) излучения $\text{CuK}_{\alpha 1}$ в случае геометрии Брэгга при разных углах поворота образца

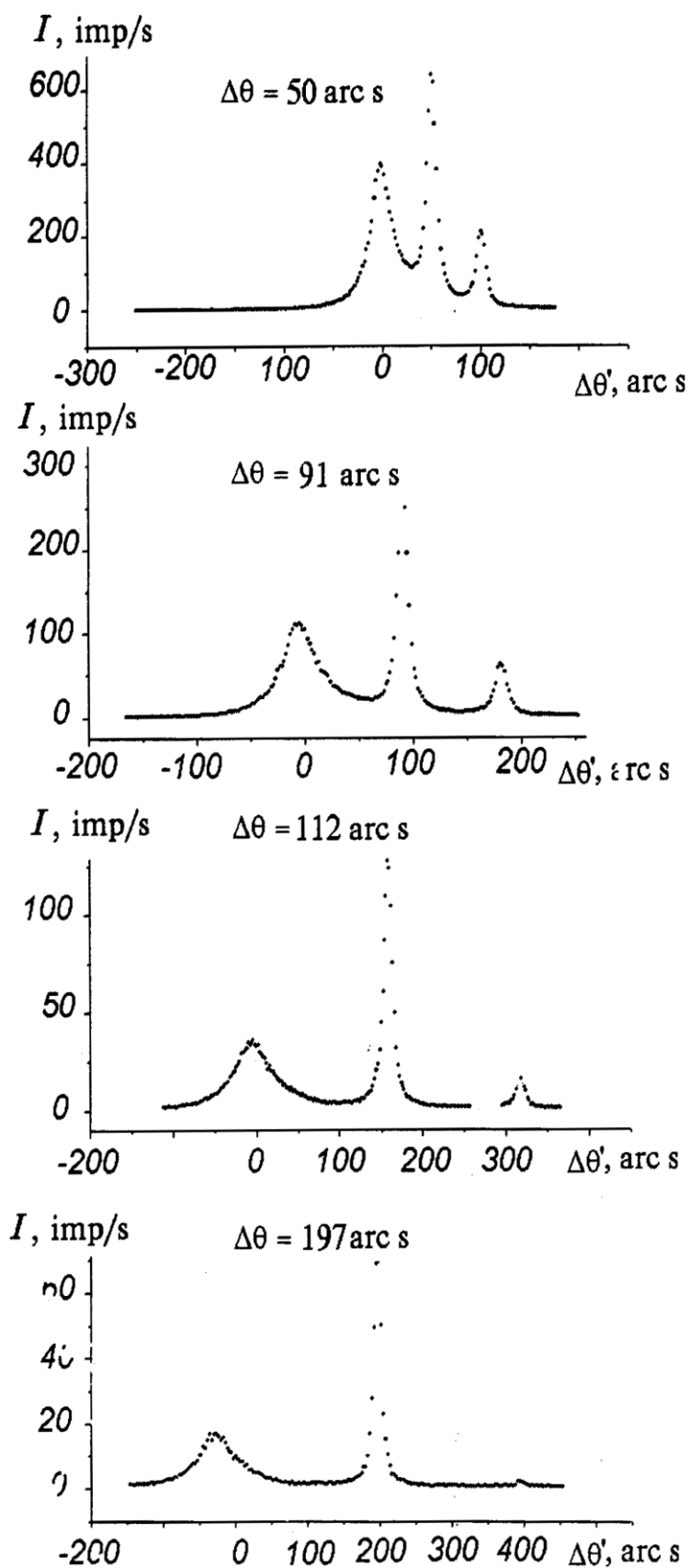


Рис. 13. Экспериментальные профили интенсивности, измеренные методом дифференциально-интегральной дифрактометрии для симметричного отражения Si (111) излучения $\text{CuK}_{\alpha 1}$ в случае геометрии Брэгга при разных углах поворота образца

На рис. 14 показана угловая зависимость отношения интегральных интенсивностей диффузного и когерентного пиков профилей, измеренных методом дифференциально-интегральной дифрактометрии, т.е. угловая зависимость второго параметра для кривой отражения.

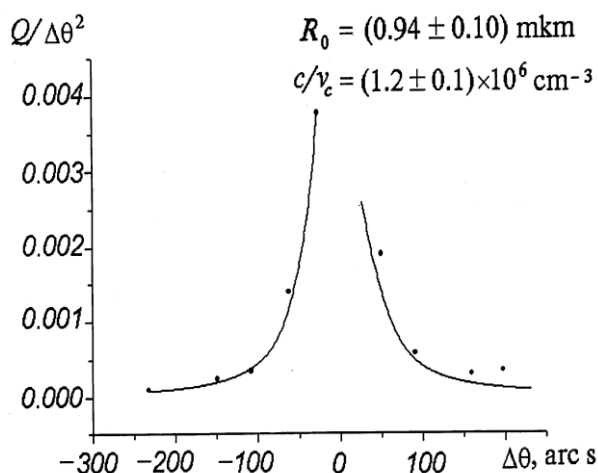


Рис. 14. Угловая зависимость отношения интегральных интенсивностей диффузного и когерентного пиков профилей, измеренных методом дифференциально-интегральной дифрактометрии. На рисунке указаны характеристики дефектов, определенные этим методом

3. Методика диагностики многослойных структур на основе кривых отражения [21–23, 48]

На рис. 15 приведены экспериментальные и теоретические кривые для многослойной структуры $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{Ny} / \text{GaAs}$.

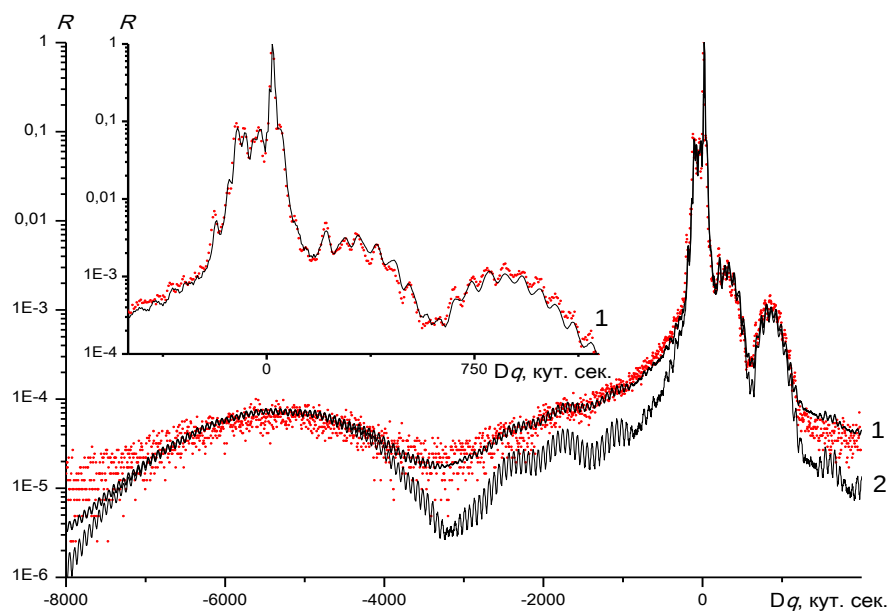


Рис. 15. Экспериментальная кривая (маркеры) дифракционного отражения для многослойной структуры $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{Ny} / \text{GaAs}$ и соответствующие теоретические кривые с учетом (1) и без (2) диффузного рассеяния от дефектов в подложке и слоях

Многопараметрическая диагностика в этом случае обеспечивается вкладами от дефектов разного типа и от разных слоев в разные области кривой отражения, что позволяет проводить комбинированный анализ. Результаты диагностики для многослойной структуры $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{Ny} / \text{GaAs}$: дефектная структура в подложке – кластеры $r = 6$ нм, $n = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, $r = 2$ нм, $n = 7 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$; дефектная структура в самой системе с квантовой ямой – кластеры $r = 6$ нм, $n = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$.

4. Методика диагностики многослойных структур на основе комбинированной двух- и трехосевой дифрактометрии [21–23, 48]

На рис. 16–17 показаны результаты исследования многослойной периодической гетеро-структуры с самоорганизованными решетками квантовых точек. На рис. 16 приведены результаты двухосевой дифрактометрии, а на рис. 17 – карты распределения дифрагированной интенсивности.

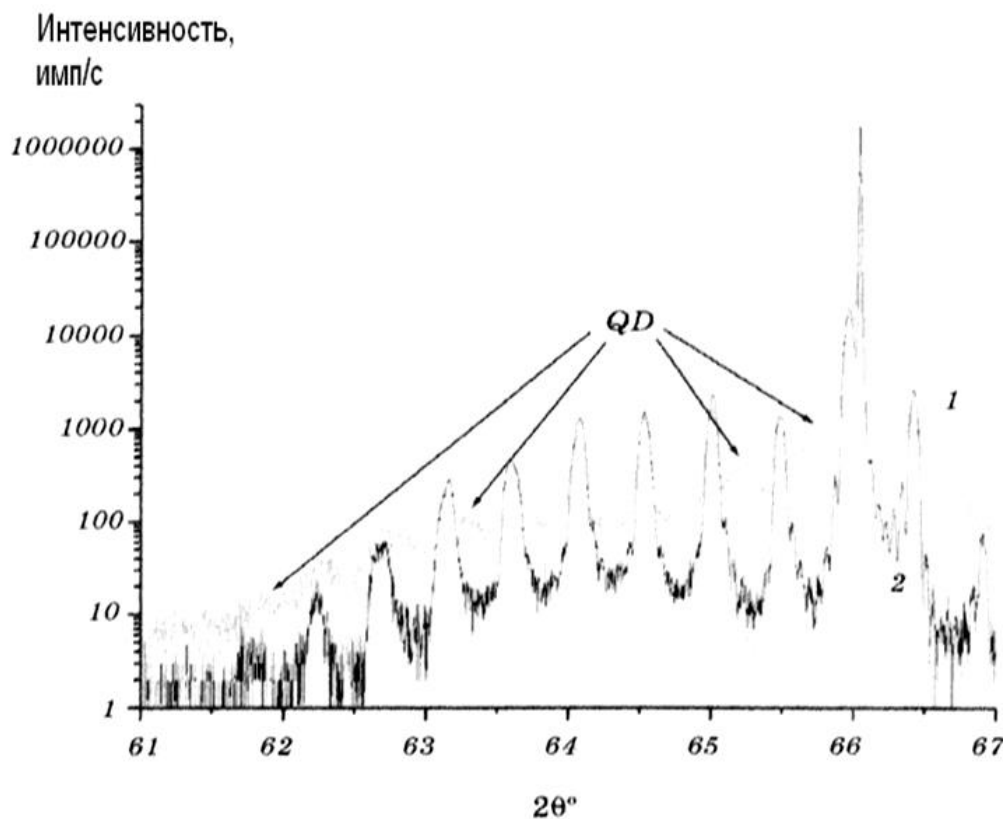


Рис. 16. Экспериментальные дифракционные спектры для отражения 400.
1 – двухкристальный вариант, 2 – трехкристальный вариант, QD – пики от квантовых точек

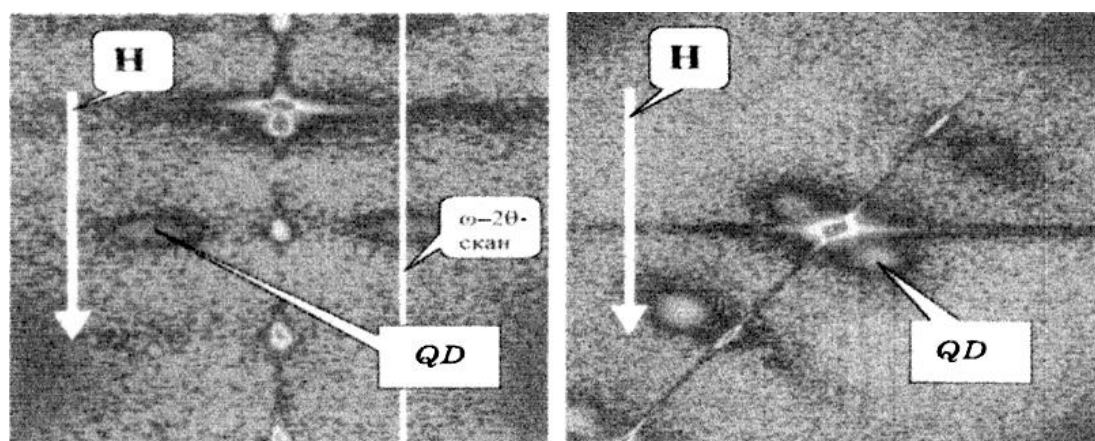


Рис. 17. Mapy распределения дифрагированной интенсивности в обратном пространстве
вблизи узлов 400 и 224 для структуры InGaAs/GaAs ($\text{CuK}_{\alpha 1}$ -излучение,
H – вектор дифракции, QD – рассеяние от квантовых точек)

Комбинированная обработка результатов, полученных при разных условиях дифракции или разными методами (в данном случае методами двух- и трехосевой дифрактометрии), позволяет однозначно определять параметры сложных систем.

Станция 3. Метод интегральной (одноосевой) дифрактометрии [6, 21, 24–46].

При динамическом рассеянии в отличие от кинематического полная интегральная интенсивность R_i (первый параметр) оказалась зависимой от характеристик структуры дефектов кристалла. Это дает принципиально новую возможность определять параметры дефектной структуры кристалла путем измерения полной интегральной интенсивности при разных условиях дифракции. Этот метод является экспрессным и имеет наибольшую чувствительность среди дифракционных методов. Измерения могут быть проведены при всех возможных условиях дифракции (геометрии Лауэ и Брэгга, случаи тонкого и толстого кристаллов, спектральные, азимутальные, деформационные зависимости, случай кристаллов, возбужденных ультразвуковыми колебаниями и т.д.).

