

# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

## *Учредитель*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарский  
государственный университет им. Х.М. Бербекова»  
36000, г. 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.)*

**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, ректор Независимого московского университета
- 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, Мэрилендский университет, Национальный институт стандартов и технологий. США
- 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, С.-Пб. НИИ уха, горла, носа и речи, г. Санкт-Петербург
- Шхануков М.Х. – доктор физ.-мат. наук, профессор, КБГУ, г. Нальчик

## О «БЕДНЫХ САТРАПАХ» ЗАМОЛВИТЕ СЛОВО

**Пушкин наше все,  
но истина дороже**

«Толпою тесною художник поместил  
Сюда начальников народных наших сил,  
Покрытых славою чудесного похода  
И вечной памятью двенадцатого года»

**«Полководец». А.С. Пушкин**

**Аракчеев А.А.**

*Всей России притеснитель,  
Губернаторов мучитель  
И Совета он учитель,  
А царю он – друг и брат.  
Полон злобы, полон мести,  
Без ума, без чувств, без чести,  
Кто ж он? Преданный без лести,  
<.....> грошевой солдат*

*А.С. Пушкин*



**А.А. Аракчеев**  
Художник Дж. Доу. 1823 г.

Однако у более зрелого Пушкина отставленный Аракчеев вызывал симпатию. Отзываясь на кончину Аракчеева, Пушкин писал жене: «Об этом во всей России жалею я один – не удалось мне с ним свидеться и наговориться».

Аракчеев Алексей Андреевич (1769–1834) – граф, генерал от артиллерии, выходец из дворян Тульской губернии. Сын отставного офицера. Был одним из приближенных к императору Павлу людей, затем советник **Александра I**. В 1787 г. закончил Артиллерийский и инженерный кадетский корпус с чином подпоручика.

Начальник артиллерийского инженерного шляхетского корпуса П.И. Мелиссино в 1792 г. отправил Аракчеева как способного артиллериста к вел. князю Павлу Петровичу.

С 1790 г. старший адъютант инспектора всей артиллерии. 1792 г. – капитан в гатчинской артиллерийской команде великого князя Павла. 1795 г. – майор, комендант и инспектор пехоты в гатчинской полку. С воцарением **Павла I** в 1796 г. был произведён в полковники и через пять месяцев в генерал-майоры, награждён орденом Святой Анны и назначен генерал-губернатором Петербурга. В 1797 г. барон, в 1798 г. – граф, генерал-лейтенант и инспектор всей артиллерии. **Павел I** пожаловал Аракчееву графский титул и сам вписал девиз в его герб: «Без лести предан». На этом посту провёл большую работу по укреплению дисциплины, улучшению снабжения и модернизации артиллерии. В 1805 г. при Аустерлице Аракчееву, находившемуся в императорской свите, было предложено командование одной из колонн, но он отказался. Большинство современников и историков объясняют это патологической трусостью Аракчеева. Есть и другое объяснение: при Аустерлице Аракчеев видел такой

беспорядок, что никаким личным участием ничего изменить не мог; если бы ему приказали, он бы выполнил долг, но раз спросили его мнение, то он был искренен.

1807 г. – генерал от артиллерии. С 1808 г. военный министр и генерал-инспектор пехоты и артиллерии. С 1810 г. председатель военного департамента Государственного Совета. Во время кампании 1812 г. находился в свите императора в качестве начальника управления военных поселений, был личным докладчиком Александра I по делам ополчений. После оставления армии царём – дежурный генерал при императоре. Входил в Чрезвычайный комитет, избравший Кутузова главнокомандующим. В 1806–1810 гг. Аракчеев как военный министр много сделал в комплектовании и обучении строевого состава, введении технических новинок в артиллерию. Он писал статьи по вопросам технологии изготовления пороха, селитры и выполнения боевых стрельб, принял участие в создании «Артиллерийского журнала». Деятельность Аракчеева по совершенствованию русской артиллерии сыграла свою роль в успешном исходе Отечественной войны 1812 и заграничных походов. Аракчеев участвовал в русско-шведской войне (1808–1809), выезжал в Финляндию и лишь благодаря его настойчивости русские войска перешли лед Ботнического залива, чем благополучно решили исход всей кампании. Будучи влиятельнейшим вельможею, приближенным государя имея орден Александра Невского, **отказался** от пожалованных ему других орденов: в 1807 г. от **ордена св. Владимира** и в 1808 г. – от **орд. св. апостола Андрея Первозванного** и только оставил себе на память рескрипт на орден Андрея Первозванного. Удостоившись пожалования портрета государя, украшенного бриллиантами, гр. Алексей Андреевич бриллианты возвратил, а самый портрет оставил (**таково уж было его понятие о чести**). В 1810 г. Аракчеев в знак протеста против поведения Императора, который скрыл от него подготовку «Учреждения Государственного Совета», покинул пост военного министра. По его рекомендации на пост военного министра был назначен М. Б. Барклай де Толли. Вскоре, по категорическому настоянию Александра I, Аракчеев возглавил департамент военных дел в Государственном Совете. 14 июня 1812 г. он был вновь призван к управлению военными делами. В дальнейшем Аракчеев не без основания отмечал: «Вся французская война шла через мои руки, все тайные донесения и собственноручные повеления императора». Он «исполнял должность почти единственного секретаря Государя во время Отечественной войны» и был единственным докладчиком у Александра I практически по всем вопросам: военным, дипломатическим, управлению, снабжению армии и т.п., ведя грандиозную работу, без которой невозможно было вести военные действия против Наполеона. Такова же была его роль и в кампании 1813–1814 гг. **Летом 1814 г. император хотел наградить Аракчеева званием фельдмаршала за успехи в организации русской армии, однако тот категорически оказался (так как не принимал непосредственного участия в боевых действиях)**. Таким образом, Аракчеев был одной из ключевых фигур Отечественной войны, достойной стоять в одном ряду с Александром I, М.И. Кутузовым, М.Б. Барклаем де Толли, Ф.В. Ростопчиным, А.С. Шишковым.

Гр. Аракчеев был среднего роста, сухощав, имел вид суровый, глаза огненного блеска. С детства угрюмый и необщительный, А. оставался таким и в продолжении всей жизни. При недюжинном уме и бескорыстии он умел помнить и добро, когда либо кем ему сделанное. Кроме угождения воле монаршей и исполнения требований службы, он ничем не стеснялся. Суровость его нередко вырождалась в жестокость, и время его почти безграничного владычества – (последние годы первой четверти нашего века) было своего рода террором, так как все трепетали перед ним. Д.В. Давыдов приводит в своих «Записках» слова А.А. Аракчеева, сказанные им генералу А.П. Ермолову: «Много ляжет на меня незаслуженных проклятий». Фраза оказалась пророческой. Аракчеев всю свою жизнь люто ненавидел традиционно укorenившееся в российском обществе взяточничество. Пойманные с поличным немедленно изгонялись с должностей, невзирая на лица. Волокита, вымогательство с целью получения взятки преследовались им беспощадно. Аракчеев требовал незамедлительного решения вопросов и строго следил за выполнением сроков исполнения, поэтому канцелярское сообщество ненавидело его. Не удивительно, что срез этого общества определял настроение писателей и публицистов, придумавших «аракчеевщину». Но главное явление в военной жизни России, с которым связывают имя Аракчеева, – это устройство военных поселений. Графа Алексея Андреевича обыкновенно считают творцом этой системы. Однако военные поселе-

ния предложил сам Александр I, а Аракчеев был против этого проекта. Оформил же идею в указы и инструкции М.М. Сперанский. Аракчеев стал лишь исполнителем. Между тем знаменитый «реакционер», как свидетельствуют историки, имел несомненные государственные и военные заслуги, отличался необыкновенной честностью и трудолюбием. Полагают, что Аракчеев мог бы остаться в памяти потомков более привлекательной личностью, если бы самодержцы, которым он беззаветно служил, не использовали его способности односторонне. Суровый и грубый Аракчеев был строг к себе и берег свое честное имя. Примером этому однажды стала записка, приколотая к двери его приемной и предназначенная для чтения посетителями: «Я, Влас Васильев, камердинер Алексея Андреевича, сим сознаюсь, что в день Нового года я ходил с поздравлениями по многим господам, и они пожаловали мне в виде подарков...» и далее поименно перечислялось, кто именно и сколько дал Васильеву денег. Вслед за камердинером горько раскаиваться пришлось тем, кто попал в этот список.

Участник заграничных походов 1813–1814 гг. С 1817 г. начальник военных поселений. В 1815–1825 гг. фактический руководитель государства. После смерти **Александра I**, Николай I приказал перенести канцелярию императора из квартиры Александра I в Зимний Дворец, тем самым могущество Аракчеева прекратилось. Последние годы жизни прожил в Грузино, где и был похоронен. О себе Аракчеев написал: «В жизни моей я руководствовался всегда одними правилами – никогда не рассуждал по службе и исполнял приказания буквально, посвящая все время и силы мои службе царской. Знаю, что меня многие не любят, потому что я крут, да что делать? Таким меня Бог создал! Утешаюсь мыслью, что я был полезен». Завещал 50 тыс. руб. и проценты с них на написание и издание истории императора Александра I к столетней годовщине его смерти, т.е. к 1925 г.

### **Основные даты жизни А.А. Аракчеева**

23 сентября 1769 г. – родился в селе Гарусово; именины праздновал 5 октября. 2 февраля 1782 г. (или 20 июля, или 10 октября 1783 г.) – принят кадетом в Артиллерийский и инженерный кадетский корпус.

27 сентября 1787 г. – получил чин поручика; начинает преподавать математику в корпусе, а также сыновьям Н.И. Салтыкова.

24 июля 1790 г. – назначен старшим адъютантом директора Артиллерийского и инженерного кадетского корпуса П.И. Мелиссино.

1792 г. – определен к великому князю Павлу Петровичу в Гатчину.

8 октября 1792 г. – получил чин премьер-майора (капитана артиллерии).

5 августа 1793 г. – получил чин подполковника (майора артиллерии).

28 июня 1796 г. – получил чин полковника.

6 ноября 1796 г. – смерть Екатерины II; начало царствования Павла I.

8 ноября 1796 г. – получил чин генерал-майора; назначен петербургским комендантом.

9 ноября 1796 г. – назначен командиром сводного гренадерского батальона лейб-гвардии Преображенского полка.

13 ноября 1796 г. – кавалер ордена св. Анны.

12 декабря 1796 г. – получил во владение село Грузино Новгородской губернии.

5 апреля 1797 г. – пожалован титул барона.

19 апреля 1797 г. – назначен генерал-квартирмейстером всей армии.

10 августа 1797 г. – назначен командиром лейб-гвардии Преображенского полка.

1 февраля 1798 г. – за оскорбление квартирмейстерского подполковника Лена, покончившего с собой, уволен в отпуск (с сохранением должности генерал-квартирмейстера).

18 марта 1798 г. – отставлен от службы в чине генерал-лейтенанта.

11 августа 1798 г. – вновь призван Павлом I на службу.

22 декабря 1798 г. – снова занял должность генерал-квартирмейстера.

4 января 1799 г. – назначен инспектором всей артиллерии.

5 мая 1799 г. – пожалован титул графа; Павел I собственноручно прибавил к гербу Аракчеева девиз «Без лести предан».

1 октября 1799 г. – отставлен за ложное донесение о краже в Арсенале.

Ночь с 11 на 12 марта 1801 г. – убийство Павла I; начало царствования Александра I.

26 апреля 1803 г. – письмо Александра I к Аракчееву в Грузино с вызовом на службу.

14 мая 1803 г. – назначен инспектором всей артиллерии.

20 ноября 1805 г. – находился в свите Александра I во время Аустерлицкого сражения; участвовать в бою отказался.

4 февраля 1806 г. – женитьба.

27 июля 1807 г. – получил чин генерала от артиллерии.

13 января 1808 г. – назначен военным министром.

17 января 1808 г. – назначен генерал-инспектором всей пехоты и артиллерии.

26 января 1808 г. – директор военно-походной канцелярии императора.

30 августа 1808 г. – Александр I предписывает Ростовскому мушкетерскому полку носить имя Аракчеева.

Февраль – начало марта 1809 г. – организует наступление по льду Ботнического залива (на заключительном этапе Русско-шведской войны); сам в боевых действиях участия не принимает.

6 сентября 1809 г. – награжден орденом Андрея Первозванного; возвращает орден императору, оставляя у себя лишь рескрипт о награждении.

7 сентября 1809 г. – указ о воздавании почестей Аракчееву в присутствии императора.

Декабрь 1809 г. – недовольный тем, что государственные реформы готовятся без его участия, подает Александру I прошение об отставке; отставка не принята.

1 января 1810 г. – назначен председателем Военного департамента Государственного совета (пост военного министра занял М.Б. Барклай де Толли).

17 июня 1812 г. – военный министр (до 1814).

1813 г. – апрель 1814 г. – сопровождает Александра I во время заграничного похода.

1814 г., 31 марта – император предлагает Аракчееву чин фельдмаршала; тот отказывается.

13 мая 1814 г. – уходит в отпуск «для поправления здоровья».

6 августа 1814 г. – призван императором к исполнению службы.

30 августа 1814 г. – принял портрет Александра I для ношения на шее.

1816 – учреждение военных поселений в Новгородской губернии и на Украине.

30 июня – 2 августа 1819 г. – бунт военных поселян в Чугуеве; Аракчеев руководит из Харькова подавлением бунта.

3 февраля 1821 г. – военно-поселенческие полки объединены в Отдельный корпус с Аракчеевым во главе.

10 сентября 1825 г. – убийство в Грузии Н. Минкиной; Аракчеев отходит от государственных дел; учиняет расправу над причастными к убийству.

19 ноября 1825 г. – Александр I умер в Таганроге.

30 ноября 1825 г. – Аракчеев принял присягу императору Константину и объявил о возвращении к делам.

14 декабря 1825 г. – приносит присягу Николаю I.

20 декабря 1825 г. – Аракчеев отставлен от дел Государственного совета, Комитета министров, Собственной его императорского величества канцелярии; за ним сохранена должность главноначальствующего над военными поселениями.

30 апреля 1826 г. – уволен в отпуск «для излечения болезни», а фактически в отставку (формально оставался на службе вплоть до кончины); главноначальствующим над военными поселениями назначен П.А. Клейнмихель.

Май – ноябрь 1826 г. – пребывание за границей.

21 апреля 1834 г. – умер в Грузии.

*Использованы материалы кн.: Аракчеев: свидетельства современников. – М.: Новое литературное обозрение, 2000.*



Воронцов М.С.

Гравюра Г. Доу с оригинала Д. Доу.  
1820-е годы. Лондон

## Воронцов М.С.

*«Полу-милорд, полу-купец,  
полу-мудрец, полу-невежда,  
полу-подлец, но есть надежда,  
что будет полным наконец».*

Сказано столь же резко, сколь и несправедливо – считает большинство историков. Мало кому известные подробности конфликта между Воронцовым и Пушкиным вполне объясняют этот грубый выпад поэта против весьма достойного государственного и военного деятеля России. Но об этом позже.

Михаил Воронцов, по рождению граф, свои детские годы провел в Лондоне, где под руководством отца получил очень хорошее образование. С четырехлетнего возраста был зачислен в лейб-гвардии Преображенский полк и в 1801 г., вернувшись на родину, вступил в военную службу гвардейским поручиком. Через два года он по собственному желанию отправился на Кавказ в армию князя Цицианова для действий против

горцев. Вскоре отличился при штурме Гянджи (1804 г.), при этом вынес из боя раненого П. Котляревского, впоследствии известного героя русско-иранской войны 1804–1813 гг.

В составе отряда генерала Гулякова Михаил Воронцов действовал на реке Алазани, в бою в Закатальском ущелье он едва не погиб при падении с горной кручи во время атаки лезгин. Участвовал в походах в Имеретию и Эриванское ханство против персов, по представлению Цицианова был награжден орденом святого Георгия 4-й степени. Ходатайствуя об этом награждении, командующий писал, что поручик граф Воронцов, «заменяя мою дряхлость, большою мне служит помощью». Конец 1804 г. 22-летний граф провел в походе на Военно-Грузинской дороге, начало следующего – в горах Осетии. Тогда он еще не предполагал, что через сорок лет ему придется вернуться на Кавказ в качестве наместника этого беспокойного края.

В русско-австро-французскую войну 1805 г. Воронцов в составе десантных войск генерала П. Толстого отправился в Померанию и участвовал в осаде крепости Гамелен. В период русско-прусско-французской войны 1806–1807 гг. он доблестно действовал в сражении под Пултуском, был произведен в полковники, назначен командиром 1-го батальона лейб-гвардейского Преображенского полка, с которым участвовал в кровопролитных боях под Гутштадтом, Гейльсбергом и Фридландом.

В 1809 г. Михаил Воронцов, назначенный командиром Нарвского пехотного полка, отправляется на войну с Турцией. Действуя в составе Молдавской армии Н. Каменского, он отличился при штурме крепости Базарджик и в 28 лет произведен в генерал-майоры. Затем участвовал в штурме Шумлы, в сражениях под Ватином и Систово, удостоен ордена святого Владимира 3-й степени.

В перерывах между сражениями генерал Воронцов составил уникальный документ – «Наставление господам офицерам Нарвского пехотного полка». Наставление было выдержано в суворовском духе: оно подробно разъясняло тактику колонн в сочетании с рассыпным строем, нацеливало на наступление как основной вид боя, подчеркивало значение обучения и воспитания солдат. Наставление содержало девиз самого Воронцова: «Упорство и неустранимость больше выиграли сражений нежели все таланты и все искусство». Командир полка учил своих подчиненных: «Храбрые люди никогда отрезаны быть не могут; куда бы не зашел неприятель, туда и поворотиться, идти на него и разбить».

Осенью 1810 г. во главе отдельного отряда генерал Воронцов действовал на Балканах, занял города Плевну, Ловчу и Сельви, где уничтожил турецкие укрепления. В кампании 1811 г., которую возглавил М. Кутузов, он отличился в сражении под Рушуком, был пожалован золотой шпагой с алмазами. Затем сражался на правом берегу Дуная, не давая туркам помочь армии великого визиря, отрезанной Кутузовым на левом берегу. Награжден орденами святого Владимира 2-й степени и Георгия 3-й степени. Забыв о столичной жизни, Михаил Семенович уже всецело принадлежал армии: «русское боевое молодчество», как писали современники, сделалось его «второй натурой».

С началом Отечественной войны 1812 г. граф Воронцов опять занял место в боевом строю: ему была поручена сводная гренадерская дивизия во 2-й Западной армии П. Багратиона. С нею в период отступления он участвовал в ожесточенном бою под Дашкове, героически дрался под Смоленском.

В Бородинском сражении 26 августа дивизия Воронцова находилась на труднейшем участке позиции: в передовой линии она защищала Семеновские (Багратионовы) флеши. В 6 часов утра флеши были атакованы тремя дивизиями маршала Даву. Гренадеры Воронцова стояли насмерть, неоднократно переходили в контратаки, действуя врукопашную. Впереди шел командир дивизии со шпагой в руках, не переставая улыбаться холодно и строго. Дивизия таяла на глазах; поведя ее остатки в очередную контратаку, Воронцов воскликнул: «Смотрите, братцы, как умирают генералы!». Его опрокинул удар в бедро, уже лежащий, он не выпускал из рук куска обломанной шпаги.

Когда Михаила Семеновича выносили в тыл, кто-то сказал: «Где ваша дивизия? Она исчезла с поля боя». Превозмогая боль, он отвечал: «Она исчезла не с поля боя, но на поле боя». Из четырех тысяч его солдат в Бородинской битве уцелело лишь 300, из 18-ти штаб-офицеров только трое.

Награжденный за Бородино орденом святой Анны 1-й степени, Воронцов отправился на лечение в свое имение во Владимирской губернии, туда по его указанию привозили и многих других раненых. Заботливый уход, благодаря ему, получили до 50 офицеров и более 300 нижних чинов.

Едва оправившись от раны, Михаил Семенович вновь отправился на войну и был назначен командиром той же сводной гренадерской дивизии в 3-й армии П. Чичагова. В начале 1813 г. он отличился в боях у Бромберга и Рогазен, занял Познань. Произведенный в генерал-лейтенанты, действовал у Магдебурга и реки Эльбы. После возобновления военной кампании России и ее союзников против Наполеона Воронцов со своей дивизией входил в состав различных армий союзников. Участвовал в Лейпцигской «битве народов» (октябрь 1813 г.). В 1814 г. доблестно проявил себя в бою при Краоне, где он в течение дня выдерживал атаки превосходящих сил противника во главе с самим Наполеоном и отступил лишь по приказанию. Наградой за Краон стал орден святого Георгия 2-й степени. Затем участвовал в боях под Лаоном и Парижем.

В 1815–1818 гг. граф Воронцов командовал оккупационным корпусом во Франции и оставил о себе и о русских самые добрые воспоминания у французов. Был награжден орденом святого Владимира 1-й степени. При уходе корпуса на родину в 1818 г., он, **продав значительную часть своих имений в России, заплатил огромные долги за кутежи офицеров и гусар, которые, как правило, кутили во Франции в долг.. Пушкинский «полукупец», наверное, такого бы не сделал.** Брак с графиней Е.К. Браницкой (свадьба с которой состоялась 20 апреля 1819 г. в Париже) поправил его благосостояние.

Возвратясь в Россию, Михаил Семенович командовал 3-м пехотным корпусом, а в 1823 г. был назначен генерал-губернатором Новороссии (Северное Причерноморье) и Бессарабии; он оставался на этом посту 21 год. Много сил он затратил на экономическое развитие этих областей (особенно Одессы и Крыма), на устройство судоходства по Черному морю. Генерал-губернатор покровительствовал сосланному на юг Пушкину. Трения между ними начались из-за увлечения темпераментного поэта женой Воронцова. Жесткая реакция Михаила Семеновича повлекла за собой желчную обиду Пушкина и его язвительные эпиграммы в адрес «оскорбителя».

В 1825 г. Воронцов был произведен в генералы от инфантерии. В 1828 г., в период русско-турецкой войны, он сменил раненого А. Меншикова на посту командующего осадным

корпусом под Варной и в короткие сроки овладел ею, был награжден золотой шпагой с надписью: «За взятие Варны». В кампании 1829 г. обеспечивал бесперебойное снабжение русских войск, действовавших против Турции за Кавказом. В 1834 г. за неустанные гражданские и военные труды был удостоен ордена Святого Андрея Первозванного; в 1836 г. назначен шефом Нарвского пехотного полка, которым когда-то командовал.

С 1844 г. Воронцов – главнокомандующий войсками на Кавказе и кавказский наместник. Ему предстояла трудная задача: борьба с вождем горцев Шамилем, потрясшим спокойствие в крае. В мае 1845 г. главнокомандующий выступил с войсками в знаменитую Даргинскую экспедицию, которая через 2 месяца тяжелого похода была завершена взятием аула Дарго – опорного пункта Шамиля. Потери войск были большими. Обратный путь оказался еще более трудным и опасным, но 63-летний главнокомандующий примером личного мужества и солдатской выносливости сумел вдохновить подчиненных на благополучное завершение экспедиции. За этот поход Воронцов был возведен в княжеское достоинство и назначен шефом Куринского егерского полка.

В дальнейшем он отказался от длительных военных экспедиций и действовал в духе А. Ермолова: методично, сочетая гражданское и хозяйственное обустройство края с частными военными операциями своих помощников – генералов Андронникова, Бебутова, Барятинского, Бакланова. В 1847 г. он лично возглавлял войска, действовавшие в Дагестане, руководил штурмом Гергебиль и взятием Сальты. В 1852 г. пожалован в светлейшие князи.

В 1853 г., ввиду приближения Крымской войны, заботы Воронцова были обращены на укрепление границы с Турцией и защиту черноморской береговой линии. Вскоре по своему преклонному возрасту он отпросился у Николая I в отставку. С болью переживал Михаил Семенович потерю Севастополя и другие неудачи в Крымской войне. В 1856 г. в день коронации Александра II Воронцов был пожалован в генерал-фельдмаршалы. Умер в том же году, 6 ноября, в Одессе, где и погребен в соборном храме.

*Использованы материалы кн.: Ковалевский Н.Ф. История государства Российского. Жизнеописания знаменитых военных деятелей XVIII–начала XX века. М. 1997 г.*

**Воронцов Михаил Семенович** (30.05.1782–18.11.1856) – военачальник и государственный деятель.

### Краткие сведения

Генерал-фельдмаршал (1856).

Генерал-адъютант (1815).

Член Госсвета (1826).

Светлейший князь (1852).

Службу начал в 1801 г. поручиком Преображенского полка. Отличился в боях с горцами на Кавказе (1803), в войнах с Францией (1805, 1806–1807), русско-турецкой войне 1806–1812 гг.

В Отечественной войне – начальник сводно-гренадерской дивизии в составе 2-й армии.

В заграничных походах русской армии 1813–1814 гг. командовал авангардом 3-й западной армии, затем – северной армии.

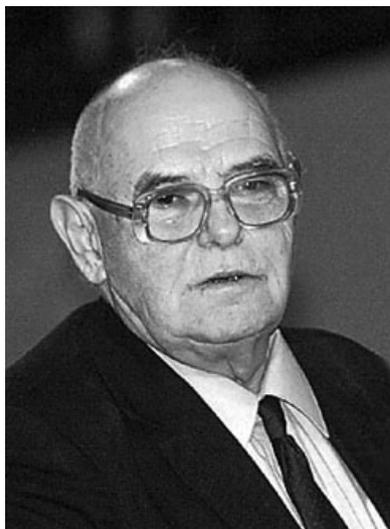
В 1815–1818 гг. командир оккупационного корпуса во Франции, с 1819 г. – 3-го пехотного корпуса в России.

