

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. | – председатель правления компании АНО «Центр инновационных общественных инициатив», 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 |
| Крайzman 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 |

PERSONALIYA



Фото «Новой газеты»

ОН УШЕЛ, А ОСТАЛАСЬ ДЫРА

Александр Михайлович Абрамов
(05.06.1946–24.05.2015)

Евгения Абелюк, заслуженный учитель РФ, заведующий лабораторией филологического образования МИРОС в 1996–2002 гг.:

Жил на свете такой человек – Александр Михайлович Абрамов. В конце 1980-х гг. создал институт – МИРОС, Московский институт развития образовательных систем. Это был не обычный НИИ советского времени. МИРОС – и исследовательский институт, и одновременно издательство. *Здесь появились первые российские альтернативные учебники. А вместе с тем МИРОС и институт, в котором учились учителя.*

Впрочем, слово «учились» не вполне точно. Потому что приходившие на занятия в лаборатории МИРОСа (профиль лаборатории соответствовал преподаваемому предмету) очень часто становились соавторами тех, кто вел занятия. Люди приходили и не уходили. Не уходили по десять лет. Знаю, что это творческое время многие вспоминают до сих пор. Только вчера я привела детей на ЕГЭ по литературе в одну из московских школ и среди коллег, сопровождавших на экзамен своих учеников, увидела одну нашу слушательницу. Услышала радостные теплые воспоминания, услышала рассказы о том, как тогдашний МИРОС направил, сформировал сегодняшнего крепко стоящего на ногах учителя. Даже не помню, в который раз слышу я такие рассказы. За всем этим – Александр Михайлович Абрамов.

По образованию – и, в общем, по роду деятельности – математик. А вместе с тем не меньше, чем математик, Александр Михайлович – гуманитарий. Всегда легко цитировал. Первая изданная в МИРОСе книга – «Евангелие и древнерусская литература» Н.В. Давыдовой. А сколько потом всего появилось! И между прочим, кроме пособий и учебников, которые можно было использовать непосредственно для школы, – переводы Сергея Аверинцева, статьи Владимира Лакшина, книга о Гоголе Юрия Манна... Впрочем, пособия и учебники тоже были не вполне традиционными: это и первые задачки по истории, географии, истории науки, и первые хрестоматии по истории, составленные из документов. Они появились именно в МИРОСе.

Всё это были книги, необходимые для *народного просвещения*. **Александр Михайлович всегда говорил о том, что нам, стране, нужно не школьное образование, а народное просвещение для всех возрастов.**

Кадровый состав такого института должен быть и был необычным. Это и серьезные ученые, часто специалисты с мировым именем, и яркие школьные учителя. И так в каждой лаборатории. Понятно, что при таком составе большинство сотрудников – совместители. В отличие от большинства руководителей, Абрамова это не смущало. «Присутственных дней» тоже никто не требовал – главным был результат. А результаты работы такого содружества были замечательными.

Мне повезло: я попала в институт Александра Михайловича в первые дни его существования, а пожалуй, даже до его появления, когда организовался временный научный коллектив – такое в те годы не редкость – под названием «Школа». Помню, как Александр Михайлович говорил мне и другим коллегам из педагогического сословия: «Надо писать». И начали писать. Хотя поначалу это казалось почти невозможным. А потом мы стали говорить то же самое нашим слушателям, приходившим в институт на курсы.

Романтические девяностые закончились, начались двухтысячные. Совсем не романтические. И, мне кажется, на какое-то время романтик Абрамов растерялся. Нужно было понять, как быть, какую позицию занять. Мало того что работать как прежде стало невозможно, вскоре и институт фактически ликвидировали: сменили название... изменили направленность. Говорят, что потом снова и снова меняли и директоров, и задачи. Этого я уже не застала: **после отставки Абрамова народ стал уходить лабораториями.**

А Александр Абрамов, всегда чувствующий на себе ответственность ученика великого А.Н. Колмогорова, занял позицию критика образовательных реформ. Он всегда масштабно и системно мыслит. И теперь масштабно и системно говорил об образовании и его реформировании. Считал, что образование должно стать национальным проектом, видел в проблемах образования проблемы национальной безопасности. **Сравнивал сегодняшнюю модернизацию образования с утопическим проектом переброски северных рек.**

Он стал *борцом*; не буду бояться этого «пафосного» слова, произнесу его. И фактически стал публицистом. Жизнь заставила. **Его выступления, посвященные образованию – проблемам, пробелам, потерям, – можно было прочитать, услышать по радио, увидеть на экране телевизора и компьютера.**

Своих бывших сотрудников он из виду не потерял: часто звонил, советовался, советовал. Проверял на собеседниках, удачно ли придумал новое хлесткое словцо, которое можно использовать в полемике. Вслед за Н. С. Лесковым писавший об «административной грации» (Абрамов А.М. Административная грация – XXI. М.: Фазис, 2005), он часто «играл словом». Придуманные острые словечки использовал почти как термины: говорил об экспериментах «в особо крупных размерах», о принципе «воинствующего экономизма» в образовании, о «защите от диссертаций», которые делил на настоящие, «липовые» и «дубовые». Шутил, что профессию учителя скоро нужно будет вносить в Красную книгу...

24 мая, несколько дней назад, Александр Михайлович Абрамов умер. Умер внезапно. Для всех нас неожиданно. Говорят, что за несколько часов до смерти обсуждал с редактором журнала «Эксперт» очередную свою статью.

Жил такой человек – Александр Абрамов. И такое чувство, что он ушел, а осталась дыра. Как у Бродского: «дыра в сей ткани». Его многие из нас долго будут помнить. Но оставшуюся лакуну уже не заполнить. А заполнять нужно. В том числе в память об Александре Михайловиче Абрамове.

Евгения Абелюк, Сергей Рукшин

«Память». 02 июня 2015 года. ТрВ № 180. – С. 14.

Рубрика: Страницы истории

БЕЗ САШИ НЕ БЫЛО БЫ И ФЕНОМЕНА ГРИГОРИЯ ПЕРЕЛЬМАНА

Сергей Рукшин, профессор РГПУ, заместитель директора Президентского
физико-математического лицея № 239: www.ug.ru/article/840



*Александр Михайлович
Абрамов*

«Александр Абрамов выполнял функцию маяка. По нему можно было ориентировать собственную нравственную и педагогическую позицию».

В воскресенье, 24 мая, около половины первого дня от нас ушел Александр Михайлович Абрамов. Замечательный человек, прекрасный педагог, надежный друг и соратник в борьбе за наше образование. Автор учебников, создатель МИРОСа. Видный публицист. Замечательный выпускник, а затем и учитель колмогоровского интерната при МГУ. Ученик, хранивший память и разбивавший математические и педагогические рукописи Андрея Николаевича Колмогорова. Человек, с которым можно было поговорить о литературе, философии, истории, друг и знакомый В.Я. Лакишина и многих других писателей и деятелей искусства.

Не знаю, что может добавить к моему восприятию Саши его звание члена-корреспондента АПН, или, по-нынешнему, РАО. Ничего. Потому что когда-то Андрей Николаевич Колмогоров назвал мне Абрамова своим лучшим учеником. Когда я спросил, почему не Арнольда или кого-то еще, Андрей Николаевич ответил, что педагогика – гораздо более трудная для воспитания ученика область, чем математика, и тут у него удач гораздо меньше.

Александр Михайлович не дожил до своего 69-го дня рождения, до 5 июня, совсем немного. Еще вчера мы говорили с ним по телефону, он радовался выходу из больницы после четвертой за неполные два года операции, строили планы моего приезда к нему на день рождения и его приезда ко мне в Питер, чтобы поработать над идеями «контрреформ» в области образования и науки. Обсудить возможности, как он выражался, «борьбы с режимом в области образования».

Я не поверил этой новости. Все операции позади. Все самое тяжелое ушло, впереди новая работа и новая борьба. Все оказалось правдой, к сожалению. Я позвонил Наташе, жене. Саша ушел около половины первого дня... Тромб закупорил легочную артерию. Скорая не смогла ничего сделать. Я только вчера с ним общался. Бог, в которого я не верю, послал ему легкий уход. Он промучился всего 15 минут. Еще вчера после больницы он чувствовал себя очень хорошо, съездил на дачу, строил планы работы со мной и А.Н. Приваловым, обдумывал редакцию нового текста для «Эксперта». Рассчитывал встретиться в Москве, на его день рождения, 5 июня. Не удалось...

Я познакомился с ним школьником то ли весной 1972 года, то ли осенью 1973-го, в Ленинграде. На матмехе. На конференции по работе со школьниками. Ребенком, в 9-м или 10-м классе. А лично и близко знаком с ним с 1974 года. Тогда он по-отечески отнесся к

16-летнему пацану, только-только начинавшему преподавание математики. Не высмеял мои завиральные идеи, а поддержал и познакомил с Колмогоровым. Потом с Арнольдом. И не только с ними. Он определил многое в моих взглядах на преподавание, и не только математики. Он помогал делом, советом, поддержкой не только мне. Как мне написал Витя Прасолов, без Абрамова не появился бы знаменитый двухтомник «Задачи по планиметрии». Хочу напомнить, что без Саши не было бы и феномена Григория Перельмана.

Гришу бы просто не взяли на матмех, если бы Абрамов не стал руководителем сборной страны на Международную математическую олимпиаду. Без его немислимых усилий в Москве по обработке министерства и людей на Старой площади (и моих с Куксой в Ленинграде, когда Кукса пообещал положить на стол партбилет, а я – членский билет Совета молодых ученых и специалистов обкома ВЛКСМ, если Перельману не дадут выездную характеристику) Грише бы не дали загранпаспорт и не включили в состав сборной страны на ММО. Как это удалось Абрамову, чем он, «выездной» (в начале 1980-х годов!), тогда рисковал и кого он привлек – отдельная и долгая история. Всего лишь за год до того в сборную СССР не взяли моего Леонида Лапшина и киевлянку Наташу Гринберг (занявших два первых места на Всесоюзной олимпиаде)... Он сумел пробить стену лбом в 1982 году, еще при Брежневле. Гришу, вопреки желанию декана, приняли на матмех как члена сборной страны. А заодно еще пару таких же – если уж хоть один еврей просочился, то, как сказал декан Боревиц, можно взять еще парочку сильных...

Абрамов стал для меня на эти 40 лет старшим товарищем. А потом и другом, собутыльником, собеседником. Он много раз бывал у меня дома в Пушкине (Царском Селе), в Ленинграде–Санкт-Петербурге на всех моих квартирах. Вместо гостиницы выбирая иногда раскладушку моей тогдашней холостяцкой однокомнатной квартиры – ради многочасовых (иногда затягивающихся на всю ночь) разговоров. Кажется, это был единственный человек, которому я разрешал курить у меня дома. Я не наберу и десятка столь же последовательных борцов за наше образование, как он. Расплатившихся карьерой, должностями, деньгами за свое право говорить правду. Добровольный уход из министерства в знак несогласия во времена Днепрова. Нежелание прогнуться под А.Л. Семенова, который закрыл его институт (МИРОС) в 1990-е гг. Уход из «Просвещения» после критики учебника с «высшей формой общественного строя – режимом суверенной демократии»... И я не знаю ни более ярких и последовательных публицистов в области российского образования, ни более смелых людей, дороживших своей репутацией и принципами более, чем благополучием и достатком.

В мечтах я видел сборник его образовательной публицистики. Много из написанного им имеет несиюминутное значение. Написано навсегда. Одно «Как нам объЕГЭрить Россию» чего стоит. Читавшие со мной согласятся.

Сказать, что мне будет его не хватать, – ничего не сказать. Не нас – меня стало меньше. И когда дней моей жизни осталось уже мало, я хочу сказать ему спасибо за то, что столько лет и десятилетий он был моим другом.

Об авторе

Сергей Евгеньевич Рукшин – профессор РГПУ, член общественного совета Минобрнауки по реформе РАН, научный руководитель физматлицея № 239 Санкт-Петербурга, наставник двух филдсовских лауреатов – Григория Перельмана и Станислава Смирнова, автор более ста работ по математике, техническим наукам, психологии и педагогике одаренности.

Александр Михайлович Абрамов, член-корреспондент Российской академии образования

1. ЕГЭ как педагогическая шизофрения. Краткая история объединения выпускного экзамена со вступительным

Слово «ЕГЭ», возникшее недавно, стало одним из самых популярных слов русского языка. Но для приличия напомним: ЕГЭ – это Единый государственный экзамен. Данной теме посвящены тысячи публикаций в прессе, электронных СМИ, интернете, проведено множество совещаний. Но дискуссия организована крайне слабо. Для нее характерны порхающий интерес и порхающее мышление. Информационные поводы – проведение очередных туров испытаний; скандалы, возникающие, правда, с должной периодичностью.

Ошибка – в универсальности

Порхающее мышление – это крайне поверхностный стиль размышлений и обсуждений при отсутствии целостного видения проблемы, аргументации, профессионализма, полноты анализа, взвешивания рисков. Этот стиль стал заметен уже в 2000 году, когда родился Единый государственный экзамен. Сколько-нибудь внятного и полного изложения концепции ЕГЭ за восемь лет неустанной работы так и не появилось. Отсутствуют публикации и отчеты о промежуточных результатах и итогах широкомасштабного эксперимента с ЕГЭ, ласково именуемого в фольклоре «Ширмаш».

Отцы-основатели и активисты ЕГЭ мастерски уходили и уходят от публичных дискуссий, ограничиваясь воспеванием ЕГЭ, жесткими инструкциями по внедрению, дозированными сообщениями на тему «Новости ЕГЭ». Оппоненты ЕГЭ более содержательны и информативны, но они не удостоивались внимания властей, слабо представлены в СМИ.

Сама по себе идея повышения объективности оценки качества знаний не вызывает чувства протеста, как и элементы унификации и формализации испытаний. В применении к выпускным экзаменам это: а) частичное введение единых заданий; б) разработка единой системы критериев и процедуры оценивания; в) повышение доли письменных форм. Но границы применимости этих идей были сильно нарушены.

Аналогичная история произошла с реализацией идеи независимости экспертизы. Учителя и преподаватели вузов ввиду их личной заинтересованности в схеме ЕГЭ полностью отстранены от участия в экзаменах. Это явный перебор. Разумеется, конфликты интересов есть: учителя болеют за своих учеников, а коррупция на вступительных экзаменах присутствует. Но эти конфликты могут быть ограничены иными способами.

Кардинальная концептуальная ошибка – придание ЕГЭ сразу двух функций: и выпускного, и вступительного экзамена. Между тем их цели принципиально различны. *Задача выпускного экзамена – определение степени владения неким набором элементов общей культуры. Задача вступительного экзамена – выявление степени готовности к обучению в конкретном вузе, выявление способностей абитуриента. Попытки одновременно решать две совершенно разные задачи обречены. Двухединный (и выпускной, и вступительный) экзамен – тяжелое проявление педагогической шизофрении.*

Ошибка и в универсальности ЕГЭ. Каждый вуз с учетом своей специфики и может, и должен предъявлять абитуриентам помимо общих свои условия. Вера в возможность проведения общих экзаменов для всех вузов, готовящих по сотням весьма разнообразных специальностей, построена на песке.

Примат экономики

Странное решение о единстве государственного экзамена для школ и вузов принято, по-видимому, по экономическим причинам. ЕГЭ – бизнес недешевый. Цена вопроса – примерно 50 млн. долл. в год, а при разделении выпускных и вступительных экзаменов плата за удовольствие заметно возрастает. Дебютная идея – борьба с коррупцией на вступительных экзаменах. Кроме того, первоначально идея ЕГЭ непосредственно увязывалась с идеей ГИФО (государственные именные финансовые обязательства). Предполагалось, что ученики, получившие более высокие баллы при сдаче ЕГЭ, должны приобретать и более высокие образовательные ссуды. В настоящее время идея ГИФО заморожена.

Но в основу пропаганды ЕГЭ были положены аргументы не экономические, а демагогические. Распространялась легенда о мальчике из Якутии, который, не покидая родной деревни, по результатам ЕГЭ поступил в МГУ. Но разовая экономия на билетах не решает проблемы обеспечения студента в течение пяти-шести лет жизни в чужом городе. А типичные для последнего времени сообщения о пользе ЕГЭ – росте числа студентов из малых городов – нуждаются в проверке.

ЕГЭ пропагандировался как средство борьбы со стрессами. Это имеет некоторые основания, хотя и неизвестны катастрофические последствия для здоровья десятков миллионов человек, сдающих многие десятилетия летом и выпускные, и вступительные экзамены. Для ограничения стрессов можно раньше проводить школьные экзамены. Но важнее иные соображения.

Конечно, экзамен – это далеко не всегда праздник. Экзамены придумали не случайно. Их функция – и приведение в систему полученных знаний, и тренировка в мобилизации внутренних ресурсов. Вся жизнь состоит из испытаний: каждому приходится в течение жизни сдавать десятки и сотни разнообразных экзаменов. Если их число будет на четыре-пять меньше, проблемы стрессов это не решит.

Первая фаза истории ЕГЭ – рождение теории и подготовка к ее проверке практикой. Вторая фаза – широкомасштабный эксперимент. Но эксперименты над системой образования в особо крупных размерах влияют на судьбы многих миллионов людей. Необходимы анализ вариантов действий, контрольные и экспериментальные группы, статистический анализ результатов и т.д. Принцип «Не навреди!» требует предельной осторожности.

В полной мере эти правила удается соблюсти редко. Но эксперимент с ЕГЭ побил все печальные рекорды. Гипотеза, концепция, отчеты отсутствуют. Неоднократные призывы к созданию независимой комиссии по исследованию результатов эксперимента постоянно игнорировались. В частности, на открытое письмо президенту Путину «Нет разрушительным экспериментам в образовании» (2004 год), подписанное 420 известными в стране педагогами и учеными, не последовало никакого ответа.

В настоящее время покрытие территории страны примерно 15 тыс. пунктов сдачи ЕГЭ практически завершено. Участвуют не только педагоги и тестологи, но и весьма многочисленные представители компетентных органов, призванные охранять секретные материалы, блюсти чистоту экзаменов, упреждая и пресекая действия юных и взрослых злоумышленников. Однако ежегодно возникают скандалы.

Так, некоторые регионы регулярно добиваются неправдоподобно высоких результатов. Фиксируются многочисленные случаи неспортивного поведения экзаменуемых и экзаменующих, а также утечки информации вплоть до публикации текстов ЕГЭ и продажи этих текстов. Это не случайность. Сложные системы в принципе не могут быть абсолютно надежными. Тем более системы с мощным влиянием человеческого фактора. Результаты ЕГЭ чрезвычайно важны для выпускников школы и их родителей, для учителей, директоров школ, региональных руководителей (оценка их работы отныне напрямую связана с результатами ЕГЭ). Это источник больших соблазнов.

Репетиторство и коррупция не исчезли, а сместились в зону ЕГЭ. Потери коррупционеров от смены системы экзаменов с лихвой скомпенсированы платностью высшего образования, регулярными поборами на экзаменационных сессиях.

ЕГЭ сломал систему традиционных (и вечных) целей общего образования. С приданием ЕГЭ судьбоносного характера именно КИМы (контрольно-измерительные материалы), то есть тексты экзаменационных работ, де-факто материализуют цели общего образования. Функция школы как главного человекообразующего и народообразующего института резко ослабла. Школа на глазах превращается в институт натаскивания на ЕГЭ. Примечательно, что при резком упадке учебно-методического книгоиздания подлинный бум переживает «ЕГЭ-литература».

Критерий «тройки»

Смещение цели – это полбеда. Беда полная – ложная цель.

В полной мере формализовать и унифицировать критерии качества образования можно лишь при условии крайней их примитивизации. Это и произошло. «Егэологи» далеко зашли за границу применимости формальных методов в образовании.

Во-первых, вместо сокращения числа устных экзаменов произошло практически полное их уничтожение. Между тем проверка знаний ученика, выявление его способности к самостоятельному мышлению невозможны без диалогового режима.

Во-вторых, тотальный переход на систему ЕГЭ привел к полной унификации при обработке многих миллионов экзаменационных текстов учащихся. Разработчики ЕГЭ пошли по линии наименьшего сопротивления, сведя практически все к тупому тестированию (вопросы с так называемыми «свободными ответами» существа дела не меняют).

В-третьих, эксперимент выявил целый ряд других крупных недостатков КИМов. В России девять часовых поясов. Ежегодно экзамены сдают около 1 млн человек. Поэтому необходимо иметь очень большое число вариантов. Создать совершенно равноценные варианты не удастся: постоянно фиксируется заметный разброс результатов.

Но максимальный вред ЕГЭ приносит предметам «Русский язык» и «Математика». Это базовые предметы всего школьного курса. Недостаточное их усвоение сильно сказывается на качестве знаний по другим предметам. Русский язык и математика играют решающую роль в развитии внутренней речи и логического мышления, а следовательно, и мышления вообще.

Есть единственный способ изучения русского языка – много читать, писать, говорить; вдумываться в тонкости и структуру текстов, выявлять и формулировать смыслы. Сегодня быстро растет безграмотность, падает интерес к чтению, деградируют устная и письменная речь. Поэтому роль предмета «Русский язык» (и «Литература») должна резко возрасти. Вместо этого господствует ЕГЭ, проверяющий в основном умение вставить пропущенную букву или слово...

КИМы по математике помимо их примитивности плохи по иной причине. На выпускном экзамене должны проверяться знания за весь курс школы. Сегодня дело сводится к «Началам анализа», отнюдь не центральной теме курса. В очень слабой степени представлена умирающая в школе геометрия, и практически никак – арифметика и алгебра. Задания, ориентированные на сильных, сохранили и умножили дефекты традиционных экзаменов – крайнюю искусственность задач. К математической культуре тексты ЕГЭ не имеют решительно никакого отношения.

Результаты по явно заниженным критериям тройки (нужно выдавать аттестаты!) весьма неутешительны: 20–25 % двоек ставят по математике и около 10 % – по русскому языку. Пора посмотреть правде в глаза и честно провести всероссийские контрольные в традиционной форме. Тогда станет ясно, что уровень знаний школьников крайне неудовлетворителен, а ЕГЭ – проблема надуманная. В школе есть очень много вещей поважнее ЕГЭ.

Между тем главный организатор триумфального шествия ЕГЭ по российским просторам, до недавнего времени руководитель Рособрнадзора, а теперь вице-президент Российской академии образования Виктор Болотов, выступил на недавней пресс-конференции с предложением о ликвидации школьных аттестатов.

Шаг ожидаемый. Дело в том, что ЕГЭ придана функция единственной объективной формы проверки качества знаний. Но тогда возникает вопрос: что делать с непривычно большой армией двоечников? Занижение уровня тройки и примитивизация ЕГЭ лишь частично «решает» эту проблему. Двоечникам, строго говоря, нельзя выдавать документ об окончании школы. Идея Болотова – блестящий пример простого решения: «Есть аттестат – есть проблема. Нет аттестата – нет проблемы». То обстоятельство, что при этом ликвидируется мотивация к учению, а школа превращается в камеру хранения детей, несущественно...

Бюрократическая победа

В инженерном деле и многих отраслях техники очень большое внимание уделяется так называемым методам неразрушающего контроля. Разработка методов и инструментов, не оказывающих негативного влияния на систему, но позволяющих точно оценить ее состояние, – задача чрезвычайно сложная и тонкая. Педагогическая наука пока не вступила в эпоху великих открытий, она сильно отстает от точных наук, инженерии и медицины. Это нужно признать, не претендовать на знание истины, не браться за неразрешимые задачи. В противном случае появляются такие монстры, как ЕГЭ, ставший классическим примером всеразрушающего контроля с негодными средствами и инструментами.

ЕГЭ, конечно, попал в историю. Но за что вместе с ним попали в историю наши дети и внуки? Аналогичный случай произошел с учением Лысенко. «Мы не можем ждать милостей от природы. Взять их у нее – наша задача». И взяли. Последствия всемирно известны.

Третья фаза в истории ЕГЭ – создание правовой основы. В 2007 году был принят закон, предусматривающий повсеместное введение ЕГЭ начиная с 2009 года. Союз ректоров сумел добиться только: а) выделения некоторого числа вузов, которые могут проводить испытания не только в форме ЕГЭ; б) права приема победителей олимпиад.

Достижения весьма относительные. Механизм определения списка вузов-исключений не ясен.

Возникли также угрозы заорганизованности и коррумпированности олимпиад, роль которых кардинально меняется: победы – пропуск в вуз.

Но самое тревожное – это то, что закон о ЕГЭ принят, несмотря на отчаянное сопротивление профессиональных сообществ. Бюрократия одержала очередную победу над здравым смыслом. В сфере образования ныне сформировалась порочная система принятия решений. Система защиты от ошибок и рисков отключена.

Что дальше? На мой взгляд, есть два сценария. Первый – это вступление закона о ЕГЭ в силу с 2009 года. Этот сценарий наиболее вероятен. В авантюре с ЕГЭ участвует слишком много влиятельных людей, не испытывающих тягу к признанию собственных ошибок, но очень заботящихся о сохранении политического лица. К тому же возникает вопрос: «Куда девались народные деньги?» (Это несколько сот миллионов долларов.)

С неизбежным проявлением последствий ЕГЭ, многочисленных жертв и разрушений, с осознанием масштаба бедствия довольно быстро начнется этап коллективного прозрения. ЕГЭ трансформируется в нечто удобоваримое.

Второй сценарий, минимизирующий издержки, предполагает отказ от идеи быстрого внедрения ЕГЭ. Для этого нужно осознать, что ситуация сильно напоминает игру с крапленой колодой карт. Вариантов выбора для честного участника игры – три. Два из них – экстремальные: можно долго продолжать игру, ясно осознавая себя «плохом», а можно взяться за канделябры. Третий вариант умеренный. Раздается команда «Карты на стол!», и создается суд чести.

Аналогия очевидна – необходимо опубликовать все документы, относящиеся к истории ЕГЭ, провести широкое открытое профессиональное обсуждение и создать независимую авторитетную комиссию для принятия решения.

Этот сценарий менее вероятен, но возможен. Дело в том, что ЕГЭ стал уже политической проблемой. И вот по каким причинам.

Во-первых, нарастающая кадровая деградация и деградация национальной системы образования – это серьезные прямые угрозы национальной безопасности России. Необходима поэтому принципиально новая и сильная образовательная политика – составная и очень важная часть разрабатываемой сейчас новой стратегии развития страны до 2020 года. В такой политике места для ЕГЭ не находится.

Во-вторых, Министерство образования и науки РФ, полностью проигнорировавшее мнение профессиональных сообществ и протастившее наряду с ЕГЭ большой пакет крайне сомнительных законов об образовании, ввело в заблуждение высшее руководство страны. Последствия реформ в образовании крайне негативны, а действия «реформаторов» от образования вызвали резкие протесты в обществе. Народ, конечно, склонен неустанно безмолвствовать, но судьба собственных детей волнует очень многих.

Вспоминается известная мысль: *«Это больше, чем преступление. Это ошибка»*. Примечательно, что в этом высказывании Талейрана нет указания на отсутствие состава преступления.

Первоисточник информации – Независимая газета. 08.04.2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ng.ru/ideas/2008-04-08/14_ege.html.

Вторичный источник – <http://reformobr.ru/index.php/ege-gia/46-abramov-ege>.

2. Первый шаг очевиден: незамедлительная отставка министра Андрея Фурсенко

И это – Год учителя?

Сегодня ситуацию со школьным образованием в целом никто не видит и никто ни за что не отвечает.

Как известно, нынешний год объявлен в России Годом учителя. Однако события первых двух месяцев чрезмерного оптимизма не вселяют. Об этом свидетельствует уже отсутствие реального стимулирования учительского труда. Но и других аргументов немало.

Очевидно, например, что атмосфера уважения к труду учителя и институту школы не создается демонстрацией на телевизионном госканале удивительно пошлого и гротескного сериала «Школа» (снятого на бюджетные деньги?). Столь же очевидно, что с подчеркнута хамским отношением к мнению учителей и к общественному мнению пора кончать. Надо признать, например, что система ЕГЭ – это ошибка. Поставленная де-факто перед школой цель «Главное – сдать ЕГЭ!» ведет к ликвидации грамотности и к ликвидации учительства как класса.

В День смеха всем нам будет не до смеха. 1 апреля начинается эксперимент в особо крупных размерах (18 регионов!), ориентированный на внедрение предмета «Духовное воспитание», разделяющего пятиклассников (sic!) по их отношению к религии. Сомневаюсь, что ситуацию улучшит предложение министра образования и науки РФ Андрея Фурсенко привлечь к преподаванию нового предмета учителей математики и физики. Более того, возникает явный «Парадокс Фурсенко»: почему, по мнению министра, духовными пастырями и инженерами человеческих душ должны быть люди с убиенной креативностью? (Ранее Фурсенко заявил: «Высшая математика убивает креативность».)

Недавно Дмитрий Медведев обозначил контуры проекта «Наша новая школа». Боюсь, что советники по образованию в очередной раз подвели президента. Так, например, гора бумаг, относящихся к проекту школьных «Стандартов», есть. А вот видения новой школы, нового содержания и реалистичной программы действий – нет. Между тем хорошие примеры известны: в 1963 году от появления идеи до открытия физматшкол при ведущих университетах прошло всего полгода.

Как прервать инновационно-имитационные процессы и изменить ход Года учителя? Поскольку рыба гниет с головы, начать следует с решительного изменения системы принятия решений. От сложившейся сегодня системы, предельно бюрократизированной, обладающей полной монополией на знание истины и право решать, – к общественно-государственной системе управления.

Первый шаг очевиден: незамедлительная отставка министра Андрея Фурсенко. Министр образования и науки, пользующийся недоверием и даже неуважением, – нонсенс. Тем более на старте модернизации страны.

Персоналиями дело не может ограничиться. Внешне привлекательная идея создания крупного министерства имела крайне негативные последствия: школа оказалась в роли забытой падчерицы. Административная реформа породила «трехглавого дракона». Функции были весьма успешно разделены между тремя главами (Минобрнауки, Рособразование, Федеральное агентство). Но сегодня ситуацию в целом никто не видит и никто ни за что не отвечает.

Решение с точки зрения административной логики – воссоздание Министерства народного просвещения, ответственного в первую очередь за состояние дел в школе. Непременное условие – назначение министром человека высокопрофессионального и искренне болеющего за дело. Господствующий сегодня принцип подбора кадров: «Этот человек мне лично известен» – в сфере образования неуместен.

Реорганизация Минобрнауки требует главным образом политической воли. Сложнее дело обстоит с общественной составляющей. Надо признать, что в современной России эффективных профессиональных сообществ крайне мало (Союз ректоров – одно из немногих исключений). Такие сообщества предстоит создать, предпринимая совместные усилия и снизу, и сверху.

Полезно обратиться к недавнему историческому опыту – опыту конца 80-х годов прошлого века, когда была осознана острая необходимость самых решительных перемен в образовании. Только что назначенный председатель госкомитета по образованию Геннадий Алексеевич Ягодин заявил о необходимости созыва Съезда работников образования, а главное – сделал реальные шаги к организации широкой дискуссии и созданию структур, взявших на себя функции серьезного анализа ситуации и разработки программы действий. Иными словами, был грамотно организован «мозговой штурм», выявивший множество неустраивавших ранее людей и идей.

Результативность этой работы была убедительно доказана: в крайне сложные 90-е годы школа не только выжила, но и развивалась.

Модернизация страны и ускоряющаяся деградация национальной системы образования – вещи несовместимые. Пришло время повторить ход Ягодина – инициировать общенациональную дискуссию, а в конце Года учителя провести хорошо подготовленный Съезд учителей. Такой съезд не созывался 22 года – это уже не просто неприличие, а покушение на основы конституционного строя. Все-таки по Конституции Россия – демократическая страна, и, следовательно, Мнение Народное должно иметь регулярные формы выражения.

Важно подчеркнуть, что при подготовке съезда чиновники от образования могут играть лишь вспомогательную роль: их бурная деятельность в последнее десятилетие должна получить объективную оценку. Иначе при всеобщем стремлении к лучшему получится не просто хуже, а много хуже, чем всегда.

Источник информации – http://www.ng.ru/politics/2010-03-19/3_kartblansh.html.

3. Министр Фурсенко сделал открытие: есть математика, которую изучать вредно

Тот самый «вредоносный» учебник

Как законопослушный гражданин, я привык серьезно относиться к публичным заявлениям наших руководящих товарищей. Соответствующие формулировки должны быть предельно точны. Однако последние выступления министра образования и науки А. Фурсенко меня, прямо скажем, смутили.

Так, он уделил очень много времени оправданиям в связи с тем, что президенту Д. Медведеву некие злоумышленники «подсунули» текст анекдотичных вопросов ЕГЭ по истории, хотя, по убеждению министра, ЕГЭ – совершенно необходимая и очень позитивная «инновация». Сомневаюсь. Вопросы ЕГЭ таковы, что при хорошей раскрутке их обсуждения в эфире они могут

резко повысить рейтинг популярности наших «юмористических» передач. Замечательно и употребление глагола «подсунуть». А кто, интересно, дезинформирует высших руководителей страны, подсовывая им информацию о мнимых достоинствах ЕГЭ и формулировки, явно не соответствующие действительности: «ЕГЭ позволило сократить коррупцию в вузах»?

Весьма странна и свежая цитата: «Я глубоко убежден: не нужна высшая математика в школе. Более того: высшая математика убивает креативность». Все-таки выпускник математико-механического факультета Ленинградского университета А. Фурсенко не должен допускать столь сильные и неточные выражения. Список обитателей планеты Земля, которые со времен Ньютона имели несчастье приобщиться к высшей математике, очень велик. Но до «Откровения от Фурсенко» никто не отмечал наличия среди них лиц с убиенной креативностью. Возможно, впрочем, что у него иной опыт наблюдений и личные трагические переживания...

Я являюсь одним из авторов учебника «Алгебра и начала анализа», действующего в школе более 30 лет. Тем самым вхожу в круг лиц, подозреваемых А. Фурсенко в уничтожении креативности. Этот круг очень широк: исторически сложившийся в XX веке курс математики в школе — не случайность, а итог очень длительной и интенсивной работы многих людей из разных стран. Гражданин Фурсенко, конечно, волен высказывать свои заветные мысли. Но министру Фурсенко не следует подчеркнуто демонстрировать легкомыслие и незнание истории образования.

В заявлении Фурсенко имеется и рациональное зерно. В школе действительно есть перегрузка. Действительно нужно радикально пересматривать содержание школьного курса (не только математики!). Действительно Российская академия образования, ответственная за подготовку «Стандартов», не справилась с задачей. Но есть и большие вопросы.

Кто как не министр Фурсенко отвечает за организацию разработки «Стандартов» нового поколения? Конца этой работы не видно, хотя неосторожные обещания высшим руководителям страны даны.

Кто как не министр Фурсенко своим приказом ввел преподавание в массовой школе такого раздела высшей математики, как «Элементы теории вероятностей и статистики»? И это в обстоятельствах, когда грамотность резко падает, а операции над дробями стали проблемой для учеников.

Широко известна мысль М.В. Ломоносова: «*Математику уже затем учить надо, что она ум в порядок приводит*». 250 лет спустя А. Фурсенко сделал открытие: есть математика, которую изучать вредно. Это лишь одно из следствий его известной позиции: школа должна готовить не творцов, а потребителей. Отсюда и стремление к примитивизации образования, пронизывающей все «инновации» А. Фурсенко. Может ли человек с такой философией быть министром образования и науки в эпоху «экономики знаний»?

Источник информации – <http://www.novayagazeta.ru/data/2009/016/11.html>.

Экзотическая модель вандализма

Новые стандарты школьного образования – очередной социальный эксперимент в особо крупных размерах

Эти строки – реакция на проект Федерального общеобразовательного стандарта среднего (полного) общего образования, опубликованный недавно на сайте Министерства образования и науки РФ. Первоначально я предполагал написать краткий аналитический текст, фиксирующий очевидные крупные дефекты. Их много.