1. Методика деформационных зависимостей полной интегральной интенсивности динамического рассеяния (ДЗ ПИИДР) [6, 21, 24–33]

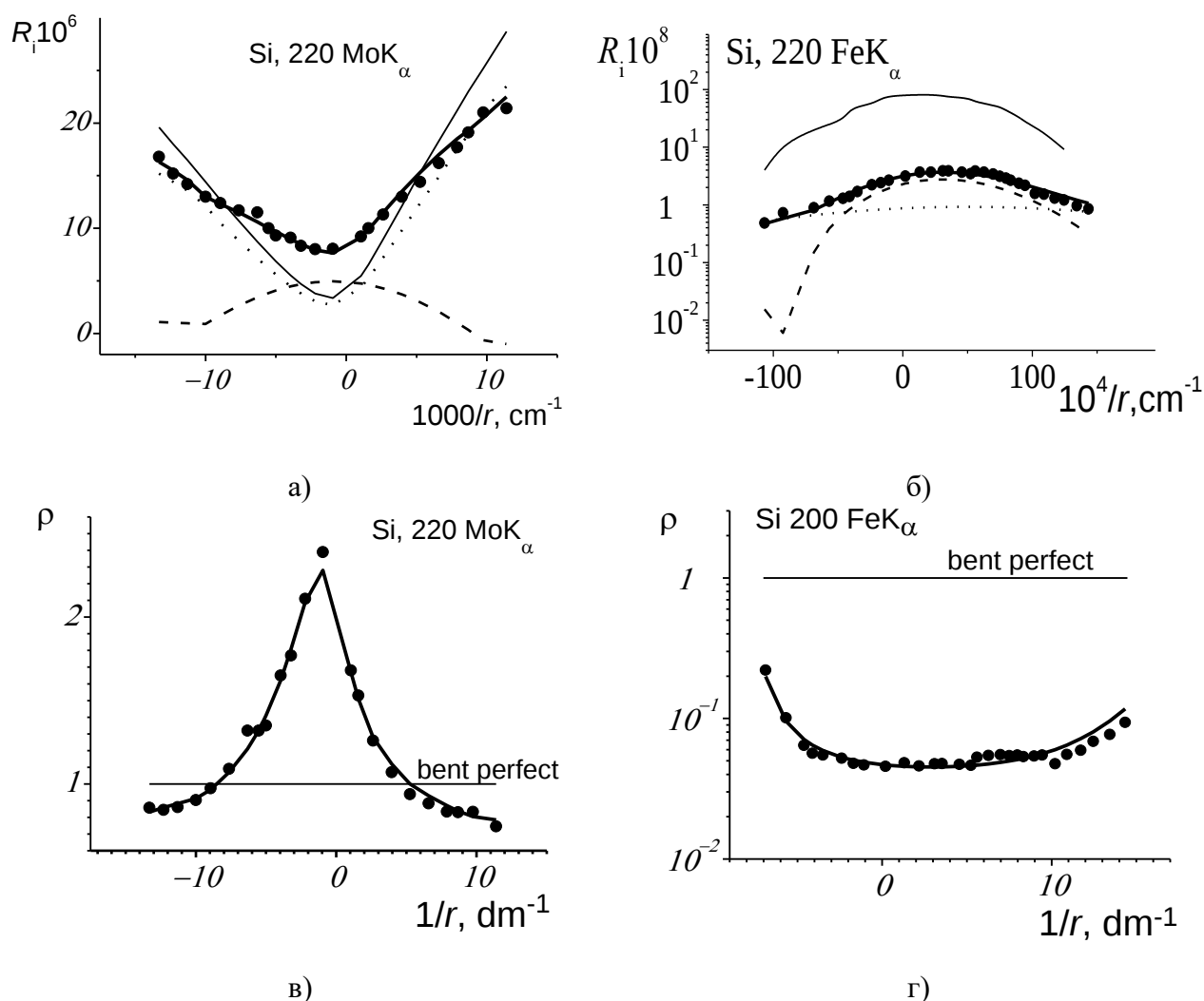


Рис. 18. Теоретические и экспериментальные значения деформационных зависимостей ПИИ (*a* – тонкий кристалл, *b* – толстый кристалл) и нормализованной ПИИ ($\rho = R_i/R_{ip}$, *c* – тонкий кристалл, *d* – толстый кристалл) для кристаллов Si с дефектами изображены сплошными толстыми линиями и маркерами, соответственно. Пунктирные линии являются рассчитанными деформационными зависимостями когерентной компоненты ПИИ, штрихованные – диффузной, а сплошные тонкие линии – деформационные зависимости ПИИ кристалла без дефектов

Рис. 18 иллюстрируют радикальное изменение при динамической дифракции характера влияния дефектов на интегральную интенсивность рассеяния (первый параметр) в зависимости от радиуса кривизны макроскопического упругого изгиба (r) кристалла, а также изменение характера влияния дефектов на эти деформационные зависимости (ДЗ) при изменении других условий дифракции, а именно, при переходе от случая динамической дифракции в «тонком» кристалле (а) к случаю «толстого» кристалла (б). Общая яркость динамической картины рассеяния, нормированная на яркость картины для соответствующего идеального кристалла, и ее деформационная зависимость становятся уникально чувствительными к характеристикам дефектов.

2. Методика толщинных зависимостей ПИИДР [6, 24, 26, 29, 31–34]

На рис. 19а представлены результаты экспериментального подтверждения толщинной зависимости вклада диффузного рассеяния и нарушения закона сохранения ПИИ (маркеры – эксперимент, линии – теория).

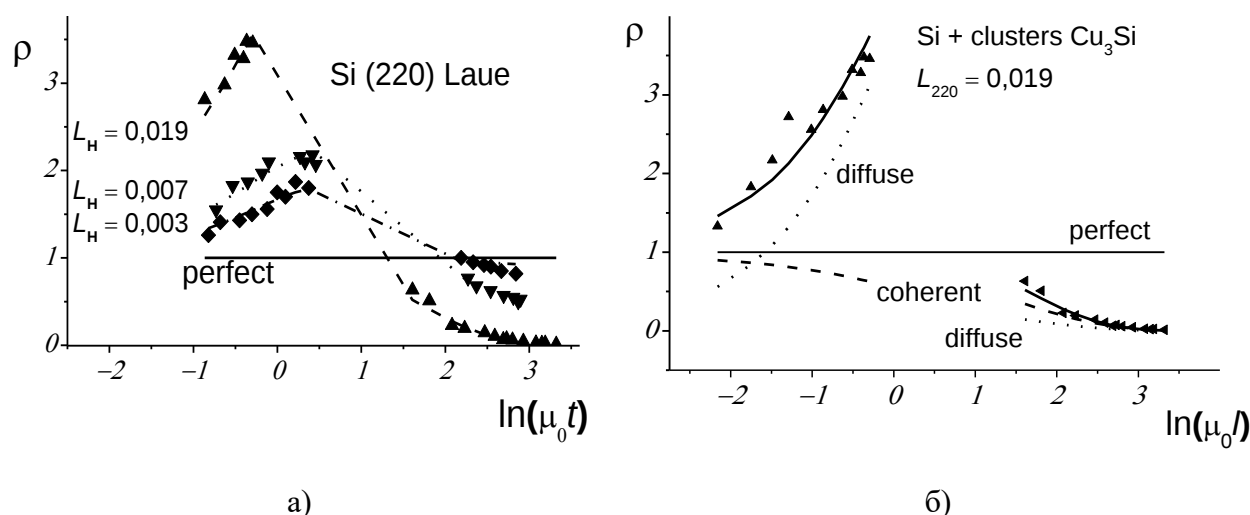


Рис. 19. Зависимости нормированной ПИИ ρ от величины $\mu_0 t$. Линии – результаты расчетов, а маркеры – результаты измерения ПИИ для трех образцов в приближениях тонкого (с использованием MoK_α -излучения, левая часть зависимостей) и толстого (с использованием CuK_α -излучения и FeK_α -излучения, правая часть зависимостей) кристаллов (а); Рассчитанные (сплошные линии) и экспериментальные (маркеры) толщинные зависимости нормированной ПИИ монокристалла Si. Штриховые линии – рассчитанные толщинные зависимости когерентной составляющей, пунктирные линии – диффузной составляющей. Параметры дефектной структуры кристалла: сферические кластеры Cu_3Si с $R = 0,035$ мкм, $\epsilon = 0,13$ и $c = 9 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$ (б)

Из рис. 19б, где представлены толщинные зависимости удельных вкладов диффузной и когерентной составляющих ПИИ, видно, что именно изменение относительного вклада диффузной составляющей ПИИ (непрерывное с изменением толщины кристалла и дискретное при переходе от приближения тонкого к приближению толстого кристаллов), обусловленное принципиально разным характером толщинных зависимостей составляющих ПИИ, а также изменением этого характера при переходе от случая тонкого кристалла к случаю толстого, определяет ее уникальную чувствительность к дефектам.

3. Методика энергодисперсионных зависимостей ПИИДР [6, 24, 25, 26, 35, 42, 43]

На рис. 20 представлены спектральные зависимости ПИИ неидеальных кристаллов, являющиеся экспериментальным подтверждением разной функциональной зависимости ПИИ в приближениях тонкого и толстого кристаллов в случае брэгг-дифракции.

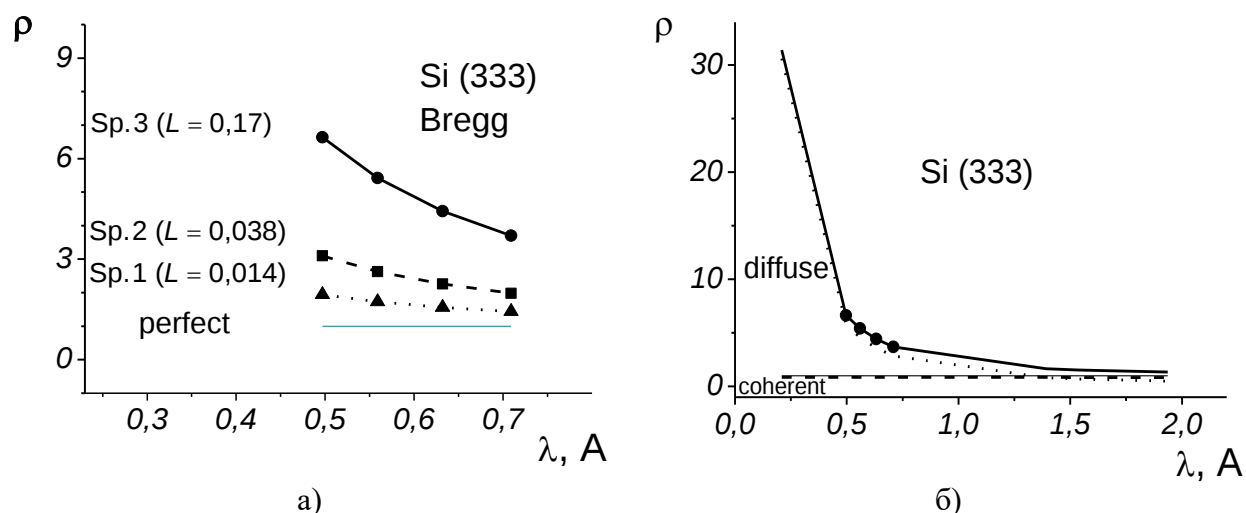


Рис. 20. Зависимость, в случае брэгг-дифракции, нормированной ПИИ дефектных образцов Si от длины волны излучения. Образцы 1 и 2 были отожжены на воздухе на протяжении 4 и 6 часов при 1000 °С и 1080 °С соответственно; образец 3 был отожжен в атмосфере азота на протяжении 7 часов при 1250 °С (а); рассчитанная (сплошная линия) и экспериментальная (маркеры) спектральные зависимости нормированной ПИИ монокристалла Si. Штриховая линия – рассчитанная спектральная зависимость когерентной составляющей, пунктирная линия – диффузной. Расчеты проводились для следующих параметров динамического рассеяния: $L_H = 0,17$, $\mu^*/\mu_0 = 1,1$ (б)

Как вытекает из представленных результатов, при дифракции в геометрии Брэгга эта разность менее ярко выражена, чем в случае Лауэ-дифракции. Но и в этом случае высокая чувствительность динамической дифракции к разным типам дефектов, присутствующих в образцах, сохраняется и существенно увеличивается с ростом вклада диффузной составляющей при уменьшении длины волны.

4. Методика азимутальных зависимостей ПИИДР [6, 24, 26, 31, 36]

Как известно, азимутальные зависимости нормированной ПИИДР для разных типов искажений кристаллической решетки являются симметричными относительно угла 90°. К таким типам искажений кристалла относятся: дефекты кулоновского типа (дислокационные петли, кластеры и др.) небольших размеров, нарушенный поверхностный слой.

Для исследования вышеуказанной симметрии азимутальной зависимости были измерены азимутальные зависимости для кристалла с дефектами. Объект исследования был вырезан из слитка CZ Si (р-тип проводимости, $\rho \sim 10$ Ом×см, ось роста была направлена вдоль оси $\langle 111 \rangle$, концентрации кислорода и углерода были равны $\sim 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ и 10^{16} см^{-3} соответственно). Образец был изготовлен в форме пластины, параллельной плоскости (111), толщиной $t = 4000$ мкм. Искажения структуры поверхности, возникающие при механической обработке, были удалены путем химико-механического полирования с дальнейшим химическим травлением до глубины ~ 10 мкм.

Оказалось, что в результате наличия в этом кристалле дефектов больших размеров (дислокационных петель с радиусом 15 мкм), азимутальная зависимость нормированной ПИИДР является существенно несимметричной (см. рис. 21а). Расчет также дает асимметрию азимутальной зависимости нормированной ПИИДР и практически совпадает с экспериментом (рис. 21а, сплошная линия).

Анализ причин асимметрии азимутальной зависимости показал, что этот эффект объясняется поведением диффузной компоненты ПИИДР. Т.е., установлено, что присутствие в кристалле дефектов больших размеров вызывает симметрию азимутальной зависимости ненормированной диффузной компоненты (в случае малых дефектов она асимметрична), тогда как азимутальная зависимость когерентной компоненты остается асимметричной (подобно случаю идеального кристалла), что показано на рис. 21б, в.