С 1823 г. генерал-губернатор Новороссии и полномочный наместник Бессарабии.

Во время русско-турецкой войны 1828–1829 гг. руководил осадой и взятием Варны.

В 1844–1854 гг. наместник и главнокомандующий войсками на Кавказе. Сторонник курса на слияние областей Кавказа с империей. Придерживался либеральных взглядов.

*Данилов А.А. Справочные материалы по истории России IX–XIX веков.*



### **ЧЕРНАВСКИЙ Д.С. – ОДИН ИЗ ПОСЛЕДНИХ ЭНЦИКЛОПЕДИСТОВ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ**

**Победитель конкурса «На лучшее объяснение ключевых вопросов  
строения мира» (2004) программы Александра Гордона  
(с призовым фондом 1 млн евро).**

**Полученную премию поделил поровну между 191 участником  
программы Гордона**

Дмитрий Сергеевич Чернавский о физике элементарных частиц, биофизике, теории информации и экономике. О личных встречах с Л. Ландау, В. Гайзенбергом, Г. Хакеном и перспективах квантовой теории и синергетики. Беседа с В.Г. Будановым.

01 ноябрь 2012 г.

### **ИСТОРИЯ НАУКИ**

Первая беседа с патриархом естествознания и синергетики Дмитрием Сергеевичем Чернавским посвящена обзору 60-летнего творческого пути ученого-энциклопедиста, классическим результатам, достигнутым им в современной науке: физике элементарных частиц и биофизике, теории информации и экономике. Дмитрий Сергеевич является одним из отцов методологии междисциплинарных исследований и синергетического моделирования. В беседе обсуждаются проблемы становления и развития синергетики и квантовой теории, встречи с ее творцами В. Гайзенбергом, Л.Д. Ландау, Г. Фрелихом, Г. Хакеном. Отмечается проблема научного этоса и признания приоритета многих открытий отечественных биофизиков за рубежом. С Чернавским Д.С. беседовал физик и философ Владимир Григорьевич Буданов.

**Буданов:** Уважаемые друзья! Мы сегодня беседуем, мы сегодня в гостях у Дмитрия Сергеевича Чернавского, нашего замечательного патриарха биофизики, квантовой физики, экономики и теории информации. Это вот такой, по истине, образ человека Возрождения. Тем не менее, и сегодня всё ещё есть наши энциклопедисты. Человек, который отмечен так же и глубокими философскими работами, сотрудничает с нашим институтом (ИФ РАН). Дмитрий Сергеевич помнит целую эпоху, то есть это 1926-й год рождения, правильно я понимаю?

**Чернавский:** 1926-й.

**Буданов:** Это как я говорю, человек связующий времена, таким был Сергей Петрович Капица, к сожалению, может быть, почти последний из той замечательной плеяды выдающихся физиков и мыслителей. Во-первых, я должен сказать, что мы работаем в рамках проекта «Устная история» и это действительно сохраняется для следующих поколений, сделано в расчете на молодежь, которая становится на крыло, как ученые, и вообще-то здесь нужны мировоззренческие ориентиры, которые сегодня почти утрачены. Поэтому в первую очередь, слово нашим дорогим старшим коллегам, учителям. Я хотел бы первый вопрос, Дмитрий Сергеевич, задать Вам о том, как же в Вашей богатой научной жизни, биографии, как Вы пришли в науку? Что повлияло? Каковы, может быть, корни Вашего отношения рыцарского к науке? Может быть, эпоха, может быть родители? Вот чтобы эту тему осветить сначала. Спасибо.

**Чернавский:** Спасибо, Владимир Григорьевич. С удовольствием поделюсь воспоминаниями. Свою жизнь начну издалека.

**Буданов:** Как угодно, конечно.

**Чернавский:** Ну, детство прошло в 1930-е годы. Известно, какие это были годы. Родители мои: мама – Евгения Николаевна Гартнер, из тех самых «фарфоровых».

**Буданов:** А, заводы «Гартнер» знаменитые. Это я так понимаю английский род, да? или немецкий?

**Чернавский:** Это английский, приехал во время Елизаветы, образовал фабрику, ну получили дворянство, и с тех пор числились, так сказать, дворяне иностранного происхождения.

**Буданов:** Трудящиеся дворяне, так можно сказать.

**Чернавский:** Трудящиеся дворяне. А дворяне на самом деле были в основном трудящиеся в России. Где кто. Отец – тоже не из рабочих и крестьян. Сын статского советника, адвоката, то есть, семья была не рабоче-крестьянская. А в 1930-е годы это было важно.

**Буданов:** Важно, с каким знаком плюс или минус?

**Чернавский:** Да, важно со знаком, скорее, не плюс. То есть, мама хотела быть инженером, её не приняли, а отец окончил институт Воздушного флота и, вообще говоря, мог сделать карьеру, но у него был очень скверный характер, а именно самостоятельный.

**Буданов:** Грех дворянского рода!

**Чернавский:** Своими принципами, своей порядочностью, он никогда не жертвовал, поэтому карьера его не удалась.

**Буданов:** Ну, что-то одно.

**Чернавский:** И мы жили все 1930-е годы в разных местах. Не богато, не престижно, ну жили. Отец работал, мама работала. Ну, я учился в разных школах, с первого по десятый класс, я, по-моему, сменил 7 школ разных. При этом одна была сначала в Хабаровске, потом в Москве, потом в Лианозове, потом и так далее, и так далее. Тогда ж ну, я помню, и родители помнят, что я был любопытен.

**Буданов:** Не в меру.

**Чернавский:** Я и сейчас остался любопытен не в меру. До 6-го класса я увлёкся историей и мечтал стать историком. Тому были, конечно, причины: романтика французской революции, романтика русской истории, романтика историческая. Это я сейчас понимаю, что история отнюдь не романтика.

**Буданов:** Тем не менее, на склоне лет Вы занялись моделированием истории, так что осуществилась детская мечта.

**Чернавский:** Тому способствовали и воспоминания детства. В 7-м классе я увлекся химией, и мечтал быть химиком, химиком в душе я остался и сейчас.

**Буданов:** Подождите, алхимиком или химиком?

**Чернавский:** Между химиком и физиком, очень большая разница. Разница не в образовании, а разница в мироощущении.

**Буданов:** Да, безусловно.

**Чернавский:** Для физика мир – это часовой механизм, всё должно иметь причину, следствие, следствие развивается и так далее. Для химика, мир – это некие облака, некие реакции, вот как выпадает осадок, он выпадает облаками, что-то такое хаотическое.

**Буданов:** То есть, это эстетика рукотворного такого творчества, вы природу заменяете здесь в лаборатории.

**Чернавский:** Да, да, и тому способствовало моё любопытство, мне любопытно было: А как реакции идут? Как осадок образуется? Как дождь образуется? Как снег?

**Буданов:** А это какой же был год 7-й класс же?

**Чернавский:** 7-й класс это, по-моему, был 1937-й год.

**Буданов:** 1937-й год, вот в это время...

**Чернавский:** Нет, 1938-й уже.

**Буданов:** Те люди, которые играли в политические игры, они заняты были другими, вероятно, интересами, да? Или это не сказалось?

**Чернавский:** Мне не хотелось бы сейчас, хотя я могу многое сказать и своего. Дело в следующем, вот 1937–38 год, такой год, я уже был почти взрослым.

**Буданов:** Вы как бы ощущали атмосферу?

**Чернавский:** Ощущал. Репрессии коснулись моей семьи очень мягко, практически. Дядю моего посадили на 5 лет, ну как говорят, 5 лет – это ни за что, за то, что шляпу носил и очки. А отец и мать миловало. Ну, непартийные, не был, не привлекался, не администратор.

**Буданов:** Не было, не привлекался, не администратор.

**Чернавский:** Отец одно время занимал высокую должность технического директора строящегося завода в Хабаровске.

**Буданов:** Но Бог миловал как-то.

**Чернавский:** А он поссорился с директором, и директор его отослал обратно в Москву.

**Буданов:** Так.

**Чернавский:** Через год всю верхушку там расстреляли, так что спасло...

**Буданов:** Да-а, спасло.

**Чернавский:** Отца спасло его, его самостоятельное решение.

**Буданов:** Главное было, во время поссориться, можно было...

**Чернавский:** Да он ссорится не потому, что во время или не вовремя...

**Буданов:** Ну, понятно.

**Чернавский:** А потому что считал, что директор поступал не порядочно. Отец был остроумный человек, умел высмеивать.

**Буданов:** Ну, то есть, есть в кого, у Вас тоже это.

**Чернавский:** И химиком я, на самом деле, в душе остался до сих пор. Детство кончилось в 1941-м.

**Буданов:** Это был уже 10-й класс, где-то так?

**Чернавский:** 8-й класс.

**Буданов:** А 8-й класс, Вы не призывного были ещё возраста?

**Чернавский:** Да, 8-й я окончил в 1941-м.

**Буданов:** Да, да.

**Чернавский:** Далее эвакуация. Работа на заводе.

**Буданов:** А где Вы были в эвакуации?

**Чернавский:** В эвакуации был в Ульяновске, Симбирск. Работать я тоже очень хотел, и поступил там лаборантом в химическую лабораторию. Ну, работали тогда все сверх меры, и там я, на самом деле, и учился, научился многому. Там на завод пришел вагон реактивов без этикеток, и мне было поручено...

**Буданов:** Разобраться что где?

**Чернавский:** Разобраться, что в этих баночках есть, эта задача для качества.

**Буданов:** Вы что пробовали на язык?

**Чернавский:** Нет, я изучил качественные анализы как следует, качественный анализ я и сейчас помню, а это – основа химии.

**Буданов:** Идентификацию по комплексу реакций проводили.

**Чернавский:** Да, там просто есть схемы, как по реакции определить, какие есть реактивы.

**Буданов:** Так.

**Чернавский:** Вернулись, после того как вернулся, я поступил в Горный институт, даже еще не окончив 10-го класса.

**Буданов:** То есть, это во время войны было, получается?

**Чернавский:** Во время войны.

**Буданов:** Это уже после 1942-го года, когда возвращались в Москву из эвакуации, да?

**Чернавский:** Да, это уже после 1943-го года, когда мы уже вернулись из эвакуации. Ну, и тогда же было обращено внимание, что вот война окончится, нужны кадры после войны.

**Буданов:** То есть, уже главное не на фронт, а надо было думать о будущем.

**Чернавский:** Ну и на фронт посылали.

**Буданов:** Ну, я понимаю. Но люди способные получить хорошее инженерное образование нужны были.

**Чернавский:** Вот совсем недавно было у нас разговор, не я говорил, что определяли, куда на фронт или куда, определяли так: «Дети, напишите  $\sin \alpha = \frac{1}{2}$ ». Кто-то писал –  $\sin \alpha = \frac{1}{2}$ , а кто-то писал: «синус» русскими буквами, так вот, кто писал  $\sin$  русскими буквами, того отправляли на фронт. Это вот сообщил.

**Буданов:** Хочешь на фронт – пиши русскими буквами.

**Чернавский:** Да, я ж тогда подал реплику: вот тех отправили на фронт, и они победили. И это так, ну, сейчас я не хочу комментировать это, действительно. Я хотел из Горного института перейти в Химический, много раз подавал заявление. Не отпускал директор. И тут прошел слух, что некий московский механический институт набирает на инженерно-физический факультет людей, у которых хорошие отметки и при этом мнение директора института не спрашивают. Но отметки у меня были все хорошие, отличные. И со второго курса я поступил на второй курс. Это нас готовили делать атомную бомбу. При этом, руководил всем этим Берия, кстати. Он был очень реальный человек. Все, что о нем, все правильно, кроме того, организатор он был хороший.

**Буданов:** Вероятно, да.

**Чернавский:** Да, и атомную бомбу действительно он. Жесткий, очень жесткий, но разумный. То есть, я не был комсомольцем, так и не вступил. И, не смотря на это, меня взяли и меня учили.

**Буданов:** Видимо, продолжили дело своего отца, остались, как говорится, в блоке партийных и без партийных, во второй половине?

**Чернавский:** Да. Я пошел и поступил. Так я стал физиком, но в душе остался химиком.

**Буданов:** Ну вот, что-то да.

**Чернавский:** Некоторое время я работал параллельно, в химической лаборатории горного института, где тоже была военная тематика. Мы делали бериллий, чистый бериллий, а это важно вот что – уран нужно плавить, в чем? В тиглях.

**Буданов:** Ах, вот как!

**Чернавский:** Обычные тигли из бора создают, а бор ни в коем случае нельзя, он поглощает нейтроны. Замена бора – бериллий. Но нужно было получить очень чистый бериллий. Вот этим я занимался, ну естественно, в коллективе. По окончании на меня обратил внимание Евгений Львович Фейнберг – сотрудник ФИАНа, теоретик. Ну, вот он скончался недавно, вчера мы праздновали его 100-летие со дня рождения, а скончался он 92-х лет.

**Буданов:** Фейнберг был человек очень разносторонний, широчайшей культуры, гуманитарной в том числе. И вот почему он на Вас обратил внимание? Интересно...

**Чернавский:** А потому что! Но на самом деле я решил, была задана задача, никто не решил её, по квантовой механике, а я путь решения нашел и ну, в общем, решил. И Евгений Львович обратил на меня внимание, и потом я не думал, что я теоретик, потому что я считал себя всегда экспериментатором и, более того, химиком. А теоретики – это там нужно спиноры, еще и еще там общие теории, специальную теорию относительности, общую теорию относительности. Я знал все это, но не в такой степени, чтобы считать себя, у нас были теоретики, так сказать.

**Буданов:** А кто там у Вас в это время?

**Чернавский:** Теоретиком тогда считался Файнберг, он скончался. А-а-а, тогда у нас выпуск был достаточно: Юра Каган – академик сейчас.

**Буданов:** По ядерной физике он?

**Чернавский:** Ну, мы вместе учились.

**Буданов:** Он вот по ядерной физике?

**Чернавский:** Он по плазме, он в Курчатовском институте, даже не по плазме он, ну, в общем, по ядерной физике.

**Буданов:** Не по астрофизике?

**Чернавский:** Нет.

**Буданов:** Понятно.

**Чернавский:** Ну, скорее по физике твердого тела, но потом кто куда разбросался. В общем, среди наших выпускников многие, так сказать, сделали карьеру. А еще больше из наших выпускников скончались в молодые годы.

**Буданов:** Из-за работы на производстве?

**Чернавский:** Не на производстве, а один вот мой друг, очень талантливый парень, экспериментатор. Он растапливал котёл атомный в Обнинске.

**Буданов:** То есть, это последствия ядерных облучений?

**Чернавский:** Там какой-то кусочек урана не туда лег, и он рукой его поправил. И это был он не один такой.

**Буданов:** Я думаю, в то время и не очень радиационная биология была развита, да и людей не жалели.

**Чернавский:** Да и не особо Берия заботился, чтобы мы выжили.

**Буданов:** Да, задача была – сделать бомбу, изделие получить.

**Чернавский:** Да, ну изделие было получено. Ну, Евгений Львович меня в теоретический отдел взял. Ну и вот, меня взяли в теоретический отдел ФИАН, мне повезло. Тогда же было открыто множественное рождение. Это явление, вот какое. Две частицы, например, два протона сталкиваются с колоссальной энергией, действительно с очень большой энергией и образуется много, десятка два, разных частиц: пи-мезонов, протонов и так далее, так далее. Как это происходит?

**Буданов:** Это уже ускорители были?

**Чернавский:** Нет, это было в космических лучах.

**Буданов:** А, в космосе! Они же были там впервые открыты.

**Чернавский:** Впервые были открыты там. Впервые были сделаны работы Ферми по гидродинамической теории и у Гайзенберга. И я попал как раз в это. Это была моя тема.

**Буданов:** А с какими космиками Вы работали? Это кто был?

**Чернавский:** Это космики, да, в общем-то, известные космики: Зацепин, Чудаков, Вернов, Добротин. Скобельцин тогда руководил отделом космической физики. Это все цвет космической науки.

**Буданов:** Да, да, да. Тогда же и радиационные пояса открыли.

**Чернавский:** Да. Чудаков и Вернов открыли радиационные пояса. Зацепин изучал широкие атмосферные ливни.

**Буданов:** А с Алма-Атой как-то Вы взаимодействовали? Там у нас были свои космические лаборатории.

**Чернавский:** А это все ФИАНовские филиалы. Туда мы ездили. И на Тянь-Шане, и на Памире, и на Кавказе.

**Буданов:** То есть, Вы генетически еще до всяких ускорителей через космические лучи занимались множественным рождением.

**Чернавский:** Да. Это было вот что. Там я быстро вошел и быстро освоился. Это же почти химия, множественное рождение.

**Буданов:** В каком-то смысле, да. Вообще это ядро, которое, как правило, где-то там...

**Чернавский:** Да, тут вот энтропия образуется...

**Буданов:** А потом ядерная физика, по-моему, в большой степени является и по сей день химией, своя таблица Менделеева создается до сих пор.

**Чернавский:** Да. В общем-то, да. В ФИАНе я защитил диссертацию кандидатскую и докторскую как раз по множественному рождению профилей. Было открыто замечательное явление в Польше, Менцович. Это сгустки материи, фэйрболы, которые распадаются на много частиц. Как они образуются? Я сделал теорию.

**Буданов:** Какие это уже были годы?

**Чернавский:** Это было с 1957-го по 1965-й, примерно так. До 1957-го даже.

**Буданов:** То есть, не было вот этой конструкции, то есть, кварки только там замаячили, занимались феноменологией. Фэйрбол, как раз.

**Чернавский:** Это не феноменология. Это теоретическая физика. Оттуда вышли и струны. Вот теория периферических соударений, которая тема моей докторской. Она [заключается – прим. ред.] в том, что соударяются на большом расстоянии друг от друга, периферические соударения, и между ними проскакивают, так называемый, виртуальный пион, такая как бы струна. Она изгибается, ломается, в месте изломов фэйрбол образуется, ну, а потом из этого пошла теория струн.

**Буданов:** Но, не тех суперструн, а нормальных струн, которые действуют в стандартной модели, кварковые, да?

**Чернавский:** Ну, я бы не сказал, что они нормальные.

**Буданов:** Ну, понятно, то есть Вы тогда не с Дубной сотрудничали, а в сфере космики.

**Чернавский:** В сфере космики. Но параллельно в 1947-м году я женился на Нине Михайловне Егоровой, она была биолог. А я человек решительный, самостоятельный, в основном, то, что жена мне скажет, то я и делал. Однажды жена пришла и сказала: «Дим, замечательное явление. Вот идет фотосинтез, при постоянных условиях, все постоянно, постоянно, а фотосинтез почему-то идет колебательно. Сделай теорию».

**Буданов:** К завтрашнему утру. Чего не сделаешь для любимой женщины.

**Чернавский:** И я сделал теорию. Не к утру конечно. Это была первая работа по математическому моделированию, вообще биологических процессов, не биологических, биохимических процессов. Биологические Вольтерра была теория раньше, а вот на биохимическом уровне...

**Буданов:** У него популяции были.

**Чернавский:** Популяции были и так далее, а вот на биохимическом уровне...

**Буданов:** Именно биологических процессов, и здесь потому что просто биохимия колебательных процессов, БЖ реакции уже были....

**Чернавский:** Тогда же образовалась группа людей: Шноль, Молчанов и я вот были там, которые стали пропагандировать автоколебания в биохимических процессах. Они действительно играли большую роль.

**Буданов:** Середина 1960-х годов, правильно я понимаю?

**Чернавский:** Да. К нам пришли молодые люди, очень хорошие: Жаботинский, Сильков, Маленков.

**Буданов:** То есть, Белоусова – Жаботинского реакция... Как там говорил Молчанов... Есть там благодарность в работе Белоусова – Жаботинского – звездочка и там есть ссылка. Они предложили ему войти в соавторы, он отказался, и они ему благодарность выразили. Молчанов потом говорил: «Я в этой классической работе соавтор, представлен звездой».

**Чернавский:** Я тоже представлен звездой.

**Буданов:** Наверняка. Ну, они же работали под Вашим руководством. Это же Нобель, на самом деле, которого не дали России.

**Чернавский:** Ну, как говорит Каневский: «А это уже совсем другая история». Примерно в 65-м году Виталий Лазаревич Гинзбург предложил мне образовать в рамках теоретического сектора теоретической биофизики, я согласился и с тех пор основные мои усилия были направлены...

**Буданов:** То есть, Вы, фактически, в физике элементарных частиц имели лидирующие позиции и не побоялись броситься в новые совершенно направления? В новые воды.

**Чернавский:** Да, я был любопытен.

**Буданов:** Вот видите, может быть именно поэтому Вам и не удалось, как говорится, бить в одну точку. Вы уже давно были бы академиком в физике, но, значит, любопытство подвело.

**Чернавский:** Но это по другой причине. Я, может быть, и мог бы быть академиком, если бы у меня не был такой же характер, как у отца.

**Буданов:** Родителей не выбирают, правда же?

**Чернавский:** Не выбирают. В биофизике, чем я могу похвастаться? Вместе со Шнолем и Хургиным мы сформулировали концепцию: белок – машина. В чем суть ее: по аналогии, как работает белок, и как работают механизмы. Потому что, как работают другие аналогии, что белок это капля, они не проходят. А я знал определение машины по Артоболовскому, будучи инженером, и знал определение функций белка. Определение конструкции по Артоболовскому и машины – это система, механически гетерогенная, то есть состоящая из рычагов, шарниров и так далее, построенная по плану, то есть информация в неё должна быть вложена, и предназначенная для выполнения определённых функций. Если посмотреть, что делают белки – ферменты, то они построены по плану.

**Буданов:** То есть, получается так, что машина есть искусственное творение. У неё есть план и есть задача.

**Чернавский:** Да.

**Буданов:** И белки это тоже цель, целеполагание имеют. Потому что имеют биологическое происхождение от живой материи.

**Чернавский:** Информацию для белков создала природа в течение миллиардов лет. Информацию для машин создало человечество в течение тысячелетий.

**Буданов:** Понятно. И вот этот ход, он вообще был неожиданным?

**Чернавский:** Он был неожиданным и сперва не признавался, долгое время не признавался. К тому прошло уже 40 лет. Вот сейчас сделаны были эксперименты, в которых показали, что ключевой белок способствует синтезу АТФ. А АТФ – это энергетическая валюта. Эта АТФ работает как машина, то есть там есть блоки, где АТФ образуется, есть коленчатый вал, который выталкивает образовавшийся АТФ наружу. Для этого нужна энергия, чтобы вертеться. Энергию дают протоны.

**Буданов:** Вот видите, Вам и здесь химия помогла, потому что совершенный такой конструктивистский взгляд, который надо было выработать с молодых ногтей.

**Чернавский:** Химия мне очень помогла для входа в биологию, химия, конечно, не пропала. Сейчас даны три Нобелевские премии за белок машины, но тысячи работ опубликованы, я не уверен, что хоть в одной из них была благодарность мне.

**Буданов:** Железный занавес, ну, Вы же понимаете.

**Чернавский:** Не железный занавес – это их железный занавес. Сейчас фактически Запад устроил «Железный занавес» со своей стороны.

**Буданов:** Русские работы, заслуги просто замалчиваются.

**Чернавский:** Просто замалчивается, просто их нет.

**Буданов:** Это относится и к реакции Белоусова – Жаботинского, и белок машины. Вот Вам это научный этос современной науки, всё коммерциализированно, почему бы не взять себе, если это ничего не стоит. Это беда современности.

**Чернавский:** Следующее, что я считаю своей заслугой, это был электронный транспорт, тоннельный транспорт, опять же в фотосинтезе. Задача ставилась так – как переходит электрон из одной молекулы в другую. Квантовую механику я знаю, разумеется, он переходит тоннельно, потому что не скакать же ему. Были эксперименты созданы, сделаны, где показано было, что при низких температурах это происходит тоннельно. Практически одновременно была опубликована наша работа о том, что это тоннельный эффект. С этим была создана теория, сейчас это направление, сотни работ, и здесь я уже не могу пожаловаться, здесь цитировали. Цитировалось, кстати, тоже случайно. На одной из конференций международных я встретился с Грином – очень авторитетный человек в фотосинтезе. Академик американский, авторитетный. Его осаждали: «А скажите нам». Он всех по боку. Говорит.

Ответ его был такой: «Я сам не понимаю главного в фотосинтезе, что я Вам буду рассказывать?» Я подошел к нему и нагло сказал:...

**Буданов:** «...а я понимаю».

**Чернавский:** Да. Я понимаю. Изложил ему, а потом прислал ему свою работу. Он её сообщил людям. И таким образом это все-таки прошло.

**Буданов:** Видимо у настоящих учёных, у них есть такое узнавание друг друга.

**Чернавский:** Да, но очень большую роль играет случайность. Случайность с Грином.

**Буданов:** Дмитрий Сергеевич, это всё еще 1960-е или уже 1970-е?

**Чернавский:** Это уже 1970-е. Тоннельный эффект – это 1975-й год, примерно так.

**Буданов:** А Ваша деятельность в отношении физики частиц, это поприще оно ушло вторым планом. Вы продолжали или...?

**Чернавский:** Нет, я продолжал и сейчас продолжаю. Я продолжаю самостоятельно. Я никогда не работал в мейнстриме. Мейнстримом называется то направление, в котором все работают. Кто-то его начал, все работают – это мейнстрим.