Совершенно сенсационна принципиально новая структура содержания образования в 10–11-х классах. «В учебный план входят обязательные для изучения четыре учебных предмета (Россия в мире, физкультура, основы безопасности жизнедеятельности, выполнение обучающимися индивидуального проекта)». По выбору (ученика, школы?) этот список дополняется другими предметами из шести предметных областей: русский язык и литература, родной язык и ли-

тература (5 предметов); иностранный язык (2); общественные науки (5); математика и информатика (4); естественные науки (5); курсы по выбору (число не ограничивается).

Выбор индивидуального блока предметов ограничивается тремя правилами: а) из каждой предметной области должен быть выбран минимум один курс; б) предметов не более семи, то есть либо шесть, либо семь; в) должно быть выбрано 3 или 4 курса на базовом уровне, 3 или 4 на профильном, то есть повышенном. Иными словами, возможны комбинации: 3+3, 3+4, 4+3.

Подсчет всех возможных вариантов выбора – не слишком увлекательная комбинаторная задача. Замечу, что из шести базисных предметов можно выбрать 20 «троек» и 10 «четверок» курсов. Каждой из них соответствует весьма немалое число «троек» или «четверок» профильных предметов. Точный поиск общего числа возможных вариантов требует нудного полного перебора, который естественно поручить авторам затеи. Но ясно, что речь идет о сотнях вариантов выбора.

Отныне российская школа – самая разнообразная школа в мире. Такую систему крайне трудно разработать, создать и обслужить. Интересен такой вопрос: если «Стандарт» – это всерьез, то какова его суммарная цена?

Возникают и другие вопросы. Чем объясняется экзотический список обязательных предметов? Началом титанической битвы за патриотизм? Признанием того, что угрозы безопасности жизнедеятельности будут неуклонно возрастать в ближайшие десятилетия? Стремлением приступить к массовому строительству бассейнов, спортзалов и спортплощадок?

Очевидно, что предложения «стандартизаторов» взрывают традицию отечественной школы и разрывают единое образовательное пространство. Подчеркну, что никакого серьезного педагогического эксперимента не проводилось, никакого обоснования нет. Фактически влиятельные инициаторы и разработчики «Стандартов» говорят нам: «Есть идея – давайте попробуем!» Очередной социальный эксперимент в особо крупных размерах. Перефразирую Бисмарка: «Можно, конечно, проводить и такие эксперименты. Для этого нужно выбрать страну, которую не жалко». Но почему такой страной должна стать Россия?!

В начале 90-х годов я часто ездил на электричке и наблюдал такую картину: с каждым днем быстро увеличивалось число разрезанных сидений, разбитых окон (зимой). Из динамика неслись призывы к предупреждению вандализма.

Поездные вандалы – мелкая шушера по сравнению с «реформаторами» российской системы образования. Готов публично доказывать, что проект «Стандартов» – откровенная халтура, образ крайне легкомысленного и непрофессионального отношения к делу.

Но проблема вышла далеко за рамки академических споров. Председатель комитета Госдумы по культуре единоросс Г. Ивлиев, поддержав проект, известил, что дискуссия будет продолжаться до 15 февраля с.г. Есть и иные признаки, указывающие на то, что экзотическая модель – не фантастика, а суровая реальность недалекого будущего. В таком случае мы сталкиваемся с новой формой вандализма: национальную систему образования рушат «государевы люди». По глупости или по умыслу? Лицам, ответственным за «Стандарты», есть что терять. Но все-таки чистка мундиров не основание для того, чтобы ввергать страну в хаос.

Это вызов. Есть ли в России люди, которым не безразлична судьба собственных детей и внуков? Есть ли интеллигенция – учителя, ученые, инженеры, деятели культуры? Или «все дозволено-с»? Четко обозначилась угроза национальной безопасности. Все обязаны ясно высказать свое мнение – российские академии, союз ректоров, творческие союзы, профсоюзы и т.д. и т.п.

Для этого надо непременно ознакомиться с текстом «Стандартов». В связи с этим обращаюсь к главному санитарному врачу Геннадию Онищенко с предложением снабдить этот текст грифом «Минздрав соцразвития предупреждает: следование данным рекомендациям будет иметь катастрофические последствия для социального развития, а попытка прочтения данного документа наносит непоправимый вред вашему здоровью».

Источник информации – http://www.ng.ru/politics/2011-01-20/3_kartblansh.html (2011-01-20).

Момент истины уже наступает

ЕГЭ: быть или не быть?

Итак, закон о едином государственном экзамене вступил в силу и работает, несмотря на неоднократные предупреждения оппонентов о его далеко идущих отрицательных последствиях. Попытку собрать воедино критические мнения я уже предпринял в статье «ЕГЭ как педагогическая шизофрения» («НГ» от 08.04.08) и не хочу вновь повторять известные, а часто и очевидные аргументы. Рукотворному урагану по имени ЕГЭ следует присвоить очень высокую категорию опасности. Но намного опаснее другое. Введение ЕГЭ означает, что железной рукой и далее будет проводиться существующая сегодня политика в образовании. Пришло время назвать ее своим именем: легкомыслие, граничащее с вредительством.

Употребление столь сильного выражения следует аргументировать, что и будет сделано далее. Специально подчеркну, что я не имею в виду теорию заговора, то есть наличие людей, сознательно и злонамеренно стремящихся нанести непоправимый ущерб национальной системе образования России. Некомпетентность и крайняя самоуверенность людей из узкого круга лиц, принимающих решения, а также отсутствие систем защиты от дурака, жулика, непрофессионала часто приводят к последствиям, которые иначе как вредительством назвать уже нельзя.

Три головы дракона

Чем же плоха современная политика образования, провозглашенная в 2000 году? Теми скрытыми принципами, которые де-факто положены в ее основу. На мой взгляд, основных принципов три.

Первый из них – принцип воинствующего экономизма. Исторический маятник резко качнулся от полного отрицания денежных и рыночных отношений к их абсолютизации. В частности, восторжествовала точка зрения, согласно которой система образования – это главным образом рынок образовательных продуктов и услуг. Рыночные механизмы из средства организации эффективной системы образования превратились в ее главную цель. Трагическая ошибка. На самом деле в сфере образования приоритетны категории принципиально нерыночные. Такие, как ценности, убеждения, стремление к истине и гармонии. В образовании, науке, культуре решающая роль принадлежит не «субъектам рынка», а талантливым, интеллектуально свободным людям. Низведение учителей, воспитателей, преподавателей вузов до уровня обслуги полностью противоречит историческому опыту человечества. А в эпоху «экономики знаний» система образования и науки – это, между прочим, составная и очень важная часть системы национальной безопасности страны. Здесь на сугубо рыночные отношения должны быть наложены самые жесткие ограничения.

Приведу несколько примеров, подтверждающих действенность выделенного принципа.

С началом рыночной «шоковой терапии», в 1990-е годы, вместе с производительным сектором экономики рухнула система начального и среднего профессионального образования: она нерентабельна, а следовательно, не нужна. Результат: катастрофически не хватает квалифицированных рабочих даже в стратегически важных отраслях.

Высшая школа в последние 15 лет развивалась в полном соответствии с законами спроса и предложения. Результат – крайне раздутая система всеобщего высшего образования, превратившаяся в рынок по производству и продаже дипломов. Даже руководители Минобрнауки, при активнейшем участии которого развивался этот черный рынок, вынуждены признать сегодня крайне низкое качество подготовки специалистов во многих вузах. Политикам, руководителям производства и бизнеса пора очень серьезно задуматься о проблемах образования.

А еще есть широко разрекламированная идея подушевого нормативного финансирования школ: «Деньги следуют за учеником!» То есть чем больше учеников выбирают данную школу, тем больше она получает денег. Неужели неясно, что в селах, малых городах и поселках эта идея в

принципе не работает? Наивно рассчитывать и на включение механизмов конкуренции в крупных городах: самая знаменитая школа не сможет принять тысячи и десятки тысяч учеников.

Даже если предположить, что идея превращения сферы образования в рынок верна, ее надо уметь реализовывать. Однако плеяда великих экономистов в нашей стране пока не появилась. Об этом говорят факты. Развивается не диверсифицированная, а чисто сырьевая экономика. Отсутствует эффективная система материальных и моральных стимулов к труду, а значит, и сбалансированный рынок труда. Продолжается «утечка мозгов». Периодически возникают кризисы. Есть хорошая поговорка: «Не умеешь – не берись».

Второй принцип – принцип безудержного формализма – связан с первым. Коль скоро система образования – это рынок, то для управления им нужны не просветители, а топ-менеджеры, которым совсем не обязательно быть профессионалами в сфере образования. Для таких «управленцев» новой генерации важно видение чисто экономической схемы – как эта система функционирует. Но такое возможно лишь при предельном упрощении моделей, то есть при их предельной формализации. Вспоминается вечное правило: «Бойтесь простых решений!»

ЕГЭ – это яркий пример неистребимой веры чиновника в то, что можно формализовать все. Даже то, что не формализуемо в принципе. В последнее время выясняется, что ЕГЭ – это инструмент для решения более крупных проблем, о которых не говорилось на заре эпохи ЕГЭ. Об одной из таких проблем министр Александр Фурсенко говорил Владимиру Путину, тогда президенту, а ныне премьеру, на встрече в 2007 году, когда начинался эксперимент в 21 регионе страны по созданию системы оплаты труда учителей в зависимости от качества их работы.

Подлинный критерий качества работы учителя – состоявшиеся достойные жизни его учеников. Наивно рассчитывать, что по результатам ЕГЭ и другим чудодейственным (часто анекдотичным) схемам можно объективно оценить качество работы учителя, а тем более с точностью до рубля. Эксперименты обычно проводят на крысах, собаках и добровольцах. Может быть, разумно было начать с более простой задачи – поставить систему оплаты труда чиновников в зависимость от результатов их труда? Результаты их труда на виду у всех и допускают объективную оценку. Но почему-то несколько лет назад, когда зарплата чиновников была повышена в разы, никто не заикался о зависимости оплаты от качества их работы. Судя по масштабам коррупции и отсутствию реальных достижений, качество нашей бюрократии с тех пор не повысилось.

Прошлым летом на XII Петербургском международном экономическом форуме первый вице-премьер Игорь Шувалов в своем выступлении, которое странным образом осталось незамеченным, заявил: «...Образование должно играть в обществе роль социального лифта. Мы в последние годы про это забыли. И набор мер здесь понятен. Единый государственный экзамен, который сейчас аккредитуют (вот это неясно – может быть, критикуют? – А.А.), будет выполнять эту функцию как инструмент номер один».

Хорошо, что появились элементы покаяния. Оказывается, о социальных лифтах (а значит, и о принимающей опасные значения поляризации общества), как и о батареке капитана Тушина, «было забыто». Но приведенная цитата – выдающийся пример торжества формализма над здравым смыслом. Возвышение ЕГЭ до ранга инструмента № 1 в решении сложнейшей социальной проблемы – свидетельство полного непонимания существа дела. Неужели это всерьез?

Великое «достижение» приверженцев формализма – тотальное внедрение системы конкурсов, тендеров и грантов. Бумагование, бумагооборот, размеры откатов резко возросли. А вот позитивных сдвигов не видно. Система возникла под благородным лозунгом: «Иначе разворуют». Выяснилось, однако, что лоббизм – это высшая форма и высшая стадия бандитизма. В условиях расцвета лоббизма и закрытых конкурсов дело свелось к тому, что деньги раздаются в узком кругу особо доверенных лиц, определяемых сплошь и рядом задолго до объявления конкурса. Не проще ли и не лучше ли искать честных профессионалов, которые не разворуют? Не разумнее ли создать действенную и гласную систему контроля, в том числе общественного?

Третий принцип – принцип вопиющей безответственности

В дореволюционной России на всех уровнях управления – от уездов до Министерства народного просвещения – существовала такая практика: ежегодно публиковались как статистические отчеты о состоянии системы, так и отчеты о проделанной работе. Регулярно проводились учительские съезды.

В СССР полная безотчетность, бесконтрольность и безответственность в сфере образования были исключены. Советскую систему есть за что критиковать. Но советские и партийные органы, народный контроль, критические статьи в прессе и письма трудящихся резко ограничивали волюнтаризм чиновника. Телефонное право было, но до понятия «административный ресурс» тогда еще не доросли.

Сегодня картина иная. Практика регулярных публичных и открытых отчетов о проделанной работе осталась в проклятом тоталитарном прошлом. Многочисленные обращения в высшие инстанции по поводу того же ЕГЭ не имели решительно никакого отклика. Крупные чиновники, связанные с образованием, не утруждают себя ни доказательствами разумности реформ, ни признанием явных ошибок. Они ограничиваются краткими сообщениями о хронике текущих событий, инструкциями исполнителям и при этом мастерски увиливают от содержательных публичных дискуссий.

Тот факт, что большой пакет сомнительных законов об образовании беспрепятственно прошел через Госдуму, Совет Федерации и администрацию президента, означает, что дело отнюдь не ограничивается Министерством образования и науки. «В верхах» сложилась небольшая группа людей, имеющих монополию на истину и право принятия решений.

Такая ситуация абсолютно ненормальна. Цена ошибки в образовательной политике исключительно высока. Здесь нельзя действовать по принципу «Семь раз отрежь – один раз отмерь». Соответственно, категорически нельзя исключать из процесса принятия решений профессиональные сообщества.

Конформизм и его истоки

Есть и другая сторона дела. Безудержное высокомерие чиновников от образования вызывает естественную ответную реакцию, поскольку нарушены элементарные правила приличия. Ответ на подчеркнутое хамство представителей власти – массовое неуважение и недоверие к власти вообще, скрываемое лишь до поры до времени. Нарастающее отчуждение общества и власти – вещь опасная.

Безответственность возникает как результат взаимодействия двух течений: традиционное высокомерие российской бюрократии и столь же традиционный конформизм общества. Не выполнила свой прямой долг пресса, для которой в целом характерен порхающий интерес к проблемам образования, пробуждающийся лишь в немногие дни профессиональных праздников и по скандальным информационным поводам. Надо признать, что профессиональные сообщества не организованы и оказались не способны отстаивать интересы дела и профессии. Родители, которым в принципе далеко не все равно, как учат их детей, покорно принимают новые странные правила игры, несмотря на большие и обоснованные сомнения в их разумности и полезности.

Я работаю в системе образования более 40 лет, а многие годы в непосредственной близости от центров событий. За это время сложился очень широкий и разнообразный круг знакомств. Не претендуя на социологически значимый результат, должен сказать, что подавляющее большинство думающих людей (и в том числе весьма известных) резко отрицательно относятся к «инновациям» Минобрнауки. Однако публичные критические выступления довольно редки. Истоки российского конформизма известны. Это не лишенный оснований страх реакции на действия тех, кто нарушает принцип «не высовываться». Это нежелание

создавать себе карьерные и финансовые проблемы. Это стремление минимизировать риски для той или иной программы, равнодушие, неверие в разумные изменения и т.д.

У меня сложилась следующая маленькая теория, объясняющая природу российского конформизма.

Явная повторяемость многих явлений в нашей богатой событиями истории позволяет высказать гипотезу о действии некоего закона жизни общества, который можно сформулировать так: **«В России каждое доброе дело должно быть вовремя и по достоинству наказано. Мера наказания прямо пропорциональна масштабу свершенного доброго дела».**

Из этого закона вытекают очевидные следствия. Первое: каждый, кто обуреваем стремлением к свершению добрых дел, должен исходить из принципа неотвратимости наказания. Второе: в самом начале следует точнее представить себе меру предстоящей ответственности за возможные необдуманные поступки. Третье: по итогам размышлений над предыдущими пунктами необходимо тщательно оценить степень тяги к свершению доброго дела и лишь после этого принять решение.

Описанный алгоритм весьма непрост. Вероятно, поэтому практически никто ничего не делает. В такие времена история развивается по Высоцкому: «Настоящих буйных мало – вот и нету вожаков». Успешно строится Общество Победившего Цинизма.

Национальный проект и его имитация

Мы имеем дело с печальным, но закономерным результатом развития в стране политической культуры. Существо дела хорошо отражено в не так давно вышедшем учебнике обществознания для 9-го класса под редакцией Л.В. Полякова: «Авторитарная политическая культура – система представлений о государстве и политической власти как инстанции, обладающей безусловным авторитетом, единственным способом поведения по отношению к которой является безусловное и безоговорочное подчинение». А я-то полагал, что, согласно Конституции, Россия является демократической страной.

Для оценки эффективности описанной политики лучше других подходит слово «имитация». Постоянно демонстрируется забота об образовании. На деле проблемы образования находятся на далекой периферии забот и интересов современного государства Российского. Здесь ставятся и решаются искусственные и второстепенные задачи, но никак не сущностные проблемы.

При честном анализе ситуации и серьезном отношении к делу нужно ставить вопрос о неотложных мерах, позволяющих и остановить процессы явной деградации национальной системы образования, и наметить четкий план развития человеческого потенциала, остро необходимый для исторического прорыва России в эпоху «экономики знаний» и высоких технологий. Нужна хорошо продуманная, многолетняя очень сложная и терпеливая работа большого числа талантливых людей, искренне увлеченных и целью, и делом. Предстоит решительная перестройка высшей школы, реанимация системы начального и среднего профессионального образования, серьезнейшее обновление содержания школьного и педагогического образования. А еще необходимы оздоровление культурной и образовательной среды, модернизация материальной базы, создание условий для повышения мастерства педагогов, становление образовательной индустрии в стране и многое-многое другое.

Все это возможно сделать лишь в рамках длительного крупного национального проекта, то есть проекта, решающего в ограниченный срок крупную национальную проблему. Но то, что названо сегодня национальным проектом «Образование», таковым не является. Это очень локальный краткосрочный план некоторых общенациональных мероприятий – не более.

Ни одну из серьезных и очень острых проблем проекты Министерства образования и науки не решают и решить не могут. Это позволяет уверенно говорить о режиме постоянного возбужденного бездействия, представляющего собой бурную имитацию деятельности. Был,

например, принят закон о переходе к обязательному общему среднему 11-летнему образованию. Что сделано? Ни-че-го! А программа создания нового содержания для школ близится к очередному позорному финалу.

Вернусь к проблеме выбора.

Пропагандируется такая точка зрения: решение о внедрении ЕГЭ принято и не обсуждается. Немедленно приступить к исполнению. Точка.

Сильно упертым «егэистам» и «модернизаторам» должен напомнить следующее. Во-первых, даже в армии есть понятие преступного приказа. Есть и соответствующие формы ответственности. Во-вторых, здравый смысл подсказывает, что если лицо, принимающее решение, знает, что риск крупных отрицательных последствий очень велик, то следует остановиться: решение не подготовлено. В-третьих, нужно напомнить, что существует суд истории, а также понятия чести, репутации и доброго имени.

Поэтому наиболее разумен в сложившейся ситуации такой выход:

- а) вводится мораторий на законы, принятые за последние два года;
- б) Министерство образования и науки публикует полные отчеты о своей работе в 2004–2008 годах;
- в) организуется широкая общенациональная дискуссия по проблемам образования;
- г) по результатам дискуссии авторитетная независимая комиссия разрабатывает новую концепцию образовательной политики и программу развития национальной системы образования;
- д) новый курс в образовании утверждается Чрезвычайным съездом работников образования.

Такой порядок действий диктуется не только здравым смыслом. В ближайшее время предстоит существенно более широкая дискуссия. Если стратегия развития России разрабатывается всерьез и надолго, то ее сердцевиной должна стать именно программа развития образования: при кадровой деградации и кадровых провалах исторические прорывы невозможны.

В противном случае судьбоносную стратегию строительства развитого капитализма в России ждет судьба программы КПСС. Помните Хрущева с его знаменитым «Партия торжественно провозглашает: нынешнее поколение советских людей будет жить при коммунизме»?

* * *

Наступает Момент истины

Либо будет продолжена политика имитации деятельности, ведущая к ускоряющейся деградации образования, науки, культуры, либо оформится новый курс, ориентированный на подлинное их развитие.

Либо пробьются ростки гражданского общества, то есть общества, принимающего на себя ответственность за свою судьбу и постоянно контролирующего действия власти, либо восторжествует «авторитарная политическая культура» в том замечательном смысле, который описан выше.

В заключение следует отметить, что важную роль в успешном проведении пакета «модернизационных» законов об образовании сыграла партия «Единая Россия» в Госдуме в соответствии со знаменитым тезисом Бориса Грызлова: «Парламент – не место для дискуссий». Как бы нам не дойти до обобщения «Россия – не место для дискуссий»...

Система ЕГЭ развратила всех

Источник информации – http://www.ng.ru/ideas/2009-03-16/9_ege.html (2009-03-16).

*120-летию открытия рентгеновских лучей
и итогам обновления представлений о физической природе
и функциональных возможностях их применения посвящается.*

ИСТОРИЯ «ПРОЗРЕНИЯ» ЧЕЛОВЕКА ДВАДЦАТЬ ПЕРВОГО ВЕКА

**В.Б. Молодкин¹, В.Е. Сторижко², В.В. Лизунов¹, С.В. Лизунова¹,
Ю.П. Хапачев³, А.И. Низкова¹, Н.Г. Толмачев¹, Л.Н. Скапа¹, Е.В. Фузик¹,
В.В. Молодкин¹, Е.С. Скакунова¹, Б.В. Шелудченко¹, С.В. Дмитриев¹,
Е.В. Кочелаб¹, Р.В. Лехняк¹, Я.В. Василик¹, Г.О. Велиховский¹**

¹Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины,
бульв. Акад. Вернадского, 36, 03680, ГСП, Киев-142, Украина

²Институт прикладной физики НАН Украины,
ул. Петропавловская, 58, 40000 Сумы, Украина

³Кабардино-Балкарский государственный университет,
ул. Чернышевского, 175, 360004, Нальчик, Россия

Кратко изложена история развития как физических представлений о природе структурной чувствительности картины рассеяния излучений, так и функциональных возможностей диагностики несовершенств и неоднородностей структуры объектов живой и неживой природы. Дана квантово-механическая интерпретация процессов реализации некоторых классических физических явлений (дифракции, преломления, поглощения, экстинкции и других), а также механизмов влияния несовершенств структуры исследуемых объектов на эти явления с целью существенного углубления понимания их природы и более эффективного их использования при создании новейших функциональных возможностей в диагностике объектов как наноиндустрии, так и медицины.

ВВЕДЕНИЕ

Ведь лучше подвести итоги, пока итоги не подвели нас ...

Все началось еще тогда, когда человек впервые понял, что «все тела состоят из корпускул, которые находятся в постоянном движении». И человек, которому говорили: «а, все это ерунда, и кто их видел?», захотел увидеть собственными глазами эти молекулы и атомы, однако они оказались настолько малого размера, а большинство тел еще и непрозрачными для видимого света, что ограниченные возможности человеческого зрения никак не позволяли ему принципиально этого сделать. Так у человечества возникла первая проблема, связанная с необходимостью радикального улучшения возможностей «зрения» человека. А вторая такая проблема назрела тогда, когда человек, обращаясь к лекарю, говорил: «помоги! Мне плохо, я умираю, что со мной?». А в ответ от лекаря слышал: «я же не Господь Бог и мне не дано видеть тебя насквозь, ведь ты же не прозрачный, жаль, но только вскрытие все покажет».

Обе эти проблемы были решены только после того, как два человека (И.П. Пуллой и В.К. Рентген) открыли просвечивающие непрозрачные тела лучи, которые теперь называют рентгеновскими или X-лучами (1895 г.).

Как же человек с помощью рентгеновских лучей сумел решить указанные две проблемы? Для этого ему понадобились знание и использование двух явлений природы, одно из которых – это дифракция, а другое – поглощение, и вот по какой причине.

В начале о решении первой проблемы. Если луч света пробивается в «темное царство» сквозь отверстие (щель, размеры которой существенно превышают длину волны излучения, и дифракция отсутствует), то он распространяется в однородном пространстве прямолинейно (по законам геометрической оптики), пока не попадет на экран и не осветит на нем только одно пятно, которое изображает эту щель, а остальной экран остается в темноте.

Однако, если отверстие закрыть слабо рассеивающей рентгеновское излучение кристаллической решеткой (периодической в координатном пространстве структурой, период которой соизмерим с длиной волны излучения, волновые свойства которого в этом случае могут проявляться), то будет наблюдаться явление дифракции (огибания препятствий), а именно дифракционная картина также в виде периодической решетки пятен света (нескольких изображений щели) в области тени на экране. Это происходит по той причине, что в случае появления периодической неоднородности пространства (решетки) луч «приспосабливается» к этой неоднородности путем соответствующей периоду неоднородности пространственной модуляции амплитуды своей плоской волны. Реализуется это за счет того, что луч, используя (проявляя) свои волновые (квантово-механические) свойства, перестает сохранять (в отличие от случая однородного пространства) свое прямолинейное распространение в заданном направлении, а именно, рассеивается на периодической структуре и меняет в результате свой импульс. Квантово-механической моделью для описания явления модуляции (дифракции) волны является преобразование ее, а именно представление ее (ее волновой функции) в виде суммы двух или более лучей (волн), образующих стоячую (модулированную) волну. При этом, сколько лучей – столько и волновых векторов (импульсов), величина обратная разности которых и определяет период модуляции. То есть поток частиц, формирующих луч, как бы преобразуется в квазичастицы, которые могут распространяться одновременно в нескольких дискретных направлениях, устанавливаемых формулой, полученной двумя учеными – Г.В. Вульфом и У.Л. Брэггом (1913 г.), которая является условием одновременного выполнения законов сохранения энергии (за счет того, что угол отражения от каждой из периодически расположенных плоскостей равен углу падения при упругом рассеянии) и импульса (квазиимпульса), что обеспечивается тем, что разности хода лучей, рассеянных от этих плоскостей, кратны длине волны излучения (условие выбора квазиимпульсов дифрагированных волн). В результате периодическая дискретность пространства приводит к возможности соответствующего дискретного изменения импульса частиц (квазиимпульса), а в однородном пространстве при этом импульс сохраняется.

В результате на экране в области тени наблюдается сразу целое множество таких дифракционных пятен, изображений щели, расстояния между которыми по указанной выше причине обратно пропорциональны периоду решетки в координатном пространстве, которое называют прямым, а пространство скоростей и направлений распространения (импульсов) называют обратным и дифракционную картину на экране назвали обратной решеткой. Чем меньше период прямой периодической решетки кристаллов (a) и, следовательно, чем труднее ее увидеть, тем больше при ее просвечивании увеличивается период обратной (дифракционной) решетки ($b \approx 2\pi/a$) и тем легче ее увидеть в обратном пространстве с учетом появившейся возможности отодвигать экран на достаточное для этого расстояние (Й. Фраунгофер). Так, явление дифракции на периодической структуре позволило колоссально увеличить изображение атомной решетки кристаллов (ее дифракционную картину) в пространстве обратной решетки, причем достаточно для создания возможности наблюдения ее непосредственно человеческим глазом и установления на этой основе характеристик исследуемой атомной решетки, чем и создать классическую кристаллографию.

Теперь о решении второй проблемы. Рентгенография медицинских объектов, где дифракция невозможна, стала осуществимой не только благодаря оказавшемуся возможным прохождению рентгеновских лучей сквозь непрозрачные для видимого света объекты, но при этом и благодаря различному их поглощению в участках с различной плотностью. Кости, к примеру, поглощают сильнее за счет присутствия в них большого количества кальция,

который сильно поглощает рентгеновские лучи. На этом вот уже более ста лет основана медицинская диагностика некристаллических объектов, в которых дифракция отсутствует. К сожалению, однако, незначительные различия коэффициентов поглощения онкологических новообразований и здоровой ткани позволяют, используя поглощение и в отсутствие дифракции, обнаруживать эти новообразования только тогда, когда их размеры превышают 0,5 см и лечение онкологии при этом зачастую уже становится невозможным. Этим образовалась новая очень важная проблема обнаружения ранних стадий новообразований.

В свою очередь также оказалось, что свойства новых разрабатываемых материалов определяются не столько структурой и параметрами их идеальных периодических кристаллических решеток, сколько статистическими (средними) характеристиками наведенных в них прецизионной инженерией на атомном уровне современными технологиями несовершенств периодической структуры (дефектов и субструктуры), для изучения которых классическая кристаллография, к сожалению, также оказалась бессильной (еще одна проблема).

Решения этих вновь возникших важных проблем в диагностике (в возможностях улучшения «зрения» человека) оказались все же возможными, но только благодаря тому, что в 50–60 годах XX столетия в Институте металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины выпускниками Киевского национального университета имени Тараса Шевченко М.А. Кривоглазом [1, 2] и В.Б. Молодкиным [3–10] были впервые построены для реальных (несовершенных) кристаллов с дефектами произвольного типа имеющие мировой приоритет статистические квантово-механические теории рассеяния соответственно кинематического (приближение однократного рассеяния, линейного по малому параметру теории возмущений) и строгого динамического (с учетом всего ряда теории возмущений и, следовательно, всех нелинейных эффектов многократности рассеяния). При этом были построены теории как брэгговского (существовавшего и в идеальнопериодических кристаллах, однако теперь зависящего от искажений, т.к. обусловленного периодической «в среднем» по искажениям частью потенциала), так и впервые возникающего только в кристаллах с несовершенствами (отклонениями от этой «средней» периодичности) диффузного рассеяния. Эти теории и сегодня служат основой диагностики несовершенств структуры как конструкционных поликристаллических (кинематическая), так и функциональных монокристаллических (динамическая) материалов во всех ведущих лабораториях и научных центрах мира.

ОБОБЩЕННЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Проведенный в самое последнее время В.Б. Молодкиным с его сотрудниками [11–32] детальный сравнительный анализ физической природы формирования и достигнутого уровня функциональных диагностических возможностей кинематической и динамической картин рассеяния для установления первопричины наблюдаемых их радикальных различий позволил им открыть ранее неизвестное физическое явление дисперсионного (за счет эффектов преломления) управляемого условиями дифракции повышения на много порядков величины в сравнении с наиболее традиционным и сегодня кинематическим случаем показателей чувствительности и информативности диагностики несовершенств структуры кристаллов при многократном рассеянии.

1. Динамическая теоретическая модель рассеяния в кристаллических и некристаллических объектах с несовершенствами и неоднородностями структуры

С целью нахождения в рамках динамического рассмотрения выражений для когерентной и диффузной составляющих дифференциальной отражательной способности необходимо сперва определить исходные выражения для амплитуд брэгговского и диффузного волновых полей индукции в кристалле, которые создаются при падении из вакуума на кристалл плоской гармонической волны $\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_0 e^{-i\mathbf{kr} + i\omega t/c}$, где \mathbf{r} – пространственная координата, t – время, ω и c – соответ-

венно частота и скорость света, E_0 и \mathbf{K} – соответственно амплитуда и волновой вектор падающей волны. Такие амплитуды можно найти, решая волновое уравнение

$$\Delta \mathbf{D}(\mathbf{r}) + K^2 \mathbf{D}(\mathbf{r}) + \text{rot rot}(\chi(\mathbf{r}) \mathbf{D}(\mathbf{r})) = 0, \quad (1)$$

которое можно получить из системы уравнений Максвелла. Здесь $\mathbf{D}(\mathbf{r})$ – индукция волны, $K = 2\pi/\lambda$, λ – длина волны излучения, $\chi(\mathbf{r})$ – восприимчивость кристалла, умноженная на 4π .

В отличие от восприимчивости идеального кристалла, являющейся периодической функцией пространственной координаты, которую можно разложить в ряд Фурье, в кристалле с дефектами $\chi(\mathbf{r})$ не будет периодической, но ее можно представить в виде интеграла Фурье:

$$\chi(\mathbf{r}) = \frac{v_c}{(2\pi)^3} \int d\mathbf{q} \chi_q e^{-i\mathbf{q}\mathbf{r}} \approx \sum_{\mathbf{G}} \sum_{\mathbf{q}} \tilde{\chi}_{\mathbf{G}+\mathbf{q}} e^{-i(\mathbf{G}+\mathbf{q})\mathbf{r}}, \quad (2)$$

где \mathbf{G} – вектор обратной решетки, соответствующий в случае однородного распределения дефектов, периодической «в среднем» составляющей восприимчивости кристалла, умноженный на 2π , \mathbf{q} – волновые векторы флуктуационных волн Кривоглаза с учетом условия цикличности, т.е. фурье-разложения флуктуационной части восприимчивости (ее отклонения от периодической «в среднем»), v_c – объем элементарной ячейки кристалла. В некристаллическом объекте $\mathbf{G} = 0$.

Представляя индукцию волны $\mathbf{D}(\mathbf{r})$, как и восприимчивость, в виде интеграла Фурье:

$$\mathbf{D}(\mathbf{r}) = \frac{v_c}{(2\pi)^3} \int d\mathbf{q} \mathbf{D}_q e^{-i\mathbf{q}\mathbf{r}} \approx \sum_{\mathbf{G}} \sum_{\mathbf{q}} \mathbf{D}_{\mathbf{K}_0+\mathbf{G}+\mathbf{q}} e^{-i(\mathbf{K}_0+\mathbf{G}+\mathbf{q})\mathbf{r}}, \quad (3)$$

и подставляя (2) и (3) в уравнение (1), а также домножая после этого (1) на $e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}}$ и интегрируя по $d\mathbf{r}$, для амплитуд волн получим следующую бесконечную систему уравнений [3–7, 33]:

$$(K^2 - k^2) \mathbf{D}_k - \sum_{\mathbf{G}} \sum_{\mathbf{q}} \tilde{\chi}_{\mathbf{G}+\mathbf{q}} \mathbf{k} \times \mathbf{k} \times \mathbf{D}_{\mathbf{k}-\mathbf{G}-\mathbf{q}} = 0, \quad (4)$$

где \mathbf{k} пробегает все значения $\mathbf{k} = \mathbf{K}_0 + \mathbf{G} + \mathbf{q}$.

Переходя к важному с точки зрения практического применения двухволновому случаю динамической дифракции, в рамках развитой в [3–10] теории возмущений (ТВ) можно получить две связанные системы уравнений, одну – для сильных брэгговских волн с волновыми векторами \mathbf{K}_0 и $\mathbf{K}_H = \mathbf{K}_0 = \mathbf{H}$ (\mathbf{H} – вектор обратной решетки, который лежит на сфере Эвальда):

$$\begin{cases} (-2\varepsilon_0 + \chi_0) D_0 + CE\chi_{-H} D_H = -\sum (\delta\chi_q D_{-q} + C\delta\chi_{-H+q} D_{H-q}) \\ CE\chi_H D_0 + (-2\varepsilon_H + \chi_0) D_H = -\sum_q (C\delta\chi_{H+q} D_{-q} + \delta\chi_q D_{H-q}) \end{cases} \quad (5)$$

и другую для диффузных волн с волновыми векторами \mathbf{K}_{0q} и \mathbf{K}_{Hq} :

$$\begin{cases} (-2\varepsilon_{0q} + \chi_0) D_q + CE\chi_{-H} D_{H+q} = -(\delta\chi_q D_0 + C\delta\chi_{-H+q} D_H) \\ \quad - \sum_{q' \neq q} (\delta\chi_{q'} D_{q-q'} + C\delta\chi_{-H+q'} D_{H+q-q'}), \\ CE\chi_H D_q + (-2\varepsilon_{Hq} + \chi_0) D_{H+q} = -(C\delta\chi_{H+q} D_0 + \delta\chi_q D_H) \\ \quad - \sum_{q' \neq q} (C\delta\chi_{H+q'} D_{q-q'} + \delta\chi_{q'} D_{H+q-q'}), \end{cases} \quad (6)$$

где ошибки возбуждения определены как:

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 &= \frac{K_0 - K}{K} \approx \frac{K_0^2 - K^2}{2K^2}, \quad \varepsilon_H = \frac{K_H - K}{K} \approx \frac{K_H^2 - K^2}{2K^2}, \\ \varepsilon_{0q} &= \frac{K_{0q} - K}{K} \approx \frac{K_{0q}^2 - K^2}{2K^2}, \quad \varepsilon_{Hq} = \frac{K_{Hq} - K}{K} \approx \frac{K_{Hq}^2 - K^2}{2K^2}, \end{aligned}$$

и компоненты Фурье флуктуационной части восприимчивости кристалла задаются выражением:

$$\delta\chi_{G+q} = \tilde{\chi}_{G+q} - \tilde{\chi}_G \delta_{0,q}, \quad (7)$$

где

$$\delta_{0,q} = \begin{cases} 1, & \text{при } \mathbf{q} = 0 \\ 0, & \text{при } \mathbf{q} \neq 0 \end{cases},$$

$E = e^{-L_n}$ – динамический фактор Кривоглаза – Дебая – Валлера, $\chi_0, \chi_{\pm n}$ – Фурье-компоненты восприимчивости кристалла, C – поляризационный множитель ($C=1$ для σ -поляризации, $C = \cos 2\theta_B$ для π -поляризации, где θ_B – угол Брэгга), т.е. $\tilde{\chi}_q = Ce^{-L_q} \chi_q$.