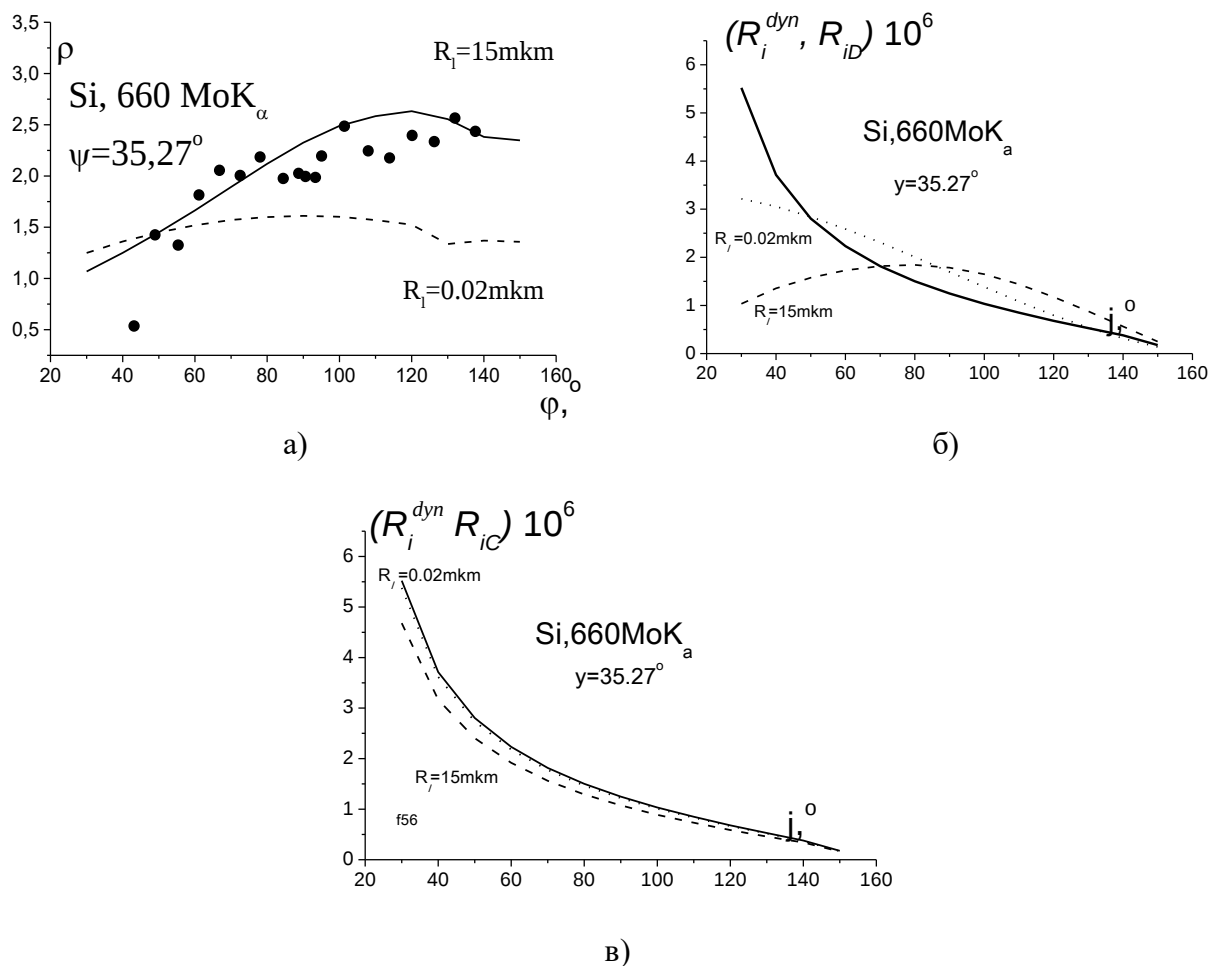


Рис. 21. Экспериментальная (маркеры) и рассчитанная при значениях среднего радиуса дислокационных петель $R = 15 \mu\text{m}$ (сплошная линия) и $R = 0,02 \mu\text{m}$ (штриховая линия) азимутальные зависимости нормированной ПИИДР (а); рассчитанная азимутальная зависимость ПИИДР для идеального кристалла R_i^{dyn} (сплошная линия) и рассчитанные азимутальные зависимости б) – диффузной составляющей ПИИДР (R_{iD}), в) – когерентной составляющей ПИИДР R_{iC} (штриховые линии и пунктирные).

Таким образом, при нормировании азимутальной зависимости ПИИДР кристалла с дефектами на аналогичную зависимость ПИИДР идеального кристалла, получим симметричную зависимость в случае малых дефектов и несимметричную в случае дефектов больших размеров. Таким образом, благодаря принципиально разному характеру азимутальной зависимости в случаях малых и больших дефектов, и проявлению избирательной чувствительности формы зависимости к большим дефектам появляется возможность определения их параметров. Параметры малых дефектов можно определить, используя другие условия дифракции для того же образца.

5. Методика деформационных зависимостей ПИИДР в условиях нарушения закона Фриделя [37]

Методика базируется на влиянии дефектной структуры кристалла на величину отношения ПИИДР hkl и $\bar{h}\bar{k}\bar{l}$ $Y = I^{hkl}/I^{\bar{h}\bar{k}\bar{l}}$. Так, чувствительной к крупным дефектам оказывается величина Y_S скачка на K -крае поглощения параметра асимметрии (рис. 22). Как видно из рис. 22, для кристалла с дефектами, вследствие вклада диффузной компоненты, толщинная зависимость величины Y_S кардинально отличается от аналогичной зависимости для идеального кристалла, и именно по степени этого отличия можно определять характеристики дефектов. Аналогично можно проводить диагностику и по отклонениям самого параметра асимметрии Y для ПИИДР кристалла с дефектами от Y_{perf} для ПИИДР идеального кристалла и их изменениям с толщиной, как ниже, так и выше K -края поглощения.

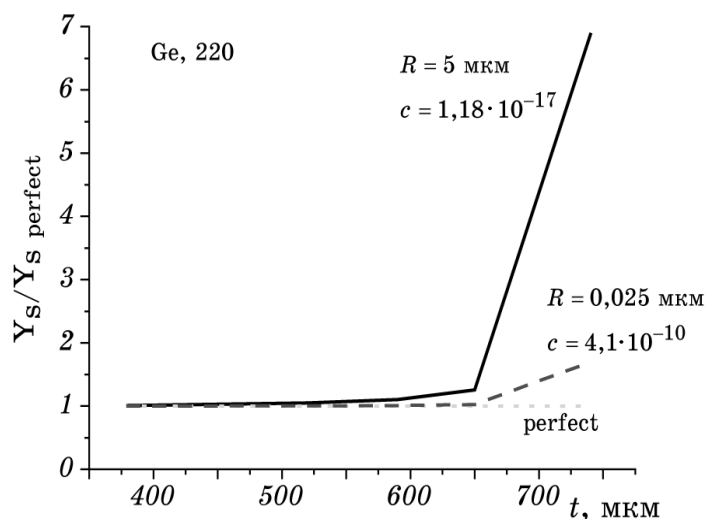
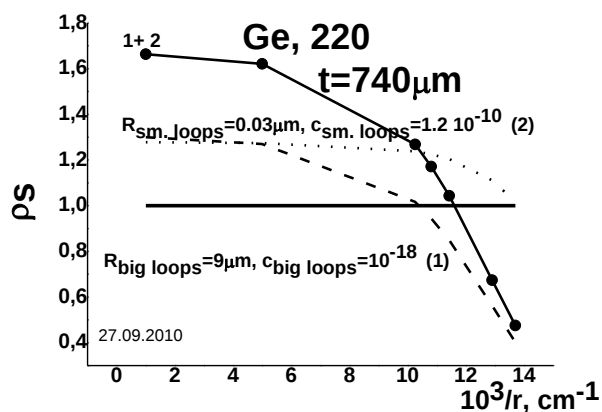


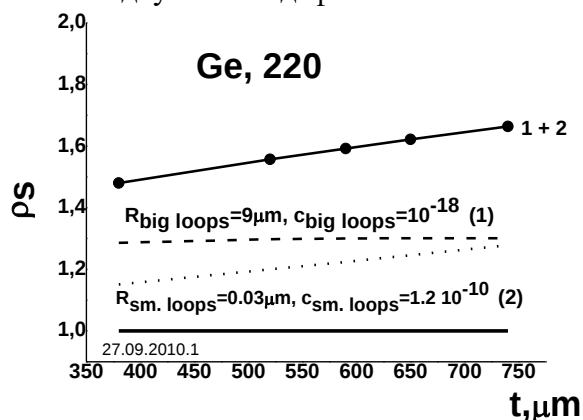
Рис. 22. Рассчитанные зависимости от толщины отношения скачка параметра асимметрии Y реального кристалла (параметры дефектов указаны на рисунке) к скачку параметра асимметрии идеального кристалла $Y_{S \text{ perfect}}$. Расчеты проведены при радиусе кривизны упругого изгиба $r = \pm 2,4 \text{ м}$

6. Методика комбинированных толщинно-деформационных зависимостей ПИИДР и их скачков в области аномальной дисперсии вблизи K -края поглощения [37, 38]

Также многопараметрическую диагностику параметров хаотически распределенных дефектов нескольких типов можно проводить за счет измерения скачка интегральной интенсивности динамического рассеяния вблизи K -края поглощения атомами кристалла. Рис. 23 иллюстрирует возможность определения параметров дефектной структуры кристалла подгонкой экспериментальных деформационной (а, г, е) и толщинной при отсутствии деформации (б, в, д) зависимостей скачка S при учете в кристалле двух типов дефектов.



а)



б)

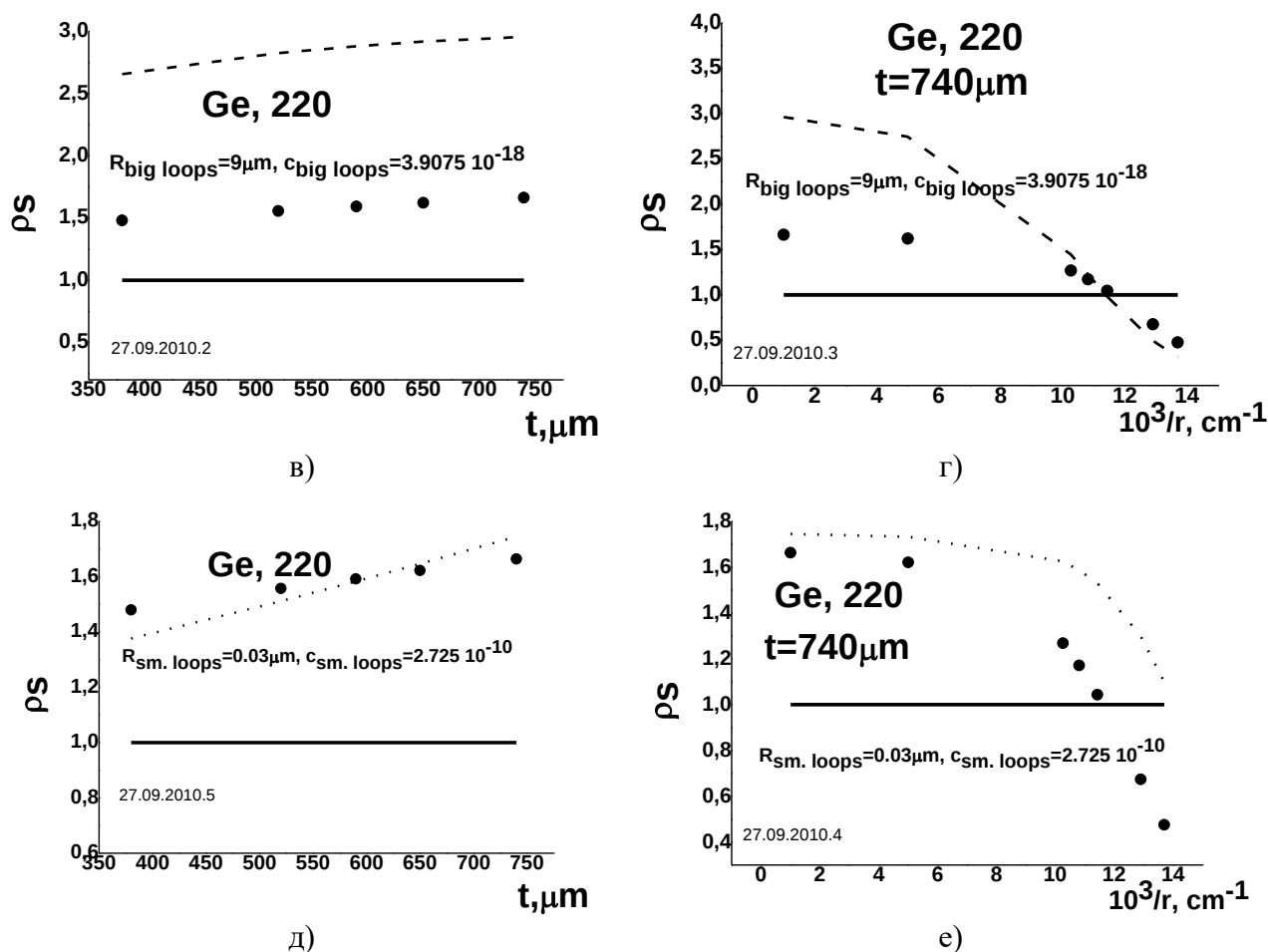


Рис. 23. Толщинные зависимости (ТЗ) при отсутствии деформации (б, в, д) и деформационные зависимости (ДЗ) (а, г, е) отношения скачка ИИДР для кристалла с дефектами к скачку ИИДР для идеального кристалла германия ρ_s . Сплошные линии – ТЗ и ДЗ, рассчитанные в предположении наличия в монокристалле крупных и мелких петель. Штриховые линии – ТЗ и ДЗ, рассчитанные для крупных петель. Пунктирные линии – ТЗ и ДЗ, рассчитанные для мелких петель. Маркеры – эксперимент (Сплошная линия $\rho_s = 1$ отвечает кристаллу без дефектов)

Из рис. 23, а видно, что деформационная зависимость скачка при максимальной упругой деформации избирательно чувствительна к крупным дефектам, а при меньшей степени деформации чувствительность скачка к крупным дефектам полностью исчезает и скачек становится избирательно чувствительным к мелким дефектам.

В результате путем общего фитирования деформационных зависимостей скачка ИИДР вблизи К-края поглощения для пяти разных толщин и толщинных зависимостей скачка ИИДР при разных степенях упругого изгиба получены следующие значения параметров крупных и мелких дислокационных петель:

$$R_{\text{big loops}}=(9 \pm 2) \text{ мкм}, c_{\text{big loops}}=(1 \pm 0.8) \cdot 10^{-18};$$

$$R_{\text{small loops}}=(0.03 \pm 0.01) \text{ мкм}, c_{\text{small loops}}=(4 \pm 3) \cdot 10^{-10}.$$

7. Методика интегральной трехосевой дифрактометрии [39–41, 44]

Как и в методе двухосевой дифрактометрии может быть измерен и второй параметр, т.е. кроме ПИИДР также и величина относительного вклада диффузной составляющей ПИИДР. Схема, которая применяется для этого, приведена на рис. 24.

Экспериментальные результаты диагностики методом интегральной трехосевой дифрактометрии [39–41] представлены на рис. 25 и 26. При этом был использован разработанный в [40] метод сепарации истинного вклада диффузной составляющей.