**Буданов:** Все бегут за дефицитом.

**Чернавский:** Я начинал многое, и белок машины, но потом на этом пути образовался мейнстрим, тогда уже было неуютно.

**Буданов:** Могут затоптать, и вообще скучно.

**Чернавский:** Тоннельный эффект в биологии – тоже мейнстрим. Но я как-то от него отошел. Мог бы еще до конца жизни, да, до конца жизни.

**Буданов:** То есть, Вы как-то генерировали эти ценные идеи, отдавали их, потом это становилось доминантами, но Вам надо было уже идти дальше. Да мотивчик серьезный.

**Чернавский:** Маленький штришок. Внуку было, мне было уже под 60, а внуку было 5 лет. Ну, где-то гулял там, на даче, увидел большую грязную лужу, залез туда по колено, пришел: «Деда, помоги мне, а то мама выскочит и заругается». Ну, я стал помогать, мама выскочила и, разумеется, стала ругать, мама – это моя дочь. «Ну, зачем ты полез в эту лужу, ну скажи мне, зачем?» И я тогда Ольге, своей дочери сказал: «Ну как ты не понимаешь? Это же интересно, залезть в грязную лужу по колено».

**Буданов:** Да, это мотив для детей дошкольного возраста. У Вас этот мотив жив по сей день.

**Чернавский:** Мне тогда внук сказал: «Странно, дед, вот ты меня понимаешь, а никто другой не понимает».

**Буданов:** Старый, что малый.

**Чернавский:** Нет, я его понимал, когда ему было 14. И сейчас мы с ним вместе работаем. Вот следующий этап – это серьезный этап. Я говорил, что такое информация.

**Буданов:** А это было опять же из биологического мотива?

**Чернавский:** Да. Это было под влиянием Волькенштейна.

**Буданов:** Волькенштейн в это время был директором?

**Чернавский:** Нет, он никогда не был директором. Он был в Институте молекулярной биологии, замечательный человек, очень талантливый, но он бы получил и Нобелевскую премию, был бы великим ученым, если бы он хотя бы раз в жизни на полчаса задумался.

**Буданов:** А если на час, так...

**Чернавский:** Ну, он идеи генерировал, не очень их продумывал... В этом смысле, я и его тоже упрекал, чтобы уж с большей строгостью относиться к своим идеям и продумывать их дальше. Что такое информация? Был Блюменфельд, который перевел Кастлера. Очень глубокое определение.

**Буданов:** Случайно запомненный выбор. Это генерированная информация?

**Чернавский:** Да, это генерированная информация, а воспринятый выбор не случаен. Это рецепции информации.

**Буданов:** То есть, информация имеет несколько ипостасей? И здесь каждый раз надо аккуратно ее переопределять? Или дополнять только?

**Чернавский:** Ну, определений только информации есть сколько угодно, 20 штук, по моему, я насчитал. Среди них какой-то философ написал что, информация – есть отражение отображения нашего соображения.

**Буданов:** Круговая такая тавтология кого-то, наверное, завораживает.

**Чернавский:** Да. Дело вот в чем, я считал, что определение Каствлера – это конструктивно. Почему? Потому что оно отвечает на вопросы: как возникает информация, кем сделан выбор и какие для этого должны быть условия? Случайность.

**Буданов:** Неустойчивость.

**Чернавский:** Очень важное определение информации – это то, что она возникает благодаря случайности. В какой мере случайность (полная, неполная) – это каждый раз свое. На эту тему сперва мы относились с Волькенштейном как к некоторому развлечению.

**Буданов:** Это были какие годы?

**Чернавский:** Это были уже 1980-е годы.

**Буданов:** То есть, каждое десятилетие отмечено какой-то новой темой. Как говорил Фейнман, надо менять каждые семь лет поприще. И он везде успел и в статфизике, квантовой физике. И у Вас это жанр, так сказать, синтетического человека, который может менять инструмент. Или как?

**Чернавский:** Ну, поскольку я уже владел биологией, владел элементарными частицами физики, химии, то роль информации во всех этих науках, и особенно в биологии. В физике, не такая большая роль, как в эволюционной физике. Сперва мы относились к этому как увлечению, но потом оказалось, что это гораздо больше, чем увлечение. Оказалось это несколько странным образом даже. В конце 1980-х годов разрешили образовывать временные коллективы и дополнительно зарабатывать. К тому времени заработок ученых был отнюдь не такой привлекательный.

**Буданов:** То есть, отнюдь уже не средний класс.

**Чернавский:** Да.

**Буданов:** У ученых, я знаю, что зарплата у профессуры, доцентов с 1936-го года зарплата не менялась где-то до середины 1980-х годов...

**Чернавский:** Нет. В 1947-м году резко повышалась в два-три раза. И это было очень важно, в связи с атомной бомбой.

**Буданов:** Физики в почете.

**Чернавский:** Да.

**Буданов:** Начиналась эпоха...

**Чернавский:** Да. И тогда ученые... Тогда это звучало, так сказать, гордо...

**Буданов:** Белая кость. Я помню, на 500 рублей можно было батон колбасы купить. Там был какой-то период, вот это зарплата была.

**Чернавский:** Нет. Ну, в 1980-е годы колбаса была по 20 руб. 20 коп.

**Буданов:** Ну, это было в 1989-м. Это было, когда все рушилось.

**Чернавский:** Да. Ну, так вот, при Горбачеве было разрешены временные коллективы. И мы образовали временный коллектив.

**Буданов:** ВРИК?

**Чернавский:** Да. При институте ИРЭФ – институт радиофизики и электроники.

**Буданов:** Гуляевский сейчас, да?..

**Чернавский:** Да. Это Девятков, Берцкий. Тогда же они открыли терапию МКВЧ...

**Буданов:** Микроволновое излучение?

**Чернавский:** Да. Забавная история. Когда мы сделали белок – машина, были оценены характерные частоты колебаний, ну, каждой машины есть своя частота колебаний механических, и оценивали их примерно так:  $10^9$  или  $10^{10}$ ,  $10^{11}$ .

**Буданов:** Герц.

**Чернавский:** И тут же люди подумали, а как же эти колебания возбудить в белке и т.д.? Этим занимались, кстати, Фройлих – замечательный физик.

**Буданов:** Теоретик замечательный. Он был по квантовой теории...

**Чернавский:** Да, он не получил Нобелевскую премию совершенно случайно, потому, что сверхпроводимости его идеи были главными.

**Буданов:** Вероятно, тоже из-за характера?

**Чернавский:** Из-за характера. Гинзбург тогда же мог получить, но они поссорились с Фройлихом, а премия, вообще, предназначалась им двоим.

**Буданов:** Да не доставайся же ты никому!

**Чернавский:** Ну, и стали думать. Как? Акустически не пройдет звук, электромагнитно – это звук как раз в миллиметровых волнах до сантиметра. ИРЭФ обладало источником. Стали облучать и получать разные чудеса. Притом ссылались на меня, потому что оценки этих частот были сделаны мной в какой-то заметке. И тут я совершил, нет, не ошибку, а именно: я подсчитал затухания и убедился, что эти эффекты абсолютно невозможны.

**Буданов:** То есть, не захотели быть главным колдуном и оправдали это затухание...

**Чернавский:** Затухание... Не то, что оправдал, я честно считал затухание, и увидел, что не может этого быть.

**Буданов:** А что же там за эффект такой может быть? Что же это за студень, который продолжает трястись?

**Чернавский:** Никакого студня нет, и никакой студень не продолжает трястись на частотах  $10^{10}$ .

**Буданов:** То есть, целое направление медицины существует?

**Чернавский:** Существует. И вот здесь вот...

**Буданов:** Ваш характер не позволил Вам продолжить.

**Чернавский:** И здесь мы в качестве временного коллектива, нам поручено было сделать теорию, и мы сделали теорию, но совсем другую. А теорию такую: вот КВЧ, оно же облучает тело, и особенно эффективно КВЧ, когда оно облучает активные точки. И мы занялись проблемой биологически активных точек и китайской медициной.

**Буданов:** То есть, то, что у нас шарлатанством еще до недавнего времени считалось такой акупунктурой, терапией, Вы этим спокойно занимались?

**Чернавский:** Да, и могу сказать, я знаком и с практикой и акупунктура, и электропунктура, и КВЧ-пунктура действительно существуют. Это доказано и статистически. И действительно помогают также, как и акупунктура. Другое дело, что разумное, с моей точки зрения, объяснение есть только в нашей группе. В нашей группе это – Радштад Игорь Вениаминович, ныне покойный, к сожалению, и Виктория Павловна Карп – специалист по диагностике, по компьютерной технике.

**Буданов:** Но это уже совсем недавние результаты, так ли я понимаю?

**Чернавский:** Это результаты конца 1980-х.

**Буданов:** А книжки были потом в 1990-е или 2000-е. Это было развитие этих идей.

**Чернавский:** Да, ну это продолжали. А основная идея, вот какая – что электропунктура оказывает информационное воздействие на организм. Вот здесь вот теория информации начала играть роль.

**Буданов:** А величина сигнала информационного – не самое важное?

**Чернавский:** Она может быть маленькой. И вообще, информация количественно не зависит от какой-либо интенсивности.

**Буданов:** То есть, можно в микрофон, а можно шепотом, а информация...

**Чернавский:** А информация одинаковая. Вот так и в организме. Была создана концепция аутодиагностической системы, она и сейчас висит. И я думаю, что вскоре она будет развита, скорее всего, без упоминания о наших работах.

**Буданов:** Ну, такова судьба, как говорится, всех основателей. Вы к этому уже, наверно, привыкли.

**Чернавский:** Во-первых, привык, а во-вторых, если у меня крадут идеи, я радуюсь. Это значит, что было что украсть.

**Буданов:** Редкое качество вообще-то.

**Чернавский:** Потом появилась книга «Синергетика и информация». Она выдержала три издания. Сейчас готовится четвертая, но я не знаю, зачем? Ну, раз покупается, то значит...

**Буданов:** Покупается, покупается. Ее изучают у меня даже философы, методологи. Для тех, кто занимается философией науки – это обязательная книга. Ее надо непременно прочесть. Она пользуется популярностью, интересом.

**Чернавский:** Эта книга для меня – очень важный этап в жизни. В компьютере у меня, когда эта книга писалась, все это было, по-моему, под название «Реквием».

**Буданов:** Опус четвертый...

**Чернавский:** Да... Я и сейчас возвращаюсь. Там еще много, много чего развивать. Потом это перешло вот во что: вот информационный процесс в организме, вот он так-то, при этом опираясь довольно существенно на достижения, наверное, компьютеринга. Вот сейчас мы очень активно вместе с дочкой развиваем концепцию под названием «Возможная архитектура аппарата мышления, составленная из блоков нейропроцессоров». Хопфилда, Гросберга и так далее. Ну, с удовольствием работаем, и дочь с удовольствием работает, и Вика Карп с удовольствием работает. Молодежь к нам примкнула. Никитин.

**Буданов:** Ну, я так Вас давно наблюдаю. У Вас есть вот это свойство – идти верхним чутьем, оно дается уже мастерам. И когда Вы этому учите молодежь, то возникает совершенное очарование, творчество. Тяжелый труд должен быть, но это должно быть некое предшествующее состояние. А вот затем возникает полетность какая-то в науке, которую можно получить только от мастера. Превращенные знания, как Пиаже говорил: «Личностный опыт, если он есть, то тогда можно научить. Если его нет, то тогда будешь сидеть учить литературу».

**Чернавский:** К большому моему сожалению, происходит дело так: приходит молодой человек с горящими глазами: «Хочу работать!». Начинает работать, действительно получает удовольствие, а потом выясняется, что я ему платить не могу. Увы, не оплачивается это.

**Буданов:** Ну, это наши реалии, наша реальность.

**Чернавский:** Как раньше говорили, работай на коммунистических началах.

**Буданов:** Я эту мысль как-то успел в последней встрече с Сергеем Петровичем Капицей обсудить, и он как-то не ожидал этого поворота. Поскольку он такой человек – определенной идеологической, рациональной, жесткой такой позиции. И я говорю: «Смотрите, у нас была некая такая культура служения. Это были и сельские учителя, и сельские врачи – земство. Доктор Чехов. Это было до революции. Какие там деньги? Просто есть потребность помогать, творить. И эту культуру у нас как-то не очень превозносили. А у нас все народовольцы, освободить кого-то, победить, какие-то классы зачистить. Вот была эта культура. Дальше, если мы возьмем уже советский период, то у нас были научные работники. Да, когда-то они были в почете, когда-то это было мотивом. Но уже с 1970-х годов кончая, это – условная престижность, и, как говорили, нам делают вид, что нам платят, а мы делаем вид, что мы работаем. Но это не относилось к научным работникам. Потому что, несмотря на вот эти небольшие оплаты, была какая-то самооценная вещь, возможность творчества. И если брать еще более ранний период, то, скажем, в церковной традиции, там есть две ветви. Одна – это жесткая иерархия церковная – это иосифляне, это деньги, влияние на государство, ее земли, ее структура, иерархия. Была другая – это нестяжатели, это старцы, которые были открыты людям, к ним приходили и нищие». И вот я задал вопрос Капице: «Не считаете ли Вы, что вот те оставшиеся ученые, которые не соблазнились, которые удержались, вот они в каком-то смысле являются теми нестяжателями сегодня, через которых может вернуться образ подлинного старца?». Вот Вы для нас старец...

**Чернавский:** Так оно и есть...

**Буданов:** Не старче, а старец... И Сергей Петрович, так сказать, не ожидал этого поворота, но сказал: «Пожалуй, да, Вы знаете, наверное, вот это – нравственное начало, как не парадоксально, живет в рациональной среде, которая когда-то совсем была связана с другой эпохой, другой культурой». Это к тому, что не платят там и так далее. Уже по-другому не можете. К сожалению, молодежи очень сложно здесь обустроиться. Нужно семьи заводить, как-то нужно жизнь устраивать, в науке трудно остаться. Я вспоминаю начало 1990-х. Многие ушли из аспирантуры, даже некоторые дипломы не защищали. Но потом они состоялись

как бизнесмены даже. И вернулись, вернулись, кто диплом доделать, а кто и поработать и даже чуть ли не волонтером. Вот это удивительно! Вот это – ценность интеллектуального труда – она была привита нашей культурой. Это очень важно.

**Чернавский:** Но это вернулись те, которые в бизнесе.

**Буданов:** Нет, они как-то параллельно с бизнесом, это некое поприще для души настоящее.

**Чернавский:** Есть такие, наверное, у меня друг такой же. Но последний этап – это экономика.

**Буданов:** Но подождите, это что же получается? В 1960-е годы – ядерная физика, физика элементарных частиц, в 1970-е – это фотосинтез, в 1980-е – теория информации. Я так подозреваю, что в 1990-е Вы решили разобраться с бедственным положением российской экономики?

**Чернавский:** В общем-то, да, стимулом было именно, фактически так оно и было. На слуху была рыночная экономика. Я понимал, что рыночная экономика требует некоторую определенную структуру общества, т.е. структуру общества, сколько бедных, сколько и богатых, сколько средних. Вот это «сколько» очень важно, и от этого зависит, к каким результатам приведет переход к рыночной экономике и либерализации цен. Это было до либерализации цен. Я пришел к выводу, что у нас есть бедные, есть богатые, а среднего класса нет.

**Буданов:** То есть, он был где-то еще в 1970-х даже, а уже к 1990-м годам не было.

**Чернавский:** Он размылся. Появился горб богатых, а те которые были раньше средними, они, их....

**Буданов:** Тогда что же получается? У Библии есть фраза – деньги к деньгам. Получается, когда Вы отпускаете деньги, что-то там либерализуете, какую-то приватизацию, оказывается, что все это уйдет к богатым, а бедные не смогут этим воспользоваться.

**Чернавский:** Даже проще. При рыночной экономике, когда выгода определяет цену. Вот если у Вас есть бедные, есть богатые. Вы принесли некий продукт, допустим, яблоки. Вы можете продать одно яблоко за 100 рублей, и тогда его купит богатый, но богатому не нужны все остальные. Вы можете за каждое яблоко по 10 копеек, или по рублю продать, и тогда Вы получите меньше. То есть, цены формируются приблизительно богатым горбом... Деньги к деньгам. Это было доказано теоретически и написано в статье.

**Буданов:** Средний класс – это необходимое условие для свободного рынка, тогда он воспроизводит распределение.

**Чернавский:** Да. Ко мне обратились журналисты, некая газета под названием «Солидарность», сейчас ее нет. А была такая, интересная.

**Буданов:** Ну, это еще со времен Гданьских событий, это польская «Солидарность».

**Чернавский:** Да, вслед за польской «Солидарностью». Ко мне обратились. Я написал статью, она называлась «К вопросу о...», речь шла о двух горбах и их последствиях, в газете «Солидарность».

**Буданов:** То есть, у нас верблюдоподобная жизнь экономики была.

**Чернавский:** А дальше была такая история. Мне позвонили, сказали, что можно забрать газету. Я приехал, эти ребята что-то мнутя, жмутся, и говорят: «Дмитрий Сергеевич, Вы знаете, мы напечатали Вашу статью, все как есть почти, но название все-таки пришлось изменить. У Вас она называлась «К вопросу о...», а мы ее назвали – «У верблюда два горба, потому что жизнь – борьба». Я даже не обиделся, не успел от удивления. И верблюд пошел гулять. И верблюд какое-то влияние оказал. Потом, когда я разговаривал с людьми, когда заходила речь, «... А это у верблюда два горба...» «А откуда это?» «А это всем известно!» «А кто это, кто эту работу сделал?» «А никто не знает, это как-то...».

**Буданов:** В газете было...

**Чернавский:** Народное творчество. Я не обиделся.

**Буданов:** На самом деле получается наоборот. Не у верблюда два горба, потому что жизнь – борьба, а жизнь борьба, поэтому у верблюда два горба, то есть, взаимность такая...

**Чернавский:** Если у верблюда два горба, то за жизнь нужно бороться. Затем я занялся математическим моделированием, поскольку это моя основная специальность. Математиче-

ским моделированием процессов, которые пошли с 1991 года. Была построена модель экономики России, динамики. Она и сейчас актуальна. Тогда она была с удивлением и как-то неожиданно воспринята. Но положительно воспринята. Она не входила в экономический мейнстрим. Мейнстрим – совсем другое.

**Буданов:** Мейнстрим показал свое не просто бессилие, а даже вред, поэтому они, видимо, вынуждены были потом обратиться.

**Чернавский:** Мейнстрим, он и сейчас остается мейнстримом, там люди работают, за деньги, кстати. В свое время я выступал с докладами, модель выдавала разумное объяснение того, что произошло после либерализации. По существу, модель прогнозировать мы и не старались, а мы постарались построить модель как инструмент поддержки принятия решений. Что это значит? Это значит, что модель может отвечать на вопросы: а если будет принято такое-то решение, то к чему оно приведет? А если будет другое, то к чему оно приведет?

**Буданов:** Здесь такое мягкое моделирование, которое для политиков и управленцев понятно.

**Чернавский:** Верно. Сыграла ли она какую-нибудь роль в жизни России? Не знаю. Сказать, что сыграла, не берусь. Если сыграла, то очень косвенную.

**Буданов:** Я думаю, сыграла. Потому что, оборачиваясь назад, у нас же есть некое пренебрежение к науке сегодня. То, когда Вы им показываете результаты 20-летней давности и говорите, «...ребята, это же все уже прописано», то невольно приходится уважать.

**Чернавский:** И мы потом развивали эту модель. И публиковали. Опубликована она была в «Успехах физических наук». Станным образом, но замечательный журнал.

**Буданов:** Это дело чести Гинзбурга Виталия Лазаревича.

**Чернавский:** Да, да, безусловно. Могу сказать, что какую-то роль сыграла. И вот почему. Ведь когда грянул кризис в 1998 году, Путин, и вообще была большая-большая статья, антикризисные меры, там разные. Я читал этот документ. И вдруг с удивлением – что-то знакомое-знакомое. Приходит дочь, ты читал? Да, читал. А ты обратил внимание?

**Буданов:** Абзац из твоей статьи. Ну, это особенность нашей власти, она сегодня взаимодействует с сообществом научным таким образом: стоит мембрана полупрозрачная, они мониторят, туда что-то всасывает, обратной связи никакой нет, что они там возьмут, как? Поэтому – это некое зазеркалье, напрямую контакта нет.

**Чернавский:** Там уже правила игры определяются интригами, это само собой, но иногда жизнь заставляет что-то оттуда брать.

**Буданов:** Мы тоже в Институте философии иногда слышим знакомые слова, и в выступлениях первых лиц наши обороты речи. Приятно, конечно, знать, что кто-то куда-то несет.

**Чернавский:** Так, механика проста. Кто-то куда-то несет. Сперва, на низком уровне он делает выжимку, подает. На низком он уже не ссылается на то, откуда...

**Буданов:** А их задача не ссылаться. Их задача – принимать решения.

**Чернавский:** На следующем уровне: из этого – выжимку. И конечно, не ссылается на предыдущий.

**Буданов:** Там же этики нет научной, там другая игра.

**Чернавский:** Наконец, это доходит до самого верха. И откуда это взята цитата или откуда взята эта фраза, уже совершенно не...

**Буданов:** Это я, знаете, объясняю ребятам, как надо манипулировать... Как раз теория информации когда. Как манипулировать руководителем. Как секретарша или референт должны манипулировать руководителем. Значит, первое – проблематизация ситуации. Нужно развеять, развенчать неким способом его представление и уверенность в вопросе. Это можно сделать интригой. Или подсовывая нужный компромат. Второй момент. А что ж делать-то? Он должен принять решение. И тут мудрая секретарша говорит: «Иван Иванович, Вы помните, помните? Вы же сами говорили». Иван Иванович может и не помнит...

**Чернавский:** И не говорил...

**Буданов:** И не говорил. Но мысль-то хороша, потому что у него никакой мысли нет. И все. Он уже это за свое выдает: «Ну, я же говорил. Да, в самом деле. Ай да я!». Такова технология, по-видимому, управления, она существует. Это эффективная технология.

**Чернавский:** Да она во всех странах такая...

**Буданов:** Это же человеческая.

**Чернавский:** Человеческая.

**Буданов:** Информация... Источник забыт, но важно, что она дошла, наша задача эта.

**Чернавский:** Сейчас мы работаем в сфере экономики. Предпочитаем более или менее серьезные проблемы: Что такое деньги? Из этого следует, как нужно организовать...

**Буданов:** И когда они кончатся?

**Чернавский:** И когда они кончатся? И откуда они берутся? Ведь финансовая политика и финансовая стратегия в настоящий момент уже осознана. Даже международно осознана, что существующие правила игры в финансовой сфере очень опасны. Это осознано. А какие должны быть? Какие менее опасны? Какие оптимальны?

**Буданов:** А Вам не кажется, что эти риски... Они не боятся их. Они их снимают с помощью военных конфликтов...

**Чернавский:** Это я знаю.

**Буданов:** Каких-то политических... И это и есть регулятивы внеэкономические, которыми собственно пользуются для того, чтобы продолжать эту опасную стратегию. Что с этим-то делать?

**Чернавский:** Работать, Володя. Работать и искать точку бифуркации, когда эта стратегия и эта политика даст срыв.

**Буданов:** Вероятно она где-то...

**Чернавский:** Она где-то очень близка.

**Буданов:** Да, похоже на то.

**Чернавский:** Причем, предсказать эту точку можно с некоторой точностью. Уже предсказывают конец света там.

**Буданов:** Конец света – это чтобы держать почтенную публику в напряжении, чтобы не лезла ни в политику, ни в социальные дела.

**Чернавский:** Нет. Конец света – конец финансам.

**Буданов:** А, в этом смысле?

**Чернавский:** В этом смысле.

**Буданов:** Да.

**Чернавский:** И нужно сказать, что эта бифуркация приятной никому не будет.

**Буданов:** Боль, боль, конечно.

**Чернавский:** Война, скорее всего.

**Буданов:** Регионализация валют просто так не возможна, хотя о ней уже заговорили.

**Чернавский:** Возможна, но для этого нужно очень большое желание и мудрость всех политиков мира.

**Буданов:** Победить собственную жадность очень сложно, когда ты управлял миром, так сказать, держал за ниточки, и ты должен от этого отказаться. Это серьезно. Вы сейчас глобальный кризис чувствуете, понимаете его механизм?

**Чернавский:** Да. Ну, думаем, что так. Работаем на эту тему.

**Буданов:** Честный ученый всегда не говорит, что он знает все.

**Чернавский:** Да. При этом очень важную роль стала играть теория информации. Потому что в анализе, что есть деньги, мы опираемся на то, что деньги – это не универсальный товар. Это условная информация.

**Буданов:** Борьба условных информационных.

**Чернавский:** Борьба условных информационных – это тот котел, в котором мы сейчас живем.

**Буданов:** Получается так, что в 1990 годы Вы моделировали экономику России и ее локальных экономических субъектов, а сейчас занялись глобальным процессом – моделированием мировой экономики и суперорганизма транснационального.

**Чернавский:** Главная претензия моя к глобалистам не в том, что мир будет или не будет глобальным. Очень может быть, что рано или поздно он будет глобальным. Из модели борьбы условных информационных как раз это следует.