Выражение (7), определяющее Фурье-компоненту восприимчивости кристалла с дефектами χ_{G+q} , которая рассматривается как сумма Фурье-компонент средней восприимчивости $\chi_G e^{-L_G} \delta_{0,q}$ и флуктуационной части восприимчивости $\delta\chi_{G+q}$, позволяет при решении неоднородных систем (5) и (6) воспользоваться методом модифицированной ТВ [6, 7]. При значении фактора Кривоглаза – Дебая – Валлера $E = 1$, т.е. при отсутствии дефектов и, следовательно, при $\delta\chi = 0$, правые части систем (5) и (6) обнуляются, и они сводятся к системе, известной для случая идеальных кристаллов. В случае кристаллов с дефектами, подставляя решения системы уравнений (6) в (5) и используя метод модифицированной теории возмущений, получим следующую основную систему уравнений для сильных брэгговских волн во втором приближении ТВ:

$$\begin{aligned} (-2\varepsilon_0 + \chi_0 + \Delta\chi_{00})D_0 + (CE\chi_{-n} + \Delta\chi_{0n})D_n &= 0, \\ (CE\chi_n + \Delta\chi_{n0})D_0 + (-2\varepsilon_n + \chi_0 + \Delta\chi_{nn})D_n &= 0, \end{aligned} \quad (8)$$

где дисперсионные поправки к восприимчивости, которые обусловлены учетом процессов двукратного рассеяния на полях смещений атомов от дефектов, определяются выражениями [3–10]:

$$\begin{aligned} \Delta\chi_{00} &= -\sum_{\mathbf{q}} (-2\varepsilon_{0q} + \chi_0) V_{00}(\mathbf{q})/d(\mathbf{q}), \\ \Delta\chi_{nn} &= -\sum_{\mathbf{q}} (-2\varepsilon_{nq} + \chi_0) V_{nn}(\mathbf{q})/d(\mathbf{q}), \\ \Delta\chi_{0n} &= C \sum_{\mathbf{q}} \chi_{-n} V_{0n}(\mathbf{q})/d(\mathbf{q}), \\ \Delta\chi_{n0} &= C \sum_{\mathbf{q}} \chi_n V_{n0}(\mathbf{q})/d(\mathbf{q}), \\ d(\mathbf{q}) &= (-2\varepsilon_{0q} + \chi_0)(-2\varepsilon_{nq} + \chi_0) - C^2 E^2 \chi_n \chi_{-n} = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

В обобщенном виде для (9) будем иметь:

$$\Delta\chi_{GG'} = \sum_{\mathbf{q}} \tilde{f}_{GG'}(\mathbf{q}) V_{GG'}(\mathbf{q})/d(\mathbf{q}), \quad (11)$$

где

$$\tilde{f}_{GG'}(\mathbf{q}) = \begin{cases} (-2\varepsilon_{Gq} + \chi_0), & \text{при } \mathbf{G} = \mathbf{G}' \\ E\chi_{n-2G'}, & \text{при } \mathbf{G} \neq \mathbf{G}' \end{cases},$$

$$V_{GG'}(\mathbf{q}) = C^2 \delta\chi_{-q-n+2G} \delta\chi_{q+n-2G},$$

а $\delta\chi_{-q-n+2G}, \delta\chi_{q+n-2G}$ – Фурье-компоненты флуктуационной части восприимчивости.

В работах [3–17, 20–32] на основе решения систем (5)–(11) получены аналитические формулы, связывающие характеристики дефектов произвольных типов с наблюдаемыми параметрами картины многократного рассеяния с учетом инструментальных факторов в случаях различных методик (интегральных, дифференциально-интегральных и дифференциальных). Результаты этих работ обобщены в монографиях [18, 19] и составляют теоретические основы современной динамической дифрактометрии несовершенств кристаллов. Однако их эффективное использование сдерживается из-за отсутствия ответа на вопрос: «Какие все же преимущества динамической дифрактометрии и в чем их физическая природа?».

2. Физическая природа (квантово-механическая модель) дисперсионного механизма влияния несовершенств структуры на картину многократного рассеяния

Для выяснения природы принципиальных отличий диагностических возможностей динамической и кинематической картин рассеяния следует отметить, что при кинематическом рассмотрении в нулевом приближении ТВ остается отличной от нуля только одна амплитуда D_0 . При этом системы уравнений (5), (6) и (8) преобразуются в формулы (12), (13) для неизвестных амплитуд слабых плоских волн, появляющихся в первом порядке ТВ и выражающихся через известную амплитуду $D_0 = E_0$:

$$(K_{\text{H}}^2 - K^2)D'_{\text{H}} = e^{-L_{\text{H}}} \chi_{\text{H}} D_0, \quad (12)$$

$$(K_{\text{H+q}}^2 - K^2)D'_{\text{H+q}} = e^{-L_{\text{H+q}}} \chi_{\text{H+q}} D_0, \quad (13)$$

при этом $K_0^2 = K^2$. Здесь, как видно, слабые (пропорциональные малому возмущению) амплитуды рассеянных брэгговских D'_{H} и диффузных $D'_{\text{H+q}}$ волн определяются матричными элементами соответственно от периодической «в среднем» ($e^{-L_{\text{H}}} \chi_{\text{H}}$) и флуктуационной ($e^{-L_{\text{H+q}}} \chi_{\text{H+q}}$) частей восприимчивости кристалла, взятыми между начальным (D_0) и конечными (соответственно D'_{H} и $D'_{\text{H+q}}$) состояниями. При этом, как указано М.А. Кривоглазом, характер влияния несовершенств структуры на брэгговскую составляющую только за счет фактора $e^{-L_{\text{H}}}$, названный им косвенным, и на диффузную составляющую непосредственно за счет компонент Фурье от несовершенств кристалла оказывается принципиально различным.

Именно таким образом и реализуется названный авторами амплитудный механизм влияния несовершенств структуры на кинематическую картину рассеяния. По характеру этого влияния и проведена М.А. Кривоглазом [1, 2] качественная и количественная классификация дефектов, используемая и сегодня в большинстве лабораторий мира как теоретическая основа структурной диагностики.

Однако, при динамическом рассмотрении формулы (12) и (13) заменяются системами уравнений (5), (6) и (8). Эти системы вместе с условиями их разрешимости (новый закон дисперсии) и граничными условиями обеспечивают и описывают, как показывает их анализ (см. ниже), новый квантово-механический механизм влияния несовершенств структуры на картину многократного рассеяния. А именно, влияние дефектов оказывается возможным не только на амплитуду рассеяния (амплитудный механизм), а и непосредственно на волновые векторы рассеянных волн благодаря возникающим и описывающим преломление зависящим от структуры (возмущения) поправкам в ТВ к закону дисперсии (дисперсионный механизм). При этом влияние дефектов становится экспоненциально усиленным и оказывается управляемым целенаправленным изменением условий дифракции, т.к. появляющиеся дополнительные (дисперсионные) влияния дефектов и условий дифракции перепутываются в фазе волны и становятся взаимосвязанными. В результате обнаруживается уникальная чувствительность к характеристикам дефектов оказавшихся существенно усиленными тем же дисперсионным механизмом зависимостей от условий дифракции картин многократного рассеяния. Это и обеспечивает радикальную перестройку диагностических возможностей при использовании динамической дифракции.

Таким образом, показано, что при динамическом рассмотрении существенной становится многократность рассеяния на периодической составляющей кристалла, что приводит в вырожденном случае ТВ в дискретном спектре к радикальной перестройке нулевого приближения, учитывающего теперь экстинкцию за счет рассеяния и коллективизацию вырожденных состояний, и появлению в результате кроме амплитудного, как в кинематической

теории, еще и дисперсионного механизма влияния несовершенств структуры на картину рассеяния при условии, что размеры областей когерентного рассеяния на периодических плоскостях существенно превышают длины экстинкции. Это происходит за счет того, что с ростом количества слабо, но когерентно рассеивающих плоскостей становятся существенными эффекты коллективизации вырожденных брэгговских состояний, которые в результате интерференции большого их количества с ростом толщины кристалла также становятся сильными и коллективизация их с падающей в стоячую (локализованную) волну становится существенной и приводит к последующему снятию вырождения по модулям волновых векторов при упругом рассеянии. К этому приводит появившаяся взаимная локализация атомных плоскостей и стоячей волны, т.е. локальность их взаимодействия, которая для сохранения полной энергии требует подстройки к изменению взаимодействия модуля волнового вектора волны. В результате даже в первом приближении такой ТВ из системы уравнений (4) для сильных брэгговских волн (в нулевом приближении для их амплитуд) можно получить в двухволновом случае систему однородных уравнений:

$$\begin{cases} (-2\varepsilon_0 + \chi_0) D_0 + CE\chi_{-H} D_H = 0, \\ CE\chi_H D_0 + (-2\varepsilon_H + \chi_0) D_H = 0. \end{cases} \quad (14)$$

В отличие от формулы (12), где D_0 является известной амплитудой падающей волны, в системе уравнений (14) обе амплитуды D_H и D_0 являются сильными и неизвестными даже в нулевом приближении и определяются из этой системы (14) при использовании граничных условий. Но ненулевое решение этой системы возможно при условии, что ее детерминант равен нулю. Показано, что именно это условие и является дисперсионным уравнением для определения изменения модулей волновых векторов, а именно, их коэффициентов преломления, формирующихся характеристиками структуры кристаллов и ее несовершенств в динамической теории. Такой механизм проявления несовершенств структуры в картине рассеяния путем влияния динамического фактора Кривоглаза – Дебая – Валлера на интерференционные коэффициенты преломления и поглощения, входящие в закон дисперсии, и названо дисперсионным.

Амплитуды диффузных волн появляются при динамической дифракции (вырожденный случай ТВ в непрерывном спектре), как и в кинематической теории, только в первом приближении ТВ по флуктуационной составляющей восприимчивости кристалла, т.е. по амплитудному механизму, как слабые рассеянные волны. Но последующее существенное многократное перерассеяние их на периодической «в среднем» составляющей восприимчивости кристалла также превращает их хотя и в слабые, однако в коллективизированные блоховские волны, для нахождения которых в первом приближении ТВ из системы (4) получено систему неоднородных уравнений (15):

$$\begin{cases} (-2\varepsilon_{0q} + \chi_0) D_q + CE\chi_{-H} D_{H+q} = -(\delta\chi_q D_0 + C\delta\chi_{-H+q} D_H), \\ CE\chi_H D_q + (-2\varepsilon_{Hq} + \chi_0) D_{H+q} = -(C\delta\chi_{H+q} D_0 + \delta\chi_q D_H), \end{cases} \quad (15)$$

в которой с превышением точности включается также и дисперсионный механизм именно за счет многократности их перерассеяния на периодической составляющей. При этом равенство детерминанта системы (15) нулю отбирает только те диффузные волны, волновые вектора которых лежат именно на дисперсионной поверхности для брэгговских волн, т.е. которые формируются с учетом преломления.

С учетом более высоких порядков ТВ при динамическом рассеянии и на флуктуационной составляющей восприимчивости системы уравнений (14) и (15) превращаются соответственно в системы уравнений (5) и (6). Системы (5) и (6) позволили учесть как амплитудный, так и дисперсионный механизмы влияния несовершенств структуры соответственно как на

дифракцию, так и на интерференционные преломление и поглощение брэгговских и диффузных волн. Кроме того, системы уравнений (5)–(8) позволили учесть влияние на картину рассеяния несовершенств структуры благодаря эффекту экстинкции за счет многократного рассеяния на этих несовершенствах (квадратичные поправки $\Delta\chi$). Показано, что это влияние реализуется по смешанному амплитудно-дисперсионному механизму.

3. Сравнительный анализ квантово-механического формирования дисперсионного и амплитудного механизмов влияния несовершенств структуры на кинематическую и динамическую картины рассеяния

Следует отметить, что при квантово-механическом рассмотрении в кинематическом случае осуществляют фурье-разложение потенциала (восприимчивости) кристалла, т.е. представление его в виде суммы известных периодических функций (плоских как с периодом усредненного по распределениям дефектов кристалла, так и с произвольным периодом флуктуационных волн) с неизвестными коэффициентами (амплитудами, которые могут быть найдены по формулам Фурье, что и есть переходом к импульсному представлению путем так называемого спектрального фурье-разложения). Это позволяет при решении в кинематическом приближении уравнений Шредингера (или Максвелла) описать процесс формирования именно амплитуд плоских волн, в виде суммы которых также ищется решение (в импульсном представлении) для волновой функции, описывающей картину рассеяния. При этом характер фурье-спектра для волновой функции полностью повторяет (сохранение импульса при рассеянии) спектральное фурье-разложение потенциала, которое и формирует (задает) непосредственно амплитуды плосковолнового представления волновой функции. Этот механизм проявления структуры по описанной выше причине назван авторами [20, 21] амплитудным и является также созданной ими квантово-механической моделью формирования известного из оптики явления дифракции (см. [12, 13]). Кроме того, важно, что при упругом кинематическом рассеянии энергии состояний, описываемых волновой функцией, сохраняясь, также сохраняют законы дисперсии и, следовательно, модули волновых векторов, а изменяться могут только их направления за счет слабого рассеяния на потенциале и подстраивания к нему волновой функции рассеяния (без ее сильной коллективизации с падающей плоской волной). Это и обеспечивает указанные здесь особенности реализации одновременного выполнения законов сохранения энергии и импульса (концы волновых векторов слабых как брэгговских, так и диффузных волн могут лежать только на сфере Эвальда).

Таким образом, показано, что линейное приближение однократного рассеяния, положенное в основу традиционного и сегодня кинематического рассмотрения, позволяет учесть только описанный выше амплитудный механизм влияния несовершенств структуры на картину рассеяния, который обеспечил возможность получения увеличенного фурье-изображения структуры кристалла за счет слабых брэгговского (на периодической составляющей) и диффузного (на отклонениях от периодичности) дифракционных рассеяний. Однако, при учете нелинейных процессов многократного рассеяния, приводящих к появлению кроме проходящей дополнительно также сильных брэгговских волн и их существенной взаимной коллективизации с проходящей (т.е. учета всего ряда теории возмущений как для амплитуды волны, так и для модуля волнового вектора (коэффициента преломления) волновой функции), появляется возможность, как недавно показано авторами [20–32], учесть и описать в рамках квантово-механического рассмотрения еще и третье (кроме дифракции и поглощения) обусловленное многократностью рассеяния явление преломления лучей, а также возникающую возможность влияния на это явление (а именно, на коэффициент преломления, на закон дисперсии, на модуль волнового вектора, а также на коэффициент экстинкции, т.е. на мнимую поправку второго порядка ТВ к модулям волновых векторов, за счет рассеяния на дефектах) характеристик несовершенств структуры. Это и обуславливает возможность учета открытого нового дисперсионного механизма усиленного на порядки величины проявления несовершенств структуры в картине многократного рассеяния, который оказался не только

принципиально более эффективным, но и управляемым условиями дифракции, что и обеспечило возможность также решения проблемы многопараметрической диагностики.

Следует отметить, что как показывает детальный анализ полученных в [3–32] решений однородных уравнений для динамических брэгговских (8), (14) и неоднородных для динамических диффузных (15) волн, влияние за счет дисперсионного механизма как несовершенств структуры, так и условий дифракции на брэгговскую составляющую принципиально отличается от их влияния на диффузную составляющую. При этом обусловленные дисперсионным механизмом зависимости картины многократного рассеяния от характеристик несовершенств и условий дифракции оказываются существенно взаимосвязанными. Это позволяет целенаправленным изменением условий дифракции обеспечить управление относительными вкладами брэгговской и диффузной составляющих, а также вкладами от несовершенств различного типа, т.е. управлять путем изменения условий дифракции характером влияния несовершенств на картину рассеяния. Это позволяет на порядок величины повысить чувствительность диагностики и радикально улучшить ее информативность, обеспечив однозначную высокочувствительную диагностику также впервые и многопараметрических систем.

Кроме того, на основе открытого явления авторами создана также новая квантово-механическая теоретическая модель дисперсионного формирования изображений медико-биологических объектов произвольной формы за счет не только поглощения (см. рис. 1, [34]), а также и впервые учтенного обусловленного преломлением нового механизма, а именно рефракции преломленного излучения в объекте и дальнейшего селективного по углу рефракции дифракционного отражения лучей в анализаторе, что обеспечивает повышение в тысячи раз чувствительности медицинской диагностики и достижение качественно нового уровня информативности изображений, в частности, может обеспечить впервые количественную интерпретацию изображений таких, как получены в [34] (рис. 2), и этим решает проблему диагностики и терапии ранних стадий новообразований [21, 24, 25].

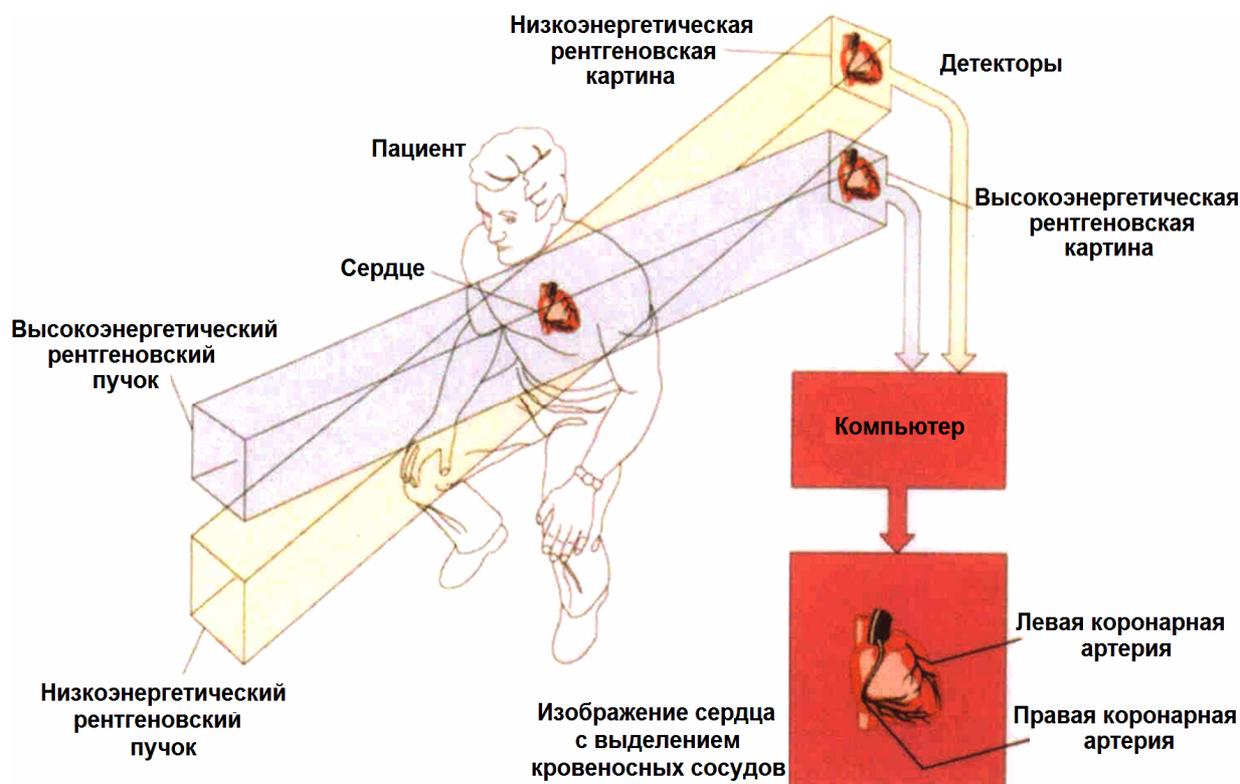


Рис. 1. Схема получения изображений медико-биологических объектов произвольной формы за счет явления поглощения [34]

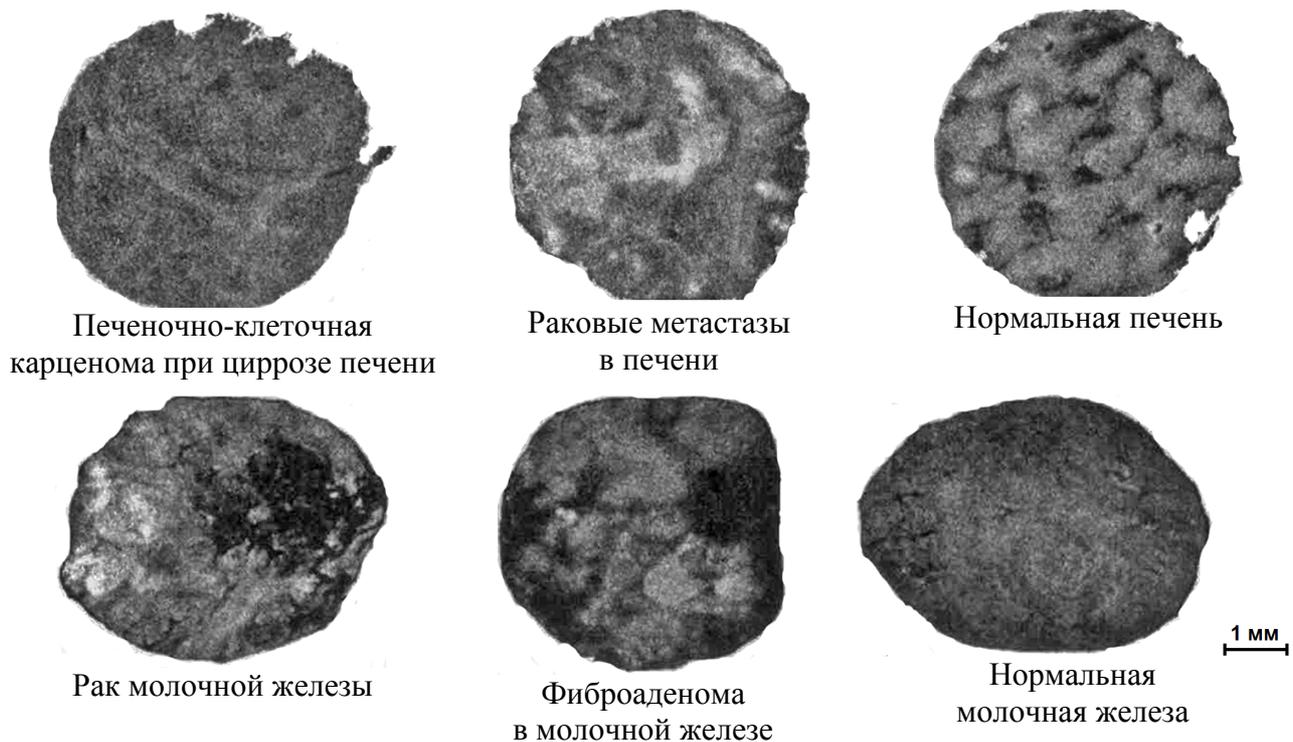


Рис. 2. Изображения медико-биологических объектов произвольной формы, полученные за счет рефракции преломленного излучения [34]

Проводятся также перспективные работы [14] по учету эффектов преломления и других эффектов многократности для методик диффузного малоуглового рассеяния (диффузной дифрактометрии) как в кристаллических, так и в некристаллических объектах наноиндустрии и медицины.

4. Квантово-механическая модель самосогласованного амплитудного и дисперсионного влияний несовершенств структуры на картину многократного рассеяния для картографирования и характеристики макродеформаций и микродефектов в ионно-имплантированных гранатовых пленках

В этом разделе возможности дисперсионной диагностики иллюстрируются результатами работы [32], в которой проведено численное моделирование карт обратного пространства для ионно-имплантированных монокристаллических железо-иттриевых плёнок феррит-гранатов на подложках из гадолиний-галлиевого граната на основе теоретической модели трёхосевой динамической дифрактометрии для кристаллических многослойных систем с неоднородными распределениями деформации и случайно распределёнными дефектами. В этой модели амплитудный и дисперсионный механизмы влияний несовершенств структуры соответственно на дифракцию или на преломление, поглощение и экстинкцию излучений в интенсивности когерентного и диффузного рассеяния взаимно согласованно учитывались для всех слоёв системы с помощью полученных рекуррентных соотношений между амплитудами когерентного рассеяния. В предлагаемой модели многослойных систем учтено наличие ростовых дефектов как в плёнке, так и в подложке, а также радиационных дефектов в приповерхностном слое нанометровой толщины, образованных после 90 кэВ F^+ -ионной имплантации. С использованием упомянутой модели также обрабатывались кривые качания исходного и ионно-имплантированного образцов для реалистичного определения параметров профилей деформации и структурных характеристик дефектов в подложках и имплантированных плёнках с целью численной реконструкции картин динамической дифракции от монокристаллических многослойных образцов. Результаты работы представлены на

рис. 3–6 и в таблице, которые демонстрируют уникальную чувствительность комбинированной двух и трехосевой дифрактометрии, обеспечивающую возможность адекватной диагностики таких сложных и практически важных многопараметрических систем, как многослойные гранатовые системы с имплантированными наноразмерными слоями и неоднородными распределениями в слоях как микродефектов, так и макродеформаций.

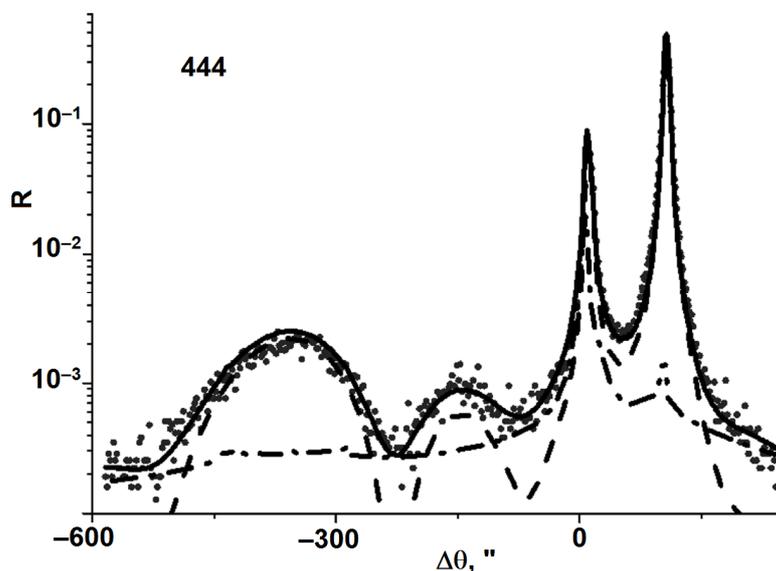


Рис. 3. Измеренные и рассчитанные (сплошная линия) кривые отражения для пленочной системы YIG/GGG, имплантированной ионами F^+ ($E = 90 \text{ keV}$) с дозой $D = 6 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$, рефлекс 444, излучение $CuK_{\alpha 1}$. Когерентная и диффузная компоненты кривой отражения показаны пунктиром и штрих-пунктиром, соответственно

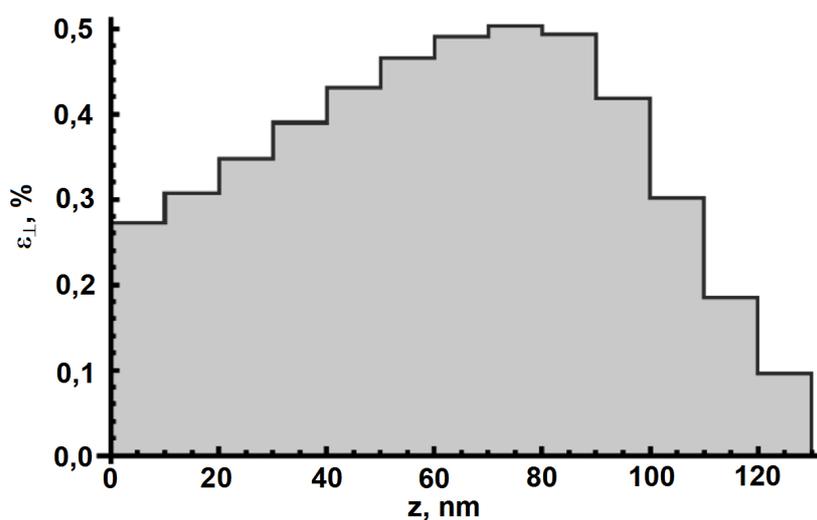


Рис. 4. Профиль деформации в пленке YIG, имплантированной ионами F^+ ($E = 90 \text{ keV}$) с дозой $D = 6 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$

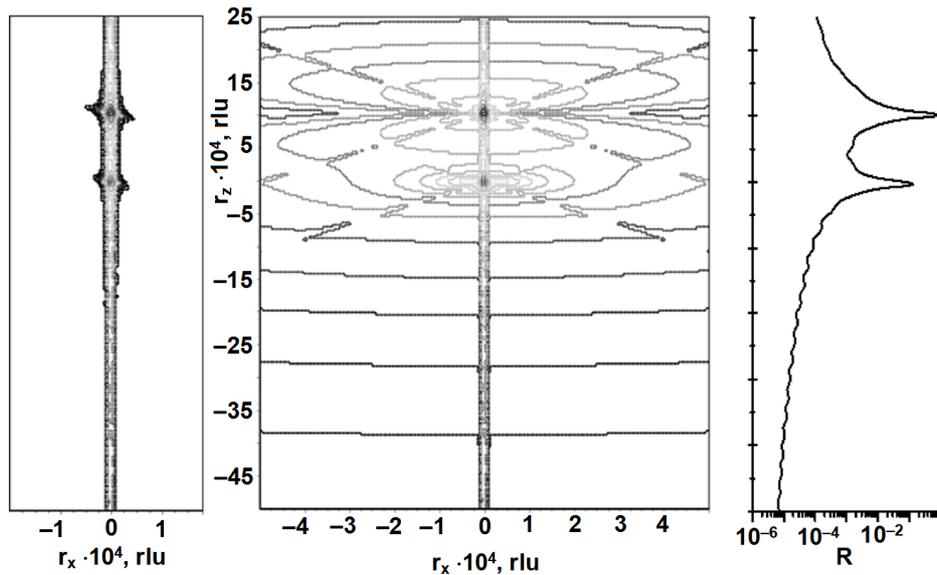


Рис. 5. Карта обратного пространства (посередине), ее когерентная компонента (слева) и продольное сечение (справа) для пленочной системы YIG/GGG, рефлекс 444, излучение $\text{CuK}_{\alpha 1}$

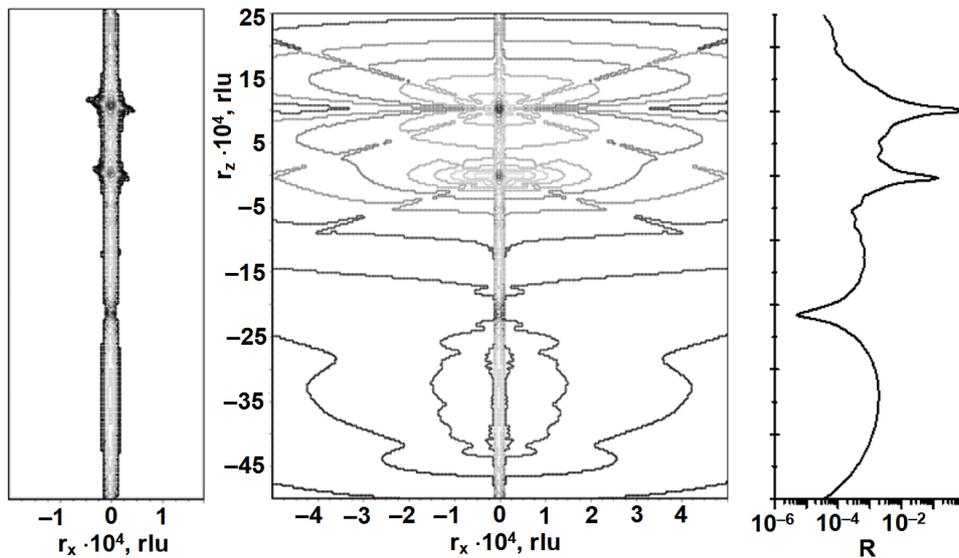


Рис. 6. Карта обратного пространства (посередине), ее когерентная компонента (слева) и продольное сечение (справа) для пленочной системы YIG/GGG, имплантированной ионами F^+ ($E=90$ кэВ) с дозой $D=6 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$, рефлекс 444, излучение $\text{CuK}_{\alpha 1}$
Характеристики дислокационных петель и сферических кластеров в имплантированной пленке YIG и подложке GGG

Таблица

		Подложка $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$	Пленка $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$	Имплантиро- ванный слой
Дислокационные петли	Радиус R_L , нм	90 5	5	—
	Концентрация n_L , cm^{-3}	$1,2 \cdot 10^{12}$ $1 \cdot 10^{15}$	$1 \cdot 10^{15}$	—
Сферические кластеры	Радиус R_C , нм	8	10	0,75
	Концентрация n_C , cm^{-3}	$1 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{20}$

5. Обсуждение и выводы относительно необходимости учета и использования дисперсионного механизма

Таким образом, за счет создания новых принципов и представлений, а именно взаимосогласованного учета вкладов и взаимовлияния всех трех явлений (дифракции, поглощения и впервые явления преломления излучения) при формировании чувствительности картины рассеяния к несовершенствам структуры объектов удалось достигнуть революционного улучшения возможностей рентгеновской диагностики, увеличив на несколько порядков величины ее чувствительность и решив проблему многопараметричности как для объектов наноиндустрии, так и для медицины [20–32]. Кроме того, дополнительно повышены чувствительность и информативность диагностики учетом нелинейных эффектов более высоких порядков ТВ, что открыто в Украине [3–10] и имеет мировой приоритет и обуславливается взаимным влиянием многократных брэгговского и диффузного рассеяний, а также взаимосогласованным влиянием несовершенств структуры на дифракцию, преломление, поглощение и экстинкцию. В частности, принципиально важными нелинейными эффектами являются уже отмеченный эффект экстинкции за счет рассеяния на несовершенствах и неоднородностях структуры и эффект аномального роста вклада диффузной составляющей, а также интерференционные поправки к действительной и мнимой частям коэффициента преломления как брэгговской, так и диффузной составляющих и др. Этим подтверждено, что нет ничего более практичного, чем хорошая теория. При этом следует отметить, что миллиардные затраты на усовершенствование экспериментальной базы полностью нивелируются применением устаревших и неадекватных теоретических основ диагностики.

Практическая реализация разработанных в Украине и защищенных большим количеством патентов новейших методов диагностики и числовых алгоритмов решения задачи рассеяния с взаимосогласованным учетом дифракции, поглощения, преломления, экстинкции и влияния инструментальных факторов, не имеющая аналогов в мире, впервые осуществлена в Институте металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины в центре дисперсионной кристаллографии и дифрактометрическом комплексе нового поколения, включенном в перечень объектов национального достояния Украины, а также обеспечено использование этих методов и алгоритмов для достижения новых возможностей при интерпретации результатов диагностики в Институте физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, Институте прикладной физики НАН Украины, НИЦ «ХФТИ» НАН Украины, в Черновицком, Прикарпатском и Киевском национальных университетах и других учреждениях.