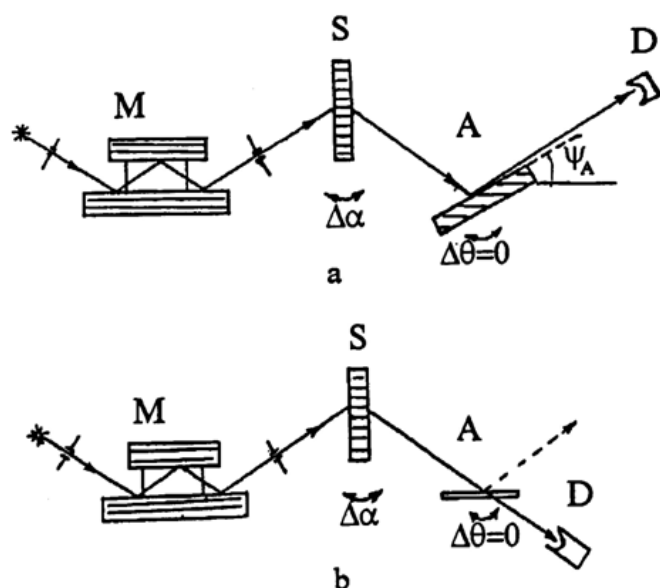


Рис. 24. Дифрактометрические схемы для сепарации когерентной (а) и диффузной (б) компонент полной интегральной отражательной способности

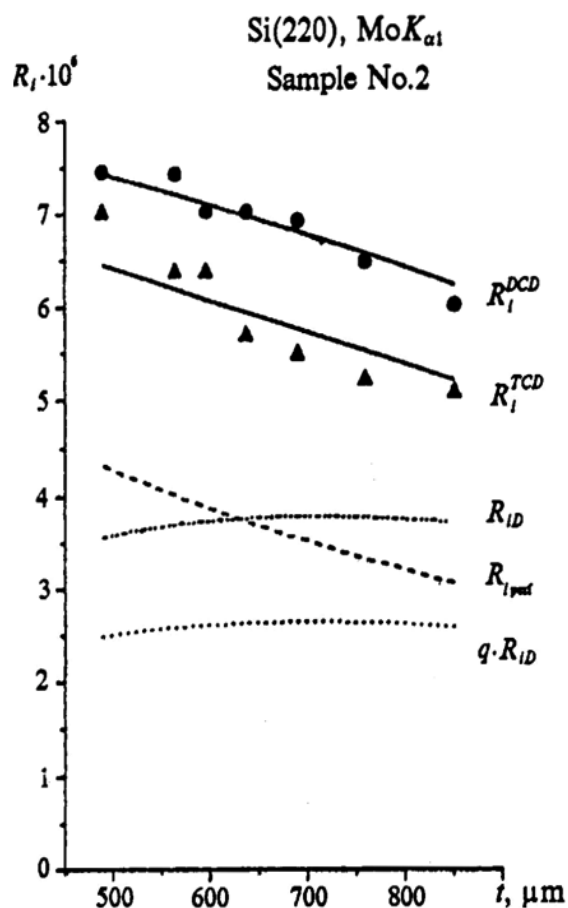


Рис. 25. Толщинные зависимости ПИИДР (●) и ее когерентной составляющей (▲), измеренные методом наклона (сплошные линии – результат теоретического расчета при найденных значениях параметров, штриховые – расчет ПИИДР для идеального кристалла, штрихпунктирные – сепарированное истинное значение диффузной составляющей ПИИДР, пунктирные – вклад диффузной составляющей в измеряемую когерентную)

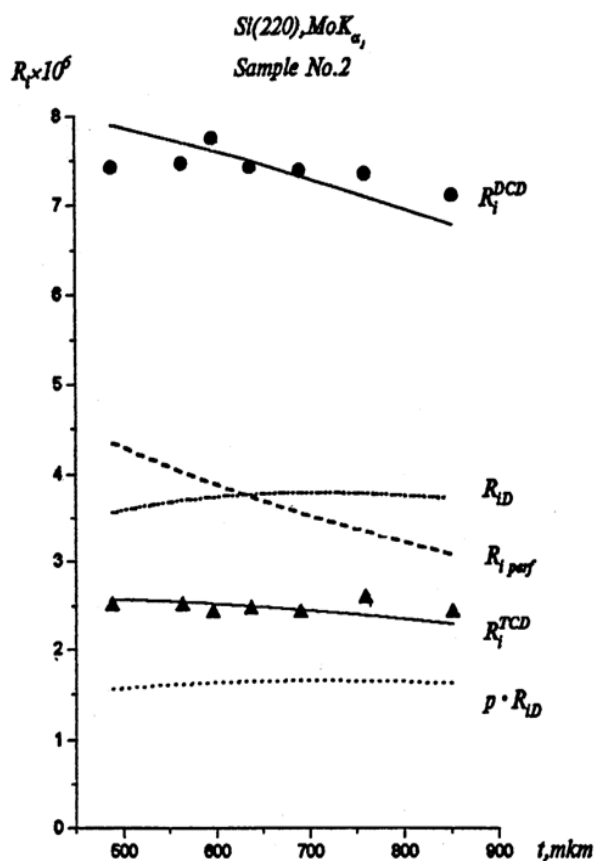


Рис. 26. Толщинные зависимости ПИИДР (●) и ее диффузной составляющей (▲), измеренные методом наклона (сплошные линии – результат теоретического расчета при найденных значениях параметров, пунктирные – потерянная часть диффузной составляющей, штрихованные – расчет ПИИДР для идеального кристалла, штрихпунктирные – сепарированное истинное значение диффузной составляющей ПИИДР)

Таким образом, комбинированное использование различных условий дифракции и разных методов при условии, что они обеспечивают экспериментальные измерения обоих главных параметров картины рассеяния (т.е. измерения соответствующих параметров как для полной картины, так и для ее диффузной составляющей), для одного и того же образца с дефектами нескольких типов, но для разных условий дифракции позволяет решить проблему однозначной многопараметрической диагностики таких систем.

Станция неразрушающей послойной диагностики с наноразмерным шагом селекции по глубине позволит проводить диагностику и сертификацию наноматериалов и наноструктур методом неразрушающей послойной дифрактометрии, рефлектометрии, а также топографии и многопроекционной топографии. На рис. 27 показано топограммы поверхностных слоев монокристалла CdTe для направления (111) при $\Phi_0 = 3^\circ 57'$, $L_{ex} = 0,12$ мкм (а), $\Phi_0 = 1^\circ 35'$, $L_{ex} = 0,08$ мкм (б), $\Phi_0 = 32'$, $L_{ex} = 0,04$ мкм (с), $\Phi_0 = 15'$, $L_{ex} = 0,03$ мкм (д). Схема эксперимента приведена на рис. 27е.

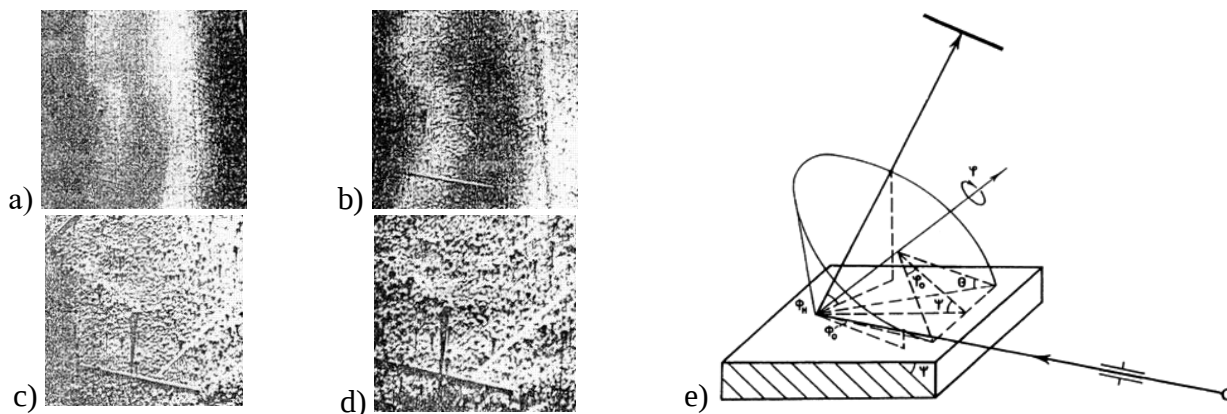


Рис. 27. Схематическое изображение станции неразрушающей послойной диагностики с наноразмерным шагом селекции по глубине и результаты измерений, проведенных на такой станции.

Станция медико-биологической диагностики позволит проводить медико-биологическую диагностику на новых принципах, которые используют не поглощение, а преломление излучения в исследуемых объектах, что обеспечивает при значительном повышении в десятки – сотни раз чувствительности диагностики существенное уменьшение в десятки - сотни раз дозой нагрузки человека. На рис. 28 приведена фотография рыбы, полученная методом рентгеновского фазового контраста (ФК) (В.Н. Ингал, Е.А. Беляевская, из лекции проф. В.О. Бушуева).



T – пучок



R – пучок

Рис. 28. Фазовый контраст рыбы

Данный метод, в отличие от традиционных методов, основанных на явлении поглощения рентгеновских лучей, базируется на явлении их преломления. Слабое отклонение рентгеновских лучей, происходящее в следствие их преломления в объекте можно фиксировать с помощью специального монокристалла, который размещается между объектом и фотопленкой. Используя дифракцию рентгеновских лучей можно превратить слабое преломление в сильное (почти на 50-90%) изменение интенсивности изображения объекта на фотопленке или координатном детекторе.

На рис. 29 и 30 показаны схемы получения ФК-изображения в случаях геометрий Брэгга и Лауэ.

На рис. 31 представлена схема станции медико-биологической диагностики.

$$n = 1 - \delta + i\delta$$

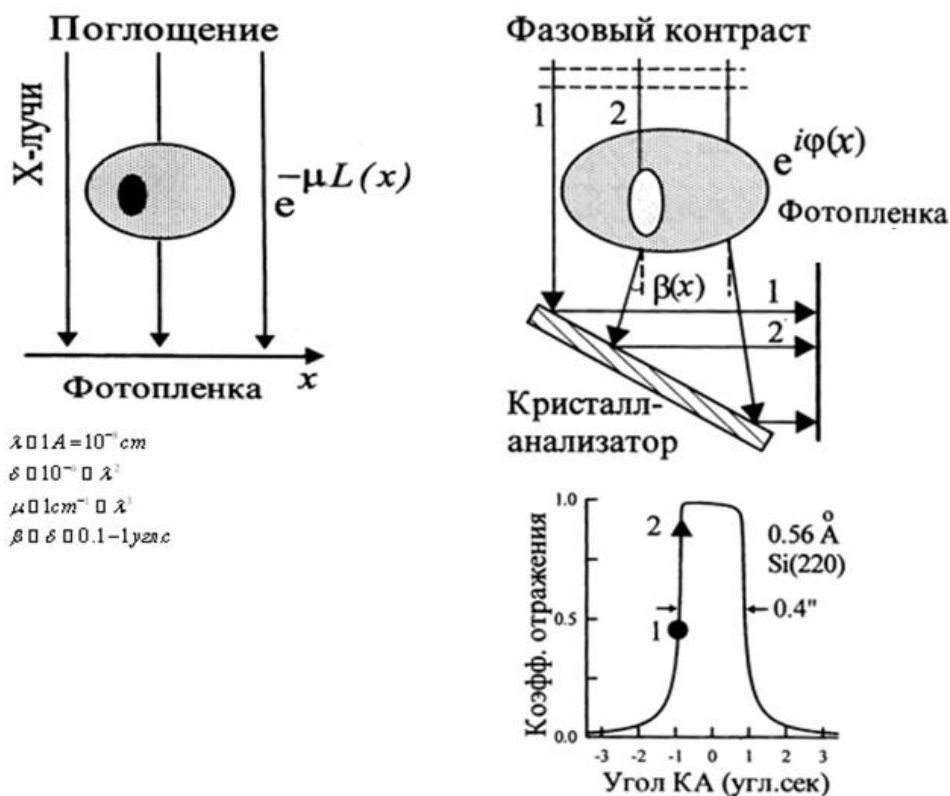


Рис. 29. ФК-изображение по схеме Брэгга

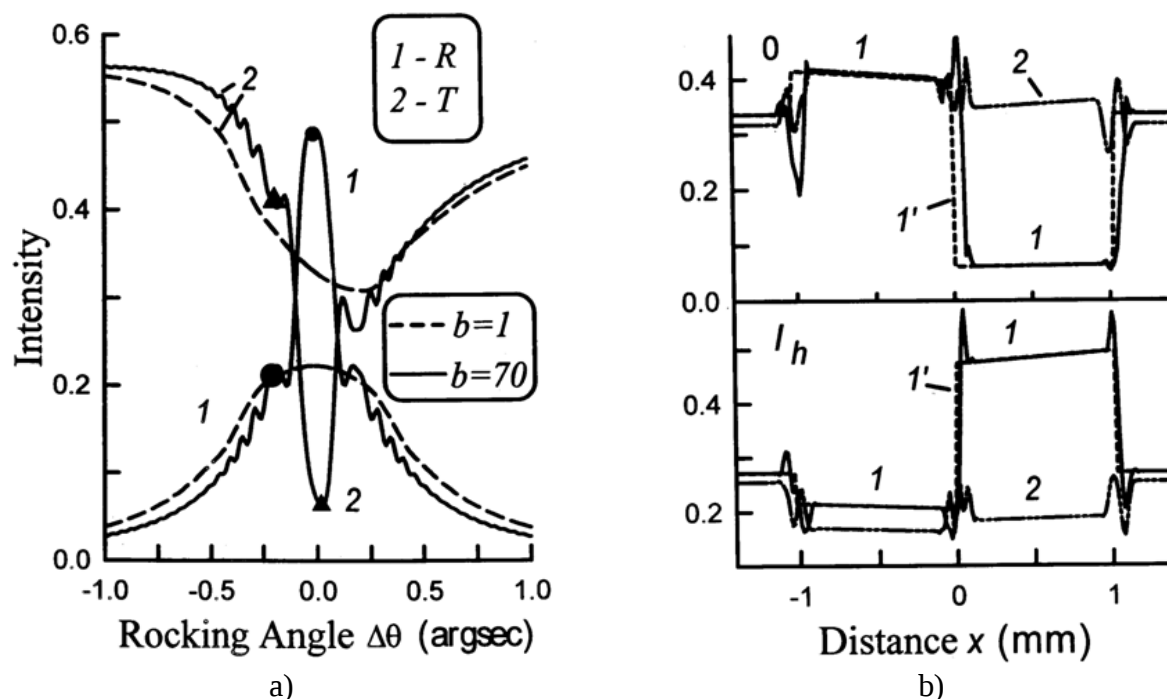
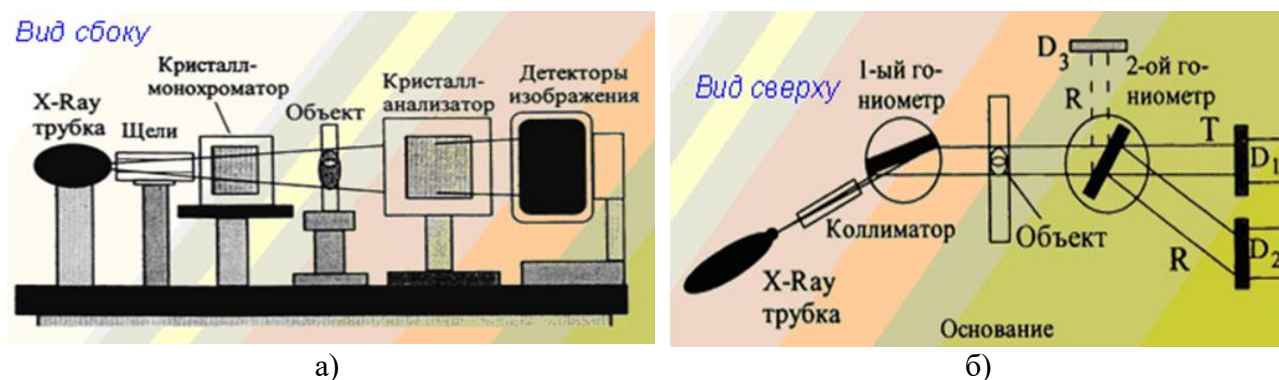


Рис. 30. ФК-изображение полиэтиленовой призмы по схеме Лауэ

Рис. 31. Схематическое изображение станции медико-биологической диагностики:
а – вид сбоку; б – вид сверху

Станция трансмутации радиоактивных элементов разрешит проводить исследования, направленные на решение проблемы ликвидации отходов ядерных реакторов и создание безопасной энергетики будущего.