**Буданов:** У Вас же есть идея, что несколько локусов стартуют, а потом есть один из сценариев, где возникает единая информационная доминанта. Мы от этой сетёвности и повышенной коммуникативности никуда не уйдем. Она только увеличивается, и процесс ускорится.

**Чернавский:** Да, именно так. Но главный вопрос. А какой путь к этой глобальности?

**Буданов:** Совершенно верно! Это как с нашей приватизацией. Введем рынок, а он рассудит. Помните? Сергей Павлович возмущался. А на самом деле своя стратегия приватизации, которая фактически управляла этим хаосом. А делали вид: это хаос, мы не виноваты. Это управление хаосом.

**Чернавский:** Сейчас нужно максимум усилий употребить на то, чтобы понять какие есть возможные пути и какие должны быть предприняты меры, в том числе и человеческим сообществом, и нами, и какая должна быть выработана идеология для того, чтобы путь был менее кровавым.

**Буданов:** Это нужно отчетливо артикулировать, произнести. Авторитета у Вас достаточно. Для этого нужны определенные формы. Сейчас на Евразийском пространстве эта концепция может стать некой стратегией экономической, должна быть какая-то идентичность евразийского пространства, она может быть востребована экономической теорией.

**Чернавский:** Может быть, но мой прогноз не так оптимистичен. Если я на каком-нибудь глобалистском форуме изложу свое виденье на меня ополчатся глобалисты и антиглобалисты!

**Буданов:** Антиглобалисты – это же не те, кто против глобализации, а против сегодняшнего сценария ее, который навязывается. Поэтому Вы в каком-то смысле тоже антиглобалист, просто у Вас есть конструктивный сценарий иной природы.

**Чернавский:** Да.

**Буданов:** Дмитрий Сергеевич, это конечно удивительная траектория, только что не захвачена сфера культурологии, филологии, даже истории Вы не касались и то, Вы моделировали историческое развитие - параллельно это пришлось делать. Я хочу обратить внимание наших слушателей, что, несмотря на множественные искушения войти в политические игры, в альянсы разного рода, наверняка, они Вам предлагались, Вы просто делали свое дело, как ученый, и судьба так распорядилась, что Вас слышали, Ваши семинары, Ваш авторитет, они, как Вы говорите, из газет узнал о своих работах? То есть, действительно, вот этот принцип «делай свое дело и будет то, что должно быть».

**Чернавский:** «Пусть каждый выполнит свой долг», – это обращение Нельсона к матросам перед трафальгарским сражением.

**Буданов:** В общем, таких, можно не одно привести. Это были слова перед существенными событиями судеб Европы, мира. Дмитрий Сергеевич, у меня к Вам будет просьба. Мы сейчас поговорили о Вашей полифоничной траектории Вашего творчества, это удивительно, я даже не припомню, кто был таким. В свое время был Анри Пуанкаре, который был, как и Вы, горным инженером, и физиком, и гениальным математиком, писал по философии – он был последний энциклопедист. Когда мы говорим Эйнштейн, то он всё же был физик. Если мы говорим о сегодняшней нашей беседе, то это удивительно – не просто многообразие, но и гармония этих вещей, и я хочу, чтобы Вы пояснили, ведь на самом деле есть, если угодно, идеология или методологический мейнстрим в самой науке, который связан с междисциплинарными исследованиями или синергетикой. Вы являетесь у нас в России, и не только в России, одним из основателей этого направления. Расскажите, как это случилось, так, что синергетика привилась на российской почве на встречах с основателями, может быть с Хакеном, с Сергеем Павловичем Курдюмовым дружили и вообще об этом сообществе, которое живет и не сказать, что это очень простая судьба синергетики в России.

**Чернавский:** Она и везде не проста.

**Буданов:** Вероятно, да. Где-то в 1960-е годы началась эта деятельность, идея междисциплинарности. Она Вам присуща генетически, раз Вы успели отметиться, наследить так всерьез в стольких разделах.

**Чернавский:** Замечательный ученый Вайскопф написал эпиграмму на другого замечательного физика Френкеля.

**Буданов:** Он ведь был директором CERNa. И еще великолепным философом.

**Чернавский:** Он был физиком замечательным и остроумный человек, а в переводе это звучит: «Не осталось ни одного уголка, где господин Френкель не наследил бы».

**Буданов:** Примерно так говорил о Хакене, о синергетике Пригожин, всё, что новое появляется, синергетика объявляет своим. Ваше отношение, и как это все происходило, Вы же не просто свидетель, а Вы – участник становления синергетики. Как Степин говорит – постнеклассики. Вы много сотрудничали с Институтом философии, это же еще одно Ваше поприще, методология синергетики – это же тоже Ваше детище, хотя я писал докторскую, но Вы раньше меня писали об этом. Я всегда с пиететом и благодарностью относился к Вашим работам.

**Чернавский:** Володя, с удовольствием отвечу, тем более, что это поучительно. Сперва расскажу о том, что рассказывал и студентам, в качестве примера о роли условной информации. Условная информация – это выбор сделанный коллективом в результате договоренности. Это не объективная, потому что объективная информация – это выбор, сделанный природой, а это общество. А пример такой – представьте себе, что один астроном наблюдал звезду новую какую-то, определил светимость, что-то еще, но не предложил название, а другой – ничего не наблюдал, а предложил название. Спрашивается, кому потомство предпишет честь открытия?

**Буданов:** Ну, понятно кому.

**Чернавский:** А теперь по существу. В 1964-м году в Пущине была конференция.

**Буданов:** В 1964-м? Не в 1974-м?

**Чернавский:** В 64-м. В Пущине была конференция об автоколебаниях, фактическом, математическом моделировании, в биологии, химии, физике и гуманитарных науках.

**Буданов:** Ничего себе, то есть, идея о всеобщности колебаний идущая от Мандельштама. Здесь второе издание было.

**Чернавский:** Да. Приводили примеры, приводили модели, и это был пир ума. Договорились, что еще конференция, а называлось это все «Об автоколебаниях в химии, биологии, физике и т.д.» Длинное название. Скоро появилась синергетика, предложенная Хакеном.

**Буданов:** В 1969-м году этот термин он предложил.

**Чернавский:** Я сперва отнесся к этому отрицательно. Фактически то, чем мы занимались в 1964-м, в синергетике ничего нового нет, по сравнению с тем, чем мы занимались в 1964-м. Тоже испытывал, по-видимому, и Пригожин. Он занимался примерно тем же и называл это «Нелинейная далекая от равновесия термодинамика».

**Буданов:** Или «Теория диссипативных структур», еще хлеще.

**Чернавский:** А Хакен назвал синергетика. Я не буду повторять, как это произошло.

**Буданов:** Расскажите, как это произошло, я ведь с Ваших слов это пересказываю.

**Чернавский:** А я со слов Хакена.

**Буданов:** Расскажите, как из первых уст.

**Чернавский:** Хакен, кстати, остроумный человек.

**Буданов:** Я с ним потом уже, намного позже, в 1990-х в Вене обедал, один на один, удивительно светлый человек.

**Чернавский:** А история такая. Профессор Хакен сидел в Штутгарте без денег. А я расскажу даже, как я однажды делал шуточные выступления в Пущине на конференции по синергетике. Там же традиция была. Конференции по автоколебаниям перешли в конференции по синергетике. На банкете там. Профессор Хакен сидел без денег. «First slide, please. I'm sorry». На этом слайде должен быть изображен профессор Хакен без денег. Он знал, что деньги может получить, если он придумает новое научное направление и новое научное название к этому направлению. Он знал, что если название будет по-немецки, то денег не дадут, по-английски – тоже, по-латыни – дадут, но немного. И он решил назвать по-гречески. Было две возможности: первая, совместные действия – совместные по-гречески син, действие – эргос и тогда наука должна называться синергетика, или совместное движение, движение – гогос и тогда новое

направление должно называться синагогией. Но он выбрал первое, и был прав. «Next slide, please». На этом слайде должен быть изображен профессор Хакен с деньгами.

**Буданов:** Это один из многих способов заработать деньги.

**Чернавский:** Что же касается вклада профессора Хакена в синергетику – это вне сомнения.

**Буданов:** Причем параметр порядка он был и в физике. Теорема Тихонова, то, что Вы пишете. Но это именно в ситуации не в точке бифуркации, т.е., когда медленные управляют быстрыми. А он в точке бифуркации его инвертировал. У него происходит, когда быстрые побеждают. По-моему, у Тихонова этого не было, он расширил сферу применимости этой идеи.

**Чернавский:** Было это у Тихонова. У него теорема так и называется «Присоединенная система может быть редуцирована, исключена, если она устойчива. Если она не устойчива – нельзя».

**Буданов:** А Хакен описывал, как этот параметр порядка рождается. Самые быстрые флуктуации начинают отбирать ресурсы у остальных, то в этом смысле термин параметр порядка он сохранил, но это уже не тихоновский вариант.

**Чернавский:** Безусловно, Хакен имеет заслуги.

**Буданов:** И даже Пригожин ссылался, что есть результат. Я прошу прощения, только Вы еще говорили, почему он очаровал...или про Пушино 1975-го года, почему по-русски он говорил?

**Чернавский:** Другая история – это свидетельство, что Хакен – остроумный человек, причем глубоко остроумный.

**Буданов:** Можно ли всю историю.

**Чернавский:** Подлинная история самим Хакеном рассказана. История такая: Его дед выучил русский, когда находился в России во время Первой Мировой войны. Его отец выучил русский, когда находился в России во время Второй Мировой войны. И оба, вернувшись, рекомендовали Хакену изучить русский язык на всякий случай.

**Буданов:** Не ждать третьей. Понятно.

**Чернавский:** Нет, Хакен мне очень симпатичен, несмотря на то, что к слову синергетика я отнесся негативно, так же как и Пригожин.

**Буданов:** Вероятно, его обаяние сняло это предубеждение у людей.

**Чернавский:** Нет, не в этом дело. Слово «синергетика» – короткое. И непонятное.

**Буданов:** Но это важно для новых терминов.

**Чернавский:** Для новых терминов важно. Новый термин должен иметь что-то загадочное, что как-то интуитивно оперирует к высшим силам.

**Буданов:** Но для этого мертвый язык и использовали – латынь, который уже неживой и для него нельзя ассоциации устраивать, всякий сленг по поводу него.

**Чернавский:** Так что, возвращаясь к тому астроному, который ничего не сделал, но придумал название, Хакен должен был придумать название, которое будет в веках жить, оно должно быть новым, оно должно быть коротким, впечатляющим и звучным.

**Буданов:** Пригожин ревновал его в этой части.

**Чернавский:** Пригожин не придумал такого названья.

**Буданов:** Так же как Арнольд ревновал Рене Тома к «теории катастроф». А у него было – «Теория особенностей дифференцируемых отображений». Начало забудешь, пока выговоришь.

**Чернавский:** Тем не менее, теория катастроф и синергетика. Но затем с синергетикой случилась тоже закономерная вещь. А именно, вот какая. Синергетика – слово звучное, и синергетика не может не быть междисциплинарной, она требует от того, чтобы тот, кто называется синергетиком, владел, быть может, непрофессионально, но многими областями.

**Буданов:** То есть, одной профессионально, а многими – пусть непрофессионально. Потому что, если ты ни одной профессионально не владеешь, то ты не знаешь, как делается наука просто.

**Чернавский:** Это верно. И когда появилась синергетика, общество синергетиков, то профессионалы в узких областях восстали против нее. И это естественно, это – очень глубинное свойство человека, как и всего живого – защищать свою условную информацию.

**Буданов:** И примириться никак невозможно было? Что здесь могло служить мотивом для примирения с этим?

**Чернавский:** Мотивом для примирения мог бы служить А.С. Пушкин, который написал маленькую трагедию «Моцарт и Сальери». Сальери - профессионал, а Моцарт – творец. Могут ли они примириться?

**Буданов:** По Пушкину как-то не очень у них получилось. Но в истории, говорят, у них было не все так плохо.

**Чернавский:** В реальности Сальери совсем не тот, который у Пушкина, у Пушкина гениально изобретенный образ профессионала еще очень достойного, умного, который ревнует к творцу.

**Буданов:** Когда-то Колмогоров собрал большой совет, синклит, и его спросили, что Вы считаете самым важным в нашей работе? На что он ответил: «Самое важное – это уметь прощать талант другого».

**Чернавский:** Вот Колмогоров мог бы примириться. Но Колмогорова нету.

**Буданов:** Значит, все-таки, речь о какой-то крупной фигуре, которая безусловно авторитетна. В свое время в физике Гинзбург был, но у него другие задачи, он многие задачи решал в физике, а кто здесь мог бы? Ну, вот Вы в кибернетике аналогичную ситуацию наблюдали, и более того участвовали, будучи секретарем совета, я так помню, академика Берга.

**Чернавский:** Да, так точно.

**Буданов:** Так что это второй заход уже междисциплинарный.

**Чернавский:** Кибернетика и синергетика отличаются следующим образом. По идее кибернетика то же самое, что и синергетика, но ее погубил доктор Эшби, один из создателей кибернетики. У кибернетики два создателя: медик доктор Эшби и математик Винер. Винер изложил основные идеи, Эшби они понравились, но он не был математиком и не хотел учить математике. Эшби воспринял вербально эти идеи и затем провозгласил: кибернетиком может быть человек, не знающий математику. После этого в кибернетику хлынул поток невежд, которые играли словами, не будучи специалистами, нигде и в математике тоже, так же как дилетанты.

**Буданов:** Очень интересно, что Бергаланфи (основатель системного подхода) не был математиком, он был биологом. И он боялся математики, он ее не знал, он говорил: «Нам математика не нужна», он пытался свою математику для систем придумать, тем не менее, системный подход оказался намного более живучим.

**Чернавский:** Системный подход из кибернетики перешел в синергетику.

**Буданов:** Он просто транслируется.

**Чернавский:** Да, он просто транслируется. И это естественно. Но само слово кибернетика, после того как ее заполонили невежды, было дискредитировано. Берг - это последний, кто поднимал знамя кибернетики, и после его кончины совет по кибернетике распался.

**Буданов:** Все было освещено его авторитетом.

**Чернавский:** В России все было освещено его авторитетом.

**Буданов:** И политическим (член ЦК КПСС), и научным.

**Чернавский:** В России фигур, которые своим авторитетом смогли бы заставить профессионалов примириться с творцами, как того хотел Колмогоров, не нашлось. Слово синергетика сперва было притягательным, и тогда академик Зельдович, человек талантливый, но, конечно, не такой как Колмогоров. Он, кстати, тоже химик, объявил, что будет главным синергетиком, после этого он скоро умер. Боря Кадомцев тоже талантливый человек, академик, авторитет объявил, что теперь он будет главным синергетиком и вскоре умер. Главным синергетиком был провозглашен Сергей Павлович Курдюмов.

**Буданов:** Не просто провозглашен! Он был ее знаменем. Как Данко. Он просто горел этим! Сгорал!

**Чернавский:** Я пошел под его знамена.

**Буданов:** Я помню, мы тогда все пошли. Это начало 1990-х годов было.

**Чернавский:** Когда Сергей Павлович скончался, ко мне обращались: Дмитрий Сергеевич, теперь Вы будете главным синергетиком. Я на всякий случай отказался. И до сих пор живой.

**Буданов:** Это, конечно, очень поучительная история, не ходите, дети в синергетику гулять или все, кто ели огурцы, рано или поздно умерли, но действительно в этом, что-то есть. Поддержки мало, много вопросов и непризнания, а работы много, это верно.

**Чернавский:** Работы много и, так сказать, синергетика не дискредитирована, она забыта.

**Буданов:** Мы сейчас ее пытаемся вернуть.

**Чернавский:** Мы-то пытаемся, а забыта она благодаря американцам.

**Буданов:** А они свою версию издали. Им не нужен Хакен, у них есть Гел-Манн в Санта-Фе и Complexity.

**Чернавский:** Правильно, но называется это не синергетика, а «теория сложных систем». Длинно.

**Буданов:** Да, зато американская.

**Чернавский:** Так, что мы пытаемся.

**Буданов:** Но если глобализация пойдет не по-американски, то может и синергетика вернется.

**Чернавский:** А если пойдет по американскому пути, то синергетики не будет, а будет теория сложных систем, кстати, тоже очень размытая и очень непонятная, но даже без намека на высшие силы.

**Буданов:** Они прагматики.

**Чернавский:** Не может слово объединить под свои знамена.

**Буданов:** Да, похоже на то. Дело в том, что синергия – это термин отцов церкви.

**Чернавский:** Раньше синергия обозначала простую вещь, когда действие двух реактивов взаимно усиливается.

**Буданов:** А синергия физиологии – это, когда десятки тысяч клеток синхронно работают, осуществляя движение. Этот термин тоже возник раньше, чем синергетика, он восходит к духовным основанием западной культуры.

**Чернавский:** В Complexity духовности нет, а в синергетике есть.

**Буданов:** Что-то сквозит. Хорошо, Дмитрий Сергеевич, я думаю, что мы сегодня хорошо поговорили. Несмотря на наш большой объем, хочется, чтобы Вы раскрутились. Какого Ваше видение науки в будущем и его возможные варианты? Может ли наука исчезнуть, может ли измельчать до чистой прагматики или есть какой-то горизонт, который надо штурмовать. Что это будет? Фундаментальные знания? Уже трудно пробиться сквозь эти сверхмалые расстояния, сверхбольшие массы или все-таки это будет наука о сложном? Как вам кажется?

**Чернавский:** Моя точка зрения, что пробиться в малые расстояния и сверхвысокие энергии и так далее, она всегда будет прикрытием, она и сейчас уже превратилась в игру в бисер и, судя по всему, такой и останется.

**Буданов:** Но это будет осознаваться все большим числом людей, и физики не смогут деньги вышибить.

**Чернавский:** У меня впечатление вот какое. В науке есть два понятия: знание и понимание. Знание – это владение методами, владение алгоритмами, умение на их основании предсказывать в рамках допустимого поведения.

**Буданов:** То есть, можно сказать, рецептурный тип такой.

**Чернавский:** Это знание. Понимание более расплывчато, поэтому определить понимание я не берусь, но я считаю, что человек понимает, если находит в своей библиотеке знаний, где-то в своем подсознании или где-то в своем сознании даже аналог увиденного.

**Буданов:** То есть, соотнести с тем, что устоялось.

**Чернавский:** С тем, что человек в своей человеческой природе непосредственно может наблюдать.

**Буданов:** Квантовую механику в этом смысле до конца понять нельзя.

**Чернавский:** В этой связи я сейчас работаю над темой: как понять квантовую механику.

**Буданов:** Как я знаю, это Ваша чуть ли не юношеская проблема.

**Чернавский:** Верно, это сквозная тема жизни, действительно так и есть, а сейчас я занимаюсь этим уже вместе с внуком.

**Буданов:** Вы мне рассказывали о вашей беседе с отцом основателем квантовой механики – Вернером Гайзенбергом. Расскажите, кто такой Гайзенберг, было ли это крещением или напутствием.

**Чернавский:** Это было знаковым этапом в моей жизни. Перед этим начнем с шутки. Я рассказывал о проблемах квантовой механики и говорил, что не понимали квантовую механику Эйнштейн, Шредингер и Гайзенберг, последовал вопрос: вот Эйнштейн не понимал – это известно, Шредингер написал книгу про дохлую кошку – известно, откуда вам известно, что Гайзенберг тоже скептически относился к квантовой механике? Ответ: он сам мне это сказал. И тут из дальних рядов робкий такой юношеский голос: Дмитрий Сергеевич, а Исаак Ньютон Вам ничего не говорил? Следовательно, так сказать, я тоже сохранившийся мамонт.

**Буданов:** А сейчас Вы расскажите об отце мамонтов. Вы расскажите обстановку и время.

**Чернавский:** А время сейчас скажу. 1955–56-е года. В 1951-м начались потоки разных предложений и моделей множественного рождения, среди них были Ферми и Гейзенберг.

**Буданов:** А где Вы познакомились? Не на улице же?

**Чернавский:** Мы познакомились со статьей. Я увидел, что в теории Гайзенберга нарушены соотношения неопределенности, то есть, там самый главный эффект происходит при действии меньших  $\hbar$ .

**Буданов:** Он предал свое детище.

**Чернавский:** Расскажу, так расскажу. Параллельно Ландау предложил то же самое, независимо от Гайзенберга, и мы с Евгением Львовичем поехали к Ландау, объяснять ему, что он не прав. Разговор был в квартире у Ландау, в «капишнике», около Института, где жила профессура.

**Буданов:** Так же как Капица жил в Кембридже, будучи профессором.

**Чернавский:** Да, Ландау был с Померанчуком, который был учеником и, так сказать, на подхвате у Ландау. Разговор происходил следующим образом: Евгений Львович пошел к Ландау объяснять ему, а Ландау поручил Помарчуку со мной поговорить.

**Буданов:** С моим младшим братом, меньшим братом.

**Чернавский:** Да, да, да, разговор был, мы сели, Померанчук был очень любезен и начал так: «Молодой человек, Вы только входите в физику, зачем Вам сразу противоречить Ландау? Ландау – это же корифей. Вы говорите, что он не прав, не может этого быть. Закурите, пожалуйста», и дает мне пачку Казбека элитарного.

**Буданов:** Благородный наркотик.

**Чернавский:** Вот в таком духе происходил разговор, я молчал, и вдруг в какой-то момент окрик: «Чук, назад!»

**Буданов:** До этого было «Фас!», а теперь – «Назад!»

**Чернавский:** Да, «Назад!». И Чук покорно поплёлся к ноге. Ландау изрёк: «Чук, может быть, они в чём-то правы». Одновременно это означало конец аудиенции. Мы ушли. Ландау с тех пор меня невзлюбил. Он не любил, когда ему...

**Буданов:** Позволил, – что там было, я уже не помню, – но позволил себе...

**Чернавский:** Что касается Гайзенберга. Ландау не опубликовал свои, потому что понял, в чём неправ. Потом где-то была вынесена благодарность Фейнбергу, а обо мне ни слова.

**Буданов:** Кто Вы такой вообще...

**Чернавский:** Да. «Чук, назад!» Гайзенбергу мы написали. Получили в ответ письмо, довольно быстро, очень взвешенное. Звучало оно так: «Я рекомендую вам свои соображения опубликовать, несмотря на то, что они противоречат. А более серьёзный разговор я предлагаю отложить до Рочестерской конференции – через год-два она будет». И мы приехали на Рочестерскую конференцию, туда приехал Ландау. Ой...

**Буданов:** Гайзенберг.

**Чернавский:** Гайзенберг. Произошло недоразумение, он почему-то не был внесён в списки, и ему на рецепции ответили, что сейчас выдающихся физиков съезд, нет в гостинице мест. И он сидел там два часа, ждал, когда это разъяснится.

**Буданов:** Наверное, это унижение за его нацистское прошлое.

**Чернавский:** Я не думаю. Ты знаешь, я считаю, что Гайзенберг как человек – очень высокого класса.

**Буданов:** Он же спас огромное количество учёных фактически.

**Чернавский:** Просто человек очень высокого класса. Как человек. Как учёный – я даже не говорю.

**Буданов:** Как учёный, он всем известен, но не как человек.

**Чернавский:** Как человек он примерно такую же роль играл, как Сергей Иванович Вавилов, будучи президентом Академии наук.

**Буданов:** Демпфировал многие вещи и спасал людей-физиков.

**Чернавский:** Да. Ну, а что это значит, я прекрасно понимаю – моё детство прошло в 1930-е годы.

**Буданов:** Есть такой спектакль, «Копенгаген» называется. Не знаю, идёт ли он сейчас во МХАТе. Там Гайзенберг и Бор – посмертная некая их встреча, в каком-то виртуальном пространстве – и уже завершилась война, они знают всю историю и обсуждают, почему немцы не сделали бомбу под руководством Гайзенберга, и почему Гайзенберг помогал Германии. Он был патриот, и вместе с тем эта коллизия...

**Чернавский:** Он был немец.

**Буданов:** Да, он был немец, а Табаков играл Бора. Замечательная постановка, физики ходили, я тоже ходил.

**Чернавский:** Бора он хорошо играл.

**Буданов:** То есть, это действительно драма. Драма его личности... Так что я потом смотрел его работы – вот у Гайзенберга есть же представления... Фактически он... Там это уже не национал-социализм, а просто социализм – что народы, народы... У него очень взвешенная позиция.

**Чернавский:** Конечно, народ был! Именно народ был за национал-социализм. Так же, как наш народ был за коммунизм.

**Буданов:** А у них трагедия была. Ведь на самом деле, смотри, демографический взрыв XIX-го века – он был одновременно в двух странах: в России и в Германии. Россия решала проблему демографии известно как – столыпинский путь, заселение в Сибирь. Как могла решать проблему демографии Германия? Никак. Колоний уже нет, земель нет. Только война. Вот тут и пришли все фюреры, и всё. Это, считай, трагедия.

**Чернавский:** Это причины Первой мировой войны. Впрочем, Первая и Вторая – это одно и то же.

**Буданов:** Для демографов это одно и то же. Это действительно рок, если угодно, этой нации... Что тут скажешь.

**Чернавский:** Видишь, Володя, у меня немножко другая точка зрения. Чуть-чуть другая, не сильно отличающаяся. Но я не знаю, что я сейчас хотел бы вернуться к Гайзенбергу.

**Буданов:** Давайте к Гайзенбергу. А то я вас уведу... Может, туда сходим как-нибудь, но лучше...

**Чернавский:** Мы приехали, застали Гайзенберга, и первое впечатление: невысокого роста, не выдающийся ничем, такой се-е-ренький человек.