Разработанные новейшие методы с рекордными, превышающими достигнутые в мире, показателями также составили основу созданных ИМФ НАН Украины совместно с НИЦ «ХФТИ» НАН Украины проектов диагностических станций и источника нового поколения Украинского национального синхротронного центра науки, технологии и здравоохранения.

Подтверждение возможности обеспечения радикального повышения показателей чувствительности и информативности диагностики путем применения разработанных теоретических моделей и новейших методов также получено в результате совместных исследований на синхротронах, где применение разработанных методов наиболее эффективно, с учеными Окриджской и Аргонской национальных лабораторий США, фотонной фабрики Японии (Цукубо), синхротронного центра НИЦ «КИ» (Россия) и др.

Следует отметить, что в последние десятилетия сложилось молчаливо подразумевающееся большинством исследователей, однако ошибочное с точки зрения авторов настоящей статьи мнение о нецелесообразности развития и использования теории многократного рассеяния (динамической теории) для исследования несовершенств структуры кристаллов, что и привело к ее не востребоваемости вот уже практически сто лет. К такому заблуждению подталкивали следующие факты. Ведь, кинематическая теория – это приближение однократного рассеяния или первое (борновское) приближение ТВ, а динамическая – это многократное рассеяние, т.е. учет следующих порядков по ма-

лому параметру теории, который для электронной микроскопии $\sim 10^{-4}$, для рентгеновских лучей $\sim 0^{-5}-10^{-6}$, для нейтронов $\sim 10^{-7}$, т.е. слишком мал, чтобы можно было экспериментально обнаружить динамические квадратичные по величинам искажений структуры кристаллов, т.е. еще более малые, поправки в картине рассеяния. Кроме того, в отличие от кинематического динамическое рассмотрение приводит к слишком сложным и громоздким формулам.

По указанным причинам экспериментаторы предпочли вместо попыток учета и использования динамических эффектов, в целесообразности чего у них были большие сомнения, ограничение в эксперименте случаями, когда этими эффектами за счет выбора объектов с областями когерентного рассеяния намного меньшими длины экстинкции можно было пренебречь и использовать простую кинематическую модель. Однако, как показали результаты этой и других указанных здесь работ, главным преимуществом картины многократного рассеяния оказывается не столько появление поправок более высокого порядка малости к единственному при кинематическом рассеянии открытому авторами работы амплитудному механизму проявления несовершенств структуры в картине рассеяния, сколько возникновение совершенно другого дисперсионного механизма проявления несовершенств структуры при радикальной перестройке за счет многократности рассеяния нулевого приближения для амплитуд. А именно различия кинематической и динамической теорий возникают еще в первом приближении теории, когда в динамической теории нулевое приближение для амплитуд сильных брэгговских волн в возмущенной задаче принципиально не сводится в отличие от кинематической теории к решениям задачи без возмущений, а поправки от возмущений, зависящих от несовершенств структуры объекта исследования, получают уже в первом приближении модуль волнового вектора рассеянных волн, коэффициент преломления, закон дисперсии, что и названо авторами дисперсионным механизмом, который на порядки повышает чувствительность и информативность диагностики несовершенств структуры, как уже отмечалось выше, и в том числе и для многопараметрической диагностики объектов как наноиндустрии, так и медицины.

Следует также отметить и вторую широко распространенную «ошибку», состоящую в том, что для диагностики микродефектов якобы целесообразно использовать уравнения Такаги [35] и статистическую динамическую теорию Като [36]. Однако, в работе Като вообще не рассматриваются кристаллы с дефектами, а решается проблема статистических усреднений по мозаичности кристаллов. Никаких формул, связывающих распределение интенсивности дифракции в пространстве обратной решетки или интегральную интенсивность рассеяния с характеристиками конкретных дефектов, в отличие от работ [3–5], которые к тому же вышли существенно раньше, теория Като не дает. При этом теория Като основывается на решении уравнений Такаги, которые справедливы только для плавных полей смещений, и по этой причине вообще неприменимы или недостаточно корректны количественно для микродефектов.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Для более широкого внедрения в практику как в странах, которые имеют, так и которые не имеют синхротронные и мощные нейтронные источники, и для эффективного использования приоритетных достижений украинских ученых и обеспеченных ними при создании на основе этих разработок центра дисперсионной кристаллографии и дифрактометрического комплекса нового поколения уникальных диагностических возможностей целесообразно и крайне необходимо:

1. Создать международную учебно-научную лабораторию «Новейшей дисперсионной диагностики объектов живой и неживой природы» и этим обеспечить соответствующее расширение использования центра дисперсионной кристаллографии и дифрактометрического комплекса нового поколения, включенного в перечень объектов национального достояния Украины, которые уже работают в Институте металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины

и демонстрируют даже при использовании устаревших источников излучений новейшие радикально улучшенные функциональные возможности диагностики, которые отсутствуют пока что, но необходимы в мире, как для кристаллических, так и для некристаллических объектов. Такая возможность обеспечивается тем, что новейшая диагностика основана на использовании и постоянном дальнейшем развитии созданных сотрудниками, предлагаемыми в состав будущей Лаборатории, новых принципов и методических основ именно дисперсионной диагностики, а также соответствующей теоретической модели, которая самосогласованно учитывает открытые ними как амплитудный, так и дисперсионный квантово-механические механизмы формирования чувствительности картины многократного рассеяния к несовершенствам структуры исследуемых объектов. При этом первый (амплитудный) механизм формируется, как установлено, за счет влияния структуры на дифракцию излучения. Второй (дисперсионный) механизм описывает влияние несовершенств структуры на преломление, поглощение и экстинкцию многократно рассеянного излучения, что именно и повышает на порядки величины структурную чувствительность и принципиально информативность диагностики, т.е. создает ее качественно новые функциональные возможности.

2. Обеспечить для студентов преподавание лекционных курсов и проведение лабораторных работ по основам новейшей диагностики и участие студентов и преподавателей в научной работе по этой тематике.

3. С целью обеспечения существенного расширения возможностей и более эффективного практического использования для более сложных и актуальных объектов медицины и нанотехнологий, а также с целью значительного уменьшения стоимости по сравнению с синхротронными источниками и одновременного радикального улучшения необходимых параметров (яркость, монохроматичность и др.) в сравнении с традиционными обеспечить использование для дисперсионной диагностики источников квазимонохроматического рентгеновского излучения из жидких металлов, облучаемых пучками протонов или электронов.

4. Рассмотреть возможность обеспечения использования для выполнения учебно-научных заданий Лаборатории уже созданных современных источников излучения высокой яркости (в рамках международного сотрудничества).

Литература

1. Кривоглаз М.А. Металлы, электроны, решетка / ред. В.Н. Гриднев. – Киев: Наукова думка, 1975. – С. 355.
2. Krivoglaz M.A. X-Ray and Neutron Diffraction in Nonideal Crystals. – Berlin: Springer, 1996.
3. Молодкин В.Б., Тихонова Е.А. Физ. мет. металловед. – 1967. – Т. 24, № 3. – С. 385.
4. Молодкин В.Б. Физ. мет. металловед. – 1968. – Т. 25, № 3. – С. 410.
5. Молодкин В.Б. Физ. мет. металловед. – 1969. – Т. 27, № 4. – С. 582.
6. Молодкин В.Б. Металлофизика. – 1980. – Т. 2, № 1. – С. 3.
7. Molodkin V.B. Phys. Metals. – 1981. – № 3. – P. 615.
8. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Kislovskii E.N., Len E.G. and Pervak E.V. Phys. status solidi (b). – 2002. – № 227. – P. 429.
9. Olikhovskii S.I., Molodkin V.B., Kislovskii E.N., Len E.G. and Pervak E. V. Phys. status solidi (b). – 2002. – № 231. – P. 199.
10. Kislovskii E.N., Olikhovskii S.I., Molodkin V.B., Nemoshkalenko V.V., Krivitsky V.P., Len E.G., Pervak E.V., Ice G.E. and Larson B.C. Phys. status solidi (b). – 2002. – № 231. – P. 213.
11. Molodkin V.B., Kovalchuk M.V., Shpak A.P., Olikhovskii S.I., Kyslovskyy Ye.M., Nizkova A.I., Len E.G., Vladimirova T.P., Skakunova E.S., Molodkin V.V., Ice G.E., Barabash R.I.

and Karnaukhov I.M. Diffuse Scattering and the Fundamental Properties of Materials (Eds. R.I. Barabash, G.E. Ice and P.E.A. Turchi). – New Jersey: Momentum Press, 2009. – P. 391.

12. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Молодкін В.Б., Низкова Г.І., Гинько І.В., Оліховський С.Й., Кисловський Є.М., Лень Є.Г., Білоцька А.О., Первак К.В., Молодкін В.В. Спосіб багатопараметричної структурної діагностики монокристалів з декількома типами дефектів. – Патент України № 36075 (Опубліковано 10 жовтня 2008 р.).

13. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Молодкін В.Б., Носик В.Л., Сторижко В.Ю., Булавін Л.А., Карнаухов І.М., Барабаш Р.І., Айс Дж.Е., Низкова Г.І., Гинько І.В., Оліховський С.Й., Кисловський Є.М., Татаренко В.А., Лень Є.Г., Білоцька А.О., Первак К.В., Молодкін В.В. Спосіб багатопараметричної структурної діагностики монокристалів з декількома типами дефектів. – Патент України № 89594 (Опубліковано 10 лютого 2010 р.).

14. Molodkin V.B., Shpak A.P., Kovalchuk M.V., Machulin V.F. and Nosik V.L. Phys. Usp. – 2011. – Vol. 54, № 7. – P. 661.

15. Даценко Л.И., Молодкин В.Б., Осинковский М.Е. Динамическое рассеяние рентгеновских лучей реальными кристаллами. – Киев: Наукова думка, 1988.

16. Nemoskhalenko V.V., Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Kovalchuk M.V., Litvinov Yu.M., Kislovskii E.N. and Nizkova A.I. Nucl. Instrum. and Meth. in Physics Research A. – 1991. – Vol. 308, № 1. – P. 294.

17. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Kislovskii E.N., Vladimirova T.P., Skakunova E.S., Serechenko R.F. and Sheludchenko B.V. Phys. Rev. B. – 2008. – № 78. – P. 224109.

18. Молодкин В.Б., Ковальчук М.В., Карнаухов И.М., Мачулин В.Ф., Сторижко В.Е., Мухамеджанов Э.Х., Низкова А.И., Лизунова С.В., Кисловский Е.Н., Олиховский С.И., Шелудченко Б.В., Дмитриев С.В., Скакунова Е.С., Молодкин В.В., Лизунов В.В., Бушуев В.А., Кютт Р.Н., Карамурзов Б.С., Дышеков А.А., Оранова Т.И., Хапачев Ю.П. Основы динамической высокоразрешающей дифрактометрии функциональных материалов. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2013.

19. Молодкин В.Б., Ковальчук М.В., Карнаухов И.М., Сторижко В.Е., Лизунова С.В., Дмитриев С.В., Низкова А.И., Кисловский Е.Н., Молодкин В.В., Первак Е.В., Катасонов А.А., Лизунов В.В., Скакунова Е.С., Карамурзов Б.С., Дышеков А.А., Багов А.Н., Оранова Т.И., Хапачев Ю.П. Основы интегральной многопараметрической диффузодинамической дифрактометрии. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2013.

20. Лизунов В.В., Молодкин В.Б., Лизунова С.В., Толмачев Н.Г., Скакунова Е.С., Дмитриев С.В., Шелудченко Б.В., Бровчук С.М., Скапа Л.Н., Лехняк Р.В. Металлофизические новейшие технологии. – 2014. – Т. 36, № 7. – С. 857.

21. Лизунов В.В., Молодкин В.Б., Лизунова С.В., Толмачев Н.Г., Скакунова Е.С., Дмитриев С.В., Шелудченко Б.В., Бровчук С.М., Скапа Л.Н., Лехняк Р.В., Молодкин В.В., Фузик Е.В., Успехи физики металлов. – 2014. – Т. 15, № 2. – С. 55. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ufm.imp.kiev.ua/ru/abstract/v15/i02/055.html>.

22. Лизунов В.В., Кочелаб Е.В., Скакунова Е.С., Лень Е.Г., Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Толмачёв Н.Г., Шелудченко Б.В., Лизунова С.В., Скапа Л.Н. Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии. – 2015. – Т. 13, № 1. – С. 99.

23. Скакунова О.С., Оліховський С.Й., Молодкін В.Б., Лень Є.Г., Кисловський Є.М., Решетник О.В., Владімірова Т.П., Кочелаб Є.В., Лізунов В.В., Лізунова С.В., Маківська В.Л., Толмачов М.Г., Скапа Л.М., Василик Я.В., Фузік К.В. Металлофизические новейшие технологии. – 2015. – Т. 37, № 3. – С. 409.

24. Шелудченко Б.В., Молодкин В.Б., Лизунова С.В., Олиховский С.И., Кисловский Е.Н., Гаевский А.Ю., Лизунов В.В., Низкова А.И., Владимировна Т.П., Молодкин В.В., Фузик Е.В.,

Гошкодеря А.В., Белоцкая А.А., Велиховский Г.О., Музыченко А.А., Лехняк Р.В. Металлофизические новейшие технологии. – 2014. – Т. 36, № 4. – С. 559.

25. Шелудченко Б.В., Молодкин В.Б., Лизунова С.В., Ковальчук М.В., Мухамеджанов Э.Х., Бушуев В.А., Хапачев Ю.П., Сторижко В.Е., Олиховский С.И., Кисловский Е.Н., Гаевский А.Ю., Лизунов В.В., Низкова А.И., Владимирова Т.П., Молодкин В.В., Фузик Е.В., Гошкодеря А.В., Василик Я.В., Белоцкая А.А., Велиховский Г.О., Музыченко А.А., Лехняк Р.В. Актуальные вопросы современного естествознания. – 2014. – Вып. 12. – С. 32.

26. Лизунов В.В., Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Лизунова С.В., Толмачев Н.Г., Низкова А.И., Скакунова Е.С., Дмитриев С.В., Шелудченко Б.В., Василик Я.В., Сыч Т.Г., Фузик Е.В., Лехняк Р.В., Скапа Л.Н. Металлофизические новейшие технологии. – 2015. – Т. 37, № 2. – С. 265.

27. Brovchuk S.M., Molodkin V.B., Nizkova A.I., Rudnytska I.I., Grankina G.I., Lizunov V.V., Lizunova S.V., Sheludchenko B.V., Skakunova E.S., Dmitriev S.V., Zabolotnyi I.N., Katasonov A.A., Zhuravlev V.F., Lekhnyak R.V., Skapa L.N. and Irha N.P. Металлофизические новейшие технологии. – 2014. – Т. 36, № 8. – С. 1035.

28. Лизунов В.В., Бровчук С.М., Низкова А.И., Молодкин В.Б., Лизунова С.В., Шелудченко Б.В., Гранкина А.И., Рудницкая И.И., Дмитриев С.В., Толмачев Н.Г., Лехняк Р.В., Скапа Л.Н., Ирха Н.П. Металлофизические новейшие технологии. – 2014. – Т. 36, № 9. – С. 1271.

29. Молодкин В.Б., Лизунов В.В., Скакунова Е.С., Дмитриев С.В., Шелудченко Б.В., Бровчук С.М., Скапа Л.Н. Наноразмерные системы и наноматериалы: исследования в Украине (Киев: Академперіодика, 2014), с. 253.

30. Лизунов В.В., Бровчук С.М., Низкова А.И., Молодкин В.Б., Лизунова С.В., Шелудченко Б.В., Гранкина А.И., Рудницкая И.И., Дмитриев С.В., Толмачев Н.Г., Лехняк Р.В., Скапа Л.Н., Ирха Н.П. Наносистемы, наноматериалы, нанотехнології. – 2014. – Т. 12, № 3. – С. 565.

31. Лизунов В.В., Кочелаб Е.В., Скакунова Е.С., Лен Е.Г., Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Толмачёв Н.Г., Шелудченко Б.В., Лизунова С.В., Скапа Л.Н. Наносистемы, наноматериалы, нанотехнології. – 2015. – Т. 13, № 2. – С. 349.

32. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Skakunova E.S., Len E.G., Kislovskii E.N., Reshetnyk O.V., Vladimirova T.P., Lizunov V.V., Skapa L.N., Lizunova S.V., Fuzik K.V., Tolmachov M.G., Ostafiyuchuk V.K., Pylypiv V.M. and Garpul' O.Z. Металлофизические новейшие технологии. – 2015. – № 37 (в печати).

33. Тихонова Е.А. ФТТ. – 1967. – Т. 9, № 2. – С. 516.

34. Ando M. and Uyama C. Medical Applications of Synchrotron Radiation. – Springer, 1998.

35. Takagi S. J. Phys. Soc. Jpn. – 1969. – № 26. – P. 1239.

36. Kato N. Acta Cryst. A. – 1980. – Vol. 36, № 5. – P. 763.

УДК 578.971

УРАВНЕНИЕ ИЗОТЕРМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ БИНАРНЫХ СИСТЕМ

З.Х. Калажоков, Х.Х. Калажоков, А.А. Хатухов

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

Предложен вывод уравнения изотермы поверхностного натяжения бинарных расплавов металлических систем. Уравнение впервые позволило определить параметр обмена частицами поверхностного слоя расплава с его объемом и через него вычислить адсорбций и поверхностные концентраций компонентов бинарного расплава в приближении реальных растворов.

ВВЕДЕНИЕ

Для расчетов многих термодинамических параметров поверхности расплава необходимо иметь изотерму поверхностного натяжения (ИПН, $\sigma(x)$) рассматриваемой бинарной системы или ее частную производную $(\partial\sigma(x)/\partial x)_{p,T}$ по концентрации второго компонента x [1]. В литературе известны два способа описания ИПН бинарных металлических систем – теоретический и экспериментально-графический. В первом случае используют уравнения типа Шишковского, Жуховицкого, Батлера, Семенченко, Попеля – Павлова, Задумкина и др [1]. В случае удачного описания эксперимента выбранным уравнением, вычисляют через него величину $(\partial\sigma(x)/\partial x)_{p,T}$. Во втором случае к экспериментально построенной ИПН подбирают полином [2] и вычисляют с использованием подобранного полинома величину $(\partial\sigma(x)/\partial x)_{p,T}$.

Первый подход не всегда позволяет точно описать изотермы ПН во всей области концентраций, так как многие уравнения получены в приближении идеального раствора. В более строгих термодинамических уравнениях ИПН [1] содержатся параметры, которые определяются либо не достаточно точно, либо определения их представляют собой сложную задачу. Второй подход – математический. Можно подобрать полином с использованием доступных программных средств [3] под конкретную экспериментальную кривую ИПН, определенную в данной области. Основным недостатком такого подхода является то, что в этих полиномах и выражениях нет физики, хотя такой подход позволяет описать ИПН достаточно точно [2]. Однако, при этом вычисления других параметров поверхности расплава производятся, к сожалению, в приближении идеального раствора.

Со времени появления уравнения ИПН Фолькмана (1882 г.) для идеальных систем до наших дней [4] предложено около 40 уравнений для описания ИПН [1], что подтверждает актуальность данного вопроса и по сегодняшний день. Однако, из-за сложности и недостаточной точности определения параметров, входящих в более строгие термодинамические уравнения [1], последние не нашли практического применения. По выражению А.А. Жуховицкого «...эти уравнения являются лишь формой, в рамках которой удобно формулировать различные физические теории» [1,5]. Такое же мнение о практическом применении существующих уравнений ИПН было выражено С.И. Попелем в одной из своих последних монографии [1].

Недавно в [6], на основе анализа экспериментальных ИПН, было предложено еще одно уравнение для бинарных металлических систем $A-B$

$$\sigma(x) = \beta \frac{(F-1)(1-x)x}{1+(F-1)} + \sigma_A(1-x) + \sigma_B x, \quad (1)$$

где A и B – компоненты системы, β - и F -параметры, не зависящие от состава расплавов, σ_A и σ_B – ПН чистых компонентов бинарной системы $A-B$, x – содержание компонента B в бинарном расплаве (в мольных долях).

Уравнение (1) позволяет описать экспериментальные данные по изучению ИПН бинарных расплавов во всем концентрационном интервале с ошибкой не большей допускаемой в экспериментах. Оно упрощает процедуры расчетов поверхностных параметров расплава, повышая при этом их точность, его используют другие исследователи [7, 8]. Однако, нами не были опубликованы исходные идеи, необходимые для вывода (1), что вызывает нарекания некоторых исследователей по поводу справедливости данного уравнения. В связи с этим в настоящем сообщении воспроизведем основные моменты, лежащие в основе вывода уравнения (1), докажем справедливость (1) для бинарных систем, для которых наблюдается монотонное изменение ПН, покажем преимущества использования (1) перед традиционными методами, используемыми в настоящее время для расчетов параметров поверхности бинарных расплавов.

1. ВЫВОД УРАВНЕНИЯ ИЗОТЕРМЫ ПН

Для вывода уравнения (1) нами проведен анализ существующих [1] теоретических и экспериментальных изотерм ПН бинарных металлических систем. Недостатки теоретических изотерм ПН приведены выше. Составление уравнения изотермы ПН, исходя из первых принципов, имеющего практическое применение, оказалось достаточно сложным и малонадежным. Поэтому наше внимание было сосредоточено на получение хотя бы эмпирического выражения ИПН, имеющего практическое применение. Поэтому была поставлена задача проанализировать имеющиеся экспериментальные ИПН. Анализ показал, что все экспериментальные ИПН можно разделить на две группы: 1-ИПН с монотонным изменением ПН; 2-ИПН со сложным рельефом изменения ПН. Поставленную задачу рассмотрим пока для первой группы ИПН. При этом известные экспериментальные изотермы с монотонным изменением ПН в свою очередь разделим на несколько видов (см. рис. 1).

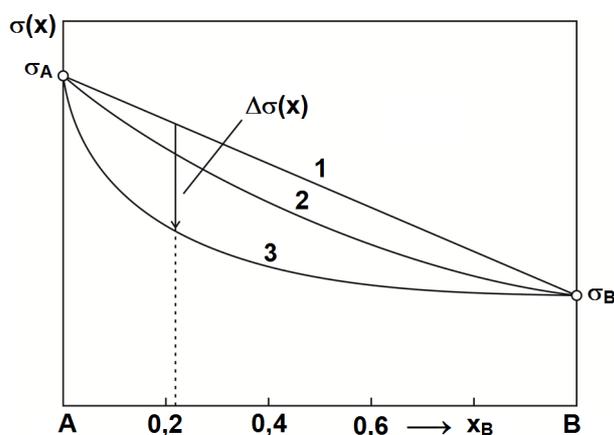


Рис. 1. Виды изотерм поверхностного натяжения бинарных растворов с монотонным изменением поверхностного натяжения:
1 – идеальные растворы;
2 – регулярные растворы;
3 – реальные растворы (эксперимент)

Из анализа экспериментальных изотерм следует, что ИПН идеальных систем (см. изотерму 1) могут быть описаны уравнением Фолькмана [1], то есть, аддитивной прямой

$$\sigma_0(x) = \sigma_A(1-x) + \sigma_B x, \quad (2)$$

где σ_A и σ_B – ПН чистых компонентов бинарной системы $A-B$, x – концентрация второго компонента.

При незначительном отклонении системы от идеальности (регулярные растворы) ее ИПН (см. кривую 2) можно описать уравнением Прилежаева – Дефай [1, 9]

$$\sigma(x) = \beta_0 x(1-x) + \sigma_A x + \sigma_B(1-x), \quad (3)$$

где β_0 – некоторый коэффициент, который не зависит от состава расплава.

Изотерма (3) симметрична относительно перпендикуляра, проходящего через середину аддитивной прямой (2). Реальные ИПН (кривая 3) отличаются от изотермы, описываемой уравнением (3) тем, что они не симметричны относительно перпендикуляра, проведенного через середину аддитивной прямой (2). На реальных ИПН наблюдается резкое уменьшение ПН при малых добавках поверхностноактивного компонента с последующим гораздо меньшим изменением ПН с увеличением содержания добавляемого компонента.

Из рис. 1 видно, что ПН расплава произвольного состава x , измеряемое в эксперименте $\sigma(x)$, отличается от ПН расплава, вычисляемого по (2), величиной

$$\Delta\sigma(x) = \sigma(x) - \sigma_0(x). \quad (4)$$

Такие отклонения $\sigma(x)$ от $\sigma_0(x)$ исследователи связывают с перераспределением (адсорбцией поверхностноактивного компонента из объема, поверхностной сегрегацией) частиц компонентов расплава, который начинается сразу же после образования свежей поверхности и длится некоторое время τ_p (τ_p – время релаксации свежесформированной поверхности расплава). Неравновесная с объемом расплава (в начале процесса) поверхностная фаза переходит со временем в равновесное состояние. Поэтому, для вычисления величины $\Delta\sigma(x)$ рассмотрим условие равновесия поверхностного (ω) и объемного фаз двухкомпонентного расплава бинарной системы $A-B$

$$\mu_i^\omega = \mu_i, \quad (5)$$

где химпотенциалы μ_i^ω и μ_i – относятся, соответственно, к поверхностной и объемной фазам. Запишем (5) для двух компонентов $i = A$ и B бинарной системы $A-B$ в развернутом виде [10]

$$\mu_A^{0(\omega)}(P^\omega, T) + RT \ln f_A^\omega x_A^\omega = \mu_A^0(P, T) + RT \ln f_A x_A, \quad (6)$$

$$\mu_B^{0(\omega)}(P^\omega, T) + RT \ln f_B^\omega x_B^\omega = \mu_B^0(P, T) + RT \ln f_B x_B. \quad (7)$$

Здесь f_i и f_i^ω – коэффициенты активностей компонентов, μ_i^0 и $\mu_i^{0(\omega)}$ – химпотенциалы идеальных систем чистых компонентов в объеме и в поверхностной фазах.

Из (6) и (7) будем иметь:

$$\frac{x_A^\omega}{x_A} = \frac{f_A}{f_A^\omega} = \exp \left[-\frac{\mu_A^{0(\omega)} - \mu_A^0}{RT} \right]; \quad (8)$$

$$\frac{x_B^\omega}{x_B} = \frac{f_B}{f_B^\omega} = \exp \left[-\frac{\mu_B^{0(\omega)} - \mu_B^0}{RT} \right]. \quad (9)$$

Поделив (9) на (8), получим:

$$\frac{x_B^\omega x_A}{x_B x_A^\omega} = F(T, P, P^\omega, f_i, f_i^\omega, \mu_i^0, \mu_i^{0(\omega)}), \quad (10)$$

где

$$F = \frac{f_B f_A^\omega}{f_B^\omega f_A} \exp \left[-\frac{(\mu_B^{0(\omega)} - \mu_A^{0(\omega)}) - (\mu_B^0 - \mu_A^0)}{RT} \right]. \quad (11)$$

Для идеальных систем f_i^ω и $f_i = 1$, сумма под экспонентой также равна нулю, а следовательно $F = 1$.

Из (11) видно, что в параметре F содержатся коэффициенты активности и химпотенциалы (идеальных систем) компонентов расплава как поверхностной так и объемной фаз. Поэтому можем полагать, что уравнение (1) может описать изотермы реальных бинарных систем.

С учетом очевидных соотношений $x_A^\omega + x_B^\omega = 1$ и $x_A + x_B = 1$ из (10) будем иметь для поверхностной концентрации компонента B

$$x_B^\omega = x_B^o = \frac{Fx}{1 + (F-1)x}, \quad (12)$$

где $x_B = x$ – концентрация второго компонента в объемном расплаве.

Тогда для избыточной концентрации второго компонента можем записать

$$x_B^\omega - x = \frac{(F-1)(1-x)x}{1 + (F-1)x}. \quad (13)$$

Выражение (13) описывает адсорбцию второго, добавляемого компонента B в бинарной системе $A-B$ в молярных долях.

Заметим, что отклонения реальной изотермы (кривая 3, рис. 1) от идеальной (кривая 1, рис. 1) $\Delta\sigma(x)$ состава x меняются по такому же закону, что и избыточная концентрация (13) второго компонента B , поэтому можем записать

$$\Delta\sigma(x) = \beta \frac{(F-1)(1-x)x}{1 + (F-1)x}, \quad (14)$$

где параметр β – коэффициент пропорциональности и будем полагать, что не зависит от состава раствора.

Тогда из (2), (4) и (14) получим (1) – уравнение изотермы ПН бинарных систем.

Покажем справедливость уравнения (1) и сделанных допущений при его выводе для бинарных систем с монотонным изменением ПН в зависимости от содержания x второго компонента B .

2. ДОКАЗАТЕЛЬСТВО СПРАВЕДЛИВОСТИ УРАВНЕНИЯ ИЗОТЕРМЫ ПН ДЛЯ БИНАРНЫХ СИСТЕМ

Чтобы показать справедливость уравнения (1) для бинарных систем преобразуем его к виду [11]

$$\frac{(1-x)x}{\Delta\sigma(x)} = \frac{1}{\beta(F-1)} + \frac{1}{\beta}x. \quad (15)$$

Здесь

$$\Delta\sigma(x) = \sigma(x) - \sigma_A(1-x) - \sigma_Bx, \quad (16)$$

где $\sigma(x)$ – экспериментальное значение ПН расплава с содержанием второго компонента, равным x , σ_A и σ_B – ПН чистых компонентов расплава.

Очевидно, что правая часть (16), а следовательно, и левая часть (15) могут быть вычислены с использованием экспериментальных значений ПН, измеренных в зависимости от состава x .

Обозначим через $y(x)$ левую часть (15), то есть

$$y(x) = \frac{(1-x)x}{\Delta\sigma(x)}. \quad (17)$$

Тогда (15) можем записать в виде

$$y(x) = \frac{1}{\beta(F-1)} + \frac{1}{\beta}x. \quad (18)$$

Уравнение (18) представляет собой уравнение прямой при β - и F -постоянных. Воспользуемся уравнением (18) для доказательства справедливости уравнения (1). Для этого возьмем данные эксперимента по изучению концентрационной зависимости ПН, выполненного с соблюдением всех необходимых условий измерения изотермы ПН бинарной системы. Вычислим значения $y(x)$ по (17) и построим график прямой $y(x)$ в зависимости от x . При получении прямой линии (см. (18)), будем считать, что уравнение (1) справедливо для данной системы. В противном случае будем считать, что уравнение (1) не описывает эксперимент.

3. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРЯМОЙ $y(x)$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА РАСПЛАВА

Чтобы построить прямую (17) или (18) с использованием данных экспериментов, в первую очередь необходимо построить на миллиметровой бумаге экспериментальную изотерму ПН рассматриваемой системы (Пример, рис. 2, точки). Затем, через экспериментальные точки необходимо провести усредняющую кривую (кривая 1 рис. 2). Проведение такой усредняющей кривой $\sigma(x)$ и использование её для определения отклонений экспериментальной кривой 1 изотермы ПН от аддитивной 2 позволяет построить прямую (17) с наибольшей точностью. Затем, для выбранных составов (обычно x_i берут, равными 0,1; 0,2; 0,3, ... 0,9) из графика находят $\Delta\sigma(x_i)$ и вычисляют для каждой x_i значения $y(x_i) = (1-x_i)x_i / \Delta\sigma(x_i)$. С использованием полученных $y(x_i)$ в зависимости от x_i строят прямую (17) или (18) (см., например, рис. 3 для системы $Na-Cs$).

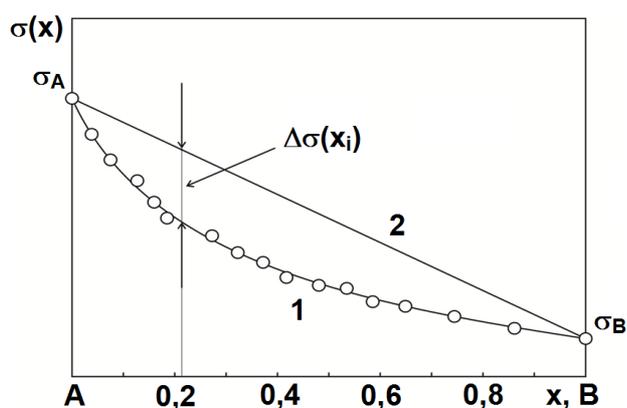


Рис. 2. К вычислению $\Delta\sigma(x_i)$ и $y(x_i)$ для системы $A-B$

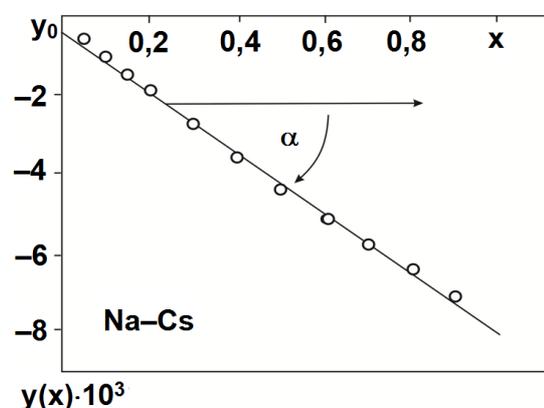


Рис. 3. Прямая (18) для системы $Na-Cs$

4. ПРИМЕРЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПРЯМЫХ (18) ДЛЯ НЕКОТОРЫХ БИНАРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Нами построены прямые (18) для шести систем щелочных металлов, более 70 систем легкоплавких р-металлов и около десятка систем р-металл-щелочной металл, в которых наблюдается монотонное изменение ПН [12]. В качестве примера на рис. 3–5 приведены прямые (18) для некоторых систем.

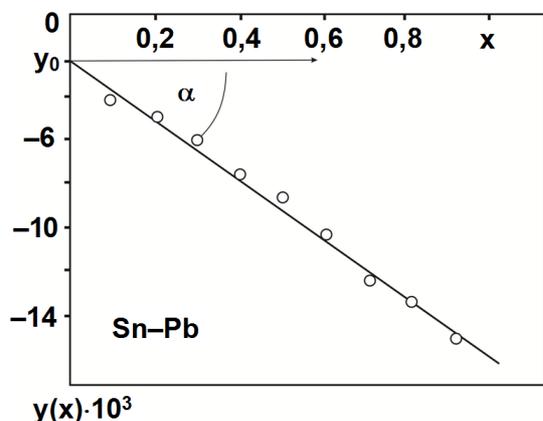


Рис. 4. Прямая (18) для системы *Sn–Pb*

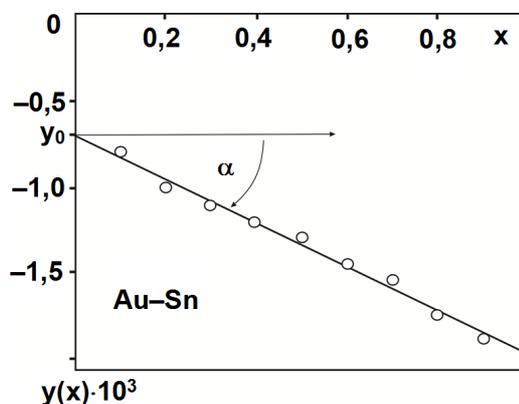


Рис. 5. Прямая (18) для системы *Au–Sn*

Для всех бинарных систем, рассмотренных нами, были получены прямые линии, соответствующие уравнению (18), что и доказывает не только справедливость уравнения (1), но и состоятельность сделанных при выводе (1) предположений, а именно, постоянства β и F для данной системы и справедливость выражения (14).

5. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ β И F УРАВНЕНИЯ ИЗОТЕРМЫ ПН

Для определения значений параметров β и F уравнения (1) достаточно найти из графика прямой (18) значения y_0 и тангенса угла наклона прямой (18) к оси концентраций (см. рис. 3–5 и уравнение (18)):

$$y_0 = \frac{1}{\beta(F-1)} \quad \text{и} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\beta}. \quad (19)$$

Разрешив систему (19) относительно β и F , найдем их значения для рассматриваемой системы.

6. РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ БИНАРНЫХ РАСПЛАВОВ ЧЕРЕЗ ПАРАМЕТР F

В данном разделе рассмотрим практическое применение уравнения (1). Для этого сделаем расчет адсорбций и поверхностных концентраций компонентов бинарных расплавов традиционным способом и с использованием параметра F , найденного вышеописанным способом (см. разделы 3–5) и сравним полученные значения.

6.1. Расчет адсорбций компонентов бинарного расплава традиционным способом

Расчет адсорбций компонентов бинарного расплава системы *A–B* обычно проводится в *N*-варианте по Гуггенгейму – Адаму [1, 4, 10]

$$\Gamma_B^N(x) = -\frac{(1-x)a_b}{RT} \left(\frac{\partial \sigma(a_B)}{\partial a_B} \right)_{P,T}, \quad (20)$$

где $\sigma(a_B)$ – изотерма ПН, выраженная через термодинамическую активность $a_B(x)$ компонента B . Величины $a_i(x)$ (где $i = A$ и B) – являются функциями состава второго компонента системы $A-B$. Формула (20) может быть использована, когда известны функции термодинамических активностей $\sigma(a_i)$ и $a_i(x)$ компонентов расплава. В этом случае формула (20) может дать результаты, близкие к действительным. Чаще всего функции $a_i(x)$ для данной системы не известны. Тогда, полагая, что $a_i(x) = f_i x$, при $f_i^o = f_i = 1$, выражение (20) переписывают в виде [1, 4, 10]

$$\Gamma_B^N(x) = \frac{(1-x)x}{RT} \left(\frac{\partial \sigma(x)}{\partial x} \right)_{P,T}. \quad (21)$$

При этом величину $(\partial \sigma(x)/\partial x)_{P,T}$ вычисляют графическим способом, что допускает ошибки около 15 % [2], либо подбором полинома $\sigma(x)$ к экспериментальной кривой ИПН [2] и последующим вычислением значения $(\partial \sigma(x)/\partial x)_{P,T}$ с использованием подобранного полинома ИПН (здесь ошибки порядка 3 %, а расчеты проводятся в приближении идеальных растворов). Заметим, что формула (20) страдает такими же недостатками, что и (21), а ошибки допускаемые при расчетах могут быть еще больше, чем по (21). В последнем случае адсорбции компонентов A и B бинарного расплава могут быть вычислены по (21) в приближении идеального расплава [1, 4, 10].

6.2. Расчет адсорбции в приближении реального раствора через параметр F

Выше показано, что формула ИПН (1) позволяет вычислить значение параметра F рассматриваемой системы. Тогда, имея величину F , можем вычислить адсорбцию в N -варианте исходя из ее определения [13]

$$\Gamma_B^{(N)}(x) = \frac{N_B^o - N_B}{\omega(x)}, \quad (22)$$

где N_B^o и N_B – количества молей второго компонента в поверхностном и объемном растворах, взятых в равных количествах (например, N -молей), $\omega(x)$ – площадь поверхности раздела фаз.

Преобразуем формулу (22) к виду

$$\Gamma_B^{(N)}(x) = \frac{x_B^o - x_B}{\omega_m(x)}, \quad (23)$$

где $x_B^o = N_B^o/N$; $x_B = N_B/N$; $\omega_m = \omega(x)/N$ – молярная поверхность раствора состава x .

Имея экспериментальные молярные объемы расплава $V_m(x)$ в зависимости от состава x , можем записать [1,4]

$$\omega_m(x) = \frac{k}{n} (N_A)^{1/3} (V_m(x))^{2/3}, \quad (24)$$

где k – коэффициент упаковки атомов в поверхностном слое, n – число монослоев в поверхностном растворе.

Формулу (24) будем использовать при $k = n = 1$ (модель жесткого раствора). Тогда, имея в виду (13) и (24), по (23) можем вычислить адсорбцию второго компонента B . Величину адсорбции растворителя A определим как

$$\Gamma_A^{(N)}(x) = 1 - \Gamma_B^{(N)}(x). \quad (25)$$

На рис. 6 и 7 в качестве примера представлены адсорбции компонентов в системах $Na-Rb$ и $Na-K$ [13]. Эти системы нами были выбраны не случайно. Первая из них по своим свойствам далека от идеальной системы, тогда как вторая близка к идеальной.

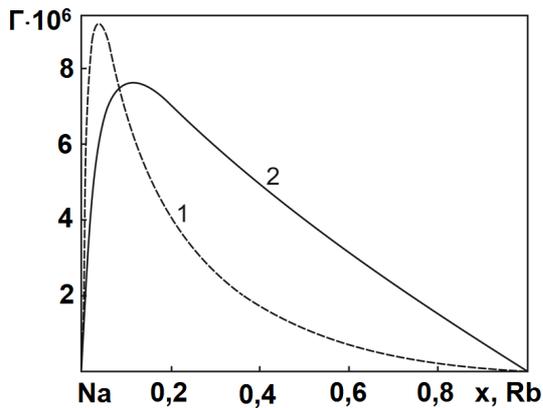


Рис. 6. Изотермы адсорбции рубидия в системе $Na-Rb$, $T = 400^\circ K$

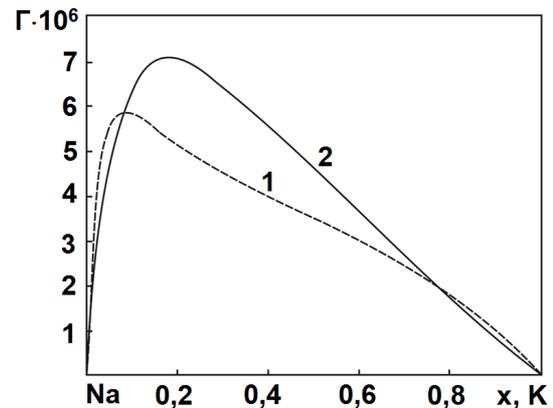


Рис. 7. Изотермы адсорбции калия в системе $Na-K$, $T = 400^\circ K$

Из сравнений изотерм адсорбций, полученных в приближениях идеальных (кривые 1) и реальных (кривые 2) растворов замечаем, что для системы $Na-Rb$, которая далека от идеальной, эти данные больше отличаются друг от друга, тогда как для системы $Na-K$, которая близка к идеальной, эти результаты не так сильно различаются. Более того, эти значения адсорбций, вычисленные разными способами, лучше совпадают для слабо концентрированных растворов системы $Na-K$. А для расплавов, богатых обоими компонентами, как и следовало ожидать, результаты расходятся больше.

6.3. Расчет поверхностных концентраций компонентов бинарного расплава традиционным способом

Для расчетов поверхностных концентраций второго компонента расплавов бинарного раствора традиционно используют формулу [1, 4, 10]

$$x_B^\omega(x) = \frac{x_B + \frac{\bar{\omega}_A^\omega}{n} \Gamma_B^{(N)}(x)}{1 + \frac{\bar{\omega}_A^\omega - \bar{\omega}_B^\omega}{n} \Gamma_B^{(N)}(x)}, \quad (26)$$

где $\bar{\omega}_A^\omega$ и $\bar{\omega}_B^\omega$ – парциальные молярные поверхности в поверхностном растворе заменяются парциальными молярными поверхностями компонентов в объемном растворе $\bar{\omega}_A$ и $\bar{\omega}_B$, соответственно. Величина $\Gamma_B^{(N)}(x)$ – определяется по (21) в приближении идеального раствора.

6.4. Расчет поверхностных концентраций компонентов бинарного расплава через параметр F

Теперь, когда можем определить величину F из данных эксперимента, в настоящей работе для определения x_B^ω и x_A^ω можем воспользоваться формулой (12) для расчетов поверхностных концентраций компонентов расплава [10, 14]

$$x_B^\omega = \frac{Fx}{1 + (F-1)x}, \quad (27)$$

$$x_A^\omega = \frac{1-x}{1 + (F-1)x}, \quad (28)$$

которые получаются из (10) и очевидного выражения $x_A^\omega + x_B^\omega = 1$.

В качестве объектов исследований нами выбраны $Na-Cs$ и $Na-K$ [14]. Эти системы интересны также тем, что первая из них ($Na-Cs$) резко неидеальная, тогда как вторая ($Na-K$) ближе к идеальной системе.

Результаты наших расчетов поверхностных концентраций цезия и калия в системах $Na-Cs$ и $Na-K$ по формулам (26)–(28) представлены на рис. 8.

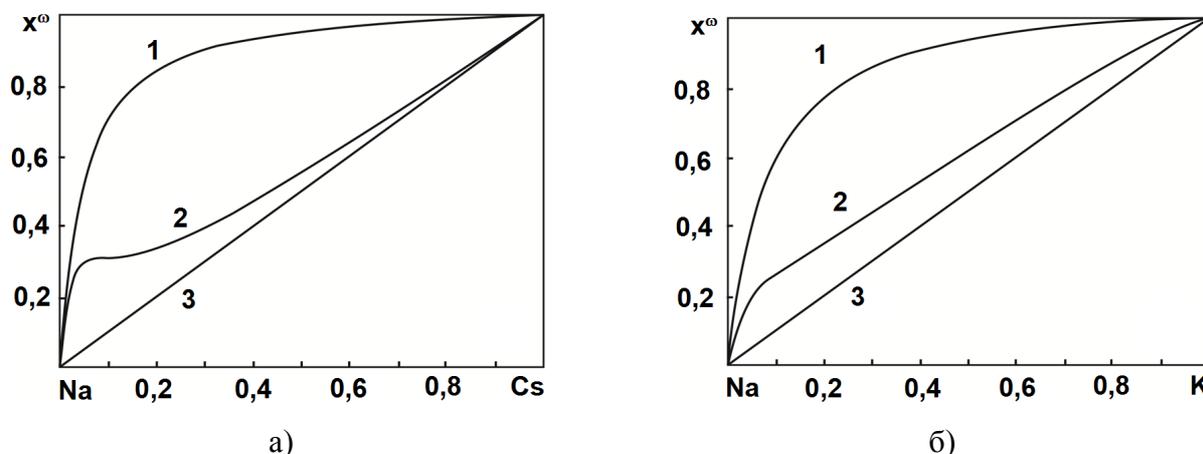


Рис. 8. Результаты расчетов поверхностных концентраций x_i^o вторых компонентов бинарных систем $Na-Cs$ и $Na-K$ по формулам (26) при $n = 4$ и 1 (кривые 2), соответственно и (27) (кривые 1). Прямая 3 – содержание второго компонента в объеме расплава

Из рис. 8 видно, что кривые 2 ближе к 3, чем кривые 1. Однако, заметим значительное отличие кривых 1 от 2, что, по-видимому, связано с учетом термодинамических активностей компонентов и различия характера межчастичных взаимодействий компонентов при выводе уравнения (27). Заметим, что насыщение поверхности расплава цезием происходит быстрее, чем калием (см. кривые 1), что подтверждает большую поверхностную активность цезия по сравнению с калием по отношению к натрию. Из сравнения кривых 1 и 2 видим, что расчет x_i^o по (27) дает более высокие значения x_i^o , больше отличающиеся от объемного содержания компонента x_B в расплаве, по сравнению с данными, полученными в приближении идеальных растворов (кривые 2).

ВЫВОДЫ

1. Представлен вывод уравнения изотермы поверхностного натяжения, предложенного ранее авторами настоящей работы. Показано, что уравнение справедливо для всех бинарных систем, в которых наблюдается монотонное изменение ПН расплава в зависимости от его состава.

2. Главным достоинством предложенного уравнения изотермы ПН является то, что оно позволяет определить важный параметр F поверхности, как параметр обмена частицами поверхностного слоя расплава с его объемом, определяющий характер адсорбции и через него вычислить ряд других важных характеристик поверхности расплава.

3. Предложенное уравнение изотермы поверхностного натяжения впервые позволило вычислить адсорбции и поверхностные концентрации компонентов расплава в приближении реальных растворов. Сравнение наших результатов, полученных для систем $Na-Rb$, $Na-Cs$ и $Na-K$ с данными, полученными в приближении идеальных растворов, показывает их существенное различие, что, по-видимому, связано с учетом в наших расчетах зависимостей термодинамических активностей от концентраций компонентов и различия характера межчастичных взаимодействий компонентов расплава.

Литература

1. Попель С.И. Поверхностные явления в расплавах. – М.: Металлургия, 1994. – 432 с.
2. Алчагиров Б.Б., Афаунова Л.Х., Таова Т.М., Архестов Р.Х., Коков З.А., Алчагирова Л.Г., Тлупова М.М. Расчет адсорбции калия в сплавах натрий-калий // Вестник КБГУ. Серия Физическая. – 2009. – Вып. 12. – С. 9–11.
3. Дьяконов В.П. Mathematica 5.1/5.2/6. Программирование и математические вычисления. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 576 с.
4. Дадашев Р.Х. Термодинамика поверхностных явлений. – М.: Физматлит, 2008. – 280 с.
5. Жуховицкий А.А. Поверхностные явления в растворах // Физическая химия. – 1943. – Т. 17. – Вып. 5–6. – С. 313–317; 1944. – Т. 18. – Вып. 5–6. – С. 214–238.
6. Калажоков З.Х., Зихова К.В., Калажоков Заур Х., Калажоков Х.Х., Хоконов Х.Б. Расчет поверхностного натяжения и адсорбции сплавов бинарных систем р-металлов // ТВТ. – 2012. – Т. 50, № 6. – С. 781–784.
7. Ф.М. Мальсургунова, Таова Т.М., Хоконов Х.Б. Расчетнографическое и аналитическое определение поверхностного натяжения тройных сплавов системы Na–K–Rb. Труды международного междисциплинарного симпозиума «Физика межфазных границ и фазовые переходы» (ФПЯ и ФП). – Нальчик–Ростов-на-Дону–Туапсе, 2014. – С. 154–159.
8. Альсурайхи Абдульазиз Салех Али Поверхностные свойства бинарных сплавов легкоплавких и щелочных металлов и тонкопленочных систем с участием натрия: дисс. ... к.ф.-м.н. – Нальчик, 2015. – 159 с.
9. Адамсон А. Физическая химия поверхности. – М.: Мир, 1979. – 568 с.
10. Семенченко В.К. Поверхностные явления в металлах и сплавах. – М: Гос. изд-во технико-теорет. лит., 1957. – 498 с.
11. Калажоков З.Х., Калажоков З.Х., Калажоков Х.Х., Карамурзов Б.С., Хоконов Х.Б. Уравнение изотермы поверхностного натяжения бинарных сплавов металлических систем // Вестник казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 21. – С. 104–107.
12. Калажоков Х.Х., Калажоков З.Х., Альсурайхи А.А., Реуцкая Н.С., Хоконов Х.Б. К обоснованию уравнения изотермы поверхностного натяжения бинарных металлических систем // Труды V международного междисциплинарного симпозиума. Физика поверхностных явлений, межфазных границ и фазовые переходы (ФПЯ и ФП). – Нальчик–Ростов-на-Дону–Грозный–пос. Южный: Фонд науки и образования, 2015. – С. 113–116.
13. Шериева Р.Х., Калажоков Х.Х., Калажоков З.Х., Реуцкая Н.С., Калажоков Заур Х., Хацукова Р.И., Барагунова Ж.М. К расчету адсорбций компонентов бинарных сплавов металлических систем // Труды XVIII международного междисциплинарного симпозиума «Упорядочение в минералах и сплавах». Вып. 18. – Ростов-на-Дону–п. Южный: НИИ Физики ЮФУ, 2015. – Т. 1. – С. 316–318.
14. Шериева Р.Х., Калажоков Х.Х., Калажоков З.Х., Калажоков Заур Х., Мисакова Л.Б., Хацукова Р.И., Барагунова Ж.М. К расчету поверхностных концентраций компонентов бинарных сплавов металлических систем // Труды XVIII международного междисциплинарного симпозиума «Упорядочение в минералах и сплавах». Вып. 18. – Ростов-на-Дону–п. Южный: НИИ Физики ЮФУ, 2015. – Т. 1. – С. 320–322.

УДК 539.548.732

ОТРАЖЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ ОТ СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ

А.А. Дышеков

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

В статье рассматривается теория отражения рентгеновской волны от плоской слоисто-неоднородной среды для модельного случая многослойной периодической системы. Для анализа волнового поля в среде используется известное приближение одномерной зависимости амплитуд полей для плоской среды, приводящее к матричной дифференциальной системе. Анализ типов решений проводится на основе качественного подхода, из которого получены соотношения для угловых ширин областей зеркального и дифракционного отражений в приближении малой амплитуды изменения электронной плотности многослойной среды. Показано, что в данном случае, помимо зеркального отражения, возникает дополнительное отражение, соответствующее брэгговской дифракции от одномерной структуры. Угловая ширина области зеркального отражения оказывается меньше соответствующей ширины для идеального кристалла и определяется структурными параметрами модельной среды.

ВВЕДЕНИЕ

Жесткое рентгеновское излучение с длинами волн $\lambda \sim 10^{-1}$ нм слабо взаимодействует с конденсированными средами. Поляризуемость среды χ отрицательна и составляет порядок $10^{-5} - 10^{-7}$. Поэтому в обычных условиях рентгеновское излучение сравнительно глубоко проникает в среду и, следовательно, используется для изучения объемных свойств среды.

Однако логика развития физики и технологии с неизбежностью приводит к необходимости изучения сверхтонких приповерхностных областей сред, в первую очередь, монокристаллов.

В связи с этим активно развивается направление теории рассеяния рентгеновских лучей, которое позволяет значительно увеличить поверхностную чувствительность традиционных дифракционных методов исследования кристаллической структуры. Такая возможность обеспечивается эффектом полного внешнего отражения (ПВО). Этот эффект обусловлен отрицательным значением поляризуемости в рентгеновском диапазоне длин волн и реализуется при предельно малых (скользящих) углах падения волны на поверхность монокристалла. В условиях ПВО значительно уменьшается длина экстинкционного затухания волны, и, как следствие, волна проникает в кристалл на предельно малую глубину

$$\frac{\lambda}{\sqrt{|\chi|}} \approx 10^3 \lambda.$$

Кроме того, в условиях ПВО наблюдается аномальное преломление волн, а также резко изменяются потоки энергии на границе кристалл-вакуум. Если рассматривается процесс рассеяния рентгеновской волны в многослойных системах или слоисто-неоднородных средах при скользящих углах падения, то зеркально отраженная волна несет информацию о всей системе вследствие многократного отражения в каждом слое.

Если рассматривать периодическую слоистую среду, то, согласно общим свойствам распространения волн в периодической среде, должны наблюдаться области свободного прохождения волн и запрещенные области, в которых волновое поле экспоненциально затухает. Если воспользоваться известной физической интерпретацией [1], связывающей области затухания волн с возникновением рефлексов, то очевидно, что эти рефлексы имеют дифракционную природу. Таким образом, теория зеркального отражения для периодических структур имеет аналогию с теорией динамической рентгеновской дифракции, и в дальнейшем мы убедимся в этом на конкретном примере.

Здесь мы рассмотрим теорию отражения рентгеновской волны от слоисто-неоднородной среды, когда поляризуемость среды зависит лишь от одной координаты в глубь кристалла $\chi = \chi(z)$. Теория такого рассеяния была разработана в монографии [2]. Там же эта задача рассматривается с помощью рекуррентных соотношений, когда результат рассеяния волны представляется как многолучевая интерференция от слоев. При этом плавный профиль изменения электронной плотности заменяется аппроксимирующей ступенчатой функцией. Весь последующий анализ основан на применении рекуррентной формулы для многослойной среды, в которой фигурируют толщины слоев и электронные плотности в них. Варьированием этих параметров добиваются соответствия теоретических и экспериментальных кривых зеркального отражения.

Однако методом рекуррентных соотношений можно получить лишь поле на поверхности кристалла, а не его распределение по глубине. Кроме того, сама идея аппроксимации плавной функции, более соответствующей реальной структуре, ступенчатой вряд ли может считаться безусловно обоснованной.

Теория зеркального отражения [2] от слоисто-неоднородной среды основывается на идее сведения системы уравнений Максвелла к системе обыкновенных дифференциальных уравнений для скалярных амплитуд поля. Такая возможность связана с представлением операции *rot* в плоскостой среде через тензоры, дуальные единичным векторам, лежащим в нормали и на поверхности кристалла. Далее система уравнений для амплитуд поля решается для каждого слоя с постоянным значением поляризуемости с помощью матричного экспоненциала, который имеет смысл матрицы распространения, связывающей поля на противоположных поверхностях слоя. Интегральная матрица распространения получается последовательным перемножением матриц распространения отдельных слоев, составляющих систему.

Если же рассматривать непрерывное распределение электронной плотности по толщине кристалла ($\chi = \chi(z)$), то система сводится, как обычно, к решению дифференциального уравнения второго порядка с переменными коэффициентами. Точные решения такого уравнения известны для малого числа реалистичных физических моделей [3] и, разумеется, не исчерпывают все интересные для практики случаи. Поэтому мы сосредоточимся на анализе приближенных решений известными методами теории возмущений, которые позволяют исследовать особенности зеркального отражения для различных соотношений между параметрами среды и геометрическими условиями отражения рентгеновской волны. Кроме того, приближенные аналитические подходы позволяют проводить аналогию между зеркальным отражением и динамической дифракцией, если речь идет об отражении от периодической среды. Именно этот случай мы будем рассматривать в дальнейшем.

Следуя [2], приведем вывод основных соотношений для скалярных амплитуд поля. Все обозначения приняты, как в [2].

Запишем уравнения Максвелла для электрического и магнитного полей, гармонически зависящих от времени:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \mathbf{E} &= ik\mathbf{H}, \\ \operatorname{rot} \mathbf{H} &= -ik(1 + \chi(z))\mathbf{E}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $\kappa = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$ – модуль волнового вектора в вакууме. Отметим, что поляризуемость среды $\chi(z)$ не является периодической с периодом решетки функцией, как в теории дифракции рентгеновских лучей, а является оптической характеристикой среды по отношению к рентгеновскому излучению. Иначе говоря, взаимодействие среды с излучением происходит по обычным оптическим законам и атомная структура вещества не проявляется.

Предположим, что волны в плоскостой среде имеют постоянную тангенциальную составляющую волновых векторов, а амплитуды волн зависят только от координаты по нормали в глубь кристалла z . Обозначим единичный вектор нормали к поверхности через \mathbf{q} , а единичный тангенциальный вектор – через \mathbf{b} . Тогда волны в среде имеют следующий вид:

$$\begin{pmatrix} \vec{E}(\mathbf{r}) \\ \vec{H}(\mathbf{r}) \end{pmatrix} = \exp(i\kappa\mathbf{b}\mathbf{r}) \begin{pmatrix} \mathbf{E}(z) \\ \mathbf{H}(z) \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Теперь переходим к указанному выше представлению оператора rot :

$$rot = i\kappa b^\times + \frac{\partial}{\partial z} q^\times. \quad (3)$$

Здесь введены тензоры b^\times, q^\times , дуальные соответствующим векторам. Эта формула приводится в [4] без вывода, хотя она нетривиальна. Не располагая оригинальным выводом, кратко воспроизведем собственный вывод (3).

Вывод формулы для ротора поля

Воспользуемся инвариантной (бескоординатной) техникой дифференцирования векторных полей, если они заданы также инвариантным образом, развитой в [5]. В этой математической работе доказывается теорема, которая позволяет сводить отыскание ротора и дивергенции поля к отысканию ротора и дивергенции дифференциала, т.е. линейного поля:

$$\begin{aligned} rot(\mathbf{F}(\mathbf{r})) &= rot(d\mathbf{F}_r), \\ div(\mathbf{F}(\mathbf{r})) &= div(d\mathbf{F}_r). \end{aligned}$$

Далее вычисляются значения простейших линейных полей \mathbf{F} .

\mathbf{F}	$rot\mathbf{F}$	$div\mathbf{F}$
\mathbf{r}	0	3
$[\mathbf{a}\mathbf{r}]$	$2\mathbf{a}$	0
$[\mathbf{a}\mathbf{r}]\mathbf{b}$	$[\mathbf{a}\mathbf{b}]$	$(\mathbf{a}\mathbf{b})$

Формулы из этой таблицы обслуживают все линейные поля, т.к. 1) операторы rot и div линейны, 2) произвольное линейное поле представимо в виде линейной комбинации полей вида $[\mathbf{a}\mathbf{r}]\mathbf{b}$.

Теорема дает следующий алгоритм вычисления ротора нелинейного поля:

- 1) линеаризуем поле \mathbf{F} , переходя к его дифференциалу $d\mathbf{F}$;
- 2) вычисляем ротор (дивергенцию) $d\mathbf{F}$ с помощью таблицы производных.

Для вычисления дифференциала пользуемся вариантами правила Лейбница

$$\begin{aligned} d(fg) &= (df)g + f(dg), \\ d(f\mathbf{F}) &= (df)\mathbf{F} + f(d\mathbf{F}), \\ d(\mathbf{F}_1\mathbf{F}_2) &= (d\mathbf{F}_1\mathbf{F}_2) + (\mathbf{F}_1d\mathbf{F}_2), \\ d[\mathbf{F}_1\mathbf{F}_2] &= [d\mathbf{F}_1\mathbf{F}_2] + [\mathbf{F}_1d\mathbf{F}_2]. \end{aligned}$$

Находим дифференциал поля, а затем, согласно изложенным правилам, ротор:

$$\begin{aligned} d\vec{E}(\mathbf{r}) &= d(\exp(i\mathbf{k}\mathbf{b}\mathbf{r})\mathbf{E}(z)) = \exp(i\mathbf{k}\mathbf{b}\mathbf{r})(i\mathbf{k}(\mathbf{b}d\mathbf{r})\mathbf{E}(z) + d\mathbf{E}(z)) = \\ &= \exp(i\mathbf{k}\mathbf{b}\mathbf{r}) \cdot (i\mathbf{k}[\mathbf{b}\mathbf{E}(z)] + d\mathbf{E}(\mathbf{q}\mathbf{r})) = \exp(i\mathbf{k}\mathbf{b}\mathbf{r})(i\mathbf{k}[\mathbf{b}\mathbf{E}(z)] + \frac{\partial\mathbf{E}}{\partial z}d(\mathbf{q}\mathbf{r})), \\ \text{rot}\vec{E}(\mathbf{r}) &= \exp(i\mathbf{k}\mathbf{b}\mathbf{r})(i\mathbf{k}[\mathbf{b}\mathbf{E}(z)] + \frac{\partial\mathbf{E}}{\partial z}(\mathbf{q}d\mathbf{r})) = \exp(i\mathbf{k}\mathbf{b}\mathbf{r})(i\mathbf{k}[\mathbf{b}\mathbf{E}(z)] + [\mathbf{q}\frac{\partial\mathbf{E}}{\partial z}]) = \\ &= \exp(i\mathbf{k}\mathbf{b}\mathbf{r}) \cdot (i\mathbf{k}b^\times + q^\times \frac{\partial}{\partial z})\mathbf{E}(z) = (i\mathbf{k}b^\times + q^\times \frac{\partial}{\partial z})\vec{E}(\mathbf{r}). \end{aligned}$$

При этом при вычислении ротора от дифференциала мы должны считать его аргументом $d\mathbf{r}$, а \mathbf{r} – константой.

Вывод основной системы уравнений

1. Скалярный вариант

Используя формулу (3), из уравнений Максвелла (1) для полей (2) получим

$$\begin{aligned} (i\mathbf{k}b^\times + \frac{\partial}{\partial z}q^\times)\mathbf{E} &= i\mathbf{k}\mathbf{H}, \\ (i\mathbf{k}b^\times + \frac{\partial}{\partial z}q^\times)\mathbf{H} &= -i\mathbf{k}(1 + \chi(z))\mathbf{E}. \end{aligned}$$

Отсюда

$$q^\times \frac{\partial}{\partial z} \begin{pmatrix} \mathbf{E} \\ \mathbf{H} \end{pmatrix} = -i\mathbf{k} \begin{pmatrix} b^\times & -1 \\ 1 + \chi(z) & b^\times \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{E} \\ \mathbf{H} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Умножая систему (4) скалярно на \mathbf{q} , с учетом $q^\times \mathbf{q} = [\mathbf{q}\mathbf{q}] = 0$, получим соотношения между компонентами векторов \mathbf{E} и \mathbf{H} :

$$\begin{aligned} \mathbf{q}b^\times \mathbf{E} - (\mathbf{q}\mathbf{H}) &= -[\mathbf{b}\mathbf{q}]\mathbf{E} - (\mathbf{q}\mathbf{H}) = -(\mathbf{a}\mathbf{E}) - (\mathbf{q}\mathbf{H}) = 0, \\ \mathbf{q}(1 + \chi)\mathbf{E} + \mathbf{q}b^\times \mathbf{H} &= (\mathbf{q}\mathbf{D}) - [\mathbf{b}\mathbf{q}]\mathbf{H} = (\mathbf{q}\mathbf{D}) - (\mathbf{a}\mathbf{H}) = 0, \\ (\mathbf{a}\mathbf{E}) &= -(\mathbf{q}\mathbf{H}), \end{aligned} \quad (5)$$

$$(\mathbf{q}(1 + \chi)\mathbf{E}) = (\mathbf{a}\mathbf{H}). \quad (6)$$

Здесь введен вектор $\mathbf{a} = [\mathbf{b}\mathbf{q}]$, лежащий в плоскости поверхности кристалла.

С системой (4) можно распорядиться двояко. Во-первых, можно свести систему к одному векторному уравнению относительно \mathbf{E} . Для этого продифференцируем первое уравнение (4) по z и умножим на q^\times . Далее, используя второе уравнение (4), получим:

$$q^\times q^\times \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial z^2} + i\mathbf{k}(q^\times b^\times + b^\times q^\times) \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z} - k^2(1 + \chi(z) + b^\times b^\times)\mathbf{E} = 0. \quad (7)$$

Это векторное уравнение может быть приведено к скалярному виду. Для этого необходимо выбрать поляризацию поля и ориентацию вектора \mathbf{E} относительно \mathbf{b} . Обычно выбирается σ -поляризация, как более простая. В этом случае вектор \mathbf{E} ортогонален вектору \mathbf{q} и лежит в плоскости поверхности кристалла.

Выясним ориентацию вектора \mathbf{E} в плоскости поверхности кристалла. Для этого воспользуемся условием отсутствия зарядов как источников поля. Как известно, это означает равенство дивергенции электрического поля нулю. Тогда из (2) согласно приведенным выше правилам будем иметь условие

$$\text{div}\vec{E} = (i\mathbf{k}(\mathbf{b}\mathbf{E}) + (\mathbf{q}\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z})) \cdot \exp(i\mathbf{k}\mathbf{b}\mathbf{r}) = 0. \quad (8)$$

Отсюда следует, что $(\mathbf{bE}) = 0$ и $(\mathbf{qE}) = 0$ (последнее условие получается при естественном предположении, что вектор \mathbf{E} изменяется только по величине, но не по направлению, т.е. что поляризация волны не изменяется). Введем единичный вектор $\mathbf{a} = [\mathbf{bq}]$, лежащий в плоскости поверхности кристалла, тогда $\mathbf{E} = \mathbf{aE}$. Последовательно рассмотрим члены уравнения (7). Имеем

$$\begin{aligned} q^\times q^\times \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial z^2} &= [\mathbf{q[qa}}] \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = -\mathbf{a} \frac{\partial^2 E}{\partial z^2}, \\ q^\times b^\times \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z} &= [\mathbf{q[ba}}] \frac{\partial E}{\partial z} = -[\mathbf{qq}] \frac{\partial E}{\partial z} = 0, \\ b^\times q^\times \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z} &= [\mathbf{b[qa}}] \frac{\partial E}{\partial z} = [\mathbf{bb}] \frac{\partial E}{\partial z} = 0. \end{aligned}$$

Отдельно рассмотрим величину $b^\times b^\times \mathbf{E} = [\mathbf{b[ba}}]E$, входящую в третий член.

$$[\mathbf{b[ba}}]E = ((\mathbf{ba})\mathbf{b} - b^2\mathbf{a})E = -b^2\mathbf{a}E.$$

Величина $b^2 = b_t^2$ есть квадрат длины тангенциальной компоненты волнового вектора (в единицах k) в условиях распространения рентгеновской волны вдоль поверхности кристалла, т.е. при нулевом угле скольжения θ (оптическая терминология, в рентгеновской оптике – угле падения). При сканировании по углу θ величина b_t^2 меняется, так что, с учетом нормировки b , будем иметь

$$b_t^2 = b^2 - b_n^2 = b^2(1 - \sin^2 \theta).$$

В итоге, из (7) получаем следующее уравнение для скалярной амплитуды электрического вектора

$$\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} + k^2(\sin^2 \theta + \chi(z))E = 0. \quad (9)$$

Отражение рентгеновской волны от слоисто-неоднородной среды в обычных условиях наблюдается в области полного внешнего отражения (ПВО), т.е. при малых углах. Поэтому уравнение (9) можно записать в виде

$$\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} + k^2(\theta^2 + \chi(z))E = 0. \quad (10)$$

В зависимости от конкретных условий мы будем использовать обе формы (9) и (10).

2. Матричный вариант

Приведем также вывод [2] матричных уравнений для скалярных амплитуд электрического вектора и тангенциальной компоненты магнитного вектора.

Будем исходить из матричной системы (4). С помощью первого уравнения системы (4) выясним ориентацию магнитного вектора:

$$ik\vec{H} = ik\mathbf{H}(z) \exp(ik\mathbf{br}) = \text{rot}\vec{E} = (ik[\mathbf{bE}] + [\mathbf{q} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z}]) \exp(ik\mathbf{br}). \quad (11)$$

Отсюда видно, что вектор $\mathbf{H} = \mathbf{hH}$ лежит в плоскости (\mathbf{qb}) , причем

$$\mathbf{H} = H_t\mathbf{b} + H_n\mathbf{q}; \quad H_t = (\mathbf{Hb}), \quad H_n = (\mathbf{Hq}).$$

Умножим первое уравнение системы (4)

$$q^\times \mathbf{a} \frac{\partial E}{\partial z} = \mathbf{b} \frac{\partial E}{\partial z} = ikb^\times \mathbf{a}E + ik\mathbf{H} = -ik\mathbf{q}E + ik\mathbf{H}$$

скалярно на \mathbf{b} :

$$\frac{\partial E}{\partial z} = i\kappa(\mathbf{H}\mathbf{b}) = i\kappa H_t. \quad (12)$$

Теперь умножим второе уравнение системы (4) на b^* :

$$\begin{aligned} [\mathbf{b}[\mathbf{q}\mathbf{h}]] \frac{\partial H}{\partial z} &= \mathbf{q}(\mathbf{b}\mathbf{h}) \frac{\partial H}{\partial z} = \mathbf{q} \frac{\partial H_t}{\partial z} = -i\kappa(1 + \chi(z))[\mathbf{b}\mathbf{a}]E - i\kappa[\mathbf{b}[\mathbf{b}\mathbf{h}]]H = \\ &= i\kappa(1 + \chi(z))\mathbf{q}E - i\kappa\mathbf{b}(\mathbf{b}\mathbf{h})H + i\kappa b^2 \mathbf{h}H. \end{aligned} \quad (13)$$

Умножим (13) скалярно на \mathbf{q} :

$$\begin{aligned} \frac{\partial H_t}{\partial z} &= i\kappa(1 + \chi)E + i\kappa b^2 (\mathbf{q}\mathbf{H}) = i\kappa(1 + \chi)E - i\kappa b^2 (\mathbf{a}\mathbf{E}) = \\ &= i\kappa(1 + \chi)E - i\kappa b^2 (1 - \sin^2 \theta)E = i\kappa(\sin^2 \theta + \chi)E \approx i\kappa(\theta^2 + \chi)E. \end{aligned} \quad (14)$$

Здесь мы воспользовались формулой (5). Таким образом, объединяя (12) и (14), получим искомую систему скалярных уравнений:

$$\frac{\partial}{\partial z} \begin{pmatrix} E(z) \\ H_t(z) \end{pmatrix} = i\kappa \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \theta^2 + \chi(z) & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E(z) \\ H_t(z) \end{pmatrix}. \quad (15)$$

Здесь матрица

$$\mathbf{M}(z) = i\kappa \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \theta^2 + \chi(z) & 0 \end{pmatrix} \quad (16)$$

имеет смысл дифференциальной матрицы распространения, описывающей изменение полей по глубине кристалла.