Станция наноразмерного пучка синхротронного излучения для нанотехнологических исследований разрешит выполнять исследование с помощью наноразмерного пучка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Это физическое обоснование создает фундамент для дальнейшей детальной разработки всех систем и узлов источника синхротронного и комптоновского излучений, а также оригинальных диагностических станций с принципиально новыми функциональными возможностями, которые могут быть реализованы и на источниках нейтронов.

Литература

1. Iida A., Kohra K. Separate measurement of dynamical and kinematical X-ray diffraction from silicon crystals with a triple crystal diffractometer // *Phys.StatusSolidi A*. – 1979. – Vol. 51. – № 2. – P. 533–542.
2. Iida A. Applications of X-ray triple-crystal diffractometry to studies on the diffusion-included defects in silicon crystals // *Phys.StatusSolidi A*. – 1979. – Vol. 54. – № 2. – P. 701–706.
3. Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Осинковский М.Е., Кочелаб В.В., Казимиров А.Ю., Ковальчук М.В., Чуховский Ф.Н. Применение в трехкристальной рентгеновской дифрактометрии динамической теории рассеяния кристаллами с однородно распределенными дефектами // *Металлофизика*. – 1984. – Т. 6. – № 3. – С. 7–15.
4. Кютт Р.Н., Ратников В.В. Наблюдение динамических эффектов в диффузном рассеянии при Лауэ-дифракции рентгеновских лучей // *Металлофизика*. – 1985. – Т. 7. – № 1. – С. 36–41.
5. Lomov A.A., Zaumseil P., Winter U. Characterization of Process-Induced Defects in Silicon with Triple-Crystal Diffractometry // *Acta Crystallogr. Sect. A*. – 1985. – Vol. 41. – № 3. – P. 223–227.
6. Молодкин В.Б., Шпак А.П., Ковальчук М.В., Мачулин В.Ф., Носик В.Л. Многопараметрическая кристаллография на основе многообразности картины многократного рассеяния брэгговских и диффузных волн (Метод стоячих диффузных волн) // *УФН (в друкі)*.
7. Олиховский С.И., Кисловский Е.М., Молодкин В.Б., Лень Е.Г., Владимирова Т.П., Решетник О.В. Дифференциальная рентгеновская дифракционная диагностика складной дефектной структуры в монокристаллах кремния // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. – 2000. – Т. 22. – № 6. – С. 3–19;
8. Кисловский Е.М., Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Лень Е.Г., Владимирова Т.П. // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. – 2000. – Т. 22. – № 7. – С. 21–30;
9. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Kislovskii E.N., Krivitsky V.P., Len' E.G., Pervak E.V., Ice G.E., Larson B.C. Double-crystal x-ray diffractometry of single crystals with microdefects // *J. Phys. D.: Appl. Phys.* – 2001. – Vol. 34. – P. A82–A86.
10. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Kislovskii E.N., Len E.G., Pervak E.V. Bragg diffraction of X-rays by single crystals with large microdefects. I. Generalized dynamical theory // *Phys.stat.sol.(b)*. – 2001. – Vol. 227. – № 2. – P. 429–447.
11. Olikhovskii S.I., Molodkin V.B., Kislovskii E.N., Len E.G., Pervak E.V. Bragg diffraction of X-rays by single crystals with large microdefects. II. Dynamical Diffuse Scattering Amplitude and Intensity Bragg Diffraction of X-Rays by Single Crystals with Large Microdefects // *Phys.stat.sol.(b)*. – 2002. – Vol. 231. – № 1. – P. 199–212.
12. Kislovskii E.N., Olikhovskii S.I., Molodkin V.B., Nemoshkalenko V.V., Krivitsky V.P., Len E.G., Pervak E.V., Ice G.E., Larson B.C. Bragg diffraction of X-rays by single crystals with large microdefects. III. High-Resolution Diffraction Measurements Bragg Diffraction of X-Rays by Single Crystals with Large Microdefects // *Phys.stat.sol.(b)*. – 2002. – Vol. 231. – № 1. – P. 213–221.
13. Molodkin V.B., Ando M., Kislovskii E.N., Olikhovskii S.I., Vladimirova T.P., Reshetnyk O.V., Len E.G., Evgrafova E.A., Pervak E.V. High-Resolution X-Ray Diffraction Investigations of Silicon Grown by the Float-Zone Method // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. – 2002. – Т. 24. – № 4. – С. 541–552.
14. Кисловский Е.М., Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Лень Е.Г., Владимирова Т.П., Решетник О.В., Дзюбенко М.И. // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2004. – Т. 26. – № 9. – С. 1241–1254.
15. Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Кисловский Е.М., Лень Е.Г., Владимирова Т.П., Скакунова О.С., Остафичук Б.К. // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. – 2005. – Т. 27. – № 5. – С. 653–674.
16. Molodkin V.B., Kovalchuk M.V., Shpak A.P., Olikhovskii S.I., Kislovskyy Ye.M., Nizkova A.I., Len E.G., Vladimirova T.P., Skakunova E.S., Molodkin V.V., Ice G.E., Barabash R.I.

and Karnaukhov I.M. Dynamical Bragg and Diffuse Scattering Effects and Implications for Diffractometry in the Twenty-First Century // In Book «Diffuse Scattering and the Fundamental Properties of Materials», MOMENTUM PRESS, LLC. – New Jersey. – 2009. – P. 391–434.

17. Немошкаленко В.В., Молодкин В.Б., Кисловский Е.М., Олиховский С.И., Остафичук Б.К., Шпак А.П., Лень Е.Г., Владимирова Т.П., Решетник О.В. Способ контроля структурной доскональности монокристаллов. Патент Украины № 44121А, Бюлетень № 1 вид 15.01.2002.

18. Немошкаленко В.В., Молодкин В.Б., Кисловский Е.Н., Грищенко Т.А., Когут М.Т., Ковальчук М.В. Дифференциально-интегральный метод определения параметров структурного совершенства монокристаллов в трехкристальной рентгеновской дифрактометрии // Металлофизика. – 1993. – Т. 15. – № 12. – С. 53–66.

19. Olikhovskii S.I., Nemoshkalenko V.V., Molodkin V.B., Kislovskii E.N., Reshetnyk O.V. Theoretical and experimental principles of the differential-integral triple-crystal X-ray diffractometry of imperfect single crystals Preprint UNSC ¹³. – 1998. – P. 1–23.

20. Olikhovskii S.I., Nemoshkalenko V.V., Molodkin V.B., Kislovskii E.N., Ice G.E., Larson B.C. Theoretical and experimental principles of the differential-integral triple-crystal X-ray diffractometry of imperfect single crystals // Металлофизика и новейшие технологии. – 1998. – Т. 20. – № 11. – P. 29–40.

21. Молодкин В.Б., Низкова А.И., Шпак А.П., Мачулин В.Ф., Кладько В.П., Прокопенко И.В., Кютт Р.Н., Кисловский Е.Н., Олиховский С.И., Первак Е.В., Фодчук И.М., Дышеков А.А., Хапачев Ю.П. Дифрактометрия наноразмерных дефектов и гетерослоев кристаллов // Академпериодика. – Киев, 2005.

22. Molodkin V.B., Pessa M., Pavelescu E.M., Fodchuk I.M., Kislovskii E.N., Olikhovskii S.I., Vladimirova T.P., Gimchynsky O.G., Kreutor O.O., Skakunova E.S. X-ray diffraction investigations of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{N}_y/\text{GaAs}$ multilayered structure // Металлофизика и Новейшие Технологии. – 2002. – Т. 24. – № 4. – P. 477–495.

23. Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Кисловский Е.М., Фодчук И.М., Скакунова О.С., Первак К.В. // Металлофизика и Новейшие Технологии. – 2005. – Т. 27. – № 2. – С. 197–216.

24. Molodkin V.B., Shpak A.P., Kovalchuk M.V., Nosik V.L., Machulin V.F. Diffuse-dynamic multiparameter diffractometry: a review // Crystallography reports – 2010. – Vol. 55. – №. 7. – P. 1122–1134.

25. Шпак А.П., Молодкин В.Б., Дмитриев С.В., Первак Е.В., Рудницкая И.И., Динаев Ю.А., Низкова А.И., Лень Е.Г., Белоцкая А.А., Гранкина А.И., Когут М.Т., Кононенко О.С., Катасонов А.А., Заболотный И.Н., Василик Я.В., Ниничук Л.И., Прокопенко И.В. Новые диагностические возможности деформационных зависимостей полной интегральной отражательной способности кристаллов с дефектами. Лауэ-дифракция в тонком кристалле // Металлофизика и Новейшие Технологии. – 2008. – Т. 30. – № 7. – С. 873–887.

26. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Карнаухов И.М., Молодкин В.В., Лень Е.Г., Низкова А.И., Олиховский С.И., Шелудченко Б.В., Айс Дж.Е., Барабаш Р.И. Уникальная информативность диффузной динамической комбинированной дифрактометрии материалов и изделий нанотехнологий // Успехи физики металлов. – 2008. – Т. 9. – С. 305–356.

27. Шпак А.П., Молодкин В.Б., Дмитриев С.В., Первак Е.В., Лень Е.Г., Белоцкая А.А., Василик Я.В., Гранкина А.И., Заболотный И.Н., Катасонов А.А., Когут М.Т., Кононенко О.С., Молодкин В.В., Низкова А.И., Ниничук Л.И., Прокопенко И.В., Рудницкая И.И. Повышение информативности диагностики дефектной структуры монокристаллов путем комбинирования деформационных зависимостей ПИОС в приближениях «тонкого» и «толстого» кристаллов // Металлофизика и новейшие технологии. – 2008. – Т. 30. – № 9. – С. 1189–1202.

28. Багов А.Н., Динаев Ю.А., Дышеков А.А., Оранова Т.И., Хапачев Ю.П., Кютт Р.Н., Лень Е.Г., Молодкин В.В., Низкова А.И., Шпак А.П., Елюхин В.А. Рентгенодифракционная диагностика упруго-напряженного состояния наногетероструктур / ред. Б.С. Карамурзова и Ю.П. Хапачева. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2008. – 206 с.

29. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Носик В.Л., Молодкин В.Б., Мачулин В.Ф., Карнаухов И.М., Молодкин В.В., Лень Е.Г., Айс Дж., Барабаш Р.И., Первак Е.В. Природа и принципы радикального повышения информативности диагностики наносистем при переходе от кинематической картины рассеяния Кривоглаза к динамической // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2009. – Т. 31. – № 5. – С. 615–632.
30. Шпак А.П., Молодкин В.Б., Ковальчук М.В., Носик В.Л., Низкова А.И., Мачулин В.Ф., Прокопенко И.В., Кисловский Е.Н., Кладько В.П., Дмитриев С.В., Первак Е.В., Лень Е.Г., Белоцкая А.А., Василик Я.В., Гранкина А.И., Заболотный И.Н., Катасонов А.А., Когут М.Т., Кононенко О.С., Мельник А.В., Молодкин В.В., Ниничук Л.И., Рудницкая И.И., Журавлев Б.Ф. Новые диагностические возможности деформационных зависимостей интегральной интенсивности рассеяния кристаллами с дефектами для Лауэ-дифракции в условиях нарушения закона Фриделя // *Металлофиз. новейшие технол.* – 2009. – Т. 31. – № 8. – С. 1041–1049.
31. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Молодкин В.Б., Носик В.Л., Дмитриев С.В., Лень Е.Г., Олиховский С.И., Низкова А.И., Молодкин В.В., Первак Е.В., Катасонов А.А., Ниничук Л.И., Мельник А.В. Интегральная многопараметрическая дифрактометрия наносистем на основе эффектов многократности диффузного рассеяния // *Успехи физики металлов*. – 2009. – Т. 10. – № 3. – С. 229–281.
32. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Молодкин В.Б., Низкова Г.И., Гинько И.В., Олиховский С.И., Кисловский Е.М., Лень Е.Г., Билоцка А.О., Первак К.В., Молодкин В.В. Патент Украины № 36075, Бюлетень № 19 вид 10.10.2008.
33. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Молодкин В.Б., Носик В.Л., Сторишко В.Ю., Булавин Л.А., Карнаухов И.М., Барабаш Р.И., Айс Дж.Е., Низкова Г.И., Гинько И.В., Олиховский С.И., Е.М. Кисловский, Татаренко В.А., Лень Е.Г., Билоцка А.О., Первак К.В., Молодкин В.В. Патент Украины № 89594, Бюлетень № 3 вид 10.02.2010.
34. Немошкаленко В.В., Молодкин В.Б., Низкова А.И., Олиховский С.И., Шпак А.П., Когут М.Т., Школьников О.Л. Новые принципы и возможности однокристалльной рентгеновской дифрактометрии монокристаллов методом полной интегральной интенсивности // *Металлофизика*. – 1992. – Т. 14. – № 8. – С. 79–86.
35. Nemoshkalenko V.V., Molodkin V.B., Kislovskii E.N., Kogut M.T., Nizkova A.I., Gavrilova E.N., Olikhovskii S.I. and Sul'zhenko O.V. Energy and azimuth dependences of the integrated reflection power of real single crystals in the case of X-ray bragg diffraction // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 1994. – Т. 16. – № 2. – С. 48–51.
36. Молодкин В.Б., Дмитриев С.В., Первак Е.В., Белоцкая А.А., Низкова А.И., Мельник А.В. Эффект асимметрии азимутальной зависимости интегральной интенсивности дифракции Брэгга в монокристаллах с дефектами // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. – 2006. – Т. 28. – № 8. – С. 1055–1076.
37. Шпак А.П., Молодкин В.Б., Ковальчук М.В., Носик В.Л., Низкова А.И., Мачулин В.Ф., Прокопенко И.В., Кисловский Е.Н., Кладько В.П., Дмитриев С.В., Первак Е.В., Лень Е.Г., Белоцкая А.А., Василик Я.В., Гранкина А.И., Заболотный И.Н., Катасонов А.А., Когут М.Т., Кононенко О.С., Мельник А.В., Молодкин В.В., Ниничук Л.И., Рудницкая И.И. Новые диагностические возможности деформационных зависимостей интегральной интенсивности рассеяния кристаллами с дефектами для Лауэ-дифракции в области К-края поглощения // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. – 2009. – Т. 31. – № 7. – С. 927–945.
38. Макаренко Л.И., Шпак А.П., Молодкин В.Б., Мачулин В.Ф., Низкова А.И., Первак Е.В., Дмитриев С.В., Рудницкая И.И., Василик Я.В., Лизунов В.В. Диффузно-динамическая комбинированная толщинно-деформационная интегральная лауэ-дифрактометрия в области К-края поглощения кристаллов с дефектами // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. – 2010. – Т. 32. – № 9. – С. 1235–1247.
39. Bar'yakhtar V.G., Molodkin V.B., Nemoskhalenko V.V., Shpak A.P. et al. Integral triple-crystal X-ray diffractometry // *Physics of Metals*. – 1994. – Vol. 13. – № 12. – P. 1165–1168.