**Буданов:** Жизнь потрепала? Или он всегда такой?

**Чернавский:** Я бы не сказал. Как бы ни трепала жизнь Бора, он будет Бором.

**Буданов:** Стать есть. Хабитус такой.

**Чернавский:** Да, хабитус. Гайзенберг, он... Когда начался разговор, то первое, что меня удивило – он потрясающе умеет слушать. Не перебивает, всё понимает и внимательно и очень вежливо слушает.

**Буданов:** Это в пику Ландау.

**Чернавский:** Да. И видно было, что он слушает, хотя и критикуют его, видно было, что он отрицательных эмоций не испытывает, как настоящий учёный.

**Буданов:** Не надо смешивать своё личное и высокую науку.

**Чернавский:** В конце концов, он ответил так: «Вы, конечно, правы. Здесь нарушено соотношение определенностей. Но, Вы знаете, классическая физика – такая красивая наука!»

**Буданов:** Это тогда он стал нелинейные уравнения в общей теории полей.

**Чернавский:** Да, он один из первых, кто предложил нелинейные уравнения. А квантовая механика – тут на лице его изобразилось резкое брезгливое выражение, что мы дальше разговаривать не стали.

**Буданов:** Даже так.

**Чернавский:** А дальше была переписка. Очень уважительная, очень я дорожу этой перепиской. Я не скажу, что она была особенно располагающей к дружбе. Гайзенберг – человек...

**Буданов:** Дистанции.

**Чернавский:** Внутренней такой, обращённый внутрь себя. Но она была очень содержательной. Там высказывалось, что квантовая механика должна быть нелинейной. Он прислал свой вариант нелинейной квантовой механики.

**Буданов:** То есть его эти вопросы мучили. Они, на самом деле, в этой дискуссии Эйнштейн – Бор не разрешены, и они наследуются даже в XXI веке.

**Чернавский:** А реализовать идеи Гайзенбергу не удалось, он вскоре скончался. Мне пока тоже не удалось. Может быть, потому что был отвлечён другим, третьим... Но я не жалею об этом. Я сейчас их пытаюсь реализовать уже на базе опыта диссипативных структур, нелинейных колебаний, автолокализации.

**Буданов:** То есть фактически Вы сейчас... вот это – сверхзадача Ваша, остальные темы вы более-менее представляете на уровне почти технических моделей. А это – онтологические вещи, это основание мировоззрения, и это – Ваша основная сейчас проблема.

**Чернавский:** А удастся мне или не удастся – как Бог пошлёт. Но работа, я тебе, Володя, доложу, адова.

**Буданов:** Но работы-то Вы не боялись никогда.

**Чернавский:** Не боялся, но муки творчества...

**Буданов:** На то они и муки, чтобы потом они даруют...

**Чернавский:** Зато потом, если удастся, удаётся...

**Буданов:** Эврика – она своего стоит.

**Чернавский:** Она восполняет всё. То есть, большего счастья, чем найти, пережить момент истины и найти разрешение, я не знаю.

**Буданов:** Дмитрий Сергеевич, дорогой, спасибо Вам огромное за сегодняшнюю беседу. Редко, когда можно такое услышать. Я надеюсь, что это будет доступно теперь многим людям. Вам – здоровья, и наверняка мы продолжим наши беседы. А тем у Вас столько, что найдём.

**Чернавский:** Тем много...

**Буданов:** Спасибо большое!

**Чернавский:** Спасибо тебе!

**Буданов:** Всего хорошего.

**Чернавский:** В моём возрасте и при моём характере найти слушателя почти такого, как Гайзенберг.

**Буданов:** Гайзенберг был просто поменьше ростом. Спасибо.

Над материалом работали: **В.Г. Буданов, И.А. Асеева, Э.Ю. Соколов.**

Полный материал смотрите на сайте <http://www.oralhistory.ru/> Первая беседа с патриархом естествознания и синергетики **Дмитрием Сергеевичем Чернавским.**

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТРЕХОСЕВАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НОВООБРАЗОВАНИЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ НА РАННИХ СТАДИЯХ

Б.В. Шелудченко<sup>1</sup>, В.Б. Молодкин<sup>1</sup>, С.В. Лизунова<sup>1</sup>, М.В. Ковальчук<sup>2,3</sup>,  
Э.Х. Мухамеджанов<sup>3</sup>, В.А. Бушуев<sup>4</sup>, Ю.П. Хапачев<sup>5</sup>, В.Е. Сторишко<sup>6</sup>,  
С.И. Олиховский<sup>1</sup>, Е.Н. Кисловский<sup>1</sup>, А.Ю. Гаевский<sup>1</sup>, В.В. Лизунов<sup>1</sup>,  
А.И. Низкова<sup>1</sup>, Т.П. Владимирова<sup>1</sup>, В.В. Молодкин<sup>1</sup>, Е.В. Фузик<sup>1</sup>,  
А.В. Гошкодеря<sup>1</sup>, Я.В. Василик<sup>1</sup>, А.А. Белоцкая<sup>1</sup>, Г.О. Велиховский<sup>1</sup>,  
А.А. Музыченко<sup>1</sup>, Р.В. Лехняк<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины, бульв. акад. Вернадского, 36, 03680, ГСП, Киев-142, Украина

<sup>2</sup> Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН, Ленинский проспект, 59, 119333, Москва, Россия

<sup>3</sup> Научно-исследовательский центр «Курчатовский институт», пл. Курчатова, 1, 123098, Москва, Россия

<sup>4</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, ул. Ленинские Горы, 1, 119991 Москва, Россия

<sup>5</sup> Кабардино-Балкарский государственный университет, ул. Чернышевского, 175, 360004 Нальчик, Россия

<sup>6</sup> Институт прикладной физики НАН Украины, ул. Петропавловская, 58, 40000 Суммы, Украина

В работе построена теоретическая трехосевая модель динамического рассеяния и формирования изображений некристаллических (медико-биологических) объектов произвольной формы с учетом эффектов многократности рассеяния как в объекте (в частности, эффектов преломления, изменения фазы волны и поворота лучей, описываемых только в рамках динамической теории), так и в монокристаллах монохроматора и анализатора, для которых также учтена возможность оказывающего существенное влияние присутствия как однородно, так и неоднородно распределенных микродефектов и макродеформаций. Показана возможность существенного повышения информативности медицинской диагностики на основе использования созданной модели.

### ВВЕДЕНИЕ

Существует возможность [1–15], обусловленная эффектами многократного (динамического) рассеяния, наблюдения и резкого повышения чувствительности и контрастности изображений медико-биологических объектов за счет использования вместо явления поглощения явления преломления рентгеновских лучей (РЛ). Превышение коэффициентом преломления РЛ на три порядка величины коэффициента поглощения позволяет довести предел чувствительности к некристаллическим слабопоглощающим медико-биологическим объектам от их размеров  $\geq 5$  мм, обеспечивающих необходимый контраст интенсивности изображений при диагностике на основе использования поглощения, до размеров  $\geq 5$  мкм при использовании преломления. Однако кинематическая теория (приближение однократного рассеяния) не учитывает преломления лучей, которое является результатом дисперсионной перестройки нулевого для волновой функции приближения теории возмущений за счет процессов многократности рассеяния от волны, проходящей без преломления, в преломленную волну. При этом зависящие от формы объекта поворот и изменение фазы преломленной волны после ее выхода также описываются только в динамической теории [16, 17]. Кроме того, предельно малые углы преломления лучей (десятичные доли угловых секунд) затрудняют возможность формирования и обнаружения их вклада в изображения. По этой причине неоднородное пространственно-угловое распределение рентгеновского излучения за объектом, сфор-

мированное процессами многократного рассеяния, которые самосогласуют поглощение, преломление и экстинкцию слаборасходящегося монохроматического пучка в объекте, и оказавшееся уникально чувствительным к форме объекта [10, 16, 17], исследуется хорошо известными методиками высокоразрешающей (также благодаря использованию эффектов многократности рассеяния) рентгеновской динамической дифрактометрии с помощью монокристаллов анализатора и монохроматора. Это обусловлено тем, что только такие динамически рассеивающие монокристаллы могут иметь полуширины кривых отражения порядка десятых долей угловых секунд, необходимые для выделения вклада преломленного и повернутого на такие углы луча.

С целью обеспечения возможности проведения обязательно необходимого строго динамического рассмотрения на всех этапах рассеяния как в медико-биологических объектах, так и в кристаллах монохроматора и анализатора, в настоящей работе построена такая самосогласованно учитывающая все эффекты многократности рассеяния теоретическая трехосевая модель динамического рассеяния и формирования изображений некристаллических объектов произвольной формы.

## 1. СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА И ПРИБЛИЖЕНИЯ МОДЕЛИ

Экспериментальное наблюдение рентгеновских фазоконтрастных изображений реализовано во многих работах с использованием различных рентгенооптических схем. Однако качественную картину удается получить именно на трехосевом дифрактометре. В качестве примера наиболее простого варианта реализации фазового контраста предлагается схема, представленная на рис. 1, на которой два монокристалла кремния определяют волновой фронт рентгеновских лучей и обеспечивают высокую угловую чувствительность к преломлению. Кристалл-монохроматор задает волновой фронт и коллимирует луч, падающий на образец. Второй кристалл, вырезан из того же слитка монокристалла кремния, является анализатором и направляет плоские волны, прошедшие через образец, за счет дифракции на фотопленку.

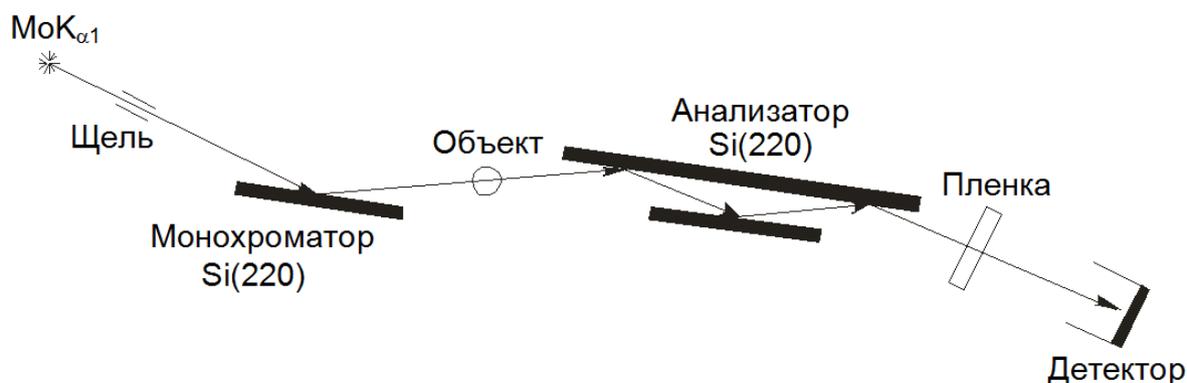


Рис. 1. Схема эксперимента

Исследования проводились на рентгеновской установке УРТ-1, приспособленной для работы в трехосевом режиме. Использовалась рентгеновская трубка с молибденовым анодом мощностью 0,75 кВт, фотографическое изображение регистрировалось с помощью рентгеновской пленки.

Излучение из трубки, пройдя через систему вертикальной и горизонтальной щелей шириной 0,5 мм и 3 мм, соответственно, установленную на расстоянии 55 мм от фокуса рентгеновской трубки размером 0,4 мм, направлялось на кремниевый монохроматор с симметричным отражением (220). Выделенное монохроматором  $MoK_{\alpha}$ -излучение попадало на исследуемый объект, закрепленный на подставке, которую можно перемещать перпендикулярно рентгеновскому лучу. Луч, пройдя сквозь объект, падал на кремниевый анализатор с симметричным трехкратным (220) отражением. Для повышения контраста анализатор был повернут в стороны меньших и больших углов, при которых величина интенсивности кривой дифракционного отражения составляла 50 % от ее максимального значения.

Поскольку наибольшее искажение волнового фронта [10] происходит на границе сред, имеющей округлую форму, а также выбирая наиболее подходящие характеристики по коэффициенту преломления, в качестве объекта использовали рыболовную леску диаметром 0,45 мм.

На топограммах (рис. 2) наблюдаются характерные черно-белые абсорбционный (б) и рефракционный (а, в) контрасты. Закономерности качественного изменения контраста при изменении условий съемки происходят в соответствии с предсказаниями динамической теории формирования изображения некристаллических объектов в работе [10].

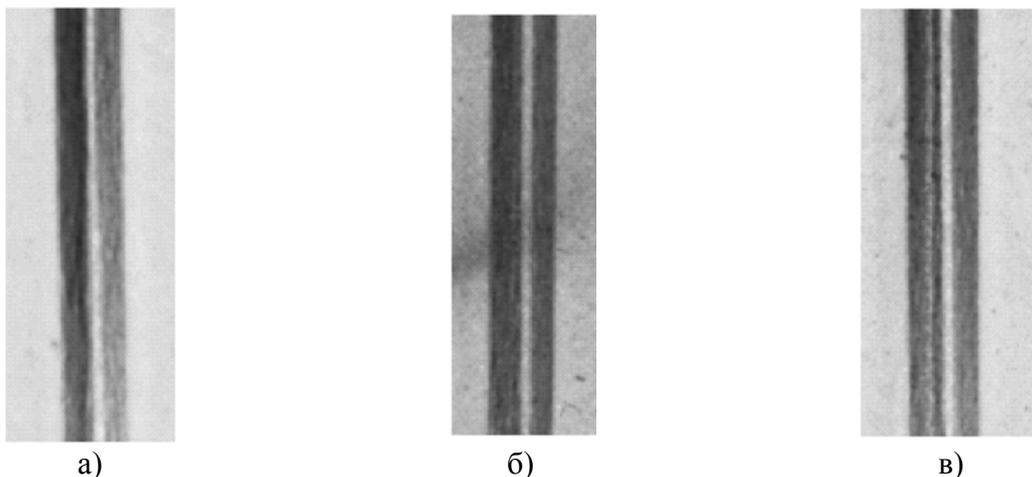


Рис. 2. Абсорбционное (б) и рефракционные изображения лески, полученные при отвороте анализатора в сторону уменьшения (а) и увеличения (в) углов по отношению к точному брэгговскому положению

Интенсивность рассеянного излучения, которое формируется, к примеру, трехосевым прибором (ТОП), зависит как от координат  $x$ ,  $y$  в плоскости, перпендикулярной лучу, так и от двух углов  $\Delta\theta$  и  $\Delta\theta'$ , которые задают отклонение кристаллов соответственно монохроматора и анализатора, а именно их точных отражающих (брэгговских) положений по отношению к ориентации, когда направления выходящего из монохроматора и входящего в анализатор лучей совпадают при их точных брэгговских отражениях.

При диагностике новообразований плоскость экрана ( $x''$ ,  $y''$ ) можно разбить (см. рис. 3) на области двух типов: области типа I будут содержать вдоль всего пути луча в объекте только здоровую ткань ( $n_1$ ) (или вакуум) и области типа II, которые содержат и злокачественную опухоль ( $n_2$ ), к примеру, в виде призмы (рис. 3) [10].

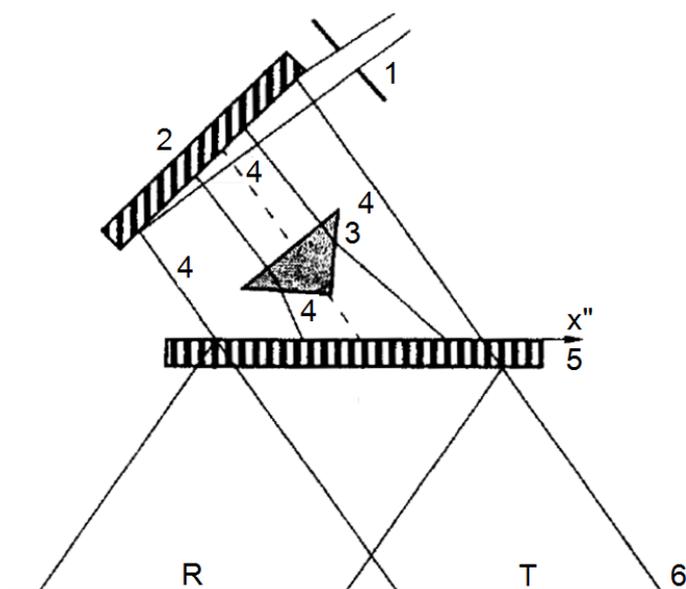


Рис. 3. Схема эксперимента с призмой:

- 1 – щель;
- 2 – кристалл-монокроматор;
- 3 – объект;
- 4 – здоровая ткань (или вакуум);
- 5 – кристалл-анализатор;
- 6 – фотопластинка [10]

Для обеспечения возможности строгого количественного описания формирования изображения объекта произвольной формы и применения в содержащей опухоль произвольной формы области II плосковолнового (как наиболее простого) варианта динамической теории рассеяния [16–19] целесообразно проходящий в этой области поток излучения разбить на микропучки с поперечными размерами порядка нескольких микрон. Это позволит, с одной стороны, не выходить за дифракционный предел с запасом более, чем на порядок величины (см. работы Джина АЙСА по микропучковой дифрактометрии, например, [20]), а с другой, входные в объект и выходные поверхности для микропучков заменить приближенно плоскостями с заданными их ориентациями относительно направления пучка.

При этом вдоль направления пучка (см. рис. 3–5) удобно выбирать ось  $z$ , а сами микропучки маркировать координатами  $x$ ,  $y$  с учетом выбранной микронной точности ( $\Delta x$  и  $\Delta y$ ). Предлагаемую в настоящей работе теоретическую модель разбиения пучка можно рассматривать как обобщение известного из динамической теории рассеяния электронов «колоноквого приближения» на случай динамической теории рассеяния рентгеновских лучей и нейтронов, что, однако, возможно только для некристаллических объектов, когда изменения направлений рассеянных (преломленных) лучей достаточно малы, т.к. брэгговская дифракция, характеризующаяся малыми углами Брэгга только в случае рассеяния электронов, теперь отсутствует принципиально.

## 2. ТЕОРИЯ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ В НЕКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Таким образом, дальнейшее рассмотрение сводится к построению на основе использования результатов работ [16, 17] теории многократного рассеяния излучений в каждой из полученных указанным выше образом колонок объекта исследования, т.е. для каждого из микропучков отдельно.

Потенциал  $V$  некристаллического, к примеру, медицинского объекта, который, поскольку в работе рассматривается поглощение, является комплексным, запишем в виде:

$$V(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{r}', \alpha} C_{\mathbf{r}'}^{\alpha} V^{\alpha}(\mathbf{r} - \mathbf{r}'),$$

$$V(\mathbf{r}) = \bar{V}(\mathbf{r}) + (V(\mathbf{r}) - \bar{V}(\mathbf{r})); \quad \bar{V}(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{r}', \alpha} C_0^{\alpha} V^{\alpha}(\mathbf{r} - \mathbf{r}') = V_0, \quad (1)$$

где  $\mathbf{r}'$  – радиус-вектор, проведенный из начала координат в центр одного из атомов сорта  $\alpha$ ;  $C_{\mathbf{r}'}^{\alpha} = 1$ , если в точке  $\mathbf{r}'$  находится центр атома сорта  $\alpha$ , и  $C_{\mathbf{r}'}^{\alpha} = 0$ , если в точке  $\mathbf{r}'$  находится центр атома сорта  $\alpha' \neq \alpha$  или в эту точку не попадает никакой из центров атомов;  $V^{\alpha}$  – потенциал взаимодействия излучения с атомами сорта  $\alpha$ , центры которых находятся в точках  $\mathbf{r}'$  (зависимость  $V^{\alpha}$  от структуры и состава окружения не учитывается).

Фурье разложение величины  $C_{\mathbf{r}'}^{\alpha} - C_0^{\alpha}$ , где  $C_0^{\alpha}$  – средняя концентрация атомов сорта  $\alpha$  имеет вид:

$$C_{\mathbf{r}'}^{\alpha} - C_0^{\alpha} = \sum_{\mathbf{k}} C_{\mathbf{k}}^{\alpha} e^{-i\mathbf{k}\mathbf{r}'},$$

где  $\mathbf{k}$  удовлетворяет условиям цикличности, а  $C_{\mathbf{k}}^{\alpha} = \frac{1}{N} \sum_{\mathbf{r}'=1} C_{\mathbf{r}'}^{\alpha} - C_0^{\alpha} e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}'}$ .

Пусть

$$V(\mathbf{r}) = V^r(\mathbf{r}) + iV^i(\mathbf{r}), \quad (2)$$

где  $V^r(\mathbf{r})$  – вещественная, а  $V^i(\mathbf{r})$  – мнимая части потенциала  $V(\mathbf{r})$ .

Запишем потенциал в виде

$$V^f(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{k}} V_{\mathbf{k}}^f e^{-i\mathbf{k}\mathbf{r}}, \quad (3)$$

$k/2\pi$  пробегает все значения, удовлетворяющие условиям цикличности. Выражение (3) может описывать разложение в ряд Фурье или отдельно вещественной части  $V^f(\mathbf{r})$  потенциала, тогда индекс  $f$  заменяем на  $r$ , или мнимой части, тогда  $f = i$ , или всего потенциала  $V(\mathbf{r})$ , тогда индекс отсутствует. Из (3) ясно, что

$$V_k = V_k^r + iV_k^i, \quad (4)$$

где  $V_k$  –  $k$ -я компонента Фурье от  $V(\mathbf{r})$ , а  $V_k^r$  и  $V_k^i$  – аналогичные компоненты соответственно от  $V^r(\mathbf{r})$  и  $V^i(\mathbf{r})$ . При этом для каждой из указанных компонент справедливо

$$V_k^f = \sum_{\mathbf{r}', \alpha} C_{\mathbf{r}'}^\alpha V_k^{f\alpha} e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}'} = \sum_{\mathbf{r}', \alpha} [C_0^\alpha + (C_{\mathbf{r}'}^\alpha - C_0^\alpha)] V_k^{f\alpha} e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}'} = V_0^f + \sum_{\mathbf{r}', \alpha} \sum_{\mathbf{k}'} C_{\mathbf{k}'}^\alpha V_k^{f\alpha} e^{i(\mathbf{k}-\mathbf{k}')\mathbf{r}'} = V_0^f + \sum_{\alpha} C_{\mathbf{k}}^\alpha V_{\mathbf{k}}^{f\alpha}, \quad (5)$$

$$V_k^{f\alpha} = \frac{1}{v} \int V^{f\alpha}(\mathbf{r}') e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}'} d\mathbf{r}', \quad (6)$$

где  $v$  – объем объекта.

Решение  $\Psi$  уравнения Шредингера для данной задачи следует искать в виде

$$\Psi(\mathbf{r}) = \sum_{\mathbf{k}} \Psi_{\mathbf{K}_0+\mathbf{k}} e^{-i(\mathbf{K}_0+\mathbf{k})\mathbf{r}}, \quad (7)$$

где  $\mathbf{K}_0$  – волновой вектор проходящей в объекте волны;  $\Psi_{\mathbf{K}_0+\mathbf{k}}$  – амплитуды волн с волновыми векторами  $\mathbf{K}_0 + \mathbf{k}$ .

Если уравнение Шредингера записать в виде

$$\Delta\Psi + (\mathbf{K}^2 - V)\Psi = 0, \quad (8)$$

где  $\mathbf{K}^2 = 2mE/\hbar^2$ ;  $E$  – энергия падающих частиц (к примеру, электронов);  $m$  – их масса;  $\hbar$  – постоянная Планка, деленная на  $2\pi$ ;  $V$  – умноженная на  $2m/\hbar^2$  потенциальная энергия взаимодействия частиц с объектом медицинского исследования (1), то, подставляя в него выражения (3), (5) и (7), можно, умножив уравнение (8) на  $e^{i(\mathbf{K}_0+\mathbf{k})\mathbf{r}}$ , проинтегрировав его по всему объему и используя при этом ортонормировку плоских волн  $e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}}$ , получить систему основных уравнений динамической теории:

$$[\mathbf{K}^2 - (\mathbf{K}_0 + \mathbf{k})^2] \Psi_{\mathbf{K}_0+\mathbf{k}} = \sum_{\mathbf{k}'} V_{\mathbf{k}'} \Psi_{\mathbf{K}_0+\mathbf{k}-\mathbf{k}'}, \quad (9)$$

где  $\mathbf{k}$  пробегает все возможные значения.

При  $\mathbf{k} = 0$  уравнение (9) определяет амплитуду проходящей ( $\Psi_{\mathbf{K}_0}$ ) волны через амплитуды всех остальных волн. В общем случае уравнения (9) выражают амплитуду каждой из волн через амплитуды всех остальных волн. Так, систему (9) удобно представить в виде

$$[(\mathbf{K})^2 - \mathbf{K}_0^2] \Psi_{\mathbf{K}_0} = \sum_{\mathbf{k}} V_{\mathbf{k}} \Psi_{\mathbf{K}_0-\mathbf{k}}, \quad (10)$$

$$\Psi_{\mathbf{K}_0-\mathbf{k}} = \frac{\sum_{\mathbf{k}'} V_{\mathbf{k}'} \Psi_{\mathbf{K}_0-\mathbf{k}-\mathbf{k}'}}{[\mathbf{K}^2 - (\mathbf{K}_0 - \mathbf{k})^2]}. \quad (11)$$

Полученная бесконечная система основных уравнений (9) (или (10) и (11)) может быть решена приближенно в рамках теории возмущений для непрерывного спектра, если использовать в качестве малого параметра отношение потенциальной энергии взаимодействия излучения с объектом к кинетической энергии налетающих частиц, т.е. параметр динамической теории рассеяния.