Разумеется, стандартной процедурой можно перейти от матричного формализма (15) к скалярному формализму (10). В зависимости от характера рассматриваемой задачи удобнее анализировать либо (10), либо (15). Приведем основной результат [2], полученный в рамках матричного подхода.

Если речь идет об отражении от слоя с постоянной восприимчивостью χ , то удобнее находить решение системы (15) в виде матричного экспоненциала, связывающего поля на противоположных поверхностях слоя:

$$\exp(\mathbf{M}d) = \begin{pmatrix} \cos Q & \frac{1}{\eta} \sin Q \\ i\eta \sin Q & \cos Q \end{pmatrix}. \quad (17)$$

Здесь d – толщина слоя, $Q = kd\eta$, $\eta = \sqrt{\theta^2 + \chi}$.

В случае системы идеальных слоев полное решение получается последовательным перемножением экспоненциалов отдельных слоев, что обеспечивает непрерывность полей на границах слоев. Это решение называется интегральной матрицей распространения \mathbf{L} и представляет собой матрицант – нормированную на единичную матрицу при $z = 0$ решения системы (15).

Далее находятся амплитуды поля зеркально отраженной E_R и прошедшей E_d волн при решении граничной задачи:

$$\begin{pmatrix} E_d \\ \eta_d E_d \end{pmatrix} = \mathbf{L} \begin{pmatrix} E_0 + E_R \\ \eta_0 (E_0 - E_R) \end{pmatrix}, \quad (18)$$

где $\eta_0 = \sin \theta$, $\eta_d = \sqrt{\sin^2 \theta + \chi(d)}$ – нормальные компоненты волновых векторов во внешней среде и в подложке, $\chi(d)$ – восприимчивость подложки. Такая постановка граничной задачи вполне соответствует классическому случаю зеркального отражения от идеальной сплошной

среды. Обратим внимание на то, что постановка граничной задачи в форме (18) предполагает сопряжение слоистой среды с нижней стороны с подложкой. Это обеспечивает математическую корректность задачи, когда число искомых величин – амплитуд полей E_R и E_d соответствует рангу матрицы \mathbf{L} . Вместе тем, в случае полубесконечного кристалла условие (18) непосредственно не применимо и требует модификации, связанной с требованием затухания полей на бесконечности с учетом поглощения. Обсуждение этого вопроса, а также построение приближенной матрицы \mathbf{L} для периодической среды выходят за рамки настоящей работы.

Нас, однако, интересует случай непрерывного изменения $\chi(z)$. В этом случае матричный подход сталкивается с большими трудностями, поскольку имеется проблема вычисления экспоненциала. Если же речь идет о приближенных решениях, то, как правило, известные методы теории возмущений непосредственно не применимы к матричному формализму. Поэтому в этом случае предпочтительнее применять скалярный подход. Это даст возможность, при рассмотрении полубесконечного кристалла, неявно учитывать граничные условия при качественном анализе решения.

Уравнение Матье

Представим себе многослойную кристаллическую систему в виде чередующихся слоев разного состава и одинаковой толщины. Поляризуемость такой идеальной системы представляет собой периодическую ступенчатую функцию. Однако, в реальных системах существует некоторое размытие между слоями. Самый простой способ учесть размытие – аппроксимировать профиль гармонической функцией. В таком случае можно также считать, что мы разложили ступенчатую периодическую функцию в ряд Фурье и оставили только первую гармонику.

Выберем модель поляризуемости в следующем виде

$$\chi(z) = \langle \chi \rangle + \Delta\chi \cos\left(\frac{2\pi}{T}\left(z' - \frac{T}{4}\right)\right). \quad (19)$$

Здесь $\langle \chi \rangle = \frac{\chi^{(1)} + \chi^{(2)}}{2}$; $\Delta\chi = \frac{\chi^{(1)} - \chi^{(2)}}{2}$ – среднее значение и амплитуда изменения поляризуемости в слоях, соответственно, T – период. Сдвиг по фазе на $T/4$ выбран для того, чтобы начало отсчета ($z = 0$) приходилось на первый слой $\chi^{(1)}$. Он существенен только при решении граничной задачи.

Приведем уравнение (9) для модели (19) к каноническому виду уравнения Матье. Для этого сделаем замену переменных

$$t = \frac{\pi}{T}\left(z - \frac{T}{4}\right).$$

Тогда (9) приводится к уравнению Матье вида

$$\frac{d^2 E}{dt^2} + (\delta + 2\varepsilon \cos 2t)E(t) = 0, \quad (20)$$

параметры которого равны

$$\delta = \omega^2 = \left(\frac{2T}{\lambda}\right)^2 (\sin^2 \theta + \langle \chi \rangle); \quad \varepsilon = \frac{1}{2} \left(\frac{2T}{\lambda}\right)^2 \Delta\chi. \quad (21)$$

Видно, что знак ε определяется знаком $\Delta\chi$. В теории возмущений обычно предполагается $\varepsilon > 0$, так что уравнение (20) получается только при $\Delta\chi > 0$. Если же $\Delta\chi < 0$, то $|\varepsilon| = -\varepsilon$ и для приведения (9) к виду (20) необходимо сделать следующую замену переменных

$$t = \frac{\pi}{T}\left(z - \frac{T}{4}\right) + \frac{\pi}{2},$$

которая дополнительно сдвигает фазу косинуса на π и в итоге меняет его знак на противоположный. В итоге имеем то же уравнение

$$\frac{d^2 E}{dt^2} + (\delta + 2|\varepsilon| \cos 2t)E(t) = 0.$$

Очевидно, учет знака $\Delta\chi$ необходим для определения полей на поверхности кристалла при задании граничных условий. Поскольку в рамках настоящей работы мы используем только качественный анализ решения, и граничные условия непосредственно не используются, то мы можем использовать уравнение (20) без ограничения общности.

Будем рассматривать случай малой величины $\varepsilon \ll 1$, что позволяет анализировать уравнение Матье методами теории возмущений.

Как известно, прямое разложение решения [6] приводит к параметрическому резонансу – расходимости, при выполнении условий

$$\omega = \sqrt{\delta} \approx n = 0, 1, 2, \dots \quad (22)$$

В остальных случаях прямое разложение дает слегка модифицированную плоскую волну, так что заметных отличий от идеальной сплошной среды не наблюдается.

Из (22) с учетом (21) имеем

$$\sin^2 \theta + \langle \chi \rangle \approx \left(\frac{n\lambda}{2T} \right)^2, n = 0, 1, 2, \dots$$

Или, если $\sin^2 \theta \gg \langle \chi \rangle$, просто обычный закон Брэгга $2T \sin \theta = n\lambda$. Ясно, что при этом должны наблюдаться дифракционные отражения. Рассмотрим, в связи с этим, поведение решения уравнения Матье (20) в обоих резонансных случаях $n = 1$ и $n = 0$.

Решение уравнения Матье вблизи брэгговского максимума

Канонический вид уравнения Матье (20) позволяет нам сразу воспользоваться известным разложением решения при $n \sim 1$, полученным, например, методом Уиттекера [6]:

$$E = c_{1,2} \exp\left(\pm \frac{\varepsilon}{2}(1 - \delta_1^2)^{1/2} t\right) \left((1 - \delta_1)^{1/2} \cos t \mp (1 + \delta_1)^{1/2} \sin t \right). \quad (23)$$

Здесь $c_{1,2}$ – произвольные константы, определяемые граничными условиями задачи, знаки «+» и «-» относятся к двум линейно независимым решениям. Параметр δ_1 есть коэффициент разложения δ по степеням ε вблизи $\delta = 1$:

$$\delta = 1 + \delta_1 \varepsilon + \dots$$

Соотношение (23) представляет собой первое приближение решения в нормальной форме, или форме Флоке

$$E = \exp(\gamma t) \varphi(t); \quad \varphi(t + \pi) = \varphi(t),$$

на переходных кривых, отделяющих устойчивые решения от неустойчивых, и их окрестностях. Здесь γ – характеристический показатель, определяющий качественное различие различных типов решений (20).

Согласно (23) характеристические показатели оказываются равными $\gamma_{1,2} = \pm \frac{\varepsilon}{2} \sqrt{1 - \delta_1^2}$.

Поэтому решение будет неограниченным при $\delta_1^2 < 1$ и конечным при $\delta_1^2 > 1$. Значения $\delta_1 = \pm 1$ соответствуют переходу от устойчивого решения к неустойчивому. Следовательно, переходные кривые, выходящие из точки $\varepsilon = 0$, $\delta = 1$, описываются в первом приближении уравнениями

$$\delta = 1 \pm \varepsilon + \dots \quad (24)$$

На этих кривых, как видно из (23), решения будут периодическими с периодом 2π .

Решение (23) непосредственно использовать для расчета амплитудного коэффициента отражения не очень удобно, поскольку в этом случае возникает проблема граничных условий. В самом деле, когда мы ставим граничные условия для рассеяния по Брэггу, то явно, исходя из физического смысла, выделяем падающую (проходящую) и дифрагированную волну. Здесь же мы имеем дело в подлинном смысле единое волновое поле, в котором невозможно разделить проходящее и дифрагированное поля. Особенно ситуация осложняется в случае отражения от полубесконечного кристалла, который интересует нас. Поэтому постановку граничных условий корректно проводить в матричном формализме, когда поля в кристалле не разделяются. Как было сказано выше, этот вопрос является предметом отдельного обсуждения. Здесь же мы ограничимся качественным анализом решения, которое, тем не менее, дает вполне конкретный количественный результат.

С учетом (21) найдем связь между отстройкой $\Delta\theta$ от точного брэгговского угла θ_0 и коэффициентом разложения δ_1 :

$$\begin{aligned} \delta &= 1 + \delta_1 \varepsilon; \\ \delta_1 &= \frac{\delta - 1}{\varepsilon} = \frac{2}{\Delta\chi} \cdot \left[\sin^2 \theta + \langle \chi \rangle - \left(\frac{\lambda}{2T} \right)^2 \right]; \\ \sin^2 \theta &\approx \sin^2 \theta_0 + \Delta\theta \sin 2\theta = \left(\frac{\lambda}{2T} \right)^2 - \langle \chi \rangle + \Delta\theta \sin 2\theta; \\ \delta_1 &= \frac{2\Delta\theta \sin 2\theta}{\Delta\chi}. \end{aligned} \quad (25)$$

Теперь, используя (21) и (25), найдем значения характеристических показателей:

$$\begin{aligned} \gamma_{1,2} &= \pm \frac{\varepsilon}{2} (1 - \delta_1^2)^{1/2} = \pm \frac{\Delta\chi}{4} \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 \left(1 - \left(\frac{2\Delta\theta \sin 2\theta_0}{\Delta\chi} \right)^2 \right)^{1/2} \pm \\ &\pm \frac{1}{4} \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 \left((\Delta\chi)^2 - (2\Delta\theta \sin 2\theta_0)^2 \right)^{1/2}. \end{aligned} \quad (26)$$

Отсюда значения углов отстройки, соответствующие переходу от неустойчивого решения к устойчивому, равны

$$\Delta\theta_{1,2} = \pm \frac{\Delta\chi}{2 \sin 2\theta_0}. \quad (27)$$

Согласно известной физической интерпретации [1], в случае дифракции по Брэггу, неустойчивое решение соответствует затуханию проходящей волны в кристалле, и, как следствие, «выталкиванию» рассеянной волны, т.е. дифракции. Тогда ширина зоны неустойчивого решения, т.е. угловая ширина дифракционного максимума, согласно (27), равна

$$\Delta\theta_1 - \Delta\theta_2 = \frac{\Delta\chi}{\sin 2\theta_0}. \quad (28)$$

Формула (28) есть прямая аналогия с формулой для угловой ширины брэгговского пика в случае рентгеновской дифракции от идеального полубесконечного кристалла. Роль фурье-компоненты поляризуемости играет амплитуда $\Delta\chi$. Этот классический результат фактически получен при условии достаточно больших брэгговских углов, когда характеристические показатели $\gamma_{1,2}$ остаются действительными лишь в узком угловом интервале вблизи точного значения угла Брэгга. Можно, однако, допустить и такую ситуацию, когда при малых брэгговских углах выполняется условие

$$(\Delta\chi)^2 > (2\Delta\theta \sin 2\theta_0)^2,$$

которое означает, что в этом случае характеристические показатели остаются действительными в широком угловом интервале и характер решения не меняется. В рамках обычной интерпрета-

ции это означает уширение дифракционного максимума. Однако при малых углах падения начинают оказывать влияние эффекты, связанные с ПВО, и прямое сопоставление ширины области неустойчивости с шириной дифракционного максимума представляется сомнительным.

На это указывает еще одно важное обстоятельство. Действительно, условие параметрического резонанса (22) включает в себя, помимо целых значений n , также и нулевое значение. Таким образом, решение волновых уравнений следует рассматривать отдельно не только при $n = 1, 2, \dots$ (это просто порядки отражения по Брэггу), но также и $n = 0$. Если рассматривается идеальный кристалл, то $n = 0$ означает зеркальное отражение в условиях ПВО, и никакой дифракции нет. Если же мы имеем дело с модулированной периодической структурой, то такое отражение можно рассматривать как своеобразную дифракцию «нулевого порядка». В самом деле, несмотря на рассеяние при скользких углах падения, происходящее в тонкой приповерхностной области кристалла, рассеянная волна несет в себе информацию обо всей структуре в целом. Например, ширина области рассеяния излучения будет определяться не только средним значением поляризуемости $\langle \chi \rangle$ (по аналогии с идеальным кристаллом), но и амплитудой $\Delta \chi$. Таким образом, соотношение (22) представляет собой в некотором смысле обобщение классического закона Брэгга.

Чтобы показать это, рассмотрим случай $n = 0$, соответствующий условию $\sin^2 \theta + \langle \chi \rangle \approx 0$. Решение уравнения Матье (20) в этом случае может быть получено методом многих масштабов.

Решение уравнения Матье в области полного внешнего отражения

Воспроизведем вкратце вывод приближенного решения уравнения Матье при $n = 0$ методом многих масштабов. Основная особенность вывода заключается в том, что в данном случае необходимо проводить разложение второго порядка по параметру возмущения ε . Кроме того, в нулевом приближении теории возмущений рассматривается не общее решение, зависящее от двух произвольных констант, а ограниченное частное решение, соответствующее единственному периодическому решению на переходной кривой – константе. Представим решение уравнения Матье (20) в зависимости от переменных (пространственных масштабов) $T_0 = t$, $T_1 = \varepsilon t$, $T_2 = \varepsilon^2 t$. Тогда вторая производная представляется в виде:

$$\frac{d^2}{dt^2} = \frac{\partial^2}{\partial T_0^2} + 2\varepsilon \frac{\partial}{\partial T_0} \frac{\partial}{\partial T_1} + \left(2 \frac{\partial}{\partial T_0} \frac{\partial}{\partial T_2} + \frac{\partial^2}{\partial T_1^2} \right) \varepsilon^2. \quad (29)$$

Решение (20) ищется в виде ряда

$$E = E_0 + \varepsilon E_1 + \varepsilon^2 E_2, \quad (30)$$

а параметр δ вблизи нуля имеет разложение

$$\delta = \delta_1 \varepsilon + \delta_2 \varepsilon^2. \quad (31)$$

Подставляя (29)–(31) в (20), получим систему дифференциальных уравнений, соответствующих порядкам разложения решения, причем решение для нулевого порядка E_0 находится из однородного уравнения, а всех последующих – из неоднородных уравнений.

Параметр $\delta_1 = 0$ согласно условию исключения секулярного члена в правой части уравнения для первого порядка E_1 . Аналогичное условие для E_2 приводит к дифференциальному уравнению относительно $E_0(T_1)$:

$$\frac{\partial^2 E_0(T_1)}{\partial T_1^2} + \left(\delta_2 + \frac{1}{2} \right) E_0(T_1) = 0. \quad (32)$$

Решая (32) и возвращаясь к исходной переменной t , получим решение (20) в стандартной форме:

$$E = c_1 \exp(\gamma_1 t) + c_2 \exp(\gamma_2 t), \quad (33)$$

где константы $c_{1,2}$ определяются из граничных условий, а характеристические показатели равны

$$\gamma_{1,2} = \pm i\varepsilon \left(\delta_2 + \frac{1}{2} \right)^{1/2}. \quad (34)$$

Из (32) видно, что осциллирующее решение (устойчивое) переходит неограниченно возрастающее (неустойчивое) при условии $\delta_2 = -1/2$. Тогда переходная кривая, отделяющая устойчивые решения от неустойчивых, вблизи $n = 0$ имеет известный вид:

$$\delta(\varepsilon) = -\frac{\varepsilon^2}{2} + \dots \quad (35)$$

Найдем угловую ширину неустойчивой зоны – области ПВО. Для удобства используем малые значения скользящих углов падения $\sin \theta \approx \theta$, а также введем обозначение $\chi = -|\langle \chi \rangle|$. Тогда δ запишется в виде:

$$\delta = \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 (\theta^2 - \chi). \quad (36)$$

Значению $\delta = 0$ соответствует граница области ПВО, от которой в данном случае и производится отсчет углов – аналог точного брэгговского положения. Это угловое положение соответствует, согласно (36), значению $\theta_0 = \sqrt{\chi}$. Варьируя δ вблизи $\theta_0 = \sqrt{\chi}$, получим из (36):

$$d(\delta) = \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 (\sqrt{\chi} + \Delta\theta)^2 - \chi = \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 (2\sqrt{\chi}\Delta\theta + (\Delta\theta)^2). \quad (37)$$

Отметим, что в (37) мы сохранили $(\Delta\theta)^2$, поскольку угловой интервал сравним с величиной $\theta_0 = \sqrt{\chi}$. Используя (31), найдем связь между δ_2 и $\Delta\theta$:

$$\delta_2 = \frac{d(\delta)}{\varepsilon^2} = \left(\frac{\lambda}{2T} \right)^2 \left(\frac{2}{\Delta\chi} \right)^2 (2\sqrt{\chi}\Delta\theta + (\Delta\theta)^2). \quad (38)$$

Отсюда характеристические показатели (34) вблизи переходной кривой равны:

$$\gamma_{1,2} = \pm i\varepsilon \left(\delta_2 + \frac{1}{2} \right)^{1/2} = \pm i \frac{2T}{\lambda} \left(2\sqrt{\chi}\Delta\theta + (\Delta\theta)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 \left(\frac{\Delta\chi}{2} \right)^2 \right)^{1/2}. \quad (39)$$

Формула (39) показывает, как меняется характер решения при угловой отстройке $\Delta\theta$ от значения $\theta_0 = \sqrt{\chi}$. Ясно, что переход устойчивого решения к неустойчивому, согласно (39), соответствует условию

$$(\Delta\theta)^2 + 2\sqrt{\chi}\Delta\theta + \frac{1}{2} \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 \left(\frac{\Delta\chi}{2} \right)^2 = 0. \quad (40)$$

Из двух решений (40) мы выбираем то, которое соответствует физическому условию: при $\varepsilon \rightarrow 0$ (или, что равносильно, $\Delta\chi \rightarrow 0$) решение $\Delta\theta \rightarrow 0$. В самом деле, эти условия означают, что должен осуществляться непрерывный переход к предельному случаю идеального кристалла, для которого граница области ПВО соответствует значению $\theta_0 = \sqrt{\chi}$. Тогда из (40) получим угловое положение $\Delta\theta_1$ границы области ПВО:

$$\Delta\theta_1 = \sqrt{\chi} \left[\left(1 - \frac{1}{2\chi} \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 \left(\frac{\Delta\chi}{2} \right)^2 \right)^{1/2} - 1 \right]. \quad (41)$$

Видно, величина $\Delta\theta_1$ отрицательна, т.е. граница области ПВО смещается влево, в сторону меньших углов. Из (41) следует, что для того чтобы имело место изменение углового положения границы области ПВО, требуется дополнительное условие:

$$\chi > \frac{1}{2} \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 \left(\frac{\Delta\chi}{2} \right)^2. \quad (42)$$

Однако это условие является менее жестким, нежели

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 \Delta\chi \ll 1. \quad (43)$$

Действительно, (42) можно переписать в виде

$$\chi > \frac{\varepsilon}{2} \cdot \frac{\Delta\chi}{2}.$$

Поскольку, очевидно, $\chi > \Delta\chi$, условие (42) заведомо выполняется, а значит, в пределах исходных допущений, сдвиг правой границы области ПВО должен наблюдаться всегда.

Значение $\theta = 0$, соответствующее левой границе области ПВО, отстоит от θ_0 на величину $\sqrt{\chi}$, следовательно, $\Delta\theta_2 = -\sqrt{\chi}$. Тогда угловая ширина области ПВО при выполнении условия (42) определяется следующим выражением:

$$\Delta\theta_1 - \Delta\theta_2 = \sqrt{\chi} \left(1 - \frac{1}{2\chi} \left(\frac{2T}{\lambda} \right)^2 \left(\frac{\Delta\chi}{2} \right)^2 \right)^{1/2}. \quad (44)$$

Таким образом, оказывается, что угловая ширина области ПВО периодически модулированной структуры меньше соответствующей области для идеального кристалла и определяется структурными параметрами – периодом T , средним значением χ и амплитудой $\Delta\chi$.

Интересно отметить, что этот результат вполне согласуется традиционным представлением о характере распространения рентгеновской волны в идеальном кристалле в условиях ПВО. Как известно [2], глубина проникновения d излучения в кристалл определяется выражением:

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \frac{1}{\text{Im}(\sqrt{\theta^2 + \chi})},$$

из которого следует оценка

$$\frac{d}{\lambda} \approx \frac{1}{\sqrt{\chi}} \approx 10^3. \quad (45)$$

Комбинируя (43) и (45), найдем, считая $\chi \sim \Delta\chi$:

$$\frac{2T}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{d} = \frac{2T}{d} = \left(\frac{2\varepsilon\chi}{\Delta\chi} \right)^{1/2} \leq 1. \quad (46)$$

Из (46) следует, что глубина проникновения излучения в кристалл d превышает период сверхструктуры T . Следовательно, волна «чувствует» все структурные параметры, что и проявляется как эффект уменьшения ширины области ПВО.

Формула (44), полученная аналитическим путем, несомненно, требует надлежащей физической интерпретации, которая должна объяснить как именно структурные параметры оказывают влияние на характер распространения волны в периодической структуре, что в конечном итоге приводит к изменению угловой ширины области ПВО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, отражение рентгеновского излучения от плоскостой периодической среды имеет прямую качественную аналогию с динамической рентгеновской дифракцией от одномерного кристалла, в котором роль фурье-компоненты поляризуемости играет амплитуда изменения поляризуемости в слоях. Отражение волны от кристалла в рамках рассмотренного формализма можно рассматривать как параметрический резонанс волнового поля в кристалле, следствием которого является своеобразный «обобщенный» закон Брэгга. Такое обобщение достигается тем, что зеркальное отражение волны в условиях ПВО можно считать брэгговским рефлексом «нулевого порядка» и анализировать аналогично обычному брэгговскому отражению.

Угловая область ПВО в условиях периодической модуляции поляризуемости чередованием слоев оказывается меньше соответствующей области для идеального кристалла и определяется соотношением периода, среднего значения и амплитуды поляризуемости в слоях.

Полученные выше результаты опирались на качественную интерпретацию различных типов решений в связи с условиями проникновения или отражения волны от кристалла. Несомненным преимуществом такого подхода является возможность связи угловых характеристик отраженных волн со структурными параметрами, а также неявный учет граничных условий. Такой учет проводится при сопоставлении неустойчивых решений угловым областям отражения волн при дифракции по Брэггу.

Вместе с тем, такой подход имеет и естественные ограничения. Во-первых, мы ничего не можем сказать о форме кривых отражения, а во-вторых, качественный анализ эффективен только в случае полубесконечного кристалла, в силу особенностей математического формализма, на который он опирается. Желательно поэтому иметь полное решение, которое позволит снять указанные ограничения. Этому вопросу будет посвящено отдельное исследование.

Автор выражает искреннюю признательность профессору Ю.П. Хапачеву за сделанные замечания и обсуждение работы.

Литература

1. Khapachev Yu.P. The theory of dynamical X-ray diffraction on superlattice // Phys. stat.sol.(b). – 1983. – Vol. 120. – P. 155–163.
2. Андреева М.А., Кузьмин Р.Н. Мессбауэровская и рентгеновская оптика поверхности. Издание Общенациональной академии знаний. – М., 1996. – 128 с.
3. Дышеков А.А., Хапачев Ю.П. Новые аналитические подходы к задачам рентгенодифракционной кристаллооптики. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2010. – 75 с. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 10-02-00023.
4. Бордзов Г.Н., Барковский Л.М., Лаврукович В.И. Тензорный импеданс и преобразование световых пучков системами анизотропных слоев. II. Косое падение // ЖПС. Вып. 3. – 1976. – Т. 25. – С. 526–531.
5. Лодкин А.А. Дифференцирование векторных полей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.math.spbu.ru/analysis/tutorial/vecfi.pdf>.
6. Найфэ А.Х. Введение в методы возмущений. – М.: Мир, 1984. – 535 с.

СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ В ИСТОРИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ

Б.С. Карамурзов, А.Х. Боров, К.Ф. Дзамихов,
А.Г. Кажаров, Х.Б. Мамсиров, Т.Х. Тенов

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

1. СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ В ПРОСТРАНСТВЕ

1.1. Северный Кавказ – горная страна? Кавказцы – горцы?

Кажется очевидным, что главное в географической характеристике регион Кавказа – это его ландшафт горной страны. Главный Кавказский хребет служит и основным маркером для выделения региона из окружающего географического пространства и отправным пунктом его внутреннего членения на Северный и Южный Кавказ.

Но даже с точки зрения физической географии значительные территории и Северного и Южного Кавказа представляют собой низменности.

А с точки зрения географии этносоциальной даже в весьма далеком прошлом не все жители этой горной страны идентифицировались как «горцы». Для Южного Кавказа с глубокой древности важнее были цивилизационные и политический критерии идентичности. А сегодня никому не придет в голову назвать грузин, армян или азербайджанцев «горскими народами».

Такое обозначение закрепилось в российской политической и культурной традиции за народами Северного Кавказа. Значит ли это, что они остаются «горцами» и сегодня? Ситуация существенно сложнее.

Еще в XVIII веке разворачивается процесс перемещения горцев на равнину. Он продолжился и после включения Северного Кавказа в состав Российской империи, приобрел значительную интенсивность и масштабы в советский период, и продолжился в постсоветское время.

Уже в первой половине 1920-х годов число осетин, проживающих в горных районах сократилось в двое, переселилось на равнину 80 % жителей горной Ингушетии, 64 % карачаевцев. В 2000-х годах почти $\frac{3}{4}$ населения Ингушетии сосредоточена в пределах Сунженской долины, составляющей 10 % территории республики. К концу советской эпохи доля «горных» чеченцев составляла только 12,5 % населения республики. В Грозном и на равнинных территориях северной и центральной части Чечни сконцентрировано основное ее население. Плотность населения в горной части республики в десять раз ниже, чем на равнине и в общей сложности на Южную Чечню приходится не более 5–8 % общей численности населения. Доля горцев в населении Дагестана заметно выше. В равнинных и предгорных районах здесь плотность сельского населения варьирует от 30 до 40–50 чел. на кв. км. Но даже в высокогорных районах южного Дагестана она не опускается ниже 20 чел. на кв. км. В Кабардино-Балкарской Республике основная масса населения проживает на равнине. Плотность сельского населения в районах прилегающих к столице достигает 100–150 чел. на кв. км. В Черекском районе она в среднем составляет 11,8 чел., но на значительной его части, прилегающей к Главному Кавказскому хребту она в разы меньше. Особенно отчетливо система расселения, смещенная в северные равнинные районы, выражена в Карачаево-Черкесии. Занимая 23,3 % территории республики, демографически плотный север сосредотачивает 52,3 % ее сельского населения. Также и в Северной Осетии-Алании $\frac{2}{3}$ населения сосредоточены в столице и двух прилегающих к нему районах (Пригородном и Правобережном). В Осетии более резко проявляется депопуляция горных населенных пунктов.

Таким образом, подавляющее большинство населения республик Северного Кавказа сегодня не являются горными жителями. Но это не значит, что они уже перестали быть «горцами». Во-первых, горные территории Северного Кавказа не обезлюдели, и это не позволяет местным народам оторваться от своих горских корней. Во-вторых, ментальные стереотипы и социальные установки вряд ли меняются так же быстро как место жительства. Современные «равнинные» северокавказцы – это скорее горцы, осваивающие новое жизненное пространство.

Здесь, как и во многом другом, проявляется, что источник большинства проблем современного Северного Кавказа – не в изначально присущих ему «особенностях», а в тех изменениях, которые происходят в регионе со всеми его особенностями и вокруг него.

1.2 . Северный Кавказ – полиэтничный и поликонфессиональный регион?

Еще одно общепринятое представление – это полиэтничный характер региона. Некоторые говорят об уникальности Северного Кавказа, но чаще просто отмечают его принадлежность к числу регионов мира с наибольшим языковым и культурным разнообразием.

Но если говорить в терминах культурно-языковых общностей, то суждения об особой пестроте этнического состава населения Северного Кавказа представляются несколько преувеличенными. В целом на Северном Кавказе представлены дагестанская, нахская, иранская, тюркская, адыго-абхазская общности. Разумеется, каждая из этих общностей в свою очередь вмещает в себя более мелкие этнокультурные и социально-территориальные единицы. Но само по себе это обстоятельство мало, что объясняет в региональной социально-политической ситуации. Сегодня многие области собственно центральной России, не говоря уже о столичных мегаполисах, мало уступают по «полиэтничности» Северному Кавказу.

Что же отличает северокавказскую полиэтничность?

Во-первых, здесь этничность в меньшей степени базируется на культурно-отличительных чертах той или иной группы, а в большей – на сознании укорененности каждой из них на определенной территории, на связи «земли и людей». В этом контексте каждая – пусть самая малочисленная этническая группа находит основания для притязания на «равенство» с любой другой – пусть самой многочисленной группой, причем речь идет не о равенстве прав индивидов, а именно о равном статусе коллективов.

Во-вторых, административные единицы региона – это «национальные республики», этничность здесь политически маркирована и «межэтнические отношения» получают политическое наполнение.

В-третьих, в связи с упомянутым выше движением населения с гор на равнину и процессами урбанизации в регионе уже сформировалась «новая полиэтничность», которую характеризуют сложность и динамизм, столкновение традиционных и современных элементов идентичности, переплетение культурных, экономических и политических интересов этнических групп.

В-четвертых, в результате сокращения русского населения и прекращения миграционного притока из-за пределов региона произошло снижение уровня полиэтничности населения республик Северного Кавказа, но это как раз породило ряд проблем в их экономическом и культурном развитии.

В-пятых, северокавказский элемент заметно проявляется в «ситуациях полиэтничности» и в связанных с ними напряженностью и конфликтах за пределами собственно Северного Кавказа – в регионах Юга России и в ряде городов практически по всей стране.

Наконец, специфическим аспектом этнических процессов в регионе является их сложное взаимодействие с проблемами религиозной жизни. И дело в наименьшей степени связано с этническим и конфессиональным разнообразием региона как константной чертой его писаной истории. Проблемы возникают не из того, что имело место всегда, а из того, что меняет-

ся сегодня в социальном и культурном укладе Северного Кавказа под влиянием более широких, поистине глобальных условий существования региона.

Кавказоведы хорошо знают, что этно-конфессиональная мозаика покрывает более крупные социокультурные провинции, формирующие «материковую» структуру региона. Его широтное деление на Северный и Южный Кавказ сочетается с меридиональным делением на Кавказ Восточный и Западный. На Северном Кавказе есть свой «восток» и свой «запад», которые существенно различаются по основным социальным параметрам.

«Восток» – Ингушетия, Чечня, Дагестан – превосходит «запад» – Адыгею, Карачаево-Черкесию, Кабардино-Балкарию, Северную Осетию – в 1,7 раза по территории, более чем в 1,8 раза по населению. Но доля городского населения на востоке гораздо ниже, а сельского выше, чем на западе. На востоке больше горных жителей, но почти не осталось русского населения, в то время как на западе оно и сейчас составляет свыше 30 %. Восток представляет собой сплошной исламский ареал, и уровень религиозности населения здесь весьма высок. На западе сосуществуют ислам и православное христианство, а религиозность населения и общественный вес религии заметно ниже.

На первый взгляд можно было бы пренебречь тем формальным обстоятельством, что Каспийское море «связывает» восток региона с Центральной и Передней Азией, а Черное море его западную часть – с Европой. Но этот факт иллюстрирует неоднородность окружающего регион социального пространства и разнообразие внешних влияний на Северный Кавказ.

1.3. Северный Кавказ в окружающем мире

1.3.1. Северный Кавказ – часть России

Можно начать с очевидного и формального. Территория Северного Кавказа – это часть территории российского государства, а его жители – российские граждане. Но подобно тому, как гражданин не принадлежит государству, а находится с ним в определенных отношениях, так и регионы федеративного государства находятся в определенных отношениях с федеральным центром и между собой. Эти отношения не сводятся к юридически зафиксированным нормам. Они живые, в них каждодневно воспроизводится, подтверждается и видоизменяется статус Северного Кавказа как части России. Специфически значимыми для региона здесь являются следующие факторы.

Конституция РФ провозглашает полное равенство субъектов федерации в их отношениях между собой и федеральным центром. Между тем, представление о том, что республики являются воплощением «национальной государственности» соответствующих «титულных» народов, т.е. несут в себе нечто особенное – идею национального суверенитета – кажется неискоренимым на Северном Кавказе. При этом пребывание в составе России связывается не с утратой суверенитета, а с его реализацией, с собственным выбором, так что парадоксальная формула «суверенитет в составе» имеет здесь вполне реальный смысл. Эта формула является выражением живых, постоянно подтверждаемых отношений еще потому, что она насыщена историей.

Регион весьма прочно интегрирован в экономическую систему и социальную инфраструктуру большой России. В хозяйственно-экономическом и в финансовом плане, «зависимость» Северного Кавказа от общероссийского рынка, от состояния российской экономики и от федерального бюджета безусловна. Может быть еще важнее, что местные общества без оговорок принимают институциональные условия своей жизнедеятельности, задаваемые российским государством – его законы, административную систему, политику. Отклонения от этого правила, сколь значительными по количеству и крайними по форме они бы порой не оказывались, являются проявлениями индивидуального, а не общественного и не национального выбора.

В культурном пространстве России Северный Кавказ, прежде всего, его восточная часть, выделяется достаточно отчетливо. По сравнению с завершающим периодом советской эпохи роль этнокультурных и конфессиональных факторов личной и групповой самоидентификации существенно выросла, а культурная дистанция между регионом и центром страны увеличилась. Но было

бы ошибкой воспринимать Северный Кавказ как некий отдаленный периферийный регион России. Иногда забывают, что географически он очень близок к политическому, финансово-экономическому, культурному центру страны и тесно связан с ним транспортными коммуникациями. Профессиональное образование, профессиональная и деловая карьера, само существование в социокультурной среде современных мегаполисов все шире осваивается выходцами с Северного Кавказа. Жизнь значительной части населения в самом регионе все более насыщается элементами современной культуры. Северный Кавказ не является и не чувствует себя окраиной России.

Но Северный Кавказ локализован не только в политическом, социально-экономическом и культурном пространстве России.

1.3.2. Северный Кавказ – часть «Большого Кавказа»

Сказать, что Северный Кавказ – это часть Кавказа, значит повторить что-то не требующее повторений и в то же время совершенно недостаточное.