40. Немошкаленко В.В., Молодкин В.Б., Кисловский Е.Н., Олиховский С.И., Грищенко Т.А., Когут М.Т., Первак Е.В. Интегральная трехкристальная рентгеновская дифрактометрия монокристаллов с микродефектами // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. – 2000. – Т. 22. – № 2. – С. 42–50.
41. Немошкаленко В.В., Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Кисловский Е.Н. и др. Энергодисперсионная дифрактометрия тонких несовершенных монокристаллов в условиях Лауэ-дифракции // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. – 2000. – Т. 22. – № 2. – С. 51–57.
42. Барьяхтар В.Г., Гуреев А.Н., Гуреев Н.А., Когут М.Т., Кривицкий В.П., Ковальчук М.В., Кисловский Е.Н., Литвинов Ю.М., Молодкин В.Б., Немошкаленко В.В., Низкова А.И., Олиховский С.И., Осинковский М.Е., Поленур А.В., Сторижко В.Е., Курбанов А.И. Способ контроля структурного совершенства монокристаллов А.с. 1702774 СССР, МКИ G 01N 23/20 О.И. – 1991. – № 48. – С. 249. ДСП.
43. Барьяхтар В.Г., Гуреев А.Н., Когут М.Т., Гуреев Н.А., Кривицкий В.П., Ковальчук М.В., Кисловский Е.Н., Литвинов Ю.М., Молодкин В.Б., Немошкаленко В.В., Низкова А.И., Олиховский С.И., Осинковский М.Е., Поленур А.В., Биндык Д.Н., Кшивецкий С.А., Остапчук А.И., Шпак А.П. Способ контроля структурного совершенства динамически рассеивающих монокристаллов А.с. 1800896 СССР, МКИ G 01N 23/20 О.И. – 1993. – № 3. – С. 203. ДСП.
44. Барьяхтар В.Г., Немошкаленко В.В., Молодкин В.Б., Шпак А.П., Кютт Р.М., Ковальчук М.В., Олиховский С.И., Низкова Г.И., Кисловский Е.М., Грищенко Т.А., Гинько И.В., Когут М.Т. Способ контроля структурной доскональности монокристаллов. Патент Украины № 14831А, МКИ⁶ G 01N 23/20. Бюлетень. – 1997. – № 2.
45. Барьяхтар В.Г., Немошкаленко В.В., Молодкин В.Б., Шпак А.П., Chikawa J., Kohra K., Кютт Р.М., Ковальчук М.В., Олиховский С.И., Низкова Г.И., Кисловский Е.М., Грищенко Т.А., Гинько И.В., Когут М.Т. Способ контроля структурной доскональности монокристаллов. Патент Украины № 17164А, МКИ⁶ G 01N 23/20. Бюлетень. – 1997. – № 3.
46. Немошкаленко В.В., Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Гуреев А.М., Низкова Г.И., Кисловский Е.М., Когут М.Т., Кривицкий В.П., Гаврилова О.М., Лось А.В. Патент Украины № 20094, МКИ G 01N 23/20. Бюлетень. – 1997. – № 6.
47. Боуэн Д.К., Таннер Б.К. Высокоразрешающая рентгеновская дифрактометрия и топография / ред. И.Л. Шульпина. – СПб.: Наука, 2002.
48. Афанасьев А.М., Александров П.А., Имамов Р.М. Рентгеновская диагностика субмикронных слоев. – М.: Наука, 1986.
49. Немошкаленко В.В., Молодкин В.Б., Кисловский Е.М., Олиховский С.И., Остафичук Б.К., Шпак А.П., Лень Е.Г., Владимирова Т.П., Решетник О.В. Способ контроля структурной доскональности монокристаллов. Патент Украины № 44121А 7 G01N23/20. Бюллетень. – 2002. – № 1.
50. Кривоглаз М.А. Дифракция рентгеновских лучей и нейтронов в неидеальных кристаллах – Киев: Наук. Думка, 1983. – 408 с.
51. Кривоглаз М.А. Диффузное рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов на флуктуационных неоднородностях в неидеальных кристаллах. – Киев: Наук. Думка, 1984, – 288 с.
52. Шпак А.П., Молодкин В.В. // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. – 2010. – Т. 32. – № 11. – С. 1435–1469.

НЕЙРОВЕГЕТАТИВНЫЕ РАССТРОЙСТВА У БОЛЬНЫХ С ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИСФОНИЕЙ ПО ГИПОТОНУСНОМУ ТИПУ И ИХ МЕДИКАМЕНТОЗНАЯ КОРРЕКЦИЯ

Т.И. Шустова, А.Ю. Юрков

ФГУ «Санкт-Петербургский НИИ уха горла носа и речи»
Министерства здравоохранения и социального развития РФ
(Директор – Засл. Врач РФ, проф. Ю.К. Янов)

В работе представлены данные, которые свидетельствуют о необходимости учитывать функциональную активность вегетативной нервной системы у больных с функциональной дисфонией по гипотонусному типу и дополнять лечение терапевтическими мероприятиями, направленными на коррекцию нейровегетативных расстройств.

Гипотонусная дисфония в структуре функциональных заболеваний гортани занимает особое место. По данным разных авторов удельный вес гипотонусных состояний голосового аппарата составляет от 13,7 % [8] до 70–80 % [21].

В настоящее время в качестве причин развития функциональной дисфонии по гипотонусному типу определены различные факторы: перенапряжение голосового аппарата, ранее перенесенные простудные заболевания, патология щитовидной железы и психотравмирующие ситуации [2, 3, 15]. Воздействие многочисленных предполагаемых этиологических факторов проявляется относительно однотипной несостоятельностью структур гортани при формировании звука, что ставит под сомнение значение каждого из них, как основного, в развитии патологического состояния голосового аппарата. Это обстоятельство позволяет рассматривать различные этиологические факторы как совокупность стрессоров, влияние которых требует активации защитных резервов организма [13]. Благодаря наличию нервных окончаний в слизистой оболочке и мышцах гортани, а также тесной функциональной и анатомической связи нервной системы со многими другими системами организма (иммунной, эндокринной, сердечно-сосудистой) [23, 26–30], осуществляется регуляция защитных и компенсаторно-приспособительных реакций, возникающих в структурных элементах голосовых складок в ответ на действие повреждающих факторов.

Установлено, что перерыв или повреждение чувствительных афферентных волокон вызывает комплекс тканевых изменений, характеризующихся появлением дедифференцированных клеток и признаками выраженного воспалительного процесса, не переходящего в репаративную стадию. Повреждения эфферентного вегетативного звена приводят к метаболическим сдвигам в тканевых элементах и появлению нейродистрофических гипер- или гипотрофических изменений, вплоть до атрофии [25]. Нейродистрофии слизистой оболочки глотки существенно изменяют качество жизни, вызывая необычные, часто болевые ощущения – парестезии и нередко представляют собой синдром патологической адаптации [14].

С точки зрения клиники приоритетной задачей является выявление механизмов нарушения защитных функций организма с целью выбора наиболее эффективных способов лечения и вторичной профилактики заболеваний, связанных с патологической адаптацией. Этим объясняется повышенный интерес к исследованиям ВНС при ЛОРпатологии, поскольку именно ЛОРорганы представляют собой периферические отделы тех функциональных систем, которые тесно связаны с внешней средой и первыми реагируют на любые ее изменения. Длительное время отсутствовали общепринятые критерии оценки вегетативных параметров, поэтому суть терминологических понятий, используемых при их описании была не всегда ясна. На современном этапе наиболее приемлемой считается терминология, сложив-

шаяся в результате исследований А.М. Вейна [9, 11, 12], и включающая такие понятия, как вегетативный тонус (ВТ), вегетативное обеспечение деятельности (ВОД) и вегетативная реактивность (ВР). При этом одним из правил исследования ВНС является учет закона исходного уровня. Этот закон был сформулирован Wiederg и поддержан Lacey [40]. Сущность его состоит в том, что чем выше исходный уровень, чем в более деятельном и напряженном состоянии находится система или орган, тем меньший ответ возможен при действии возмущающих стимулов. А.М. Вейн, независимо от указанных авторов, на основании собственных наблюдений определил исходный уровень как соотношение тонического (показатели фона) и фазического (колебания относительно фонового значения) компонентов вегетативных реакций. При этом если исходный уровень резко изменен, то возмущающий агент может вызывать «парадоксальную», или антагонистическую реакцию с противоположным знаком, т.е. величина реактивности, вероятно, связана с престоимым уровнем активности ВНС, обеспечивающим автоматизированную деятельность различных систем организма в условиях «относительного покоя» [10]. Согласно А.М. Вейну, исходный (престоимый) уровень активности ВНС – вегетативный тонус (ВТ) заключается в способности ВНС обеспечивать витальные функции. Способность ВНС обеспечивать соматические и/или психические функции представляет собой вегетативное обеспечение деятельности (ВОД).

В состоянии равновесия проявления активности ВНС амбивалентны. При дисбалансе преобладает либо трофотропное, либо эрготропное влияние. Избыточность или недостаточность ВОД обуславливает изменения функциональной деятельности различных тканей и органов. При этом адаптация организма к действию раздражающих факторов может проявляться в виде неадекватных патологических реакций, постепенно закрепляющихся на структурном уровне и формирующих материальную основу того или иного заболевания.

Вегетативная реактивность (ВР) – степень активности ВНС в зависимости от силы действия раздражителя – отражает ширину диапазона защитных, адаптивных и компенсаторно-приспособительных реакций, наличие резервов адаптации и компенсации.

Нормэргические вегетативные реакции характеризуются соответствием между силой действия раздражителя и интенсивностью ответа ВНС. При действии очень сильных раздражителей развиваются адекватные защитные и восстановительные реакции без перехода в патологию.

Гиперэргические вегетативные реакции возникают в сенсibilизированном организме, отличаются несоответствием между силой действия раздражителя и интенсивностью ответа ВНС. В регулируемых тканях преобладают катаболические процессы, адаптивные и компенсаторно-приспособительные реакции протекают бурно с использованием всех наличных ресурсов. В связи с этим быстро наступает истощение и переход к патологическим реакциям.

Гипоэргические вегетативные реакции отличаются вялым течением вне зависимости от силы действия раздражителя и направлены, в основном, на обеспечение витальных функций. Защитные, адаптивные и компенсаторно-приспособительные реакции, возникающие в ответ на действие возмущающих факторов, не активны, резервные возможности незначительны. В связи с этим ответные реакции могут протекать в извращенной форме и быстро переходят в патологические.

Кроме того, в функции ВНС входит координация деятельности ряда систем организма, использующих гуморальные каналы управления: иммунной, нейроэндокринной, эндокринной, сердечно-сосудистой, которые выступают в роли «регулируемых регуляторов». С их помощью ВНС расширяет спектр своего трофического действия и пролонгирует его [9].

Рефлекторная регуляция адекватного протекания метаболических процессов в тканях начинается с выделения медиаторов из нервных окончаний, поэтому невозможно решать проблему патогенеза функциональных и морфологических изменений отдельных органов без учета их связи с основной регулирующей системой – ВНС [1, 9].

Таким образом, вегетативный тонус, вегетативное обеспечение деятельности и вегетативная реактивность, помогают оценить влияние ВНС на развитие тех или иных физиологических и патологических процессов, протекающих в организме и вызывающих функциональную дисфонию по гипотонусному типу. Актуальность этой проблемы и частая встречаемость заболевания, ухудшающего качество жизни, послужили основанием для проведения настоящего исследования.

Показания и противопоказания к применению методов оценки функционального состояния ВНС и медикаментозной коррекции нейровегетативных дисфункций. Исследование функционального состояния вегетативной нервной системы позволяет оценить активность ВНС и ее влияние на течение и исход заболеваний, связанных с функциональной дисфонией по гипотонусному типу. Необходимо учитывать наличие нейровегетативных расстройств для выявления причины заболевания, а так же в ходе лечения, направленного на восстановление нарушенных функций. Вместе с тем не рекомендуется проводить исследования пациентам, находящимся под воздействием наркотических средств, транквилизаторов, нейролептиков. Если отмена указанных препаратов невозможна, то это следует учитывать при анализе результатов. Те же правила касаются исследований после рентгенотерапии, УВЧ-терапии, массажа и т. д. [12]. Вегетотропные и нейротропные лекарственные средства следует назначать после консультации невролога с учетом противопоказаний и возможных побочных действий для каждого препарата.

Материально-техническое обеспечение методов. Для исследования функционального состояния ВНС предлагается определять ВТ и ВОД, используя показатели артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС). ВР можно оценить, исходя из закона исходного уровня [40]. Измерения артериального давления и пульса рекомендуется проводить с помощью электронного полуавтоматического прибора для одновременного измерения артериального давления и пульса, например: модель DS-115, DS-126 или МТ-70. Можно использовать и другие аналогичные приборы, у которых время восстановления после предыдущих измерений не превышает 30 секунд. Если приборов с такими требованиями нет, то артериальное давление можно измерять с помощью обычных тонометров типа ММБ 60 и стетоскопа, а пульс – пальпаторно по общепринятым методикам. Удобно для измерения пульса использовать пульсометры типа: ОП-31А и др. Оценивать функциональное состояние ВНС можно с помощью прибора «ВНС-спектр» Российского производителя медицинского оборудования ООО «Нейрософт». С помощью этого прибора, в собственных исследованиях, определяли вегетативный тонус по вариабельности сердечного ритма, вегетативную реактивность и вегетативное обеспечение деятельности при проведении функциональных проб.

Описание методов определения ВТ, ВР и ВОД.

Определение ВТ на основе вычисления минутного объема крови. Для определения ВТ используется такой показатель, как минутный объем крови (МОК). МОК является расчетной величиной. Он определяется на основании измерений АД и ЧСС в состоянии относительного покоя. Эти величины служат исходными параметрами (фоном) для определения состояния ВНС по упрощенным схемам.

При исследовании МОК учитываются такие показатели, как Амплитуда АД = АДсист. – АДдиаст., АДср. = (АДсист. + АДдиаст.) / 2 и АДред. = Ампл. АД / АДср. * 100 %, где АДср. – среднее АД и АД ред. – редуцированное АД. МОК представляет собой АДред. умноженное на ЧСС (МОК = АДред. * ЧСС).

Трактовка результатов: у людей с нормальным ВТ МОК в среднем равен – $3273,05 \pm 966,51$ л., увеличенный минутный объем свидетельствует о повышенном симпатическом тонусе (симпатикотония), уменьшенный МО – о сниженном симпатическом тонусе (симпатикоастения) [9].

Определение ВТ на основе вычисления вегетативного индекса. Вегетативный индекс (ВИ) рассчитывают в ходе проведения ортоклиностатической пробы по формуле $VИ = (1 - АДдиаст.) * 100 / ЧСС$. Сначала измеряют ВИ в положении «лежа», затем в положении «стоя». Если при переходе в положение «стоя» ВИ меняется в пределах ± 10 у.е., то ВТ определяют как нормальный (эйтония); если ВИ меняется в пределах ± 20 у.е., то наблюдается симпатикотония (+) или симпатикоастения (-); если изменения $VИ > \pm 20$ у.е., то можно судить о гиперсимпатикотонии (++) или асимпатикотонии (--).