В нулевом приближении теории возмущений (ТВ) из (10, 11) получим:  $[\mathbf{K}^2 - \mathbf{K}_0^2] \Psi_{\mathbf{K}_0}^0 = 0$ .

Равенство нулю выражения в квадратных скобках определяет закон дисперсии для проходя-

щей волны в нулевом приближении, т.е.  $(\mathbf{K}_0^0)^2 = \mathbf{K}^2$  и с учетом граничных условий  $\Psi^0(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0 e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}}$ , где  $\Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0$  равно амплитуде падающей плоской волны  $\tilde{\Psi}$ .

В первом приближении ТВ, но в нулевом для амплитуд из (10, 11) получим:  $[\mathbf{K}^2 - (\mathbf{K}'_0)^2] \Psi_{\mathbf{K}'_0}^0 = V_0 \Psi_{\mathbf{K}'_0}^0$ , т.е.  $(\mathbf{K}'_0)^2 = \mathbf{K}^2 - V_0 = (\kappa)^2$  (закон дисперсии для преломленной волны).

С учетом граничных условий  $(\mathbf{K}'_{0z})^2 = \mathbf{K}_z^2 - V_0$ ;  $\mathbf{K}'_{0z} = \mathbf{K}_z + \Delta\mathbf{K}'_{0z}$ ;  $2\mathbf{K}_z \Delta\mathbf{K}'_{0z} = -V_0$ ;  $\Delta\mathbf{K}'_{0z} = -V_0 / 2\mathbf{K}_z$ , т.е.  $\mathbf{K}'_0 = \mathbf{K} - \frac{V_0}{2\mathbf{K}_z} \mathbf{e}_z = \mathbf{K}_\Pi$ , где  $\mathbf{K}_\Pi$  – волновой вектор преломленной вол-

ны. Тогда  $\Psi'(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}_\Pi}^0 e^{-i(\mathbf{K}\mathbf{r} - \frac{V_0^r}{2\mathbf{K}_z} z)} e^{-\frac{V_0^i}{2\mathbf{K}_z} z}$ . Таким образом, первое приближение учитывает преломление и поглощение. Это есть дисперсионный механизм формирования картины динамического рассеяния, который не учитывается при кинематическом рассмотрении.

При этом  $\Psi(\mathbf{r}) = \Psi^0(\mathbf{r}) + \Psi'(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0 e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}} + \Psi_{\mathbf{K}_\Pi}^0 e^{-i\mathbf{K}'_0 \mathbf{r}}$ , где  $\Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0$  и  $\Psi_{\mathbf{K}_\Pi}^0$  необходимо искать из граничных условий, которые дадут  $\Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0 + \Psi_{\mathbf{K}_\Pi}^0 = \tilde{\Psi}$  в первом приближении ТВ (в нулевом для амплитуд).

Кроме того, при  $V(\mathbf{r}) = V_0$ , как и в общем случае  $V(\mathbf{r}) \neq \text{const}$ , в первом приближении ТВ появляются также дополнительные слагаемые (первое приближение для амплитуд)  $\Psi'_{\mathbf{K}_0+\mathbf{k}} e^{-i(\mathbf{K}_0+\mathbf{k})\mathbf{r}}$ , где  $\Psi'_{\mathbf{K}_0+\mathbf{k}}$  (см. (11), при  $\mathbf{k}' = -\mathbf{k}$ ,  $\mathbf{K}_0 = \mathbf{K}_0^0$ ) имеет вид:

$$\Psi'_{\mathbf{K}_0+\mathbf{k}} = V_{\mathbf{k}} \frac{\Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0}{[\mathbf{K}^2 - (\mathbf{K}_0^0 + \mathbf{k})^2]}. \quad (12)$$

Так как теперь интенсивность определяется квадратом также и волновых функций (12), то их учет требует в свою очередь учета дисперсионных слагаемых второго порядка и в уравнениях для амплитуд нулевого приближения (10).

Для учета влияния слабых волн на сильные лучи с точностью до квадратичных по  $V$  членов следует в уравнение (10) подставить выражение для  $\Psi_{\mathbf{K}_0-\mathbf{k}}$ , используя вместо (11):

$$\Psi'_{\mathbf{K}_0-\mathbf{k}} = V_{-\mathbf{k}} \frac{\Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0}{[\mathbf{K}^2 - (\mathbf{K} - \mathbf{k})^2]}. \quad (13)$$

Выражения (12) и (13) представляют собой первое приближение для амплитуд слабых волн. Оно учитывает влияние сильной волны на заданную  $\Psi_{\mathbf{K}_0-\mathbf{k}}$  волну. Чтобы учесть с точностью до квадратичных по  $V$  членов влияние на заданную волну всех остальных (кроме сильной) волн, необходимо в правую часть (11) подставить (13). Если теперь полученное таким образом выражение для  $\Psi_{\mathbf{K}_0-\mathbf{k}}$  подставить в уравнение (10), то получим кубические по  $V$  поправки к коэффициентам в уравнении для сильной волны, обусловленные слабыми волнами. Продлевая указанную итерационную процедуру, можно рассмотреть влияние слабых волн на сильную с точностью до членов любого порядка по  $V$ . Тогда после первой итерации, если в (10) подставить (13), для сильных волн во втором приближении ТВ (в нулевом для амплитуд, т.е. вклад обеспечивает только динамический дисперсионный механизм) получим:

$$[\mathbf{K}^2 - (\mathbf{K}_0^0)^2 - \Delta V_0] \Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0 = 0, \quad (14)$$

$$[\mathbf{K}^2 - (\mathbf{K}_\Pi^0)^2 - V_0 - \Delta V_0] \Psi_{\mathbf{K}_\Pi^0}^0 = 0 \quad (15)$$

где

$$\Delta V_0 = \sum_{\mathbf{k}} \frac{V_{\mathbf{k}} V_{-\mathbf{k}}}{[\mathbf{K}^2 - (\mathbf{K} - \mathbf{k})^2]}, \quad (16)$$

или

$$\Delta V_0 = \sum_{\mathbf{k}} \frac{V_{\mathbf{k}} V_{-\mathbf{k}}}{[\kappa^2 - (\mathbf{K} - \mathbf{k})^2]}. \quad (17)$$

При  $V(\mathbf{r}) = V_0$  (16) переходит в:

$$\Delta V_0 = \frac{V_0^2}{\mathbf{K}^2 - (\mathbf{K}_0^0)^2}, \quad (18)$$

а (17) в

$$\Delta V_0 = \frac{-V_0^2}{V_0^r + iV_0^i} = \frac{-V_0^2(V_0^r - iV_0^i)}{(V_0^r)^2 + (V_0^i)^2} = -V_0^r + iV_0^i \quad (19)$$

с превышением точности за счет перехода от ТВ по Рэлею – Шредингеру к ТВ по Бриллюэну – Вигнеру.

Амплитуды волн находятся из граничных условий на верхней границе ( $z = -0$ ) раздела между вакуумом и объектом. Точка пересечения луча с этой границей принимается в качестве начала отсчета по оси  $z$ , которая направлена вертикально вниз. Граничные условия имеют вид:

$$\begin{aligned} \tilde{\Psi}(\mathbf{r}) \Big|_{z=0} &= \Psi(\mathbf{r}) \Big|_{z=0}, \\ \frac{d\tilde{\Psi}(\mathbf{r})}{dz} \Big|_{z=0} &= \frac{d\Psi(\mathbf{r})}{dz} \Big|_{z=0}, \end{aligned} \quad (20)$$

где  $\tilde{\Psi}(\mathbf{r})$  и  $\Psi(\mathbf{r})$  – волновые функции, соответственно, в вакууме и в объекте.

В случае  $V(\mathbf{r}) = \text{const} = V_0$  уравнения для проходящей и преломленной волн с учетом их экстинкции и поглощения могут быть представлены в виде (14), (15).

Пусть ось  $z$  совпадает с нормалью к границе раздела (плоскость  $z = 0$ ), и для определенности будем считать, что монохроматическая рентгеновская волна  $\psi <(\mathbf{r})$  распространяется из оптически менее плотной среды ( $z < 0$ ) в более плотную среду ( $z > 0$ ). Падающую и прошедшую через границу раздела волны запишем в виде (используя несколько другие, более удобные обозначения):

$$\Psi_{<}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}}, \quad \Psi_{>}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}_0} e^{-i\mathbf{K}_0\mathbf{r}}.$$

Представим векторы  $\mathbf{r}$ ,  $\mathbf{K}$  и  $\mathbf{K}_0$  в виде суммы тангенциальных и нормальных компонент:

$$\mathbf{r} = \boldsymbol{\rho} + z\mathbf{e}_z, \quad \mathbf{K} = \boldsymbol{\kappa} + K_z\mathbf{e}_z, \quad \mathbf{K}_0 = \boldsymbol{\kappa}_0 + K_{0z}\mathbf{e}_z.$$

При этом для тангенса угла падения луча ( $\alpha$ ) получим:

$$\text{tg}\alpha = \kappa/K_z.$$

Введем коэффициенты отражения  $R$  и преломления  $T$ , через которые выразим  $\psi <(\mathbf{r})$  и  $\psi >(\mathbf{r})$ :

$$\Psi_{<}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\boldsymbol{\kappa}\boldsymbol{\rho}} (e^{iK_z z} + R \cdot e^{-iK_z z}),$$

$$\Psi_{>}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\boldsymbol{\kappa}_0\boldsymbol{\rho}} T e^{iK_{0z} z}.$$

Из условий непрерывности волновых функций и их производных по  $z$  на границе раздела находим

$$\kappa = \kappa_0, \quad 1 + R = T, \quad K_z(1 - R) = K_{0z}T,$$

что, естественно, приводит к формулам Френеля:

$$R = \frac{K_z - K_{0z}}{K_z + K_{0z}},$$

$$T = \frac{2K}{K_z + K_{0z}}.$$

Однако при этом закон дисперсии с учетом экстинкционных поправок  $\Delta V_0$  имеет вид:

$$K^2 - (V_0 + \Delta V_0) = K_0^2 \text{ или } K_z^2 - (V_0 + \Delta V_0) = K_{0z}^2.$$

Соотношение между нормальными компонентами волновых векторов запишется через коэффициент аккомодации  $\Delta (\ll 1)$ :

$$K_{0z} = K_z(1 - \Delta),$$

$$\Delta \approx \frac{V_0 + \Delta V_0}{2K_z^2}.$$

Для амплитуд отраженной и прошедшей волн получим, соответственно,  $\Psi_{\mathbf{K}} \cdot \frac{1}{2} \Delta$  и  $\Psi_{\mathbf{K}}(1 + \Delta/2)$ . В результате волновая функция, описывающая преломленную волну внутри некристаллического объекта, выражается как

$$\Psi_{>}(\boldsymbol{\rho}, z) = \Psi_{\mathbf{K}} \left( 1 + \frac{V_0 + \Delta V_0}{4K_z^2} \right) \exp \left[ -i \left( \mathbf{K}\mathbf{r} - \frac{(V_0 + \Delta V_0)z}{2K_z} \right) \right]. \quad (21)$$

В дальнейшем ограничимся рассмотрением самого простого случая, когда  $V(\mathbf{r}) = V_0 = \text{const}$ ,  $V_0 = V_0^r + iV_0^i$ . Тогда уравнение Шредингера

$$\Delta \psi + (K^2 - V) \psi = 0$$

будет в импульсном представлении иметь следующий вид

$$[K^2 - K_0^2] \Psi_{\mathbf{K}_0} = V_0 \Psi_{\mathbf{K}_0}. \quad (22)$$

Для бесконечных объектов может быть найдено точное решение в виде преломленной волны. В случае конечных объектов целесообразно строить теорию возмущений (ТВ). При этом кинематическое рассмотрение дает:

$$1) \text{ в случае } V_0 = 0; \Psi = \Psi^0 = \Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0 e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}} = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}},$$

где  $\Psi_{\mathbf{K}}$  и  $\mathbf{K}$  соответственно амплитуда и волновой вектор падающей на объект волны и

2) при  $V_0 \neq 0$

$$[K^2 - K_0^2] \Psi'_{\mathbf{K}_0^0} = V_0 \Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0, \quad (23)$$

$$\Psi = \Psi^0 + \Psi' = \Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0 e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}} + \frac{V_0}{K^2 - K_0^2} \Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0 e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}},$$

$$\Psi_{\mathbf{K}_0^0}^0 = \Psi_{\mathbf{K}}.$$

Как видно, в рамках кинематического рассмотрения уравнение (22) преобразуется в формулу (23), и теория возмущений ограничивается только первым приближением и при этом исключительно для амплитуд волновых функций, а их волновые векторы заданы. Таким образом, кинематическое приближение сводится к учету только однократного рассеяния и преломление лучей не описывает.

При учете многократности рассеяния, в отличие от кинематического рассмотрения, где выражение (23) есть формула для определения волновой функции более высоких порядков теории возмущений через более низкие, в динамической теории  $\Psi'_{\mathbf{K}_0}$  и  $\Psi_{\mathbf{K}_0}^0$  заменяют на исходное  $\Psi_{\mathbf{K}_0}$ , и выражение (23) переходит снова в (22) и становится уравнением для неизвестных  $\Psi_{\mathbf{K}_0}$  и  $\mathbf{K}_0$ . При  $V_0 = 0$  решения уравнения Шредингера (22) в динамическом и кинематическом случаях совпадают. Однако при  $V_0 \neq 0$  за счет многократности рассеяния аналогично «коллективизации состояний» нулевое приближение для амплитуд существенно перестраивается, а поправку получает волновой вектор (см. (22)), т.е. аналогично «снятию вырождения» в отличие от кинематического подхода, где влияние структуры осуществляется через поправку к амплитуде рассеяния, в динамическом случае структура влияет на волновой вектор волновой функции, что названо авторами [16–19] дисперсионным механизмом. При этом обычная (для идеального кристалла) динамическая ТВ (вырожденный или почти вырожденный случай) ограничивается рассмотрением только нулевого приближения для амплитуд волновых функций и разложением по малому параметру для волновых векторов, т.е. учетом изменения закона дисперсии для сильных волн и поправок к нему за счет многократности рассеяния слабых волн (Бете, 1928 г.).

Динамическая теория в кристаллах с дефектами [18, 19] основана на комбинированной ТВ [21, 22]. А именно, это есть нулевое приближение для амплитуд «сильных» брэгговских волн (но двухволновое с учетом многократности рассеяния на периодической части потенциала, которая и приводит к изменению закона дисперсии и перестройке нулевого приближения): первое – для амплитуд диффузных волн (по флуктуационной части потенциала, но с перестройкой за счет периодической (с учетом многократности)) и второе (по флуктуационной части) – для волновых векторов (поправки к дисперсионному механизму влияния периодической части, которые учитывают впервые предсказанный авторами в [23] и учтенный также в [16] эффект экстинкции за счет диффузного рассеяния).

В случае некристаллических объектов для отыскания решений в виде суммы проходящей и преломленной волн следует искать разложения по малому параметру как волновых векторов, так и амплитуд волновых функций, хотя ни слабых, ни диффузных волн может и не быть, которые традиционно необходимо было рассматривать только в рамках ТВ (1)–(21). Для объектов достаточно больших размеров может быть получено точное решение только для одной преломленной волны без описания в явном виде в рамках ТВ ранних стадий процессов формирования преломленной волны из падающей при малых глубинах проникновения лучей.

При этом (см. рис. 4):

$$\text{для } z > 0 \quad \Psi^0(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}} ;$$

$$\text{для } z < 0 \quad \Psi_{\mathbf{K}_0}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}_0} e^{-i\mathbf{K}_0\mathbf{r}}, [\mathbf{K}^2 - \mathbf{K}_0^2] \Psi_{\mathbf{K}_0} = V_0 \Psi_{\mathbf{K}_0}.$$

Следует отметить, что здесь и ниже рассмотрение проводится с учетом сперва только главного (дисперсионного) механизма влияния характеристик объекта ( $V_0$ ) на картину многократного рассеяния, а именно, влияния только за счет изменения закона дисперсии, описывающего преломление волны, т.е. изменение ее волнового вектора и, следовательно, фазы. При этом в отличие от (21) не учитываются малые (пропорциональные коэффициенту преломления) поправки к амплитуде волновой функции, обусловленные как учетом зеркально отраженной на граничной поверхности волны, так и уточнениями, связанными с отличием граничных условий для нормальных производных от волновых функций от граничных условий для самих функций.

В рамках отмеченных ограничений с использованием граничных условий на входной поверхности  $z = 0$  для волновых векторов получим (см. рис. 4).

**А. Случай нормального к поверхности входа падения луча:**

$$\mathbf{K}^2 - V_0 = \mathbf{K}_0^2, \quad \Psi_{\mathbf{K}_0} \neq 0, \quad \mathbf{K}_0(x, y) = \mathbf{K}(x, y) = 0, \quad K_z^2 = K_z^2.$$

$$K_z^2 - V_0 = (K_{0z})^2 = K_z^2(1 - \delta)^2,$$

$$\delta = V_0 / 2K_z^2, \mathbf{K}_0 = \mathbf{K} + \frac{V_0 \mathbf{e}_z}{2K_z} = \mathbf{K} + K\delta \mathbf{e}_z,$$

где  $\mathbf{e}_z$  – единичный вектор вдоль оси  $z$ , а аккомодация  $\Delta$  для удобства обозначена как  $\delta$ .

Граничные условия для амплитуд волновых функций на входной поверхности дают:

$$\Psi_{\mathbf{K}_0} \exp\left(-i\left(\mathbf{K}\mathbf{r} + \frac{V_0 z}{2K_z}\right)\right)\Big|_{z=0} = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}}\Big|_{z=0}, \Psi_{\mathbf{K}_0} = \Psi_{\mathbf{K}}.$$

Тогда для волновой функции, описывающей преломленную волну внутри некристаллического объекта ( $z < 0$ ), получим следующее выражение:

$$\Psi_{\mathbf{K}_0}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}} \exp\left[-i\left(\mathbf{K}\mathbf{r} + \frac{V_0 z}{2K_z}\right)\right] = \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-iK_z z(1 - \delta)], \quad (24)$$

где  $K_z = K$ .

Для отыскания выражения для волновой функции, описывающей преломленный луч после его выхода из некристаллического объекта в вакуум, рассмотрим граничные условия на поверхности выхода лучей из объекта ( $z = -l_x$ , где  $l_x$  – толщина объекта вдоль  $z$  для заданного  $x$ ) в случае, когда объект имеет форму равнобедренной призмы с основанием  $2a$  и острым углом  $\beta$  при основании, как и в работе [10] (см. рис. 3 и 4).

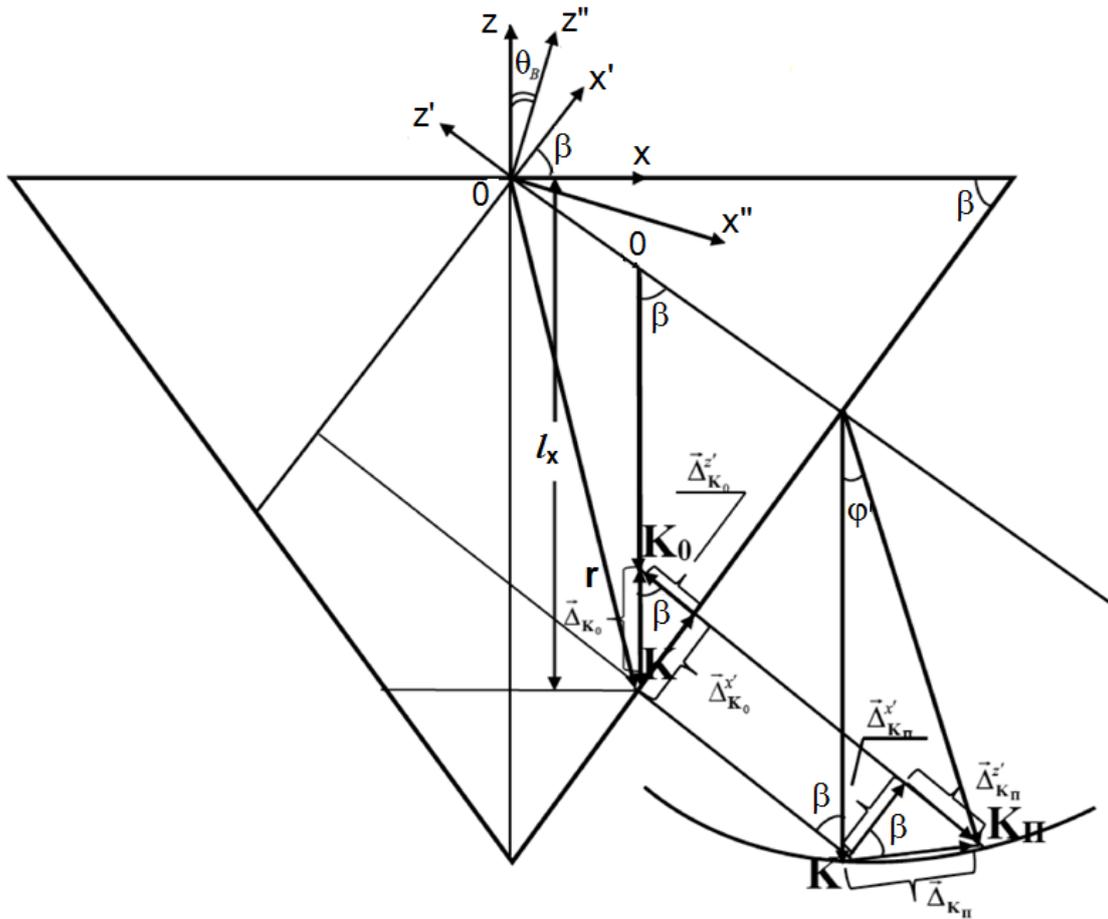


Рис. 4. Схема формирования преломленного луча

Найдем тангенциальные (в плоскости рис. 3 и 4,  $y = 0$ ) и нормальные по отношению к плоскости выхода составляющие волновых векторов  $\mathbf{K}$ ,  $\mathbf{K}_0$ ,  $\mathbf{K}_n$ , где  $\mathbf{K}$  – волновой вектор па-

дающей,  $\mathbf{K}_0$  – преломленной в объекте и  $\mathbf{K}_\Pi$  – преломленной после выхода в вакуум волн. При этом  $\mathbf{K}_0 = \mathbf{K} + \Delta_{\mathbf{K}_0}$  и  $\mathbf{K}_\Pi = \mathbf{K} + \Delta_{\mathbf{K}_\Pi}$ .

Как видно из рис. 4:

$$K^{x'} \mathbf{e}_{x'} = -K \cos(90 - \beta) \mathbf{e}_{x'} = -K \sin \beta \mathbf{e}_{x'},$$

$$K_0^{x'} \mathbf{e}_{x'} = -K_0 \sin \beta \mathbf{e}_{x'} = -K(1 - \delta) \sin \beta \mathbf{e}_{x'},$$

$$\Delta_{\mathbf{K}_0}^{x'} = (K_0^{x'} - K^{x'}) \mathbf{e}_{x'} = K \delta \sin \beta \mathbf{e}_{x'}.$$

При этом тангенциальные составляющие волновых векторов  $\mathbf{K}_0$  и  $\mathbf{K}_\Pi$  преломленной волны соответственно до и после ее выхода в вакуум должны быть равны между собой, в то же время возникающая при этом разность нормальных составляющих векторов  $\mathbf{K}_\Pi$  и  $\mathbf{K}$ , модули которых равны, а тангенциальные составляющие различны, оказывается равной

$$\Delta_{\mathbf{K}_\Pi}^{z'} = (K_\Pi^{z'} - K^{z'}) \mathbf{e}_{z'} = -K \delta \sin \beta \operatorname{tg} \beta \mathbf{e}_{z'}.$$

Тогда для волновой функции  $\Psi_{\mathbf{K}_\Pi}(\mathbf{r}')$  преломленной волны в вакууме получим

$$\begin{aligned} \Psi_{\mathbf{K}_\Pi}(\mathbf{r}') &= \Psi_{\mathbf{K}_\Pi} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r}' + \Delta_{\mathbf{K}_\Pi}^{x'} x' + \Delta_{\mathbf{K}_\Pi}^{z'} z')] = \\ &= \Psi_{\mathbf{K}_\Pi} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r}' + K \delta \sin \beta x' - K \delta \sin \beta \operatorname{tg} \beta z')], \end{aligned} \quad (25)$$

где  $\Psi_{\mathbf{K}_\Pi}$  необходимо найти из граничных условий для волновых функций на поверхности выхода.

Следует отметить, что решение (25) найдено в новой системе координат  $\{z', x'\}$ , которая получена поворотом старой (исходной)  $\{z, x\}$  на угол  $\beta$  (см. рис. 4)

$$l_x = (a - x) \operatorname{tg} \beta, \mathbf{r} = x \mathbf{e}_x - l_x \mathbf{e}_z, y = 0, \mathbf{r} = \{x, 0, -l_x\} \text{ (на поверхности выхода),}$$

$$l_x = (a - x) \operatorname{tg} \beta, \mathbf{r} = x \mathbf{e}_x - l_x \mathbf{e}_z, y = 0, \mathbf{r} \square = \{x, 0, -l_x\} \text{ (на поверхности выхода),}$$

$$\mathbf{r}' = \mathbf{r} = x \mathbf{e}_x - l_x \mathbf{e}_z = x' \mathbf{e}_{x'} + z' \mathbf{e}_{z'},$$

где  $\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_z, \mathbf{e}_{x'}, \mathbf{e}_{z'}$  – единичные векторы вдоль соответствующих осей координат.