Географическое единство Кавказа всегда сочеталось с затрудненностью коммуникаций между его северной и южной частями; политическая неустойчивость связанная с внешними вторжениями и влияниями затрудняла становление здесь единой «мир-экономики»; цивилизационная, этническая и социальная разнородность порождала насильственные формы социальных взаимодействий.

Сознание культурно-исторической близости, наличие общего для всех народов «кавказского» уровня самоидентификации также не подлежит сомнению.

Опыт постсоветского реформирования кавказского пространства, основанного на политической институционализации национального существования показал, что позитивный гармонизирующий потенциал культурно-исторических факторов сам по себе не гарантирует бесконфликтного развития. В результате сложилась современная дробная структура кавказского политического пространства с внутренними напряжениями и разновекторными геополитическими устремлениями. Северный Кавказ испытывает влияние и межгосударственных и внутренних для тех или иных государств коллизий, порой вовлекается в эти коллизии.

Конфликты и расходящиеся интересы политически противопоставляют соседей друг другу, но одновременно связывают их, поскольку они вынуждены так или иначе искать способы совместного разрешения конфликтов. Возможная реакция этнополитических субъектов Северного Кавказа на государственные решения и возможные последствия протекающих в регионе процессов для общей ситуации на Кавказе должны учитываться государствами при построении своей политики. Но реконструкция гуманитарного и культурного единства Кавказа теперь относится к сфере межгосударственных отношений.

1.3.3. Северный Кавказ – в пространстве современного мира

Внутри региона Большого Кавказа в последнюю четверть века возникли новые барьеры, затруднившие контакты в ряде сфер общественной жизни, но одновременно Кавказ в целом и его северная часть в том числе оказались открыты для многообразного взаимодействия с глобальной культурно-идеологической средой современного мира. По сравнению с условиями информационной и социальной изоляции советского времени ныне и перед суверенными государствами, и перед отдельными индивидами, и перед местными обществами открылись новые возможности идеологического, политического и культурного выбора. Равным образом, у внешних сил появилось гораздо больше возможностей влиять на культурно-идеологические и политические процессы в регионе.

Прямая и непосредственная включенность Северного Кавказа в пространство современного мира нашла свое наиболее очевидное воплощение в «реисламизации» региона и привнесении в общественную жизнь ряда республик внутренних для мирового ислама коллизий. В этих случаях определенный выбор предлагается, а отчасти навязывается, тому или иному обществу в целом и потому он приобретает публичное и даже политическое звучание. Но не менее важно заметить, что картина культурных ориентаций, которая складывается в массовой социальной практике из множеств индивидуальных жизненных установок и действий гораздо сложнее и многообразней.

* * *

Таким образом, место Северного Кавказа в пространстве современного мира определяется не тем, где он локализован географически, а тем, что он пронизывается «силовыми линиями» глобальных взаимодействий и глобальной динамики. Его месторасположение уникально, но вызовы исторического времени, с которыми он сталкивается универсальны. Сегоднешние ответы местных обществ на эти вызовы и их перспективы можно осмыслить только в контексте исторического времени, в которое погружен Северный Кавказ.

2. СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ ВО ВРЕМЕНИ

2.1. Глубина исторического времени

Структуры гражданского и национального самосознания всегда коренятся в истории, а сама история и историческое сознание как фактор самоидентификации неустранимы из современной культуры. Этническая психология и самосознание кавказских народов неразрывно связаны с их историей. Свойственное им уважение к предкам, глубина исторической памяти, зафиксированная не только в письменных источниках, но и в преданиях, генеалогиях, эпосе во многом обусловили формирование национального менталитета.

И здесь необходимо помнить, что этногенез и этническая история современных народов Северного Кавказа характеризуются двумя важными в данном контексте чертами. Во-первых, независимо от многочисленных этнокультурных взаимовлияний и напластований, эти процессы протекали в пределах региона. Народы Северного Кавказа имеют неразрывную историческую связь с нынешней территорией своего проживания. Во-вторых, данные науки свидетельствуют, что на занимаемых кавказскими народами территориях надежно прослеживается культурная преемственность, уходящая в глубокую древность.

Современные народы Северного Кавказа – это действительно древние народы. Поэтому российские кавказцы наряду с общероссийской гордостью имеют собственную гордость и воспринимают себя как особые общности, со своей территорией, языком и религией и со своей историей, преемственностью культурно-бытовых традиций, кровно-генетической связью с предшествующими поколениями. Наверное, такая реальность – вещь неустранимая и глубоко укорененная.

Северный Кавказ, как и Закавказье, являются одним из древнейших очагов первобытной культуры. На Кавказе уже в VII тыс. до н.э. появились очаги земледелия, а в неолитическое время регион становится территорией широкого распространения земледельческой культуры.

Академическая наука зафиксировала весьма глубокие истоки нынешней этнолингвистической пестроты региона. В V тыс. до н.э. палеокавказская этнокультурная общность распадается, и складываются три основных варианта археологических культур: Закавказский, Северо-западный и Северо-восточный. Они положили начало зарождению трех основных лингвистических общностей палеокавказской языковой семьи: западной (адыго-абхазской), восточной (нахско-дагестанской) и южной (картвельской).

В III–II тыс. до н.э. сравнительно высокого, для своего времени, уровня развития достигли племена, создавшие на Кавказе майкопскую, куро-аракскую, колхидскую, дольменную и др. археологические культуры.

В науке давно утвердилась, как наиболее приемлемая, гипотеза о преемственной связи многих кавказских племен с древнейшим населением Передней Азии. Главным здесь является то, что кавказские языки как и языки первоначального населения переднеазиатских стран (шумер, хаттов, касков), не относились ни к семитической, ни к индоевропейской языковым системам, а между собой проявляли многие черты сходства. В аналогичной связи прослеживают родство древних урартов и хурритов.

Предки современных народов Северного Кавказа были – «современниками» древнейших цивилизаций – месопотамской, египетской, крито-микенской, древнегреческой и рим-

ской. Разумеется, это не значит, что они принадлежали к одному с ними культурному ряду. Более того, сами древние предки народов Северного Кавказа могли не знать, что они живут в столь насыщенном историческом контексте, но сегодня мы располагаем как бы «законченной картиной» того исторического времени, и в нашей ментальности неизбежно устанавливаются связи, которых в реальном историческом прошлом могло не быть. А тот реальный, пусть спорадический и ограниченный, опыт контактов и взаимодействия с великими державами и высокими культурами, который отложился в их историческом наследии, может актуализироваться в самых неожиданных ситуациях.

Кавказ является одним из регионов наиболее раннего распространения мировых религий: христианства и ислама. *Распространение христианства* не только в Закавказье, но и на Северо-Западном Кавказе рассматривают как результат усиления римского (византийского) влияния. Наиболее удобную среду (и раньше, чем в других северокавказских регионах) христианство нашло у зихских племен, обитавших на Черноморском побережье. Соответствующие церковные документы VI-X вв. упоминают на данном побережье, одновременно, епископии: Никопсийскую, Зикхийскую, Таматархскую, Фанагорийскую. Подпись епископа Зихии Дамиана имеется под протоколами Константинопольского собора 526 г. По всем данным можно заключить, что зихи (древние адыги) приняли христианство не позже V в. Христианская культура у них в начале должна была носить греческий характер, по источнику своего происхождения. Позже, с IX в., в Зихии, по-видимому, начинает преобладать влияние грузинской христианской культуры. Последняя имела непосредственное отношение к христианизации алан в X в., а также оставила многочисленные следы своего влияния в горах на территории современного Карачая и Балкарии, Чечни и Ингушетии.

Проникновение ислама на Кавказ связано с арабским продвижением в регион. Азербайджан был завоеван халифатом в 639 г., а Дагестан – в 642–643 гг. Население завоеванных территорий постепенно с этого времени начинает приобщаться к исламу. Дальнейшая трансформация религиозных верований северокавказцев (кроме дагестанцев) связана с тем, что ислам здесь включался в рамки устоявшегося симбиоза христианства и традиционных народных верований. В итоге, на Северном Кавказе по существу воцарилась своеобразная полиморфность религиозного сознания, хотя политика Золотой Орды дала очередной сильный импульс распространению ислама в регионе в XIV–XV вв.

2.2. История Северного Кавказа: природа ключевых событий

Ключевыми для исторической памяти и самосознание народов Северного Кавказа, для современных научных и политических дискуссий являются две группы событий прошлого:

- события сформировавшие этно-конфессиональную композицию региона;
- события, сформировавшие современный политический статус региона.

При самом кратком и поверхностном обзоре основных событий, относящихся к обеим этим группам нельзя не заметить некоторые их общие черты.

Наиболее важные, поворотные для истории региона события редко имели форму отдельных, четко фиксируемых политических действий, а чаще представляли собой конгломераты множества событий, целые эпохи перемен. Таковы были периоды «великого переселения народов», татаро-монгольского владычества, включения региона в состав Российской империи. Однозначно ясное оценочное отношение к таким «событиям» практически невозможно. А поскольку различные этнические и конфессиональные группы на современном Северном Кавказе могут идентифицировать себя с теми или иными участниками прошлых конфликтов, то становится понятной особая роль «исторического измерения» актуальных этнополитических проблем.

Действующими лицами ключевых событий прошлого редко выступают политически властвующие лица или государственные институты, а как правило, целые общества и народы региона. В силу этого они практически никогда или крайне редко получали формальную политико-правовую фиксацию. Народы и общества Северного Кавказа не имеют непрерывной традиции собственного государственно-политического развития и сформированных в ее

рамках конституционных систем, политических и правовых принципов и т.д. Здесь нет своей «Великой хартии вольностей», «Декларации независимости», «Декларации прав человека и гражданина». Попытки легитимации современных политических притязаний связаны для них не с обращением к «текстам», имеющим политический авторитет и юридическую силу, а с трактовкой целых пластов исторического опыта. Естественным образом на первый план для них выступает опыт независимого существования, политических отношений с Российским государством в период своей независимости, условиям и формам вхождения в его состав. Но этот опыт относится в значительной степени к «досовременным» формам политической организации и конфликтным формам взаимодействия с внешними силами.

Это тем более важно подчеркнуть, что большая часть важных событий отражала преимущественно не внутреннее, спонтанное либо сознательно направляемое развитие социальной и политической организации народов и обществ региона, а их взаимодействие, чаще всего столкновение с могущественными внешними силами. Опыт собственного социального творчества закреплён главным образом в легендарных и полуполулегендарных преданиях о становлении традиционного общественного порядка. Весь же период преобразования традиционных для Северного Кавказа систем экономики, общества и культуры, обретения ими их современного облика целиком проходил под определяющим воздействием Российского государства.

И в этот период произошли события, весьма остро переживаемые исторической памятью и породившие сложные последствия, но главное происходило в сфере социально-культурных процессов.

2.3. История Северного Кавказа: базовые процессы

2.3.1. Что представляла собой северокавказская традиция?

Современная этническая карта Северного Кавказа складывается в основных чертах к XV–XVI вв. На Северо-Западе весь район Прикубанья и Причерноморья до Сочи занимают адыги, которых многие народы называют «черкесами». На Центральном Кавказе на значительной части плоскости и в предгорьях размещаются восточные адыги – кабардинцы. Их соседями стали близкородственные абазины. Восточнее этих народов в горах жили карачаевцы, балкарцы и осетины. На Северо-Восточном Кавказе были расселены вайнахи (чеченцы и ингуши) и многочисленные народы Дагестана. Здесь же, на Тереке с XVI в. начинает формироваться гребенское (терское) казачество.

Вместе с завершением в основных чертах процессов этногенеза северокавказских народов, сложился и более широкий культурно-исторический контекст, который в решающей степени предопределил пути их дальнейшего развития.

В период великого переселения народов, «варваризации» Европы, упадка городской жизни и самых первых этапов складывания раннефеодальных монархий – Северный Кавказ в общем и целом не выделялся на социально-политической и культурной карте Восточной Европы. Здесь также происходили процессы становления раннефеодальных обществ и государств. Но к X в. четко обозначается расхождение путей цивилизационного развития Северного Кавказа и окружающего его исторического мира.

В X–XV вв., в общих чертах сложилась современная западнохристианская цивилизация, возникли централизованные монархии, Европа подошла к началу нового времени. На Руси сложилась восточнохристианская цивилизация (Киевская, затем Московская Русь), завершилось формирование централизованного государства. На востоке – мусульманский мир обрел устойчивую государственно-политическую структуру, сохранившуюся в основных чертах на всем протяжении нового времени. Северный Кавказ в целом так и не был включен в орбиту ни одной из великих современных цивилизаций, которые оформились к XV–XVI вв. В масштабах всего региона не стала господствующей какая-либо одна из мировых религий, не сформировалось ни одно крупное централизованное политическое образование, не получили развитие города, и городская культура не проникла в толщу общественной жизни. В социокультурном плане он ос-

тался самостоятельным, самобытным, но при этом как бы задержался в предыдущей эпохе. Необычайная устойчивость традиционных социальных институтов, норм и ценностей блокировала запуск механизмов цивилизационного саморазвития местных народов.

Вместе с тем, регион, начиная с XVI в. все глубже втягивается в орбиту геополитических интересов крупнейших соседних государств, принадлежащих к различным цивилизациям. Таким образом, обозначились предпосылки складывания специфических форм взаимодействия народов Северного Кавказа с окружающим миром, связанные с необходимостью каждый раз преодолевать цивилизационные расхождения и дисбалансы.

На протяжении XVI–XVIII вв. эта коллизия еще не приобрела напряженного характера и сказалась главным образом в углублении внутрирегиональной дифференциации по всем измерениям исторического бытия народов Северного Кавказа – социально-политической организации, религиозной жизни, внешнеполитической ориентации.

Одновременно формировались условия для глубокой трансформации традиционных обществ Северного Кавказа в результате их инкорпорации в государственную, общественную и культурную системы России. Это был длительный исторический процесс. С момента первых политических контактов (черкесское посольство в Москву 1552 г.) и до окончательного включения Северного Кавказа в состав Российской империи (завершение Кавказской войны в 1864 г.) прошло более 300 лет. В рамки этого периода уместились три этапа российско-северокавказских отношений.

Первый этап (середина XVI–начало XVIII вв.) укладывается в рамки Московского периода российской истории и может быть обозначен как этап партнерства феодальных элит. Инициатива сближения с Россией зародилась в феодальных верхах некоторых народов самого региона. Длительное взаимное сотрудничество поддерживалось наличием общей внешней угрозы и общностью феодальной политической культуры. А по содержанию и функциям это сотрудничество приобретало порой характер военно-политического союзничества. Но уже в этот период проявились проблемы и трудности, которые впоследствии приобрели непреодолимый характер. Неодинаковое прочтение договорных обязательств горцами и самодержавной властью имело место изначально.

Второй этап взаимоотношений начался вместе с «петербургским» периодом российской истории. Он охватывает практически весь XVIII век и может быть охарактеризован как переходный. На этом этапе постепенно теряют силу факторы, делавшие возможным взаимопонимание и сотрудничество, и, напротив, накапливаются предпосылки военно-силового противостояния (Кавказской войны XIX в.)

С первой четверти XVIII в. в государственно-политической системе России происходит принципиальный модернизационный сдвиг. Возникает бюрократическое государство квазисовременного типа, выступающее как один из имперских центров в европейском «концерте» держав. У народов Северного Кавказа сохраняется сугубо традиционная социальная и политическая организация. В результате углубляется стадийный разрыв уровней их социокультурного развития. Нахождение общего языка для оформления взаимных отношений становится все более затруднительным.

Противоречивый итог векового развития русско-кавказских отношений заключался в том, что культурная дистанция между ними существенно увеличилась, а пространственная и политическая – были стерты. В непосредственное взаимодействие вступили общества с различной социальной структурой и хозяйственными традициями, с качественно разнородными системами организации власти. Культуры этих обществ различались теперь не только по цивилизационной принадлежности и религии – в то время как в русской культуре уже присутствовали и развивались элементы модернизации, культура народов Северного Кавказа оставалась сугубо традиционной.

Третий этап российско-кавказских отношений совпадает с тем, что обозначается в исторической науке понятием «Кавказская война». Яркой особенностью этого понятия является то, что по всем основным его аспектам сталкиваются различные и, зачастую противоположные подходы, это касается и причин войны, и хронологии, и характера, и оценки послед-

ствий. Если все же вычленить общее содержание различных подходов, то оно сводится к растянувшемуся на десятилетия утверждению в крае российской администрации путем военного подавления сопротивления местных народов.

Первые события такого рода прослеживаются уже с последней четверти XVIII в. С начала XIX в. быстро складываются международные и геополитические предпосылки перехода России к прямому покорению народов Северного Кавказа. Необъявленное «состояние войны» для России и Северного Кавказа сохранялось до 1864 года.

* * *

Если Кавказскую войну интерпретировать как определенную стадию социально-политической эволюции народов и обществ Северного Кавказа, то ее содержание можно определить как кардинальный сдвиг в соотношении общества и власти. На «довоенном» Северном Кавказе в обществах всех типов «власть» не была отделена от «общества», не была оформлена в особую систему институтов. Даже там, где имела место беспорная монополизация определенными группами общественных должностных функций (прежде всего военно-управленческих), сохранялось верховенство социума над их носителями. Возможности влияния власти на общество, выходящие за пределы социально-правовой традиции, т.е. осуществления преобразований, были минимальны. Шаг за шагом в ходе войны (это относится и к имамату Шамиля и к попыткам создания государственности у западных черкесов) и окончательно по ее завершении на Северном Кавказе утвердилась независимая от местного общества и стоящая над ним власть, которая определяла и меняла условия и административно-правовые механизмы функционирования общества и ориентиры его дальнейшего развития.

2.3.2. Как происходила трансформация традиционных обществ на Северном Кавказе?

Таким образом, включение народов Северного Кавказа в социально-экономическую, административно-политическую и культурную среду российского общества и государства привело к радикальному изменению основ и механизмов их исторического развития. Ключевым для государственной политики России на Северном Кавказе с этого времени становится вопрос о соотношении систем власти и управления в регионе с процессами преобразования местных обществ. В рамках этой эпохи тема «Россия и Кавказ» приобретает качественно новое звучание. В XVI–XVIII вв. основным мотивом в ней являлась проблема политического взаимодействия различных исторических субъектов, сохраняющих свою самостоятельность и самобытность. В период Кавказской войны – проблема совместимости в одном государственном организме существенно различных социокультурных систем. А после ее завершения основным мотивом становится проблема совместного развития, т.е. органичного включения Северного Кавказа в процессы российской модернизации.

По отношению к народам Северного Кавказа Российское государство на всем протяжении его «плотного» взаимодействия с ними выступало как фактор модернизации. Вопрос о специфике самой российской модернизации в этом контексте является вторичным – для традиционных или даже архаичных социальных систем Северного Кавказа она выступала единственным источником модернизационных импульсов. Эндогенные движители модернизации к середине XIX в. в местных обществах были далеки от возникновения и активизации.

С этой точки зрения выделяются три этапа, в рамках которых определенным образом сочетаются формы организации государственной власти в регионе и модели реформирования местных обществ. Первый из них соответствует имперскому пореформенному периоду (1860-е – 1917 г.), второй совпадает с советской эпохой истории России и третий – это нынешний, постсоветский или демократический этап политических и общественных изменений. Между первым и вторым этапами пролегал период «смуты» 1917–1920 гг., который «выпадает» из упорядоченного процесса преобразований и выступает как кризисная переходная фаза. Первое десятилетие современного этапа общественных трансформаций в Рос-

сии соединяет в себе черты революции (с проявлениями государственного распада) и элементы целенаправленной политики реформ.

Первая волна преобразований призвана была закрепить военно-политические результаты Кавказской войны, она развертывалась в условиях общего укрепления Российского государства и осуществления им системных, но постепенных и контролируемых сверху реформ. Приоритетной для государственной политики на Кавказе была задача более прочной интеграции региона в имперское социально-политическое пространство. Эта задача решалась с учетом социокультурной специфики на основе сочетания безусловного верховенства центральной власти с элементами судебно-административной автономии региона.

Масштабы и глубина воздействия реформ 1860–1870-х гг. на внутренний строй местных обществ, на хозяйственно-бытовой уклад и религиозную жизнь сельских общин были не столь значительны. Произошел скорее подрыв устоев традиционного общества, чем его преобразование. Положение усугублялось тем, что привилегированные сословия местных обществ не получили прав российского дворянства, а население в целом имело статус инородцев. Но при этом происходили динамичные изменения в окружающей народы Северного Кавказа экономической, социальной и культурной среде.

На фоне относительной социальной малоподвижности горских народов Северного Кавказа наиболее зримым выражением социально-экономических и культурных сдвигов в регионе стала радикальная перестройка его этнодемографической структуры. В XIX в. доля русского и украинского населения Северного Кавказа росла необычайно высокими темпами. Абсолютное доминирование русскоязычного населения к концу XIX в. имело место в Кубанской области (90,4 %) и Ставропольской губернии (95 %). Но и места традиционного проживания горских народов в Терской области приобрели глубоко полиэтничный характер. Русское население составляло здесь 33,7 %, но и местное население было этнически пестрым и разноязычным. Незначительным было русское население Дагестана, где на долю многочисленных местных народов приходилось 95 % населения области.

Те изменения, которые мы представляем в виде статистического материала, для народов региона выступали как изменение всей картины окружающей мира. С этого времени фундаментальной чертой социального бытия горцев Северного Кавказа становится дуализм, двойственность социальной структуры и социальных институтов, в которых и через которые они осуществляют свою жизнедеятельность. Привычные, «естественные» институты, представления и нормы, коренящиеся в этносоциальной и этнокультурной традиции каждого народа, включаются теперь в современный, («имперский», «русский») социокультурный и правовой контекст, взаимодействуя с ним, испытывая его мощное давление. Эту двойственность, переходный и противоречивый характер положения горских народов Северного Кавказа в конце XIX–начале XX вв. остро ощущали представители местной интеллигенции.

Реакция местного общества на ситуацию дуализма была далеко неоднозначной. В каждом народе проявились себя и тенденции адаптации к новой реальности, и стремление «уйти» от непривычного порядка, и попытки активного сопротивления.

Нельзя преувеличивать масштабы и глубину включения северокавказских народов в модернизационные процессы пореформенного периода. Этносоциальные общности региона имели теперь усеченную, неполную социополитическую структуру; были раздроблены и замкнуты в пределах низовых социальных единиц – сельских общин. Жесткий административно-полицейский контроль допускал функционирование элементов общественного самоуправления только на общинном уровне. Весьма ограниченными оставались масштабы включения местных этнических ареалов в систему всероссийского рынка. Сохранившаяся на протяжении этого периода социокультурная изоляция, как бы «анклавность» северокавказских обществ резко снижала возможности органичного и позитивного усвоения социальных и культурных инноваций, успешной адаптации к общественной динамике модернизирующейся России.

Но, с другой стороны, главные коллизии и антагонизмы общественно-политического развития предреволюционной России также не находили прямого отражения на Северном Кавказе. Основные предпосылки нарушения социально-политического равновесия в регионе

создавались противоречиями самой российской имперской модернизации и назреванием ее революционного «срыва».

Вторая, социалистическая, волна общественных преобразований стала осуществляться на Северном Кавказе уже после Гражданской войны в условиях упрочения советского государства. В отличие от реформ XIX века они носили чрезвычайно глубокий, радикальный характер, реализовались форсированными темпами на основе жесткой административной централизации и политико-идеологической унификации. С конца 1920-х гг. при осуществлении политических, экономических и социальных преобразований полностью игнорировалась социокультурная специфика местных обществ. Но при этом сохранялся этнотерриториальный (национально-государственный) принцип государственно-политической организации народов региона, а процесс социалистического строительства нес народам региона реальную социально-экономическую модернизацию и, одновременно, приобретал символическую форму национального расцвета.

Различные аспекты социально-политической эволюции северокавказских обществ реализовались неравномерно. В 1920-е гг. на первый план выступали сдвиги в культурно-идеологической и административно-политической среде при относительной устойчивости традиционной системы хозяйствования и деревенского уклада жизни. В 1930-е гг. сплошная коллективизация, огосударствление сельской экономики и бюрократизация колхозов приводят к слому «порепорченной» социальной и организационно-хозяйственной структуры, подрывают духовно-идеологическую автономию горского аула, бывшего до этих пор средоточием воспроизводства этносоциальной и этнокультурной традиции. Затем период Великой Отечественной войны дал народам Северного Кавказа, по сути дела, первый, со времени их вхождения в состав России, опыт всенародной сопричастности к общей для всей страны трагедии и массового участия в вооруженной защите государства от внешнего врага. В 1950-е гг. в большинстве республик Северного Кавказа социальное лидерство переходит к советскому поколению местных обществ, а государственная система обучения и воспитания преобразуется в основной механизм социализации подрастающих поколений.

Развитие экономики и административно-политических структур в рамках автономий расширяло возможности для социальной мобильности и преодоления местным обществом деревенской замкнутости. Ориентация на получение современного образования, а тем самым – на социальную мобильность, становится к концу 1950-х гг. массовой социальной установкой. Так, за 1939–1959 гг. доля населения, имеющего высшее и среднее образование, в целом по РСФСР увеличилась в 3,4 раза. Темпы роста образовательного уровня народов Северного Кавказа были существенно выше общероссийских. Эти показатели варьировались здесь от 3,9 раз у осетин до 13 раз у аварцев.

Воспроизводство местной образованной элиты (партийно-советской, хозяйственной, научно-технической и т.д.) постепенно перестает зависеть от идущего сверху «выдвиженчества» и выступает показателем «внутренней» социальной мобильности местных этнических обществ. Таким образом, в основном завершаются процессы культурно-психологической адаптации к условиям и требованиям социалистической модернизации.

Сопоставление материалов переписи населения 1939 и 1959 гг. позволяет заключить, что этносоциальное развитие народов, подвергшихся принудительной депортации, происходило в этот период в том же направлении, что и у тех народов Северного Кавказа, которых депортация не коснулась. По таким показателям социокультурной модернизации как рост образовательного уровня они также опережали среднероссийские показатели. Различия в темпах роста образовательного уровня между отдельными народами Северного Кавказа коррелировали с различиями исходных показателей, а не с фактом депортации того или иного народа.

В целом, видимо, у тех народов, которые имели значительные массы сельского высокогорного населения (в том числе дагестанских), более устойчиво сохранялись позиции социального лидерства традиционных элит и обусловленное этим запаздывание процессов социокультурной адаптации, а опыт депортации придал этому обстоятельству известную социально-психологическую напряженность. Но сохранявшаяся еще в тот период инерция государственной дисциплины и порядка и широкая общественная тяга к спокойствию и благопо-

лучию создавали условия для нового периода этнополитической стабильности в регионе и модернизационного рывка местных обществ.

Три десятилетия с конца 1950-х и до конца 1980-х годов стали временем значительных изменений в северокавказских обществах. Ощутимо выросла их демографическая масштабность. При этом в 1970-е гг. темпы прироста численности русского населения здесь существенно замедлились, а в Северной Осетии, Чечено-Ингушетии и Дагестане шло его сокращение. В результате прекратилось снижение доли титульных национальных групп в общей численности населения соответствующих автономных республик и областей.

Именно в эти годы происходит реальная и интенсивная модернизация социально-экономических структур (урбанизация, индустриализация) и подлинная революция в культуре местных обществ. Изменения социально-экономических структур теперь определяются не столько перестройкой социально-демографического состава населения в результате механического притока русскоязычного населения извне региона, сколько трансформациями самого этнического социума.

Процессы модернизации сопровождаются определенным (но в неравной степени выраженным) ослаблением влияния традиционных культурных систем на всю сферу общественных отношений. При весомом вкладе «внешнего» фактора (общегосударственной политики и системы образования) здесь не менее важна была переориентация самих этносоциальных общностей с воспроизводства традиционных социальных и культурных образцов на социальные инновации, на модернизацию. «Активной» стороной во взаимодействии дуалистических начал традиции и новаций становится основная масса населения, и молодежь, прежде всего.

Население северокавказских республик и областей включалось тем самым в единый для всей страны процесс социально-экономического развития, осваивало общие для современной экономики формы производственной деятельности, городского образа жизни и культурного потребления. Содержание среднего и профессионального образования, все шире охватывающего народы Северного Кавказа строилось на общенаучной рационалистической основе.

Но стирания национальных граней социального пространства региона к концу советской эпохи, конечно же, не произошло.

Прежде всего, сохранялось определенное «отставание» северокавказских этносоциальных общностей по параметрам модернизации от общероссийского уровня и от русскоязычного населения Северного Кавказа.

В то же время, модернизационные сдвиги 1960–1980-х гг. привели в действие новые факторы этносоциальной консолидации народов Северного Кавказа: социальную и географическую мобильность, интенсификацию социальных взаимодействий, массовую образованность и расширение слоя национальной интеллигенции. Все это приводило у народов региона к заметному подъему чувств национальной общности и национальной гордости, связываемой с собственной историей и высоким ценностным статусом этнокультурного наследия. Ценности и нормы традиционной культуры оставались фактором сплочения северокавказских этнических обществ и сохраняли значимые функции общественного регулирования. Вместе с тем механизмы обучения и воспитания подрастающих поколений на всех уровнях (включая семью) были переориентированы на активное освоение жизненных шансов в рамках «большого» советского общества. Традиционные институты, связи и нормы действовали как этнический ресурс, обеспечивающий индивидуальную социальную мобильность и успех в различных сферах общественной жизни.

В целом для народов Северного Кавказа советская эпоха была временем интенсивного развития, реальной модернизации. Характерное для советской эпохи ощущение общественного прогресса, преодоления «анклавности» и расширения горизонтов для вчера еще сугубо традиционных обществ имело вполне реальные основания. Этнический социум вышел за пределы сельских общин и постепенно заполнил свою национально-государственную «форму»; расширялся слой современной этнической элиты, восстановились полнота и синкретизм ее общественных функций (хозяйственных, административных, культурно-идеологических); открылись каналы восходящей социальной мобильности внутри этнического социума. Словом, произошла регенерация «полной» социально-политической структуры северокавказских

этносоциальных общностей. Все это отразилось в становлении сложной конфигурации национальной идентичности народов региона, включившей в себя и сознание принадлежности к наднациональной советской политико-гражданской общности, и сознание своих «естественных прав» на национальную государственность.

Вместе с тем, ни характер развития модернизационных процессов в регионе, ни их общие итоги не позволяют считать, что была преодолена дуалистичность социально-экономических структур и культурных ориентаций северокавказских этнических обществ. Однако она претерпела заметное видоизменение к концу советской эпохи. Во-первых, дуализм стал характеризовать внутреннее состояние каждого этнического социума. На ранних этапах преобразований местные этносоциальные общности выступали на социоэкономической карте региона как своего рода анклав традиционализма, подвергающиеся внешним модернизационным воздействиям. К 1980-м годам в недрах каждого из них сформировались свои сектора, сферы, институты, социальные слои, чьи функционирование и жизнедеятельность воплощали результаты социально-экономической и культурной модернизации. Во-вторых, взаимодействие этносоциальных и этнокультурных традиций с современными формами производственной, организационно-управленческой, социально-культурной деятельности по-прежнему порождало определенные явления социально-психологической напряженности. Но содержание ее стало более сложным. В общественном сознании противоречиво сочетаются позитивное отношение к современным формам жизнедеятельности и высокая оценка этнокультурной традиции, неудовлетворенность в связи с трудностями доступа к престижным профессиональным сферам и тревога по поводу возможной потери национальных корней.

2.3.3. Что представляет собой северокавказская современность?

Современный этап общественных трансформаций развертывался в условиях распада союзной государственности и резкого ослабления государственности российской. При этом «рыночные» и «демократические» преобразования предполагали глубокий радикальный разрыв с прежней общественно-политической системой, ее тотальную делегитимацию в общественном сознании. Осуществляемые реформы носили форсированный характер и не предусматривали какого-либо учета специфичности социально-экономических структур и социокультурных традиций как российского общества в целом, так и его отдельных этнорегиональных сегментов.

С конца 1980-х гг. официальным содержанием политики правящих кругов России становится программа экономической и политической модернизации страны – переход к рыночной экономике и демократии. На первый взгляд, развитие событий на Северном Кавказе не просто расходилось, но прямо противоречило этой программе. Ситуация в регионе на протяжении 1990-х гг. описывается по преимуществу в терминах этнического национализма и сепаратизма, межэтнической напряженности и конфликтов, религиозного фундаментализма и террористической угрозы. Чтобы понять почему развитие событий здесь приобрело такую направленность, необходимо принять во внимание факторы исторического происхождения.

Дело в том, что отражение модернизаторской политики в социокультурной и этнополитической среде Северного Кавказа не могло быть прямым и однозначным в силу отмеченной выше двойственности, пронизывавшей социально-экономические структуры, формы социального поведения, общественное и индивидуальное сознание народов региона. Здесь сложились определенные предпосылки, позволяющие ему органично включиться в общероссийский модернизационный процесс: более или менее развитой городской и промышленный сектор, достаточно представительный профессиональный класс, присутствие в массовом сознании элементов трудовой этики и эгалитаристских ценностей. Но наряду с этим сохранялся мощный пласт этносоциальных и этнокультурных традиций, поддерживаемый непропорционально большой долей сельского населения в местных этнических сообществах.

Для северокавказского этносоциального конгломерата с его «спрессованной неоднородностью», с наличием явных и латентных элементов архаики и традиционализма в тесно контактирующих социокультурных системах специфическое значение приобретало все то, что могло вести к «возбуждению» этих элементов при одновременном ослаблении всей сис-

темы общественного порядка и потере «управляемости» этносоциальными процессами. Идеология и практика революционного реформаторства в России несли с собой достаточно много такого рода факторов. Реальный ход событий в стране вылился в глубокий кризис государственности и повсеместный подрыв устоев общественного порядка. В результате российской революция «осовременивания» 1990-х годов едва ли не в большей степени обернулась для народов Северного Кавказа вызовом архаизации.

Вышеизложенное объясняет, почему ситуацию конца XX в. на Северном Кавказе иногда характеризуют как «системный кризис».

С точки зрения его пространственной локализации этот кризис и по своему генезису и по качествам системности не ограничен территорией Северного Кавказа. Он находится в плоскости отношений государства (центра) и «северокавказского общества» (периферии). Фундаментальное значение имели три аспекта в кризисе этих отношений.

Структурный кризис – нарушение социально-политического континуума по линии «федеральный центр – регионы Северного Кавказа»; взаимное дистанцирование (если не разрыв) центральной власти как субъекта политики, носителя государственного интереса и целеполагания и регионального общества как объекта политики, носителя специфических характеристик, источника проблем. Это дистанцирование было именно взаимным – в период доминирования идеологии «безумного либерализма» федеральный центр воспринимал Северный Кавказ как внешнюю помеху для реализации западнического проекта либеральной модернизации и как провинцию, которую необходимо «усмирить» и умиротворить. С другой стороны, в структурах идентичности местного населения произошло резкое повышение значимости этно-конфессиональных измерений, при ослаблении российской гражданской идентичности и утрате элементов подданнической психологии.

Отсюда вытекает ценностный кризис – кризис легитимации власти в обществе. основополагающим фактором здесь следует признать утрату значительной частью российского общества духовно-идеологических и нравственных ориентиров. Это сочеталось с глубоким экономическим упадком, социальной поляризацией и вопиющими формами социальной несправедливости. В результате, произошло опасное снижение авторитета и уровня легитимации государственной власти в общественном сознании, массовое отчуждение от государства и эрозия правосознания граждан страны. Государство стало восприниматься с одной стороны как инструмент реализации корыстных интересов властвующих лиц и группировок, а с другой – чуть ли не как рядовой и весьма уязвимый объект преступных посягательств. Все указанные выше неблагоприятные условия приобрели в регионе Северного Кавказа особую остроту. Здесь они накладывались на гораздо более сложную и неоднородную структуру гражданского самосознания, чем в регионах коренной России. Легитимация имперского государства в общественном сознании народов Северного Кавказа была достигнута на базе обеспечения им устойчивого административного и правового порядка в регионе без коренной ломки традиционных этнокультурных систем. Легитимация советского государства строилась на основе социально-экономического динамизма и расширения культурных горизонтов для местных обществ. Оба эти основания были серьезно подорваны в процессе рождения современной российской государственности. Кризис легитимации Российского государства вызвал здесь не только настроения пассивного отчуждения от него, но возродил альтернативные формы самоидентификации – этнический национализм и сепаратизм, исламский фундаментализм и радикализм.