Определение ВР с использованием холодовой пробы и глазо-сердечного рефлекса. Холодовую пробу используют для определения вегетативной реактивности (ВР) по следующей схеме:

Измеряют АД и частоту пульса в состоянии покоя (фон). Затем обследуемый опускает кисть одной руки до запястья в холодную воду (температура $+4^{\circ}\text{C}$) и держит 1 мин, при этом регистрируются АД и ЧСС сразу после погружения, через 0,5 мин и в конце первой минуты. После того как рука вынута из воды, измерения проводят с интервалом в 1 мин до прихода к исходному уровню, так как после проведения холодовой пробы показатели АД и ЧСС должны нормализоваться.

Трактовка результатов: реактивность ВНС оценивают как нормальную (при повышении АД систолического на 20 мм рт.ст., диастолического – на 10–20 мм рт.ст. через 0,5 мин), повышенную (при повышении АД более чем на 20 мм рт.ст.) или сниженную (при незначительном подъеме АД). Кроме того, выделяют извращенную реакцию (снижение АД сист. и АД диаст.).

Глазо-сердечный рефлекс также позволяет оценить ВР. Схема проведения рефлекторного воздействия: измеряют исходную ЧСС, затем подушечками пальцев надавливают на оба глазных яблока до появления легкого болевого ощущения. Через 15–20 сек после начала давления определяют изменения ЧСС. Можно считать ЧСС с помощью пульсометров или пальпаторно, учитывая ЧСС в течение 10–15 сек в пересчете на 1 минуту. Полученные данные заносят в табл. 1.

Таблица 1

Возрастные параметры частоты сердечных сокращений
и артериального давления (И.А. Кассирский, 1970 г.)

Возраст (годы)	АД (мм рт.ст.)		Частота сердечных сокращений в 1 мин
	женщины	мужчины	
10–20	115/75	118/75	50–60
20–30	116/78	120/76	60–65
30–40	125/80	124/80	65–68
40–50	140/88	127/82	68–72
50–60	155/90	135/85	72–80
60–70	160/92	145/87	80–84
80–90	175/95	155/89	82–85

Трактовка результатов: при нормальной вегетативной реактивности через несколько секунд после начала давления на глазные яблоки частота пульса замедляется на 6–12 ударов в мин. Сильное замедление свидетельствует о гиперреактивности, слабое – о гипореактивности, отсутствие замедления – об извращенной ВР.

Определение вегетативного обеспечения деятельности. Для определения ВОД используют ортоклиностатическую пробу, с помощью которой по упрощенной схеме оценивают нейровегетативные сдвиги, обеспечивающие как переход из одного положения в другое, так и поддержание устойчивости нового положения.

Схема проведения пробы:

- измеряют АД и ЧСС в состоянии покоя;
- обследуемый спокойно поднимается в вертикальное положение, ЧСС и АД регистрируют сразу после вставания, а затем через минутные интервалы в течение 10 мин;
- обследуемый вновь ложится, АД и ЧСС регистрируют сразу после укладывания, а затем с минутными интервалами до тех пор, пока они не достигнут исходных значений.

Трактовка результатов:

- ВОД можно считать адекватным, если при вставании наблюдается кратковременный подъем АД сист. не более чем на 20 мм рт.ст., преходящее учащение пульса – не более чем на 30 ударов в мин; в вертикальном положении АД сист. может падать (на 15 мм рт.ст.), АД диаст. не изменяется или несколько поднимается, пульс увеличивается против исходного не

более чем на 40 ударов в мин; после возвращения в горизонтальное положение АД и частота пульса через 3 мин приходят к исходному уровню;

– ВОД можно считать избыточным, если при вставании происходит подъем АД сист. более чем на 20 мм рт.ст., либо подъем только АД диаст. при неизменном АД сист., увеличение частоты пульса более чем на 40 уд. в мин., ощущение прилива крови к голове и потемнение в глазах; при укладывании – длительное невозвращение показателей к исходному уровню;

– ВОД можно отнести к недостаточным, если наблюдается преходящее падение АД сист. более чем на 20 мм рт.ст. непосредственно после вставания, покачивание и ощущение слабости в вертикальном положении.

Исследования проводятся в одинаковых условиях (в условиях медицинского кабинета), в одно и тоже время (лучше утром), натощак или спустя 2 часа после еды. Во время исследования следует устранять все помехи, приводящие к психологическому возбуждению. За три дня до исследования следует соблюдать диету, бедную белком.

После 15-инутного отдыха в положении «лежа» измеряют АД и ЧСС, показатели которых служат фоном для функциональных проб и параметрами для определения минутного объема крови.

При исследовании вегетативных параметров обязательно нужно учитывать возрастные изменения ЧСС и АД (табл. 1).

Исследование функционального состояния ВНС с помощью прибора «ВНС-спектр».

С помощью прибора «ВНС-спектр» (патент РФ на изобретение № 2195163) определяли вегетативный тонус по вариабельности сердечного ритма, вегетативную реактивность и вегетативное обеспечение деятельности при проведении функциональных проб. Запись ЭКГ производится в положении лежа на спине и стоя, при спокойном дыхании. Исследование у женщин осуществляется в межменструальный период. Необходимо устранить все помехи, приводящие к эмоциональному возбуждению, не разговаривать с посторонними и с самим обследуемым, исключить телефонные звонки и появление в кабинете других лиц. Пациент должен дышать, не делая глубоких вдохов, не кашлять, не сглатывать слюну. Electroды на конечности накладываются во II отведении по общепринятой методике. Используемая компьютерная программа «ВНС-спектр» позволяет автоматически получить заключение о функциональном состоянии ВНС [24].

Методика коррекции нейровегетативных расстройств. При выборе тактики лечения необходимо учитывать наличие и степень выраженности нарушений адаптационно-трофической функции нервной системы. Вегетативные расстройства могут быть следствием различных этиологических и нозологических причин. К ним относятся: наследственно-конституциональные факторы, психофизиологические расстройства, гормональные перестройки, соматические болезни, органические заболевания нервной системы, профессиональные и внешнесредовые токсические факторы, невротические расстройства, психические заболевания [9].

Каких либо специфических принципов симптоматической терапии вегетативных расстройств не существует. Они входят в комплексное патогенетическое лечение и оказывают воздействие на те или иные вегетативные симптомы [4, 10, 30]. Патогенетическое лечение обычно включает применение транквилизаторов (грандаксин, мезапам, седуксен и др.), антидепрессантов, которые оказывают стимулирующее влияние на активирующие системы ретикулярной формации ствола мозга (имипралин, пиразидол) и вегетотропных средств (в – адреноблокаторы: анаприлин, обзидан, кордарон и др., н-холиномиметики: пахикарпин, гексоний и др.).

Лекарственные средства распределены на группы по степени влияния на различные отделы нервной системы. Преимущественно центральное действие имеют ноотропы (холина альфосцерат, экстракт Гинкго Билоба, ГАМК, фенибут, никотиноил-гамма-амино-масляная к-та, глицин), транквилизаторы (сибазон (диазепам), амизил, грандаксин), нейролептики (аминазин), антидепрессанты, препараты, действующие на центральные α -адренорецепторы (имизин, пиразидол), центральные холинолитики (бипериден, диэтазин, тригексифенидил, бенактизин, апрофен).

Антихолинэстеразные препараты (галантамин, физостигмин, Прозерин, убретид), α – и β – адреномиметики (мезатон), α – и β – адреноблокаторы (карведилол, проксодолол), симпатолитики (октадин), м- и н – холинолитики (атропин, белладонна), а также ганглиоблокирующие препараты действуют на периферические отделы нервной системы (бензогексоний, пахикарпин).

Медикаментозные препараты центрального и периферического действия оказывают влияние как на способность вегетативной нервной системы обеспечивать соматические и/или психические функции в целом, так и на ширину диапазона адаптивных, компенсаторно-приспособительных и защитных реакций организма за счет изменения количества нейромедиаторов, выделяющихся из нервных окончаний в области пресимпатических мембран, и регуляции «обратного» захвата нейромедиатора из синаптической щели, а также за счет снижения или увеличения активности холино- и адренорецепторов на постсинаптических мембранах.

В собственных исследованиях были использованы препараты преимущественно центрального действия из группы ноотропов, транквилизаторов и аминокислот.

На основании полученных данных разработана следующая схема лечения пациентов с функциональной дисфонией по гипотонусному типу, у которых наблюдалась вегетативная дисфункция: пациентам с **недостаточным** вегетативным обеспечением деятельности надо назначать глутаминовую кислоту по 1 г (2 таблетки) 2 раза в день в течение 4-х недель за 15–30 минут до еды. Глутаминовая кислота относится к группе аминокислот, которая предположительно играет роль нейромедиатора, стимулирующего передачу возбуждения в синапсах центральной нервной системы. Этот препарат способствует также синтезу ацетилхолина и аденозинтрифосфорной кислоты, переносу ионов кальция. Как часть белкового компонента миофибрилл она играет важную роль в деятельности скелетной мускулатуры. Глутаминовая кислота назначается пациентам, у которых отсутствуют лихорадочные состояния, заболевания печени, почек и желудочно-кишечного тракта, повышенная возбудимость и неврозы. Пациентам с неврозами и психопатическими состояниями необходимо принимать фенибут по 1 таблетке (0,25 г) 3 раза в день до еды 3 недели. Фенибут относится к ноотропным препаратам. Он оказывает транквилизирующее действие, уменьшает напряженность, тревогу, страх. Параллельно всем пациентам следует проводить десенсибилизирующее и общеукрепляющее лечение: кальция глюконат 10 % по 5 мл в/в через день (8 инъекций), настойка лимонника (элеутерококк или жень-шень) по 10 капель 1 раз в сутки (14 дней), антигистаминные препараты (кестин, кларотадин, зиртек и др.) по 1 таблетке 1 раз в сутки (8–10 дней). При **избыточном** вегетативном обеспечении деятельности рекомендуется использовать феназепам, который является высокоактивным транквилизатором. Этот препарат применяют также при различных невротических, неврозоподобных и психоподобных состояниях, часто отмечающихся у пациентов с функциональной дисфонией по гипотонусному типу. Для коррекции нейровегетативных расстройств феназепам назначают по 1 таблетке (0,5 мг) 2 раза в день в течение 2-х недель.

Эффективность использования методов. Медикаментозную коррекцию нейровегетативных расстройств у больных с функциональной дисфонией по гипотонусному типу проводили после обследования 65 пациентов (46 женщин и 19 мужчин) в возрасте от 20 до 74 лет, находившихся на лечении в фониатрическом отделении НИИ ЛОР. Обследование включало анамнестический анализ, объективное исследование ЛОР-органов по общепринятым методикам, видеостробоскопию гортани, определение функционального состояния ВНС и цитологическое исследование мазков-перепечатков со слизистой оболочки гортани.

Всем пациентам проводилось традиционное лечение: вливание в гортань растительного масла с адреналином и курс фонопедических упражнений. При этом у 45 больных тонус голосовых складок нормализовался, а сами пациенты отмечали «улучшение» голоса и снижение утомляемости при голосовых нагрузках.

Среди больных, для которых лечение оказалось малоэффективным, вегетативная дисфункция наблюдалась у 20 человек: недостаточное ВОД – у 18 пациентов, избыточное – у двух. Таким пациентам проводили лечение нейровегетативных расстройств с помощью медикаментозного воздействия.

В результате лечения, по описанной выше схеме, у 12 больных вегетативные параметры нормализовались, а у 8-х произошло повышение вегетативной реактивности и смена недостаточного ВОД на избыточное.

После проведенного медикаментозного лечения, направленного на коррекцию функционального состояния ВНС, эти больные так же отмечали «улучшение» голоса, при этом чувство щекотания, першения, царапания, жжения, ощущения сухости в глотке значительно уменьшилось или исчезло полностью. Тонус голосовых складок нормализовался у 12 пациентов, а у 8 фонационная щель значительно уменьшилась (рисунок).

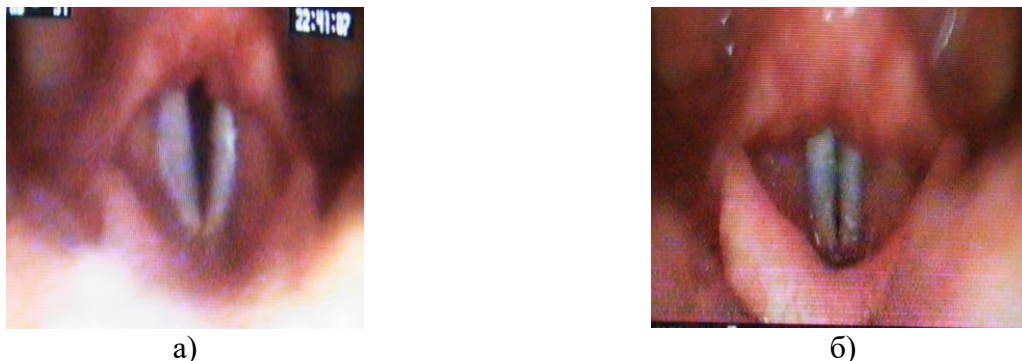


Рисунок. Видеоэндоскопическая картина гортани у б-й А., 38 лет, и.б. № 9816/62.
а) до лечения; б) после лечения

В целом проведенное исследование дает основание полагать, что одной из эндогенных причин гипотонуса голосовых складок является нарушение адаптационно-трофической функции ВНС. Патологический процесс в таких случаях может развиваться по следующей схеме: дисфункция ВНС – неадекватная деятельность иннервационных механизмов эфферентного звена регуляции функций и трофического состояния тканей голосовой складки – тканевые изменения в виде дистрофии структурных элементов голосовой складки – нарушение голосообразующей функции гортани. Это обстоятельство необходимо учитывать при назначении лечебных мероприятий больным с «функциональной дисфонией по гипотонусному типу», которые нуждаются в пристальном внимании со стороны клиницистов, так как гипотонус мышц гортани является признаком неблагополучия не только в области верхних дыхательных путей, но и в определенных звеньях нервных рефлекторных дуг.

Литература

1. Ажипа А.Я. Трофическая функция нервной системы / А.Я. Ажипа. – М.: Наука, 1990. – 673 с.
2. Алекперов Ф.М. Стойкая гипотонусная дисфония (диагностика, клиника и лечение): Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1993. – 23 с.
3. Алиматов Л.А., Загидулина Р.А., Рауков М.П. Узелки голосовых складок и функциональные дисфонии // Казан. мед. журн. – 1995. – № 1. – С. 44–45.
4. Аничков С.В. Нейрофармакология: руководство. – Л.: Медицина, 1982. – 384 с.
5. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 221 с.
6. Белова Т.И., Голубева Е.Л., Пальцев М.И. Синее пятно, морфофункциональная характеристика // Успехи физиол. наук. – 1978. – Т. 9. – № 4. – С. 25–44.
7. Буданцев А.Ю. Моноаминэргические системы мозга. – М.: Наука, 1976. – 193 с.
8. Василенко Ю.С., Каждаев О.М. О профессиональных заболеваниях гортани у вокалистов // Вестн. оторинолар. – 1982. – № 5. – С. 60–64.
9. Вегетативные расстройства: клиника, лечение, диагностика / под ред. А.М. Вейна. – М.: Мед. информ. агентство, 2000. – 752 с.