В системе координат  $\{z, x\}$  формула (25) приобретает вид:

$$\Psi_{\mathbf{K}_\Pi}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}_\Pi} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r} + \Delta_{\mathbf{K}_\Pi}^x x + \Delta_{\mathbf{K}_\Pi}^z z)] = \Psi_{\mathbf{K}_\Pi} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r} + K \delta \operatorname{tg} \beta x)] = \Psi_{\mathbf{K}_\Pi} e^{-i\mathbf{K}_\Pi \mathbf{r}}, \quad (26)$$

где  $\Delta_{\mathbf{K}_\Pi}^x = K \delta \operatorname{tg} \beta, \Delta_{\mathbf{K}_\Pi}^z = 0$  (см. рис. 4).

Как видно из рис. 4 угол поворота  $\varphi$  вектора  $\mathbf{K}_\Pi$  по отношению к вектору  $\mathbf{K}$  равен:

$$\varphi = \left( K \delta \sin \beta \frac{1}{\cos \beta} \right) / K = \delta \operatorname{tg} \beta. \quad (27)$$

Следует отметить, что формула (27) справедлива для  $x > 0$ , а в случае  $x < 0$  формула (27) приобретает вид:

$$\varphi = -\delta \operatorname{tg} \beta.$$

Для отыскания амплитуды  $\Psi_{\mathbf{K}_\Pi}$  из граничных условий на границе выхода излучения из объекта целесообразно волновую функцию для преломленной волны внутри объекта (24) представить в новой системе координат  $\{\mathbf{r}'\} \sim \{x', z'\}$ .

При этом получим:

$$\begin{aligned}
\Psi_{\mathbf{K}_0}(\mathbf{r}') &= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-i(\mathbf{K}_x x' + \mathbf{K}_z z' + \mathbf{K} \delta \mathbf{e}_z \mathbf{r}')] = \\
&= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-i\mathbf{K}(-\sin \beta x' - \cos \beta z' + \delta \sin \beta x' + \delta \cos \beta z')] = \\
&= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[i\mathbf{K}(1 - \delta)(x' \sin \beta + z' \cos \beta)] = \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-i(\mathbf{K} \mathbf{r}' + \mathbf{K} \delta (x' \sin \beta + z' \cos \beta))].
\end{aligned} \tag{28}$$

Граничные условия для амплитуд на границе выхода имеют вид:

$$\Psi_{\mathbf{K}_0}(\mathbf{r}') \Big|_{z' = -(a-x) \sin \beta} = \Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}') \Big|_{z' = -(a-x) \sin \beta}. \tag{29}$$

Тогда:

$$\begin{aligned}
\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}} \exp[-i(\mathbf{K} \mathbf{r}' + \mathbf{K} \sin \beta \delta (x' - z' \operatorname{tg} \beta))] \Big|_{z' = -(a-x) \sin \beta} &= \\
= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-i(\mathbf{K} \mathbf{r}' + \mathbf{K} \delta (x' \sin \beta + z' \cos \beta))] \Big|_{z' = -(a-x) \sin \beta};
\end{aligned}$$

$$\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}} = \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-i\mathbf{K} \delta (x' \sin \beta - (a-x) \sin \beta \cos \beta - \sin \beta x' - \sin \beta \operatorname{tg} \beta (a-x) \sin \beta)]$$

или

$$\begin{aligned}
\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}} &= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-i(a-x) \sin \beta (\Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^{z'} - \Delta_{\mathbf{K}_0}^{z'})] = \\
\Psi_{\mathbf{K}} \exp[i\mathbf{K} \delta (a-x) \sin \beta \cos \beta (1 + \operatorname{tg}^2 \beta)] &= \Psi_{\mathbf{K}} e^{i\mathbf{K} \delta l_x},
\end{aligned}$$

где  $\Delta_{\mathbf{K}_0}^{z'} = \mathbf{K} \delta \cos \beta$ , а  $\Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^{z'} = -\mathbf{K} \delta \sin \beta \operatorname{tg} \beta$  (см. рис. 4).

Подставляя найденные выражения для  $\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}$  в формулу (26) получим:

$$\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K} \mathbf{r}} \exp[-i\mathbf{K} \delta (x \operatorname{tg} \beta - (a-x) \sin \beta \cos \beta (1 + \operatorname{tg}^2 \beta))] = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K} \mathbf{r}} e^{\Phi}, \tag{30}$$

где дополнительная фаза за счет преломления  $\Phi = -i\mathbf{K} \delta [x \operatorname{tg} \beta - (a-x) \sin \beta \cos \beta (1 + \operatorname{tg}^2 \beta)] = -i\mathbf{K} \delta [x \operatorname{tg} \beta - l_x]$ . Здесь  $l_x = (a-x) \operatorname{tg} \beta$ , а множитель  $\exp[-i\mathbf{K} \delta x \operatorname{tg} \beta]$  описывает поворот луча по отношению к падающему на угол  $\varphi$  (см. (27)), а  $\mathbf{K} \mathbf{r} = \mathbf{K} z$ , при выборе направления оси  $z$  параллельным  $\mathbf{K}$ . При этом также

$$\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}_{\Pi} \mathbf{r}} \exp[i\mathbf{K} l_x \delta] = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}_{\Pi} \mathbf{r}} e^{\Phi_{\Pi}}, \tag{31}$$

где  $\psi_{\Pi} = i\mathbf{K} \delta l_x$ ,  $|\mathbf{K}_{\Pi}| = |\mathbf{K}|$ , а направление вектора  $\mathbf{K}_{\Pi}$  отличается от направления  $\mathbf{K}$  на угол  $\varphi$ .

В случае плоскопараллельной формы объекта  $\beta = 0$ , и тогда в области  $\Pi$  с учетом поглощения и выбора системы координат ( $z \parallel \mathbf{K}$ ) выражение (30) для волновой функции выходящего после преломления луча приобретает следующий вид:

$$\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K} z} e^{-\mu_2 l_x}, \tag{32}$$

где  $\mu_2$  – коэффициент поглощения в объекте, а  $l_x$  – его толщина вдоль оси  $z$  для координаты входа луча  $x$ .

Полученный результат показывает, что в случае плоскопараллельной формы объекта механизм формирования контраста за счет преломления не работает, так как в этом случае угол поворота  $\varphi$  и фазы  $\Phi$  и  $\Phi_{\Pi}$  оказываются равными нулю.

Полученные результаты обосновывают строго формулы, предложенные в [10] эвристически в наиболее простом случае. Однако построенная в настоящей работе теоретиче-

ская модель позволяет обобщить эти результаты на практически все необходимые случаи в отличие от модели [10].

Следует отметить, что решения (30) и (31) получены в системе координат  $\{x, y, z\}$ , связанной с монохроматором, т.е. с первой осью трехосевой схемы, где  $z$  выбрано перпендикулярным поверхности монохроматора (см. рис. 1, 3 и 4). Для удобства дальнейшего использования решения (30), (31) целесообразно представить также и в системах координат  $\{x', y', z'\}$  и  $\{x'', y'', z''\}$ , которые связаны соответственно с объектом (вторая ось) и с анализатором (третья ось), а их базисные векторы  $\mathbf{e}_{z'}$  и  $\mathbf{e}_{z''}$  направлены соответственно перпендикулярно поверхности выхода лучей из объекта и поверхности анализатора (см. рис. 1, 3 и 4).

Подставляя в (25) выражение для  $\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}$ , получим:

$$\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}') = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}'} \exp\{iK\delta[l_x - x' \sin \beta + z' \sin \beta \operatorname{tg} \beta]\}, \quad (33)$$

или

$$\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}') = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}_{\Pi}\mathbf{r}'} \exp\{iK\delta[l_x + x \operatorname{tg} \beta - x' \sin \beta + z' \sin \beta \operatorname{tg} \beta]\}. \quad (34)$$

При этом

$$\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}'') = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}''} \exp\{iK\delta[l_x - \operatorname{tg} \beta (x'' \cos \theta_B + z'' \sin \theta_B)]\}, \quad (35)$$

или

$$\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}'') = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}_{\Pi}\mathbf{r}''} \exp\{iK\delta[l_x + \operatorname{tg} \beta (x - x'' \cos \theta_B - z'' \sin \theta_B)]\}. \quad (36)$$

**Б. Случай произвольного угла  $\alpha_1$  падения луча на поверхность объекта (см. рис. 5).**

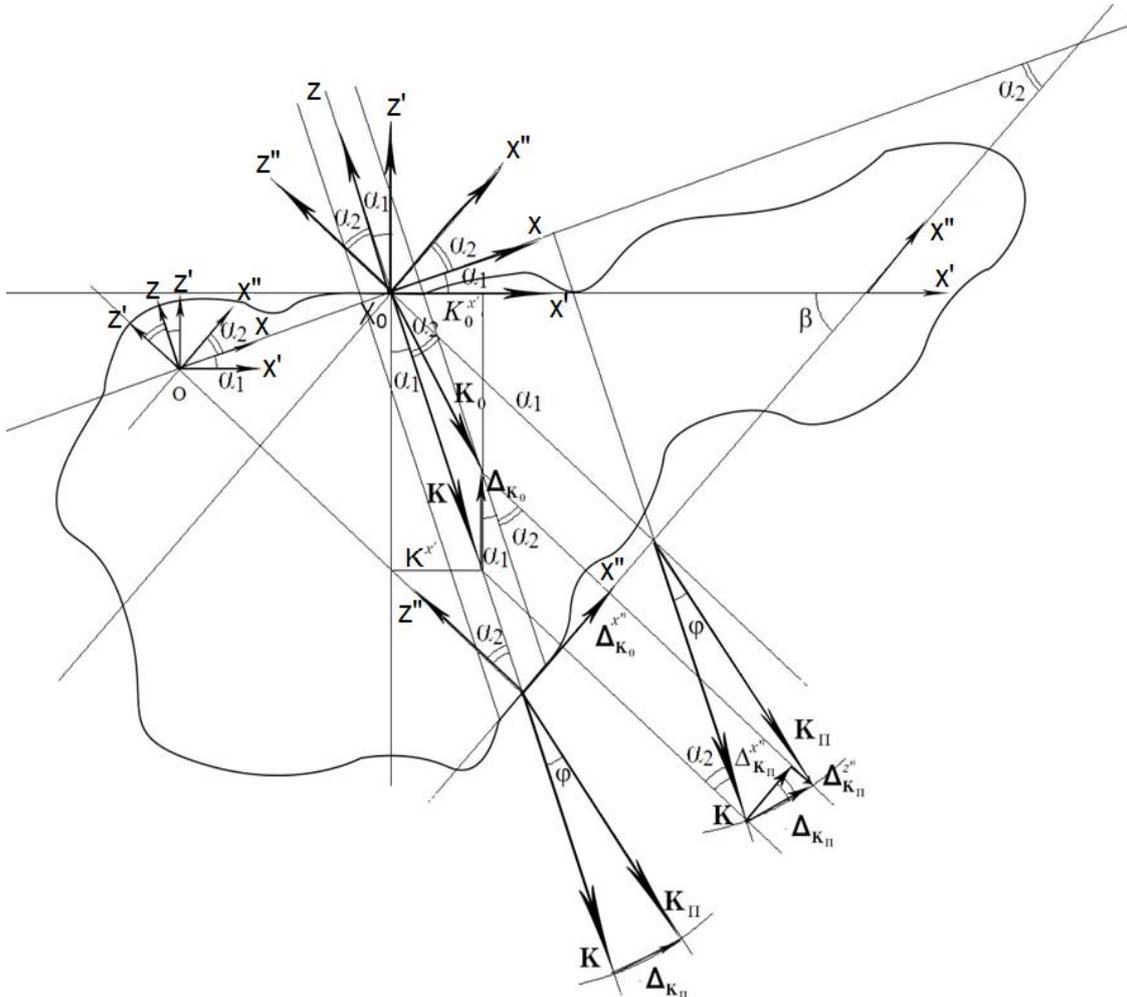


Рис. 5. Схема общего случая формирования преломленного луча

Здесь:

$$\Delta_{\mathbf{K}_0} = K\delta, \Delta_{\mathbf{K}_0}^{z''} = K\delta \cos(\alpha_1 + \alpha_2), \Delta_{\mathbf{K}_0}^{x''} = K\delta \sin(\alpha_1 + \alpha_2) = \Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^{x''}.$$

Тогда:

$$\Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}} = \Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^{x''} / \cos \alpha_2 = K\delta \sin(\alpha_1 + \alpha_2) / \cos \alpha_2,$$

$$\Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^{z''} = -K\delta \sin(\alpha_1 + \alpha_2) \operatorname{tg} \alpha_2.$$

При этом:

$$K_0^2 - K^2 = -V_0, (\mathbf{K} + K\delta \mathbf{e}_{z'})^2 - K^2 = -V_0, 2K^2\delta \cos(\pi - \alpha_1) = -V_0, \delta = \frac{V_0}{2K^2 \cos \alpha_1}$$

или другим способом

$$(K - K\delta \cos \alpha_1)^2 - K^2 = -V_0, -2K^2\delta \cos \alpha_1 = -V_0,$$

и тогда снова получим

$$\delta = \frac{V_0}{2K^2 \cos \alpha_1}.$$

Как следует из рис. 5, угол поворота  $\varphi$  преломленного луча в вакууме равен:

$$\varphi = \Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}} / K = \frac{K\delta \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{K \cos \alpha_2} = \frac{V_0 \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{2K^2 \cos \alpha_1 \cos \alpha_2}. \quad (37)$$

Следует отметить, что все углы на рисунке 5 отсчитываются от направления оси  $z$  против часовой стрелки. При этом формула (37) получена уже с учетом знаков углов.

Граничные условия для амплитуд волновых функций на входной поверхности дают:

$$\Psi_{\mathbf{K}_0} \exp\left(-i(\mathbf{K}\mathbf{r}' + \frac{V_0 z'}{2K_{z'}})\right) \Big|_{z'=0} = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}'} \Big|_{z'=0}, \Psi_{\mathbf{K}_0} = \Psi_{\mathbf{K}},$$

где  $K_{z'} = K \cos \alpha_1$ .

Тогда для волновой функции, описывающей преломленную волну внутри некристаллического объекта ( $z' < 0$ ), получим следующее выражение:

$$\Psi_{\mathbf{K}_0}(\mathbf{r}') = \Psi_{\mathbf{K}} \exp\left[-i\left(\mathbf{K}\mathbf{r}' + \frac{V_0 z'}{2K_{z'}}\right)\right] = \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r}' + K\delta z')]. \quad (38)$$

Для отыскания выражения для волновой функции, описывающей преломленный луч после его выхода из некристаллического объекта в вакуум, рассмотрим граничные условия на поверхности выхода лучей из объекта.

Тогда для волновой функции  $\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}'')$  преломленной волны в вакууме получим

$$\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}'') = \Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r}'' + \Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^{x''} x'' + \Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^{z''} z'')] =$$

$$= \Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r}'' + K\delta \sin(\alpha_1 + \alpha_2) x'' - K\delta \sin(\alpha_1 + \alpha_2) \operatorname{tg} \alpha_2 z'')], \quad (39)$$

где  $\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}$  необходимо найти из граничных условий для волновых функций на поверхности выхода.

Следует отметить, что решение (39) найдено в новой системе координат  $\{z'', x''\}$ , которая получена поворотом старой (исходной)  $\{z, x\}$  на угол  $\alpha_2$  (см. рис. 5).

В системе координат  $\{z, x\}$  формула (39) приобретает вид:

$$\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}) = \Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r} + \Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^x x + \Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^z z)] = \Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r} + K\delta \frac{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\cos \alpha_2} x)], \quad (40)$$

где  $\Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^x = K\delta \sin(\alpha_1 + \alpha_2) / \cos \alpha_2$ ,  $\Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^z = 0$ ,  $\mathbf{K}\mathbf{r} = Kz$  (см. рис. 5).

Для отыскания амплитуды  $\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}$  из граничных условий на границе выхода излучения из объекта целесообразно волновую функцию для преломленной волны внутри объекта (38) представить в новой системе координат  $\{\mathbf{r}''\} \sim \{x'', z''\}$ .

При этом получим:

$$\begin{aligned} \Psi_{\mathbf{K}_0}(\mathbf{r}'') &= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-i(K_{x''} x'' + K_{z''} z'' + \Delta_{\mathbf{K}_0}^{x''} x'' + \Delta_{\mathbf{K}_0}^{z''} z'')] = \\ &= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-iK(-\sin \alpha_2 x'' - \cos \alpha_2 z'' + \delta \sin(\alpha_1 + \alpha_2) x'' + \delta \cos(\alpha_1 + \alpha_2) z'')] = \\ &= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r}'' + K\delta(x'' \sin(\alpha_1 + \alpha_2) + z'' \cos(\alpha_1 + \alpha_2)))] \end{aligned} \quad (41)$$

Граничные условия для амплитуд на границе выхода имеют вид:

$$\Psi_{\mathbf{K}_0}(\mathbf{r}'') \Big|_{z''=-l_{x_0} \cos \alpha_2} = \Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}'') \Big|_{z''=-l_{x_0} \cos \alpha_2}, \quad (42)$$

где  $l_{x_0}$  – толщина объекта вдоль  $z$  для заданного  $x = x_0$ .

Тогда:

$$\begin{aligned} &\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r}'' + K \sin(\alpha_1 + \alpha_2) \delta(x'' - z'' \operatorname{tg} \alpha_2))] \Big|_{z''=-l_{x_0} \cos \alpha_2} = \\ &= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-i(\mathbf{K}\mathbf{r}'' + K\delta(x'' \sin(\alpha_1 + \alpha_2) + z'' \cos(\alpha_1 + \alpha_2)))] \Big|_{z''=-l_{x_0} \cos \alpha_2}; \\ &\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}} = \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-iK\delta(x'' \sin(\alpha_1 + \alpha_2) - l_{x_0} \cos \alpha_2 \cos(\alpha_1 + \alpha_2) - \\ &\quad - \sin(\alpha_1 + \alpha_2) x'' - \sin(\alpha_1 + \alpha_2) \operatorname{tg} \alpha_2 l_{x_0} \cos \alpha_2)] \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} \Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}} &= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[-il_{x_0} \cos \alpha_2 (\Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^{z''} - \Delta_{\mathbf{K}_0}^{z''})] = \\ &= \Psi_{\mathbf{K}} \exp[iK\delta l_{x_0} \cos \alpha_2 \cos(\alpha_1 + \alpha_2) (1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \operatorname{tg}(\alpha_1 + \alpha_2))], \end{aligned}$$

где  $\Delta_{\mathbf{K}_0}^{z''} = K\delta \cos(\alpha_1 + \alpha_2)$ , а  $\Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^{z''} = -K\delta \sin(\alpha_1 + \alpha_2) \operatorname{tg} \alpha_2$  (см. рис. 5).

Подставляя найденные выражения для  $\Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}$  в формулу (40) получим:

$$\begin{aligned} \Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}) &= \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}} \exp[-iK\delta(x \frac{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\cos \alpha_2} - l_{x_0} \cos \alpha_2 \cos(\alpha_1 + \alpha_2) \times \\ &\quad \times (1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \operatorname{tg}(\alpha_1 + \alpha_2)))] = \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}\mathbf{r}} e^{\Phi}, \end{aligned} \quad (43)$$

где дополнительная фаза за счет преломления  $\Phi = -iK\delta[x \sin(\alpha_1 + \alpha_2) / \cos \alpha_2 - l_{x_0} \cos \alpha_2 \cos(\alpha_1 + \alpha_2) (1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \operatorname{tg}(\alpha_1 + \alpha_2))]$ . Здесь множитель  $\exp[-iK\delta x \sin(\alpha_1 + \alpha_2) / \cos \alpha_2]$  описывает поворот луча по отношению к падающему на угол  $\varphi$  (см. (36)), а  $\mathbf{K}\mathbf{r} = Kz$ , при выборе направления оси  $z$  параллельным  $\mathbf{K}$ . При этом также

$$\begin{aligned} \Psi_{\mathbf{K}_{\Pi}}(\mathbf{r}) &= \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}_{\Pi}\mathbf{r}} \exp\{-i[l_{x_0} \cos \alpha_2 (\Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}}^{z''} - \Delta_{\mathbf{K}_0}^{z''})]\} = \\ &= \Psi_{\mathbf{K}} e^{-i\mathbf{K}_{\Pi}\mathbf{r}} \exp[i l_{x_0} \cos \alpha_2 K\delta \{\sin(\alpha_1 + \alpha_2) \operatorname{tg} \alpha_2 + \cos(\alpha_1 + \alpha_2)\}], \end{aligned} \quad (44)$$

где  $\mathbf{K}_{\Pi} = K\mathbf{e}_z + \Delta_{\mathbf{K}_{\Pi}} \mathbf{e}_x$  и  $|\mathbf{K}_{\Pi}| = |\mathbf{K}|$ , а направление вектора  $\mathbf{K}_{\Pi}$  отличается от направления  $\mathbf{K}$  на угол  $\varphi$ .

### 3. ТРЕХОСЕВАЯ МОДЕЛЬ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НЕКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

При использовании, к примеру, бездисперсионной схемы ТОП  $(n, 0, n)$  с геометрией дифракции по Брэггу в монохроматоре и по Лауэ в анализаторе отражательные способности системы для областей I и II с учетом поглощения и возможности наличия дефектов в монохроматоре и анализаторе можно записать в виде:

$$R_i(\Delta\theta) = \int R_M(\boldsymbol{\kappa})R_A(\boldsymbol{\kappa} - \Delta\theta - \varphi_i)R_{об}(\boldsymbol{\kappa}, \varphi_i, \mu_i, l_x, \Phi_i) d\boldsymbol{\kappa} \quad (i = I, II), \quad (45)$$

где:

$$\begin{aligned} R_M(\boldsymbol{\kappa}) &= b_M^{-1}R_{coh}^M(b_M^{-1}\boldsymbol{\kappa}) + \int r_{dif}^M(\boldsymbol{\kappa}', \boldsymbol{\kappa})d\boldsymbol{\kappa}', \\ R_A(\boldsymbol{\kappa}, \Delta\theta) &= R_{coh}^A(\boldsymbol{\kappa} - \Delta\theta - \varphi_i(x, y)) + R_{dif}^A(\boldsymbol{\kappa} - \Delta\theta - \varphi_i(x, y)), \\ r_{dif}(\boldsymbol{\kappa}', \boldsymbol{\kappa}) &= r_{dif}(\mathbf{k}) = \frac{1}{k} \int dk_y R_{dif}(\mathbf{k}), \\ R_{dif}(\mathbf{k}) &= \frac{\langle |f(\mathbf{k}', \mathbf{k})|^2 \rangle}{\gamma_0 S |E_0|^2}, \\ R_{dif}(x) &= \int d\Omega_{\mathbf{k}} R_{dif}(\mathbf{k}). \end{aligned}$$

Отражательная способность объекта  $R_{об}(x, \varphi_i, \mu_i, l_x, \Phi_i)$  определяется с использованием полученных в разделе 3 формул (30), (31), (33)–(36), (43), (44).

При этом факторы поглощения  $e^{-\mu_i}$  и преломления  $e^{-\Phi_i}$  определяются в общем случае неоднородных объектов с использованием следующих формул:

$$\begin{aligned} \mu_1^{x_1 y_1} &= \int \mu_1(\mathbf{r}) dS_1^I, \Phi_1^{x_1 y_1} = -\int ik\delta_1(\mathbf{r}) dS_1^I, \\ \mu_1^{x_{II} y_{II}} &= \int \mu_1(\mathbf{r}) dS_1^{II}, \Phi_1^{x_{II} y_{II}} = -\int ik\delta_1(\mathbf{r}) dS_1^{II}, \\ \mu_2^{x_{II} y_{II}} &= \int \mu_2(\mathbf{r}) dS_2^{II}, \Phi_2^{x_{II} y_{II}} = -\int ik\delta_2(\mathbf{r}) dS_2^{II}. \end{aligned}$$

Угол поворота преломленного луча  $\varphi_i$  определяется формулой (27) для рассмотренного случая нормального падения луча на объект в форме призмы (рис. 3 и 4).

В общем случае объекта произвольной формы  $\varphi$  зависит от  $x$  и  $y$  и определяется соответствующими им углами поворота входной и выходной поверхностей «колонки» (микроручка) по отношению к направлению луча (см. (37)). Этими углами  $\varphi(x, y)$  и фазами  $\Phi$  или  $\Phi_{II}$ , по существу, описываются искажения фронта плоских волн в наборе микропучков.

Более детальные выражения для  $R_M$  и  $R_A$ , связывающие их с характеристиками дефектов, приведены в [18, 19].

В простом случае однородных  $\delta_1(\mathbf{r})$  и  $\delta_2(\mathbf{r})$ ,  $\mu_1(\mathbf{r})$  и  $\mu_2(\mathbf{r})$ , используя результаты динамической теории рассеяния в некристаллических объектах [16, 17], а также результаты, полученные в настоящей работе и в работе [10], легко найти:

$$\begin{aligned} \mu_1^{x_1 y_1} &= \mu_1 z^{x_1 y_1}, \Phi_1^{x_1 y_1} = -ik\delta_1 z^{x_1 y_1}, \\ \mu_1^{x_{II} y_{II}} &= \mu_1 (z^{x_{II} y_{II}} - t^{x_{II} y_{II}}), \Phi_1^{x_{II} y_{II}} = -ik\delta_1 (z^{x_{II} y_{II}} - t^{x_{II} y_{II}}), \\ \mu_2^{x_{II} y_{II}} &= \mu_2 t^{x_{II} y_{II}}, \Phi_2^{x_{II} y_{II}} = -ik\delta_2 t^{x_{II} y_{II}}, \end{aligned}$$

где  $t^{x_{II} y_{II}} = l_x$ .