10. Вейн А.М., Соловьева А.Д. Лимбико-ретикулярный комплекс и вегетативная регуляция. – М.: Наука, 1973. – 268 с.
11. Вейн А.М., Соловьева А.Д. Патологические вегетативные синдромы (клинико-физиологическая характеристика) // Физиология вегетативной нервной системы / ред. Н.П. Бехтерева и др. – Л.: Наука, 1991. – С. 668–698.
12. Вейн А.М., Соловьева А.Д., Колосова О.А. Вегетососудистая дистония. – М.: Медицина, 1981. – С. 35–47.
13. Габдуллин Н.Т. Некоторые подходы к проблемам этиологии, патогенеза заболеваний гортани // Вопросы практической фониатрии: Материалы Международного симпозиума Моск. НИИ уха, горла и носа. – М., 1997. – С. 49–51.
14. Гаджимирзаев Г.А., Джамалутдинов Ю.А. Клиника, диагностика и лечение парестезий глотки // Журн. ушн., нос. и горл. бол. – 1985. – № 4. – С. 10–13.
15. Герасимова И.Ю. Опыт лечения функциональных нарушений голоса с учетом спектрального анализа вариабельности ритма сердца // Материалы XVII съезда оторинолар. России. – СПб., 2006. – 169 с.
16. Грачева М.С. Морфология и функциональное значение нервного аппарата гортани. – М.: Медгиз, 1956. – 163 с.
17. Грачева М.С. Симпатическая иннервация гортани // Вестн. оторинолар. – 1951. – № 3. – С. 37–41.
18. Гуллыева А.М. Макромикроскопическая анатомия и миелоархитектоника нервов мышц гортани: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Симферополь, 1990. – 24 с.
19. Елин М.Х., Гаршин М.И. О парестезиях глотки // Вестн. оторинолар. – 1960. – № 2. – С. 29–31.
20. Крыжановский Г.Н. Патологическая физиология нервной системы // Патологическая физиология / ред. А.Д. Адо, В.В. Новицкий. – Томск, 1994. – С. 414–450.
21. Крылов Б.С., Фельбербаум Р.А., Акимов Г.М. Физиология нервно-мышечного аппарата гортани. – Л.: Наука, 1984. – 216 с.
22. Лазарев В.Н., Суздальцев А.Е. Состояние вегетативной нервной системы при хронических воспалительных заболеваниях ЛОР-органов у детей // Вестн. оторинолар. – 1994. – № 1. – С. 27–30.
23. Марченко В.Н., Лотоцкий А.Ю., Ловицкий С.В. Участие нервной системы в формировании воспаления бронхов и легких // Механизмы воспаления бронхов и легких и противовоспалительная терапия / ред. Г.Б. Федосеев. – СПб.: Нордмед-Издат, 1998. – С. 410–428.
24. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. – 2-е изд., перераб. и доп. – Иваново: Иван. гос. академия, 2002. – 290 с.
25. Никифоров А.Ф. Афферентный нейрон и нейродистрофический процесс. – М.: Медицина, 1973. – 191 с.
26. Орбели Л.А. Обзор учения о симпатической иннервации скелетных мышц, органов чувств и центральной нервной системы // Физиол. журн. – 1932. – № 15. – С. 1–21.
27. Павлов И.П. Двадцатилетний опыт изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных // Полн. собр. соч. – Т. 3. – Кн. 2. – М.–Л., 1951. – 391 с.
28. Плечкова Е.К. Реакция нервной системы организма на хроническое повреждение периферического нерва / Е.К. Плечкова. – М.: Медгиз, 1961. – 258с.
29. Саркисов Д.С. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций // Руководство АМН СССР – М.: Медицина, 1987. – 448 с.
30. Сперанский А.Д. Избранные труды. – М., 1955. – 374 с.
31. Харитонова Е.А. Оценка адаптационных процессов и их коррекция при острых гайморитах и гайморозтмоидитах у детей // Росс. оторинолар. – 2004. – № 2(9). – С. 107–110.
32. Хилов К.Л. О роли симпатической нервной системы в функции и патологии ЛОР-органов // Сборник трудов Ленингр. НИИ по бол. уха, горла, носа и речи. – Л.: Медгиз, 1944. – Т. 7. – С. 101–110.
33. Хэм А., Кормак Д. Гистология. – М.: Мир, 1983. – Т. 4. – С. 119.

34. Швалев Н.В. Роль вегетативной иннервации в заживлении поврежденных тканей гортани и формировании ее рубцового стеноза: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 1997. – 24 с.
35. Юрков А.Ю., Шустова Т.И., Пуговкин А.П. Характеристика адренергической иннервации соматических мышц // *Морфология*. – 2004. – Т. 125. – № 1. – С. 33–36.
36. Bain W.H., Harrington J.W., Thomas L.S. Head and neck manifestations of gastroesophageal reflex // *Laryngoscope* – 1983 – Vol. 93. – № 2 – P. 175–179.
37. Borde. Societe' d'otorhinolaryngologie de Bordeaux et du Sud Ouest // *Rev. Laryngol.* – 1956. – № 9–10. – P. 93–99.
38. Bouche J., Freche C., Pfauwadel M. Classification etio-pathogenique des pharyngites chroniques // *Ann. Oto-laryngol. (Paris)*. – 1977. – Vol. 94. – № 3. – P. 121–125.
39. Hauser-Kronberger C., Hacker G.W., Albegger K. Die Autonome und peptiderge Innervation des menschlichen Kehlkopfes // *HNO*. – 1994. – Bd. 42. – № 2. – S. 89–98.
40. Lacey J.I. The Evaluation of autonomic responses: toward a general solution // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* – 1956. – Vol. 67. – № 5. – P. 123–164.
41. Nunez-Abades P.A., Pasaro K., Biandi A.L. Study of the topographical distribution of different populations of motoneurons within rat's nucleus ambiguus, by means of four different fluorochromes // *Neurosc. Lett.* – 1992. – Vol. 135. – № 1. – P. 103–107.
42. Saffouri M.H., Ward P.H. Surgical correction of dysphages due to cervical osteophytes // *Ann. Otol. (St. Louis)*. – 1974. – Vol. 83. – № 1. – P. 65–70.
43. Sanders I., Wu B.L., Mu L. The innervation of the human larynx // *Arch. Otolaryng. – Head Neck Surg.* – 1993. – Vol. 119. – № 9. – P. 934–939.
44. Sunder-Plassman P. Uber den Nervenapparat des Muscles Vocalis // *Zschr. HNO*. – 1933. – Bd. 32. – S. 324–393.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>М.В. Ломоносов</i> 300-летие первого русского поэта, историка и ученого-естествоиспытателя	3
<i>М.В. Ковальчук</i> Окно в Европу	6
<i>А.М. Абрамов</i> Что такое Колмогоровский проект и как за него бороться?	11
<i>О.Г. Аишотов, И.Б. Аишотова, Л.Н. Здравомыслова</i> Российские особенности высшего образования в Болонском измерении	21
<i>В.И. Арнольд</i> Сложность конечных последовательностей нулей и единиц и геометрия конечных функциональных пространств	25
<u>А.П. Шпак</u> , <i>М.В. Ковальчук, В.Б. Молодкин, П.К. Кашикаров, В.А. Бушуев, Ю.П. Хапачев, А.А. Дышеков, А.С. Ташилов, С.В. Лизунова, В.В. Лизунов, А.И. Низкова, Р.Н. Кютт, В.Л. Носик, Е.Г. Лень, В.В. Молодкин, И.М. Карнаухов</i> Физические основы нового поколения диагностики – многопараметрической кристаллографии дефектов в материалах и изделиях нанотехнологий, в частности, в кристаллах кремния	45
<i>Т.И. Шустова, А.Ю. Юрков</i> Нейровегетативные расстройства у больных с функциональной дисфонией по гипотонусному типу и их медикаментозная коррекция	72

CONTENTS

<i>M.V. Lomonosov</i> 300th anniversary of the first Russian poet, historian and natural scientist	3
<i>M.V. Kovalchuk</i> Window to Europe	6
<i>A.M. Abramov</i> What is the Kolmogorov project and how to fight for it?	11
<i>O.G. Ashkhotov, I.B. Ashkhotova, L.N. Zdravomyslova</i> Russian peculiarities of higher education in the Bologna dimension	21
<i>V.I. Arnold</i> Complexity of finite sequences of zero and unities and geometry of finite functional spaces	25
<u>A.P. Shpak</u> , <i>M.V. Kovalchuk, V.B. Molodkin, P.K. Kashkarov,</i> <i>V.A. Bushuev, Yu.P. Khapachev, A.A. Dyshekov, A.S. Tashilov,</i> <i>S.V. Lizunova, V.V. Lizunov, A.I. Nizkova, R.N. Kuytt,</i> <i>V.L. Nosik, E.G. Len', V.V. Molodkin, I.M. Karnauhov</i> Physical basis of a new generation of diagnostics – multiparameter crystallography of defects in materials and products of nanotechnology particularly in silicon crystals	45
<i>T.I. Shustova, A.Y. Yurkov</i> Medicamentous correction neurovegetative disorders in patients with functional hypotonic dysphonia	72

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция просит авторов руководствоваться изложенными ниже правилами

1. Статья, предоставленная для публикации, должна иметь направление экспертное заключение от учреждения, в котором выполнена работа.

2. Рукопись должна быть отпечатана на компьютере или машинке (размер шрифта – 12 кегль) через два машинописных интервала (полуторный межстрочный интервал в редакторе Word), на белой бумаге формата А4 (297х210 мм) с одной стороны листа, левое поле – 25 мм. Все листы в статье должны быть пронумерованы.

3. Статья должна быть подписана авторами и представлена в двух экземплярах.

4. Рисунки, таблицы и фотографии в текст рукописи не размещаются, а прилагаются на отдельных листах в конце статьи.

5. Начало статьи оформляется по образцу: индекс статьи по универсальной десятичной классификации (УДК), название, авторы, полное название учреждений, в которых выполнялось исследование, краткая аннотация (объем – не более половины страницы), текст статьи. Далее на отдельных листах:

- список литературы,
- таблицы,
- рисунки,
- подписи к рисункам,
- на английском языке: название, авторы, полное название учреждений, в которых выполнялось исследование, краткая аннотация,
- адреса для переписки, телефоны, fax, e-mail.

6. В статье должны использоваться единицы и обозначения в международной системе единиц СИ и относительные атомные массы элементов по шкале ^{12}C . В расчетных работах необходимо указывать авторов используемых программ. При названии различных соединений необходимо использовать терминологию ИЮПАК.

7. Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общеупотребительных.

8. При упоминании в тексте иностранных фамилий в скобках необходимо давать их оригинальное написание, за исключением общеизвестных, а также в случае, если на эти фамилии даются ссылки в списке литературы.

9. При упоминании иностранных учебных заведений, фирм, фирменных продуктов и т.д. в скобках должны быть даны их названия в оригинальном написании.

10. Оформление формул должно соответствовать следующим требованиям.

- a. Все формулы и буквенные обозначения должны быть напечатаны на компьютере, или впечатаны на машинке с латинским шрифтом, или вписаны от руки черными чернилами, с четкой разметкой всех особенностей текста (индексов, полужирного и курсивного начертаний и т.д.).
- b. При разметке формул необходимо прописные и строчные буквы всех алфавитов, имеющих одинаковое начертание (P, S) подчеркивать простым карандашом: большие – двумя чертами снизу, маленькие – двумя чертами сверху.
- c. Показатели степени и индексы выделять простым карандашом дугой: верхние – снизу, нижние – сверху.
- d. Для полужирных символов (векторов) использовать подчеркивание синим карандашом.

11. Таблицы нумеруются по порядку упоминания их в тексте арабскими цифрами. После номера должно следовать название таблицы. Все графы в таблицах и сами таблицы должны иметь заголовки.

12. Рисунки предоставляются размером не менее 5х6 см и не более 17х24 см, с указанием низа и верха. Рисунки должны быть выполнены на белой бумаге черной тушью или распечатаны на лазерном или струйном принтере качеством не менее 300 dpi. Использовать другие цвета кроме черного не допускается.

13. Фотографии предоставляются на не тисненной глянцевой бумаге размером не более 9х12 см.

14. На обратной стороне рисунков и фотографий указывают фамилию первого автора, порядковый номер, верх, низ.

15. В тексте необходимо дать ссылки на все приводимые рисунки и таблицы, на полях рукописи слева должно быть отмечено, где приводимый рисунок или таблица встречаются впервые.

Требования к рукописям, предоставляемым в электронном виде

1. В целях сокращения сроков подготовки материалов к публикации желательно предоставление материалов в электронном виде. Электронная версия материалов сдается в дополнение к бумажной и должна быть максимально ей идентична.

2. Электронная версия предоставляется электронной почтой (avse@kbsu.ru), или на 3,5» дискетах, форматированных для IBM PC, либо на CD- или DVD-дисках. На диске должны быть обозначены имена файлов, название статьи и фамилия и инициалы автора(ов).

3. Основной текст статьи и таблицы предоставляются в формате MS Word for Windows (версии 6.0 и старше). Шрифт – Times New Roman, 12 кегль. Строки в пределах абзаца не должны разделяться тем же символом, что и абзацы.

4. Формулы, если это необходимо, должны быть набраны в формате MS Equation. Как в тексте, так и в MS Equation следует соблюдать следующие стили и размеры:

- a. Стил: текст, функция, числа – Times New Roman Обычный, переменная – Times New Roman Наклонный (Курсив), матрица-вектор Times New Roman Полужирный, греческие и символы – Symbol Обычный.
- b. Размер: обычный, мелкий символ – 12 пт, крупный индекс – 8 пт, мелкий индекс – 6 пт, крупный символ – 18 пт.
- c. Формат–интервал: высота/глубина индексов – 30 %, все остальное – по умолчанию.
- d. В числах следует использовать десятичную запятую, а не точку.

5. Штриховые и полутоновые иллюстрации должны быть представлены в форматах TIFF, JPEG, GIF с разрешением не менее 300 dpi. Цветовая палитра: grayscale. Каждый графический файл должен содержать один рисунок.

6. Допускается сжатие графических файлов архиваторами WinRAR или WinZIP. Каждый файл должен быть помещен в отдельный архив.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

В печать 11.07.2011. Формат 60х84 ¹/₈.
Печать трафаретная. Бумага газетная. 10.23 усл.п.л. 10.0 уч.-изд.л
Тираж 1001 экз. Заказ № _____.
Кабардино-Балкарский государственный университет.
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.

Полиграфический участок ИПЦ КБГУ.
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.