Ограничимся в дальнейшем случае, когда в качестве простейшего модельного объекта, как и в работе [10], рассмотрена равнобедренная призма с основанием  $2a$  и острым углом  $\beta$  при основании. Рентгеновский пучок падает перпендикулярно основанию. В области  $|x''| \leq a/\gamma$ , где  $\gamma = \cos\theta_B$ , фактор ослабления в призме  $\mu_S = \mu_2' l_2$ , фаза  $\Phi_2 = -ik\delta_2 l_2$ , где  $l_2(x'') = (a - \gamma x'')\text{tg}\beta$ . В области I ( $|x''| > a/\gamma$ )  $\mu_1 = \mu_1 l_1$ ,  $\Phi_1 = -ik\delta_1 l_1$ . Суммарный фактор ослабле-

ния луча в области II  $\mu_{II} = \mu_2 l_2 + \mu_1 l_1$ , а фаза  $\Phi_{II} = -ik[\delta_2 l_2 + \delta_1 l_1]$ . Здесь  $l_1(x, y)$  – длина лучей вне призмы, а  $l_2(x, y)$  – внутри нее.

В случае, рассмотренном в работе [10], когда объект в виде призмы находится в вакууме, вне призмы ( $|x''| > a/\gamma$ )  $\mu_1 = 0$ ,  $\Phi_1 = 0$ ,  $\delta_1 = 0$ ,  $l_1 = 0$ . В результате преломления пучок кроме проходящего луча расщепляется еще на два, которые отклоняются на угол  $\varphi_2^1 = (k\gamma)^{-1}(d\Phi_2/dx'') = \delta \operatorname{tg}\beta$  [10] в области  $0 < x'' < a/\gamma$  и  $\varphi_2^2 = -\delta \operatorname{tg}\beta$  при  $-a/\gamma < x'' < 0$  (см. рис. 3 и работы [10, 17]). В соответствии с рис. 3 и 4.

$$\varphi^{\mp} = \frac{\Delta K}{K} \operatorname{tg}\beta = \mp \delta \operatorname{tg}\beta.$$

При этом (см. рис. 3 и 4)  $x'' = x/\gamma$ . Если кристалл-анализатор повернут на некоторый угол  $\Delta\theta$ , то изображение призмы будет определяться величинами  $R_A$  в точках  $\Delta\theta \pm |\varphi| = \Delta\theta \pm \delta \operatorname{tg}\beta$ .

В случае, когда кристаллы монохроматора и анализатора не содержат дефектов и являются идеальными, эта теория описывает результаты, полученные в [10]. Однако, в отличие от [10], этот подход не только обеспечил возможность строгого учета эффектов многократности рассеяния в самом объекте, но позволил описать также и случаи, когда в кристаллах монохроматора и анализатора присутствуют искажения.

В результате в построенной теории количественно адекватно учтены оба основных механизма формирования контраста изображения. Первый из них отвечает за формирование преломленного в объекте и повернутого в результате различия граничных условий на входе и выходе луча, а также за изменение его фазы, а второй – за различные усиления этих преломленного и основного лучей кристаллом-анализатором. При этом именно первый механизм непосредственно несет искомую информацию о форме и размерах злокачественной опухоли. Если ограничиться, как в [10], случаем, когда и монохроматор и анализатор являются идеально совершенными кристаллами, то полученные здесь для этого случая формулы позволяют легко решить обратную задачу по определению из измеренных величин  $R_I$  и  $R_{II}$  искомых параметров опухоли. Действительно, как видно из формул при заранее установленных (или, как правило, известных) величинах  $\delta_1$  и  $\delta_2$ ,  $\mu_1$  и  $\mu_2$  и при известных отражательных способностях идеальных монокристаллов монохроматора и анализатора единственным неизвестным параметром оказывается толщина опухоли  $t^{xy}$  или угол у основания призмы, которые легко могут быть определены с использованием полученных выше формул.

Из построенной здесь теоретической модели также следует, что такая обратная задача принципиально становится неразрешимой в случаях отсутствия адекватного учета (при количественном описании вклада второго из указанных механизмов) наличия в монокристаллах монохроматора и анализатора искажений, которые в модели [10] не учитывались.

Однако эта модель [10] и не позволяла выполнить такой учет, так как основана на приближенной динамической теории Такаги, которая применима только для идеальных или слабоизогнутых кристаллов, но не для кристаллов с микродефектами.

В то же время в работах [18–19] в рамках строгой динамической теории показано, что микродефекты могут (за счет установленного дисперсионного механизма их влияния) на порядок величины изменять отражательные способности динамически рассеивающих кристаллов, а пренебрежение этим может полностью нивелировать адекватность медицинской диагностики на основе явления преломления.

Построенная в настоящей работе модель позволяет адекватно учесть наличие и влияние всех дефектов и их распределений в монокристаллах монохроматора и анализатора на второй механизм формирования изображений, который обеспечивает различные усиления лучей, преломленных в злокачественной опухоли и в здоровой ткани. Только настоящая модель может позволить сделать указанные усиления надежно контролируруемыми, без чего метод теряет свои уникальные возможности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в работе построена теоретическая трехосевая модель формирования на основе многократного рассеяния изображений медико-биологических объектов произвольной формы с обусловленными проявляющейся в таких случаях дисперсионной природой влияния на картину рассеяния структуры объектов уникальными чувствительностью и информативностью благодаря использованию возникающего исключительно за счет многократности рассеяния явления преломления лучей и искажения их плосковолнового фронта в отличие от традиционной диагностики, использующей их поглощение. При этом показана существенная роль впервые аналитически самосогласованно учтенных в построенной модели эффектов многократности рассеяния как в объекте, так и в монокристаллах монохроматора и анализатора. Впервые учтено также оказавшееся значительным влияние на изображение объекта однородно и неоднородно распределенных микродефектов и макродеформаций в монокристаллах монохроматора и анализатора.

## Литература

1. Пинскер З.Г. Динамическое рассеяние рентгеновских лучей в идеальных кристаллах. – М.: Наука, 1974.
2. Forster E., Goets K. and Zaumseil P. *Kristall und Technik*, **15**, No. 8: 937 (1980).
3. Соменков В.А., Ткалич А.К., Шильштейн С.Ш. *ЖТФ*, **61**, № 11: 197 (1991).
4. Ingal V.N. and Beliatvskaya E.A. *J. Phys. D*, **28**, No. 10: 2314 (1995).
5. Ингал В.Н., Беляевская Е.А. *ЖТФ*, **66**, № 3: 344 (1996).
6. Davis T.J., Gao D., Gureyev T.E., A.W. Stevenson and Wilkins S.W. *Nature*, **373**: 595 (1995).
7. Gao D., Davis T.J. and Wilkins S.W. *Aust. J. Phys.*, **48**, No. 1: 103 (1995).
8. Davis T.J., Gureyev T.E., Gao D., Stevenson A.W. and Wilkins S.W. *Phys. Rev. Lett.*, **74**, No. 16: 3173 (1995).
9. Snigirev A., Snigireva I., Kohn V., Kuznetsov S. and Schelokov I. *Rev. Sci. Instrum.*, **66**, No. 12: 5486 (1995).
10. Бушуев В.А., Ингал В.Н., Беляевская Е.А. *Кристаллография*, № 5: 808 (1996).
11. Подурец К.М., Соменков В.А., Шильштейн С.Ш. *ЖТФ*, **59**, № 6: 115 (1989).
12. Ингал В.Н., Беляевская Е.А. *ЖТФ*, **63**. Вып. 6: 137 (1993).
13. Пинскер З.Г. *Рентгеновская кристаллооптика*. – М.: Наука, 1982.
14. Ингал В.Н., Беляевская Е.А., Бушуев В.А. Способ фазовой рентгенографии объектов и устройство для его осуществления (варианты): Патент Российской Федерации № 2115943, G03B42/02, G01N23/04 (Опубликован 20 июля 1998).
15. Ando M., Sugiyama H., Maksimenko A., Pattanasiriwisawa W., Hyodo K. and Xiaowei Zh. // *Jpn. J. Appl. Phys.*, **40**, No. 8A: 844 (2001).
16. Лизунова С.В., Молодкин В.Б., Шелудченко Б.В. и др. // *Металофиз. новейшие технол.*, **35**, № 11: 1585 (2013).
17. Шелудченко Б.В., Молодкин В.Б., Лизунова С.В. и др. // *Металофиз. новейшие технол.*, **36**, № 4: 561 (2014).
18. Молодкин В.Б., Ковальчук М.В., Карнаухов И.М. и др. // *Основы интегральной многопараметрической диффузодинамической дифрактометрии*. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2013. – 120 с.
19. Молодкин В.Б., Ковальчук М.В., Карнаухов И.М. и др., *Основы динамической высокоразрешающей дифрактометрии функциональных материалов* (Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2013. – 129 с.
20. Varabash R., Ice G.E., Larson B.C., Pharr G.M., Chung K.-S. and Yang W. *Applied Physics Letters*, **79**, Iss. 6: 749 (2001).
21. Molodkin V.B. // *Phys. Metals*, **3**, No. 3: 573 (1981).
22. Molodkin V.B. // *Phys. Metals*, **3**, No. 4: 615 (1981)].
23. Молодкин В. Б., Тихонова Е. А. // *Физ. мет. и металловедение*, **24**, № 3: 385 (1967).

**М.М. Ошхунов**

## НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ – НЕФОРМАЛЬНОЕ ОБЩЕНИЕ

Держу в руках материалы шестого научного конклава с лауреатами нобелевских премий, приглашённых правительством Индии для встречи с продвинутыми студентами и аспирантами страны во время зимних каникул. Идея не нова, возникла в разрушенной Германии в 1951 г., город Линдау.

Книга открывается словами Pandit J.L. –первого премьера страны: «Индия не может играть второстепенную роль в мире. Она должна добиться очень многого. Нет другого пути». Приехали восемь лауреатов: R.J. Roberts – нобелевская премия по физиологии и медицине в 1993 г. – «за открытие сплит-генов»(расщеплённые гены); С.С. Tannoudji – нобелевская премия по физике в 1997 г. – «за развитие методов охлаждения атомов лазерными лучами»; H.W. Kroto – нобелевская премия по химии в 1996 г. – «за открытие фуллеренов»; I. Giaver – нобелевская премия по физике в 1973 г. – «за открытие туннельного эффекта в твёрдых телах»; S. Haroche – нобелевская премия по физике – «за проведение экспериментов по измерению параметров квантовых систем»; W. Kohn – нобелевская премия по химии – «за развитие теории функциональной плотности»; D. Osheroff – нобелевская премия по физике в 1996 г. – «за открытие сверхтекучести гелия-3»; J. Mather – нобелевская премия по физике в 2006 г. – «за открытие тёмной материи и анизотропии остаточного радиационного излучения».

Лауреаты читали по две часовые лекции до обеда аудитории числом около двух тысяч человек. После обеда – трёхчасовая дискуссия – встреча с лауреатами и двумя–тремя приглашёнными профессорами по секциям прикладная физика, физика, математика, химия, биология, информационные технологии. Вопросы допускались любые, в том числе и странные (глупые): на все вопросы давались ответы по мере сил и знаний лауреатов и других известных ученых.

Однажды я посетил с профессором А. Лобановым секцию физики и математики. Дискуссия шла вяло, спрашивал, например, студент о разнице между чистой и прикладной математикой – ему отвечал кто-то из профессоров. Формат дискуссии мне не понравился. Я попросил слова и написал на доске десять задач (пять по математике и пять по физике). Вот эти задачи:

Вычислить:

$$1. \int \frac{dx}{\sin(x)};$$

$$2. \int \frac{dx}{\cos(x)}.$$

Разложить в ряд Фурье функции:

$$3. \sin^2 x, \cos^2 x.$$

Вычислить:

$$4. \Delta \left( \frac{1}{r} \right), \quad r = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}.$$

5.  $x^n + y^n = z^n$ ,  $n > 2$ . Показать, что нет решения этого уравнения в целых числах (знаменитая проблема Ферма, которая до сих пор не решена). Задача была предложена в качестве шутки.

Также были предложены задачи по физике, так как секция была физико-математической.

6. Оценить с какой скоростью должен бежать человек по воде, чтобы не утонуть?

7. Два одинаковых бруска на поверхности расталкиваются третьим. Найти их скорости разбегания (всё идеально гладко).

8. Полстакана заварки чая; смотрим на дно сверху; затем доливаем воду доверху и снова смотрим на дно; где лучше видно дно стакана?

9. Земной шар ( $r = 6500$  км) плотно опоясан нерастяжимой ниткой; разрезают нить, давят к ней ровно 1 метр и тянут нить от поверхности; на какую высоту отклонится эта точка поверхности Земли?

10. На плоскости, разделённой прямой, находятся один шар и (n) шаров на другой стороне линии. Шар пересекает линию и насакивает на остальные; сколько шаров может выкатиться в обратном направлении?

Задачи вызвали необычайный интерес; Профессоров перестали слушать. Я приглашал студентов, решивших задачу к доске. Самое интересное, что никто, включая профессоров, не обратил внимание на задачу № 5, что меня крайне удивило. Студенты увлеклись этими задачами и предлагали свои решения до конца конклава. Я извинился перед профессорами, но намекнул на скучную форму проведения дискуссии.

Подружился с лауреатом нобелевской премии профессором Walter J. Kohn. Мне понравился его второй доклад, посвященный исправлению зрения при отслоении сетчатки. Суть метода очень проста: больной человек видит искривлённую сетку на компьютере. Больной с помощью «мышки» выправляет искривлённую, как ему кажется сетку. Компьютерная программа это фиксирует, а затем готовится под этот новый стандарт оптика (очки). Человек с отслоением сетчатки снова видит «правильно». Таким простым способом удалось помочь десяткам тысяч людей. После нашего близкого знакомства W. Kohn начал включать меня в различные дискуссии, где присутствовали одни нобелевские лауреаты. Тема одной из них – как готовить специалистов по прикладной физике. Высказались все нобелевские лауреаты, дошла очередь и до меня. Пришлось говорить. Вот мои тезисы: студента не жалеть до третьего курса и учить основам физики, математики и механики на серьёзном уровне, например, по учебнику «Курс теоретической физики» Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц, (считать вместо 50 интегралов 100, решить множество дифференциальных уравнений и задач по механике). Лабораторные работы обязательны: измерение заряда электрона, кольца Ньютона и т.д. После третьего курса специализировать. Тесты по физике не нужны, так как беседа с умным профессором полезнее любых тестов. Самое интересное, что лауреаты со мной согласились.

Несколько слов о моделировании в медицине. Я увлекаюсь моделированием болезней глаза, в частности, миопией, опубликовал две работы с профессором-офтальмологом, по моделированию близорукости методами механики деформируемых сред. Считал бы за честь работать с толковыми студентами и аспирантами по проблеме нобелевского лауреата В. Кона (W.J. Kohn).

Впечатление о лауреатах – самое хорошее: простые, доступные, скромные и умнейшие люди. Они великолепно знают физику и математику, хотя открытия ими сделаны не только по физике.

О других впечатлениях. Поражает нищета и грязь, астрономическая разница в уровне жизни людей Индии. Институт информационных технологий в городе Аллахабаде, где проходит уже шестой раз встречи с нобелевскими лауреатами – студенческий городок с трёхметровым забором, где есть всё – там живут студенты и преподаватели, есть больница, спортивные сооружения, гостиницы. За стеной городка – вопиющая бедность.

Люди в Индии дружелюбные и не агрессивные – это заметно по одновременному движению рикш, велосипедов, автомобилей, коров, мотоциклов. Там нет светофоров, тем не менее мы не видели ни одной аварии.

Индия вырвалась вперёд по компьютерным технологиям. Практически все компьютерные компании мира заполнены выходцами из Индии. Эта страна уже отправила собственную ракету к красной планете – Марсу. В то же время происходит неконтролируемый рост населения. На сегодняшний день население страны составляет 1 млрд 300 млн.

Итогом поездки явилось подписание договора о продолжении сотрудничества между Институтом информационных технологий г. Аллахабад и Кабардино-Балкарским госуниверситетом. В конце июня ожидается приезд в КБГУ делегации из Индии во главе с директором института. Будет проходить школа по высокопроизводительным вычислениям в компьютерных науках. Участники школы, где примут участие студенты из Индии и КБГУ (примерно в соотношении 20+20), будут слушать лекции профессоров из Москвы и КБГУ, выполняют лабораторные работы и сдадут зачёт. При успешном выполнении этого цикла они получают сертификат на английском языке, подписанный руководителями вузов.



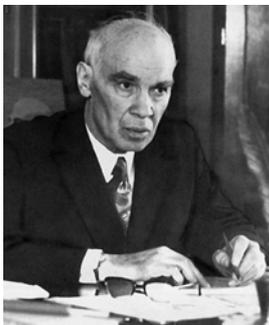
Твои три кубика –  
О, спецреспублика,  
Ты так невелика!  
Но твой ученый ум  
И твой зеленый шум  
Не смолкнут на века!

*Ю. Ким*  
*Гимн ФМШ № 18*



### **Колмогоров Андрей Николаевич**

Величайший математик XX столетия,  
основатель и преподаватель  
физико-математической  
школы-интерната № 18 при МГУ



### **Кикоин Исаак Константинович**

Выдающийся физик, талантливый организатор  
и основатель физико-математической  
школы-интерната № 18 при МГУ



### **Петровский Иван Георгиевич**

Выдающийся математик,  
ректор Московского университета с 1951 по 1973 гг.,  
основатель физико-математической  
школы-интерната № 18 при МГУ

## КОЛМОГОРОВСКОМУ ИНТЕРНАТУ 50 ЛЕТ

Как относиться к такому явлению, как создание специализированных школ с глубоким изучением каких-либо дисциплин до ВУЗа?

У нас однозначного ответа на этот вопрос нет. Есть позитивы и негативы. Тем не менее, такое движение в мире зародилось и первым результатом такого подхода к вопросам образования явилось открытие в 1963 году академиком Андреем Николаевичем Колмогоровым специализированной школы-интерната физико-математического профиля № 18 Мосгороно при МГУ.

Интернат функционирует до сих пор, правда, с другим названием: Специализированный учебно-научный центр (СУНЦ) имени академика А.Н. Колмогорова при МГУ – на правах факультета университета.

Этот почин был в то время поддержан и в других местах СССР. Были открыты интернаты при Новосибирском, Ленинградском и Киевском университетах, функционировала физико-математическая школа № 2 в г. Москве, открылись специализированные классы во многих школах страны.

Вначале об организации набора и обучения в Московском интернате. Набор осуществлялся обычным способом: призеры физико-математических олимпиад приглашались для сдачи экзамена по физике и математике преподавателям МГУ в регионах РФ (например, Новосибирский интернат собирал свой «урожай» в Сибири, Киевский – на Украине и т.д.). Экзамены проходили жестко, с глазу на глаз, результаты о приеме в интернат сообщали письменно к середине августа. О масштабах количественного годового набора в интернат МГУ можно судить по цифре: всего около 100 детей (4 класса) удавалось собрать по всей территории РФ (без Сибири, Ленинградской области и Москвы). Таким образом, отбор был весьма строгим.

Об организации обучения и их уровне можно судить по тому, что математическое направление курировал сам А.Н. Колмогоров, физическое – академик И.К. Кикоин. Они (А.Н. Колмогоров и И.К. Кикоин) начали издавать журнал «Квант», который стал высшим авторитетом в области физико-математического образования школьников СССР. Ими также была подобрана команда преподавателей и аспирантов из МГУ и Московского физтеха. Какая эта команда можно судить по таким её участникам, как профессора Я.А. Смородинский и Г.Е. Шилов.

Автор статьи утверждает, что никогда в жизни не приходилось испытать такую психологическую и физическую нагрузку, как во время учебы в 9-м и 10-м классах интерната. Помимо тяжелой физико-математической программы вузовского типа, приходилось готовиться к вступительным экзаменам в МГУ и Московский физтех (именно в эти вузы, в основном, поступали выпускники). Процент поступающих успешно в эти вузы составлял обычно более 90.

Результатом такой «досрочной» подготовки по вузовской программе явилось то, что первый год учебы студенты этих вузов почти не учились; ко второму году они начинали отставать от «обычных» студентов и приходилось снова мобилизовать себя на труд (однако, не всем это удавалось).

Такие подробности приводятся авторами не случайно: нашлись школьники, которые не выдержали учебы в интернате и «расхолаживание» на 1 курсе МГУ и МФТИ. Сюда надо добавить лишения радостей школьной жизни и в каком-то смысле детства и юношества, связанное с отрывом от родительского дома. Вряд ли сейчас автор настоящей статьи посоветовали бы такую же образовательную и жизненную траекторию своим детям.

Помогает ли интернат обрести профессионализм и выбрать научную траекторию? Несомненно – да, но цена такого выбора – не дешевая. Выращивание талантов коллективом имеет отмеченные минусы: нет свободы выбора в учебе, нет учета индивидуальностей детей,

имеет место стресс. Знакомство с биографиями выдающихся людей показывает, что их образовательные пути в основном индивидуальны. Иногда им везёт и они встречаются увлечённых учителей и учёных, которые подталкивают их к выдающимся целям. Опять это происходит индивидуально, штучно и добровольно.

Теперь о плюсах. Когда вместе учатся группы очень талантливых детей, есть конкуренция, есть возможность учителям рассказать им без оглядки о высокой сложной материи и, как уже сказано выше, индивидуализм одаренных детей почти не учитывается.

Все же интернат на наш взгляд, сыграл выдающуюся роль в образовательном пространстве СССР. Есть выпускники – великие люди, прославившие мировую науку. Например, Матиясевич, который, еще будучи студентом, решил одну из проблем Гильберта, есть ребята, которые получили высшую математическую премию Филдса (аналог Нобелевской премии по математике). Жаль, что многие из них ныне входят не в Российскую, а в зарубежную научную элиту, и обучают и обогащают интеллектуально другие страны.

В заключение хотелось бы нам поздравить всех выпускников интерната с 50-летием и особенно тех, с кем мы имели счастье учиться в одно время.

Успехов Вам всем на интеллектуальном поприще и здоровья.

**Выпускник интерната Муаед Ошхунов (1967)**

**СОДЕРЖАНИЕ**

|   |    |
|---|----|
| О «бедных сатрапах» замолвите слово .....   | 3  |
| Чернавский Д.С. – один из последних энциклопедистов отечественной науки .....   | 10 |
| <i>Б.В. Шелудченко, В.Б. Молодкин, С.В. Лизунова, М.В. Ковальчук,<br/>Э.Х. Мухамеджанов, В.А. Буцуев, Ю.П. Хапачев, В.Е. Сторишко,<br/>С.И. Олиховский, Е.Н. Кисловский, А.Ю. Гаевский, В.В. Лизунов,<br/>А.И. Низкова, Т.П. Владимирова, В.В. Молодкин, Е.В. Фузик,<br/>А.В. Гошкодеря, Я.В. Василик, А.А. Белоцкая, Г.О. Велиховский,<br/>А.А. Музыченко, Р.В. Лехняк</i> |    |
| Теоретическая трехосевая модель динамического рассеяния и формирования изображений новообразований произвольной формы на ранних стадиях .....   | 32 |
| <i>М.М. Оишунов</i>   |    |
| Нобелевские лауреаты – неформальное общение .....   | 50 |
| <i>Персоналия</i>   |    |
| Колмогоровскому интернату 50 лет .....  | 52 |

---



---

## CONTENTS

|   |    |
|---|----|
| Put in a word for «poor satraps» .....  | 3  |
| Chernavskii D.S. Is one of the last encyclopaedists of the science of our country .....   | 10 |
| <i>B.V. Sheludchenko, V.B. Molodkin, S.B. Lizunova, M.V. Kovalchuk,<br/> E.H. Muhamedjanov, V.A. Bushuev, Yu.P. Khapachev, V.E. Storigko,<br/> S.I. Olihovskii, E.N. Kislovskii, A.Yu. Gaevskii, V.V. Lizunov,<br/> A.I. Nizkova, T.P. Vladimirova, V.V. Molodkin, E.V. Fuzik,<br/> A.V. Goshkoderia, Ia.V. Vasilik, A.A. Belockaya, G.O. Velihovskii,<br/> A.A. Muzichenko, R.V. Lehnyak</i> |    |
| Theoretical triaxial model of dynamic scattering and forming of imaging<br>of new formation of arbitrary form on early stage .....  | 32 |
| <i>M.M. Oshkhynov</i>   |    |
| Nobel laureates – informal communication .....  | 50 |
| <i>Perconaliya</i>  |    |
| Kolmogorov’s boarding school is 50 etars .....  | 52 |

## 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 (полупромежуточный интервал в редакторе Word), на белой бумаге формата А4 (297x210 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  $^{12}\text{C}$ . 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 20.08.2014. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Печать трафаретная. Бумага газетная. 6.97 усл.п.л. 7.0 уч.-изд.л  
Тираж 1001 экз. Заказ № 7127.

Кабардино-Балкарский государственный университет.  
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.

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