Одновременно как предпосылку и как следствие ее структурного кризиса и кризиса легитимации можно рассматривать кризис эффективности государственной власти. Он также носил универсальный характер. Но на Северном Кавказе под вопрос была поставлена сама способность государства контролировать собственную территорию. Национальный и религиозный экстремизм, терроризм и их активные носители смогли укорениться в определенных этносоциальных и территориальных анклавах, и превратить их в очаги собственной экспансии. Попытки государства погасить эти очаги с помощью силы первоначально были крайне неэффективны и наводили на мысль о необратимой деградации его военной организации и системы безопасности. В таких условиях стало возможным формирование разветвленной се-

ти экстремистского подполья в регионе, способного осуществлять масштабные акты террористической агрессии. Последствия этого не преодолены до сих пор.

Если рассматривать многообразные явления современного состояния Северного Кавказа в широком контексте исторического времени, как этап его собственного развития, то можно с уверенностью констатировать, что конец XX–начало XXI вв. образует кризисный период в процессе его модернизации.

Региональный кризис конца XX в. есть кризис модернизации, но он вызван не культурным протестом традиционалистских социальных слоев и групп против осуществляемых государством модернизационных преобразований, а реакцией переходного общества незавершенной социально-культурной модернизации на условия резкого срыва процесса и крушения уже «освоенных» этим обществом политико-экономических форм модернизации.

Реальность обозначенных выше кризисных явлений не вызывает особых сомнений. Но механический перенос на состояние регионального социума общих представлений о кризисе является неоправданным. Кризис модернизации и социально-политический кризис – взаимообусловленные, но не тождественные явления. Анализ ситуации и перспектив развития Северного Кавказа должен включать в себя серьезную проверку гипотезы о том, что социальные и культурные процессы в регионе выражают не кризисное состояние местного социума, а его активное приспособление к сложившимся в стране условиям с использованием социального ресурса традиционных этнических институтов и идеологического ресурса мусульманской религии.

Разрыв между алармистскими оценками кризисного состояния региона и реальностью наиболее очевиден применительно к уровню потребления и условиям жизни населения региона. Значительная его часть, так или иначе, приспособилась к условиям экономического спада (и распада) и сформировала свою систему жизнеобеспечения. Но она привязана большей частью к натуральному домашнему хозяйству и теневому сектору экономики. В нее входят и незаконные «врезки» в систему бюджетных потоков и криминальная «занятость» части молодежи. Это значит, что люди должны либо смириться с тяжелым неквалифицированным трудом, низким уровнем доходов, отсутствием перспектив повышения уровня жизни и социального статуса, либо погружаться в систему нелегальных форм жизнедеятельности, полукриминальных и криминальных социальных связей и «законов». Именно в этой «полуподвальной» части социального здания укореняется субкультура насилия и формируется сравнительно широкая социальная база экстремизма и терроризма.

Если эта гипотеза состоятельна, то не исключено, что Северный Кавказ надолго превратится в область устойчивого воспроизводства полулегальных, но вполне функциональных социальных практик на периферии модернизационного процесса, в которой обеспечивается потребление плодов модернизации, но блокируется ее развитие.

И это ставит вопрос об обратимости и необратимости в результатах регионального социально-исторического процесса.

2.3.4. Необратимое и обратимое в результатах исторического процесса

То, что произошло в стране в течение первого десятилетия XXI в., можно охарактеризовать как своего рода «революцию в революции». Основные результаты постсоветских преобразований сохранились, но от бурного либерального реформаторства власть перешла к их ревизии и консолидации, а на смену тотальному разгосударствлению и политической фрагментации пришло собирание и укрепление российской государственности.

В обществе и политических кругах страны нынешняя стабилизация иногда рассматривается как начало курса, направленного на реставрацию тех или иных сторон прежних порядков (будь то советского, либо имперского периода). Со своей стороны, программы деятельности активных общественных сил на Северном Кавказе также зачастую формулировались в «терминах прошлого» – этнокультурного возрождения, реабилитации репрессированных народов, преодоления последствий Кавказской войны. Впрочем, представление об обратимости результатов исторического процесса присутствовало в политических движениях,

сопровождаявших крушение советского блока весьма широко. Восстановление германского единства, может быть, самый яркий пример воплощения таких представлений в жизнь.

Но именно этот пример позволяет увидеть пределы и относительность того, что на первый взгляд выглядит как обратимости истории. Разве можно представить себе возвращение к «демократическим» или «империалистическим» формам германского единства. Воссоединение Германии, конечно, отражало стремление немцев к национальному единству – константу германской истории XIX–XX вв., но оно подразумевало необратимость ее демократического развития и курса на европейское единство. Речь шла не о возвращении назад, а о движении вперед.

Эта логика применима к анализу современной северокавказской ситуации, в которой как кажется присутствуют признаки обращения вспять исторического процесса. Здесь также необходимо суметь определить константы в социально-историческом развитии региона на протяжении всего периода его пребывания в составе России и соотнести их с ориентирами на будущее, с базовыми общественными процессами, которые определяют для региона долгосрочную перспективу развития.

Разумеется, константы, о которых идет речь в данном случае, ни в коей мере нельзя отождествлять с константами физическими. Но при широком, «панорамном», видении исторического процесса в нем обнаруживаются некоторые чрезвычайно устойчивые структуры, которые выступают для каждого отдельно взятого поколения в виде объективно заданных параметров социально-исторической реальности. С другой стороны, эти объективные константы с неизбежностью выражают себя в воспроизводстве сходных форм субъективного человеческого опыта.

Культурная самобытность Кавказа, зародившаяся в глубокой древности и неустранимая на обозримую перспективу, сформировала две константные черты российско-кавказского исторического процесса.

Во-первых, это присутствие в государственном и социокультурном пространстве России исторического региона, отмеченного культурной инаковостью. В длительном и разнообразном историческом опыте взаимодействия России и Кавказа воспроизводятся элементы, черты, проблемы, сближающие рубеж XX и XXI вв., скажем, с серединой XIX или даже XVI вв. Они выражают, в конечном счете, связь культуры и политики, опосредованность политических форм этого взаимодействия способностью либо неспособностью поддерживать диалог и достигать взаимопонимания культур.

Во-вторых, это внутренняя двойственность самих основ жизнедеятельности и самосознания народов Северного Кавказа. Глубокие предпосылки этой двойственности восходят к периоду X–XV вв., когда определилась существенная дивергенция социоцивилизационных политических систем России и народов Северного Кавказа. А с того времени, когда российское государство приступило к глубоким преобразованиям местных обществ с целью их инкорпорации в социально-политический организм империи, дуализм привнесенных и автохтонных, современных и традиционалистских начал общественной жизни пронизал все аспекты мировидения и социальной практики народов региона.

То напряжение, которому подверглась дуалистичная структура социальной и духовной жизни региона в переходный период 1990-х годов, до конца не снято до сих пор. При всем желании оно и не может быть ликвидировано волевым образом какими-либо одномоментными правовыми, административными, или даже политическими акциями. Равным образом, не существует отдельных решений для экономических, этнодемографических и культурных проблем региона – они не просто взаимосвязаны, но взаимообусловлены. Здесь требуется долгосрочная, целенаправленная и последовательная политика комплексной региональной модернизации.

О французских аристократах, возвращавшихся из эмиграции в 1814 г. было сказано, что они «ничего не забыли и ничему не научились». Если бы современные народы Северного Кавказа заслужили такую же оценку, то у них не было бы будущего. Не надо забывать, но надо учиться.

Поэтому, наша позиция заключается в том, что социальный и политический опыт прошлого – это часть интеллектуального арсенала, который необходим для решения проблем настоящего

го времени. Он должен соотноситься с ориентирами на будущее, с базовыми общественными процессами, которые определяют для региона долгосрочную перспективу развития.

Такого рода базовые процессы – это глобализация и модернизация. Говоря о них часто забывают, что они представляют собой вызов, который встает не только перед Российским государством как политическим субъектом, но и непосредственно перед народами Северного Кавказа как социокультурными субъектами. Мы же полагаем, что именно это обстоятельство задает и аналитические рамки для решения ряда проблем кавказоведения, и критерии для оценок тех или иных конкретных явлений региональной общественной жизни, и ориентиры для всех, кто так или иначе вовлечен в современную кавказскую политику.

В этом контексте мы воспринимаем и проблематику обратимости и необратимости в истории региона. Насколько продуктивна была бы попытка связать решение современных проблем Северного Кавказа – проблем модернизации – с реконструкцией прошлого? В какой именно предшествующей фазе политической и социально-культурной эволюции местных народов и обществ можно обнаружить ресурсы более адекватные требованиям современной глобальной динамики, нежели те, что сформировались к настоящему времени в контексте общероссийского модернизационного развития?

Одним из примеров того, как актуализируется на Северном Кавказе взаимосвязь прошлого, настоящего и будущего является «черкесский вопрос».

3. «ЧЕРКЕССКИЙ ВОПРОС»: ЕЩЕ ОДИН НЕРВНЫЙ УЗЕЛ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ?

3.1. Необходимые пояснения: черкесы и Черкесия в прошлом и настоящем

Термин «черкесы» употреблялся в Европе, России и Турции в двояком смысле. В расширительном смысле он обозначал северокавказских горцев вообще. В узком смысле – один из народов Северного Кавказа, который сам себя называет «адыге». Это первоначальное, основное и более устойчивое значение термина «черкесы».

Соответственно, Черкесией принято называть историческую область, населявшуюся черкесами. В XVIII в. она охватывала территории Северо-Западного и Центрального Кавказа от устья Кубани до района современного Сочи по побережью Черного моря, левобережную часть бассейна р. Кубань, предгорную и равнинную часть бассейна р. Терек до впадения в нее р. Сунжи. Черкесия не имела политического единства, отдельные субэтнические группы и этнополитические единицы в ее составе выступали самостоятельно в отношениях между собой и с внешними силами. До конца XVIII в. наиболее развитой в социальном отношении, политически активной и влиятельной частью черкесского мира была Кабарда – феодальное владение восточной Черкесии.

В настоящее время черкесы составляют титульное население трех республик Северного Кавказа и в официальном обиходе имеют различную деноминацию: в Республике Адыгея – адыгейцы, в Карачаево-Черкесской республике – черкесы, в Кабардино-Балкарской Республике – кабардинцы. Тем не менее, единое самоназвание – адыге – сохраняется, а общая самоидентификация на протяжении последних десятилетий упрочивается.

Но сами черкесы воспринимают в качестве отличительной черты собственного национального существования то, что значительная, по всеобщему убеждению численно преобладающая часть черкесского народа проживает за пределами исторической родины – в Турции, Иордании, Сирии, Германии, США и т.д.

Многими это «рассеяние» воспринимается как аномалия национального существования, которая глубоко обусловлена исторически, но которая может и должна быть «исправлена». В этом усматривается суть «черкесского вопроса».

В течение нескольких последних лет «черкесский вопрос» неизменно присутствует в региональном, российском и международном информационном пространстве. Он стал предметом активного обсуждения в историко-политической публицистике и аналитике. Большинство авторов,

как этнопублицистов, так и экспертов, определяют природу «черкесского вопроса» через его историческое и политическое содержание. Но существует ли он «объективно»? Видимо, да.

О «вопросе» в общественно-политической жизни обычно говорят в тех случаях, когда статус (положение, ситуация) некоего объекта или субъекта отношений является в данной их системе формально неопределенным, неустойчивым и спорным. Помимо объекта или субъекта, составляющего собственно предмет вопроса, в эту систему отношений вовлечено, как правило, еще несколько участников. Неопределенность или неустойчивость ситуации составляют необходимое, но недостаточное условие возникновения того или иного «вопроса». Если статус-кво никем не оспаривается, вопроса нет. Он превращается в реальность, когда его кто-нибудь «ставит», «поднимает» и остается он на повестке дня до тех пор, пока для каждого из участников одностороннее его решение в своих интересах невозможно или сопряжено со значительными издержками и риском, либо пока не будет найдено согласованное решение, удовлетворяющее основных участников процесса.

С использованием предложенных критериев понятие «черкесский вопрос» в самой общей форме может применяться для обозначения исторических ситуаций, в которых наличный политический статус Черкесии и/или черкесов оспаривается и становится предметом взаимодействия (дискуссии, конфликта, сотрудничества) по меньшей мере двух политических акторов, независимо от того, используется ли при этом соответствующий термин.

При таком подходе «черкесский вопрос» получает представление не как обсуждаемый предмет, а как «ситуация обсуждения» этого предмета. И в этом качестве он возникает в истории не впервые.

3.2. «Черкесский вопрос»: ретроспектива

Исходная форма. Если говорить не в терминологическом, а в содержательно-политическом плане, «черкесский вопрос» возникает в середине XVI в. как вопрос о международно-политическом статусе тех или иных черкесских территориально-политических образований в системе отношений России, Османской Турции и ее вассала Крымского ханства. Конфликты основных субъектов данной системы отношений и ее эволюция в конечном счете и привели к результатам, которые лежат в основе дискуссий по современному «черкесскому вопросу».

С 1560-х гг. в фокусе дипломатического противоборства и военно-политической активности держав оказывается Кабарда. «Кабардинский вопрос» вычленяется из общеадыгского контекста, приобретает самостоятельное значение, но одновременно остается частью более широкого Кавказского вопроса. Международно-правовое оформление, а затем и решение «кабардинского вопроса» приходится на XVIII в. Кючук-Кайнарджийский мирный договор 1774 г. фиксирует отказ Турции от вмешательства в определение статуса Большой и Малой Кабарды, т.е. фактическое признание их принадлежности России.

Международно-правовое решение «кабардинского вопроса» не снимало для России проблему установления надежного контроля и имперского судебно-административного порядка на территории Кабарды. Потребовалось еще полвека, чтобы с использованием методов военно-политического давления, карательных экспедиций, экономической блокады решить эту проблему. Характерно, что завершающий этап этого процесса в первой четверти XIX в. сопровождался подлинной демографической катастрофой. Вследствие происшедшего с начала XIX в. переселения кабардинцев за Кубань, многочисленных карательных экспедиций и опустошительной эпидемии чумы население Кабарды сократилось в разы.

С начала XIX в. Российская империя приступает к присоединению Закавказья, что обостряет противоречия с Турцией, в том числе и на Северо-Западном Кавказе. С точки зрения российских правящих кругов по Адрианопольскому договору 1829 г. они обрели международно-правовое основание для установления своего суверенитета над «закубанскими» черкесами. Но в действительности это привело только к смещению фокуса «черкесского вопроса» с Кабарды на Западную Черкесию. Черкесы не желали признавать над собой власти Российского императора и вступили на путь вооруженного сопротивления. Англия не признавала

правомерности условий Адрианопольского договора и открыто настаивала на независимости Черкесии, Турция негласно поощряла черкесское сопротивление. «Черкесский вопрос» стал одним из элементов восточного вопроса в международной политике второй трети XIX в. При этом он, как ранее «кабардинский вопрос», не имел общеадыгского масштаба. Его объем определялся не этническими, а геополитическими факторами, а динамика зависела от соотношения сил держав и эффективности черкесского сопротивления. Несмотря на поражение России в Крымской войне, попытки Англии на Парижском конгрессе 1856 г. включить в общее урегулирование решение «черкесского вопроса» оказались безуспешными. Тем самым в международно-политическом плане «черкесский вопрос» был снят с повестки дня, поскольку никто, кроме самих черкесов, не оспаривал теперь условия Адрианопольского мира. Но вновь, как и в случае с Кабардой после 1774 г., России еще предстояло военной силой утвердить свое господство в Черкесии. Завершение Кавказской войны, сопровождаемое масштабной этнической чисткой и массовым изгнанием черкесского населения Северо-Западного Кавказа, подвело черту под «черкесским вопросом» в его первоначальной форме.

Таким образом, для бытования ранней формы «черкесского вопроса», как оспариваемого статуса черкесов, характерно было то, что он инициировался внешними силами. Поскольку они преследовали геополитические цели, то «черкесский вопрос» практически никогда не определялся в этнических терминах и не привязывался ко всей исторической области Кавказа, населенной черкесами, – Черкесии – как к целостной территориально-политической единице. Предметом противоборства держав оказывались либо более широкие (Кавказ, Северный Кавказ), либо более узкие (Кабарда, Западная Черкесия) политико-географические и этнополитические единицы.

Обретение структуры. Историческая ситуация, в которой оказались адыги после завершения Кавказской войны, демонстрирует, что актуализация того или иного «вопроса» определяется не тяжестью положения соответствующего субъекта, а его способностью активно добиваться изменения своей судьбы или наличием иных сил, заинтересованных в открытой «постановке» данного вопроса и располагающих необходимыми для этого средствами влияния.

Черкесы в Российской и Османской империи не имели реальных сил и возможностей для активной и массовой борьбы за свои интересы, и политическое «национальное движение» черкесов не развернулось ни в той, ни в другой империи. Теоретически «черкесский вопрос» мог актуализироваться в ситуации острого международного кризиса, конфликта, войны, в которую оказались бы вовлечены эти страны, либо в ситуации глубокого внутреннего кризиса, революции, государственного распада. Совпадение такого рода внешних и внутренних факторов имело место в период первой мировой войны и в России, и в Турции. Они создали для черкесского мира ситуацию неустойчивости и неопределенности. В этом смысле возникла объективная политическая почва для новой постановки «черкесского вопроса». Содержание, форма и результаты его актуализации отражали как наследие истории, так и реалии первой четверти XX в.

Перед необходимостью этнополитического самоопределения в той или иной мере и форме оказались все группы черкесского населения на территориях бывшей Российской и бывшей Османской империй. Но возможности выработки единой общечеркесской программы решения «черкесского вопроса» были весьма ограничены. Этому препятствовали различия в положении отдельных ареалов черкесского мира и недостаточная интенсивность информационного обмена, социальных связей и личных контактов.

Черкесский фактор в этнополитических процессах на Северном Кавказе не получил четкого целостного выражения. Он либо растворялся в «горском» интеграллизме, либо фрагментарно реализовался в локальных комплексах межэтнических отношений в процессе становления советских автономий. Национально-демократическое движение, оформившееся на Северном Кавказе после Февральской революции и воплотившееся в Союзе объединенных горцев Северного Кавказа и Дагестана, строило свою политическую программу на идее демократического федерализма для России и для Северного Кавказа. Артикуляция в ее рамках отдельных «этнонациональных» политических программ была бы разрушительна для основополагающих принципов движения. В этнополитических процессах, развивавшихся в Кубанской и Терской областях вполне автономно на протяжении примерно года (март 1917–

март 1918), не прослеживаются мотивы черкесского ирредентизма или независимости. Для групп черкесского населения в этих областях более насущными были вопросы регулирования их отношений с ближайшими соседями – казаками, ногайцами, абазинами, карачаевцами, балкарцами, осетинами, ингушами. В 1921–1922 и 1926–1928 гг. местная советская элита сыграла довольно активную роль в создании Кабардинской (затем Кабардино-Балкарской), Адыгейской и Черкесской автономных областей, но нет свидетельств постановки ими вопроса об объединении черкесов в рамках единого политико-административного образования.

Черкесский фактор в Османской империи интегрировался в (гео)политические проекты правящих кругов империи относительно всего Кавказа или, по крайней мере, Северного Кавказа. Он ассоциировался с северокавказскими диаспорами в целом, но преобладание среди них групп западнокавказского абхазо-адыгского круга не подвергается сомнению. Именно отсюда исходили идеи общего решения «черкесского вопроса» и именно поэтому в соотношении его элементов произошли кардинальные изменения.

На исходе Кавказской войны ядро «черкесского вопроса» сводилось к фиксации территориально-политического статуса Западной Черкесии. Этносоциальные и этнодемографические последствия, а именно – очищение Северо-Западного Кавказа от черкесского населения вытекали из геополитических целей и военных соображений. Ситуация начала XX века демонстрирует обратное соотношение территориально-политических и гуманитарных (социально-демографических) аспектов «черкесского вопроса». Теперь он подразумевает определение статуса групп северокавказского («черкесского») населения, не укоренившегося окончательно в Османской империи.

Три момента представляются здесь наиболее существенными.

Во-первых, «черкесская тема» формулировалась представителями интеллектуальных элитных слоев диаспоры и не сводилась к подкреплению военно-политических целей Турции. Она отражала реальный исторический опыт и их собственные представления и стремления. Выступление представителя черкесов Исмаила Беданок на третьей конференции «Союза национальностей», состоявшейся в Лозанне 27–29 июня 1916 г., воплотило в себе то, что можно было бы назвать «феноменологией черкесского вопроса». Им были затронуты темы, которые формируют неустранимую внутреннюю структуру, концептуальное пространство, в котором движется всякий дискурс о «черкесском вопросе». Эти темы и сегодня оказываются на слуху, когда обсуждается история российско-кавказских отношений.

Это тем завоевания Кавказа Россией, тема жестокости методов ведения войны, тема изгнания и рассеяния черкесов, тема ассимиляции и угрозы полной утраты черкесами своей самобытности.

В реальной политической практике того времени изменение положения дел в черкесском мире зависело в решающей степени не от самих черкесов, а от меры соответствия их интересов, запросов и стремлений (гео)политическим интересам держав. Но в социальном и политическом дискурсе, в публичном «проговаривании» черкесских проблем этноисторический контекст постановки «черкесского вопроса» уже не растворяется в геополитическом контексте противоборства империй, а приобретает самостоятельное звучание.

Во-вторых, отправным пунктом в постановке «черкесского вопроса» в первой четверти XX века неизбежно оказывалась оценка ключевого исторического события – завоевания Кавказа Россией и утраты большей частью черкесов своей родины. Но здесь обнаруживаются расхождения в историческом опыте различных их групп. Поскольку для черкесов диаспоры реальные отношения и взаимодействие с российским обществом и государством прекратились с момента изгнания, то их отношение к России главным образом формировалось собственно этим событием. Для черкесов, оставшихся на Северном Кавказе, социально-правовое, экономическое, культурное взаимодействие с российским обществом и государством продолжалось и после завоевания. Их отношение к России формировалось не только исторической памятью, но и ближайшим этносоциальным опытом и поиском будущего.

В-третьих, для групп черкесской интеллигенции в России и Османской империи наряду с последствиями Кавказской войны еще одним источником неудовлетворенности положением своего народа являлось осознание его относительной социальной и культурной отсталости по сравнению с Европой и наиболее развитыми сегментами российского и турецкого общества.

Стремление к изменению такого положения связывалось не с возвращением к традиционным общественным устоям, а с включением черкесов в процессы современного развития.

В целом при взгляде на период войн, революций, распада империй 1914–1923 гг. бросается в глаза, что на фоне открывшихся политических возможностей «черкесский вопрос» не получил четко выраженного и результативного политического развития. Но обнаружилась его сложная феноменология, отражающая и наследие истории, и новую социально-политическую структуру самого черкесского мира, и наличие альтернативных путей развития государств, где проживают черкесы, прежде всего России и Турции. «Черкесский вопрос» периода Первой мировой войны и вызванных ею революционных потрясений оформился как «дискурсивная формация», как зародышевая форма современного «черкесского вопроса».

3.3. Современный «черкесский вопрос»

Условным рубежом, с которого фиксируется новый виток актуализации «черкесского вопроса», можно считать середину 1980-х годов, когда наметился глубокий поворот в условиях существования черкесов в СССР и в Турецкой республике, связанный с либерализацией и демократизацией общественно-политической жизни. Исходные стимулы этнонациональной мобилизации в городской среде черкесских интеллектуалов были заданы осознанием далеко зашедших процессов ассимиляции и реальностью перспективы скорой и полной утраты этнокультурной идентичности черкесами и в диаспоре и на родине.

Активизация черкесского национального движения в конце 1980-х гг. развивается практически параллельно в России и за рубежом. Одним из мотивов его быстрого развития была вера в возможность восстановления черкесского единства первоначально в рамках международной организации, символизирующей перспективу реального воссоединения черкесов на родине. В мае 1991 г. в Нальчике прошел первый Всемирный адыгский конгресс. Здесь была учреждена Международная черкесская ассоциация (МЧА). В Уставе организации ее создание связывалось с целями «этнического самосохранения, самоопределения и развития».

Таким образом, в конце XX в. «черкесский вопрос» впервые был поставлен как вопрос о консолидации и перспективах «глобального» адыго-черкесского сообщества в рамках черкесского национального движения, получившего международный характер. Сразу же обозначились и основные тематические блоки, составлявшие структуру проблемы, – противодействие процессам культурно-языковой ассимиляции черкесов в странах их проживания; признание Кавказской войны и геноцида черкесов со стороны Российской империи в качестве главного источника их современных проблем; всемерное содействие репатриации. Идея восстановления исторической Черкесии как целостной территориально-политической единицы официально не выдвигалась в 1990-е гг. сколь-нибудь влиятельными организациями, но использовалась их «этнополитическими конкурентами» для дискредитации черкесского национального движения в глазах российского руководства.

На протяжении 1990-х гг. активность черкесского национального движения не порождала напряженности в отношениях с Российским государством, а «черкесский вопрос» не приобрел отчетливого и широкого общественного звучания ни внутри России, ни за рубежом. Но с рубежа 2000-х гг. намечается глубокий поворот в развитии факторов, определяющих динамику «черкесского вопроса».

В деятельности высшего государственного руководства темы демократизации и федерализма сменяются темами обеспечения территориальной целостности, единого конституционно-правового порядка, укрепления «вертикали власти». Иллюзии о совпадении вектора этно-национальных устремлений черкесского сообщества с общим направлением государственно-политического развития России теряют почву.

Далее, если в начале 1990-х гг. официальные властные структуры и национальные движения в «адыгских» республиках Северного Кавказа имели общую повестку дня и были сопоставимы по степени влияния на внутренние этнополитические процессы, то к началу 2000-х гг. областей пересечения их задач и функций практически не осталось. Руководители республик

сумели лишить «Хасы» самостоятельности (Кабардино-Балкария), дистанцироваться от них (Адыгея) или игнорировать как маргинальную оппозицию (Карачаево-Черкесия).

С другой стороны, к 2000-м гг. стало очевидно, что реального продвижения по основным аспектам «черкесского вопроса», как они определялись международным черкесским движением, достигнуто не было. Черкесские национальные организации «первого эшелона» (МЧА и «Хасэ» в республиках), не обладали идейным и организационным динамизмом, позволяющим компенсировать трудности и препятствия на пути решения «черкесского вопроса». Короткая восходящая фаза их влияния и активности сменилась длительным застоём.

Но за это время в черкесском мире произошли глубокие социально-демографические и культурные сдвиги. В активную общественную жизнь вступили новые поколения, сформировавшиеся в городской среде, более образованные и мобильные, владеющие современными информационно-коммуникационными технологиями, способные создавать сетевые сообщества. Свобода выражения своих мыслей и позиций является для них естественным состоянием, а традиционалистские формы лояльности к государству или доминирующим национальным группам им уже чужды. Существование в мультикультурной среде для них вполне привычно, при этом национализм как способ подтверждения групповой идентичности и база политического действия столь же правомерен для них, как и любая другая идеология. Такие группы черкесской молодежи существуют в разных условиях – в России и на Ближнем Востоке, в Турции и Европе. Они во многом отличны друг от друга, но имеют и много общего, отражая существенные характеристики современного «глобального» мира. Новая «волна» черкесского национализма зародилась в этой среде в 2000-е гг. Ренессанс черкесского национального движения происходил на фоне относительного снижения значимости других этнополитических проблем на Северном Кавказе. В этих условиях обострение «черкесского вопроса» зависело, по сути, от стечения обстоятельств и от наличия организованных сил, способных и готовых на них откликнуться.

Существенные для развития «черкесского вопроса» новые обстоятельства могли возникнуть только в сфере текущей политической жизни, а действенную реакцию на них можно было ожидать от организаций, рассматривающих «черкесский вопрос» как вопрос политический.

Понимание «черкесского вопроса» как политической стратегии, направленной на достижение конечной цели и определяющей средства и «алгоритм» достижения этой цели строилось на следующих положениях:

- ассимиляция, утрата языка и культуры черкесами, рассеянными по всему миру в результате Русско-Кавказской войны, грозят полным исчезновением черкесского этноса;
- решить эти проблемы невозможно без решения политического вопроса – возвращения изгнанных черкесов, воссоздания черкесского этноса на исторической родине;
- правовым механизмом реализации данного вопроса может стать признание Российской Федерацией факта геноцида, совершенного в отношении черкесского этноса в XIX–начале XX вв.

Одновременно сформировался контингент активистов, способных придать этой стратегии публичное звучание. За несколько лет возник целый ряд новых организаций практически во всех странах проживания черкесов. Для их деятельности характерно использование современных «сетевых» способов мобилизации и координации, осуществление публичных «уличных» акций, провозглашение своих целей не в форме обращений и просьб, а в форме требований к властям, настойчивость в привлечении внимания международного сообщества и европейских институтов к проблемам черкесского народа.

Общий ход политического процесса давал и поводы для осуществления ими политических акций. В ряде обзорных и аналитических публикаций достаточно подробно охарактеризованы факторы, обусловившие процесс дальнейшего «обострения черкесского вопроса». Отмечают (1) попытку запустить процесс реинтеграции Адыгеи в состав Краснодарского края с соответствующим понижением ее статуса как субъекта Федерации (2005–2006 гг.); (2) решение МОК о проведении зимних Олимпийских игр 2014 г. в Сочи, причем российская сторона полностью игнорировала исторический фон и статус черкесов как коренного народа

Восточного Причерноморья (2007 г.); (3) включение зарубежных центров и сил в публичную активность вокруг «черкесского вопроса», кульминацией которой стало официальное признание парламентом Грузии геноцида черкесов со стороны Российской империи (2011 г.).

В борьбе вокруг этих проблем оформились структурные характеристики текущей «острой фазы» развития «черкесского вопроса». Для молодых черкесских активистов стала очевидной безрезультатность прежних форм его постановки; развернулась активность организаций нового поколения, представляющих черкесское национальное движение; в их трактовке «черкесского вопроса» на первый план выдвинулся политический аспект, а в фокусе политического действия оказалось требование признания геноцида черкесов; произошло вовлечение черкесских организаций диаспоры в политические коллизии с Российским государством; черкесская тема вошла в повестку дня международного научного сообщества, неправительственных организаций и европейских институтов. Вместе с тем ключевые элементы современного «черкесского вопроса» – отношение к сочинской Олимпиаде, к проблеме единого «черкесского» субъекта Федерации на Северном Кавказе, к вмешательству зарубежных политических сил – стали зримым фактором политического размежевания в международном черкесском движении. В основе такого размежевания лежат различные подходы к выстраиванию отношений с современным Российским государством.

3.4. «Черкесский вопрос»: открытые итоги

Таким образом, на рубеже XX–XXI вв. «черкесский вопрос» вновь стал реальностью общественно-политической жизни стран проживания черкесов и обрел некоторые характеристики международной проблемы. В современной, исторически «третьей», форме своего бытования он демонстрирует и черты преемственности, и качественную новизну по отношению к предшествующим формам.

Преемственность связана с тем, что статус черкесского сообщества в современном мире сохраняет структурную аналогию с его положением в начале XX в. – положением разделенного народа. Отсюда устойчивость феноменов черкесского национального сознания: Кавказская война и изгнание как «начало», рассеяние и этнический кризис как тяжелая реальность, воссоединение и возрождение как цель.

Но в конце XX в. «черкесский вопрос» впервые был поставлен вполне самостоятельно самими черкесами, и он впервые был поставлен применительно к черкесам (адыгам) как «глобальному» этническому сообществу. В своих прежних исторических формах в зависимости от геополитических интересов держав он либо привязывался к различным фрагментам черкесского мира (Кабарда, Западная Черкесия), либо растворялся в более широких геополитических единицах (Кавказ, Северный Кавказ) и этнических конгломератах (горцы, черкесы как северокавказские диаспоры в целом).

В условиях современного глобализирующегося мира, интенсивных международных коммуникаций и открытости информационного пространства общечеркесская национальная программа не просто была сформулирована. Она, по сути, получила институционализацию в совокупности черкесских организаций, действующих по всему миру. Свыше двух десятилетий они присутствуют в культурном и политическом пространстве современного мира. Следует особо подчеркнуть, что в этом отражается не только внутренняя энергия черкесского национального движения, но и общие условия глобальной интеграции и демократизации. Если бы, скажем, в России и Турции в 2000-е гг. так же, как в начале 1920-х гг. установились авторитарные идеократические или националистические режимы, свободные от идейно-политического влияния извне, то динамика черкесского национального движения была бы иной, и «черкесский вопрос» был бы уже «снят» с повестки дня.

Но опыт 2000-х годов явно обнаружил, что попытка перевести идеальные представления о конечных национальных целях в алгоритм политических действий, осуществляемых бескомпромиссно на основе представлений только о собственных правах и интересах, приводит к политическому размежеванию в самом черкесском национальном движении.

Здесь сказывается противоречивость воздействия международно-политических факторов на развитие «черкесского вопроса». С одной стороны, современный международный контекст не сопоставим с ситуацией периода первой мировой войны, когда «черкесский вопрос» инспирировался державами, находящимися в состоянии войны с Россией, в своих военно-политических целях. Сегодня воздействие «внешних факторов» не сводится к интригам геополитических соперников. Практика использования западными державами демократических ценностей и гуманитарных мотивов в своекорыстных интересах не дает оснований для отбрасывания этих ценностей и мотивов как несущественных или не имеющих отношения к «черкесскому вопросу». Спецслужбы и «недружественные» политические силы за рубежом могут пытаться использовать в своих целях что угодно. Несмотря на это, деятельность черкесских активистов диаспоры в целом остается частью демократической гражданской активности в Турции, Европе, США. С другой стороны, и геополитическое соперничество, и военно-политические конфликты остаются реальностью той международной среды, в которой существует современный «черкесский вопрос». Полностью изолировать формы его политического бытования от их влияния невозможно.

Вопрос заключается в том, будет ли он превращен в средство решения иных задач иными субъектами или сохранит самостоятельное значение и будет решаться теми, для кого он имеет жизненно важное значение. Есть только два коллективных субъекта отношений, для которых «черкесский вопрос» выражает или затрагивает их поистине жизненные интересы и для которых его решение носит характер самостоятельной крупной задачи – это сами черкесы и Россия.

Основная проблема современной российско-черкесской «ситуации обсуждения» положения и перспектив черкесского сообщества заключается в том, что предмет обсуждения представляется сторонам как существующий в разных плоскостях. Для черкесских активистов и интеллектуалов «черкесский вопрос» – это воплощение итогов и перспектив этноисторической эволюции адыгов. Это еще одна развилка исторической траектории национального существования, которая ставит черкесов перед альтернативой экзистенциального порядка, – продолжение этнонационального бытия в институализированных формах через самоорганизацию и признание со стороны государства или этническая энтропия и растворение черкесской идентичности в хаосе большого мира. Для российского государственного сознания «черкесский вопрос» – это еще одно воплощение этнического национализма, несущего угрозу для социально-политической стабильности, территориальной целостности и международных интересов России. Таким образом, современный «черкесский вопрос» представляет собой дуалистический по природе «историко-политический» феномен.

Перспективы его развития как в политическом, так и в более фундаментальном историческом смысле зависят от того, что возобладает в действиях сторон, жизненно заинтересованных в этом вопросе. Это может быть поиск способов так или иначе «подавить» другой полюс аргументации или поиск основы его решения, которая в историческом плане была бы шире черкесской этноисторической перспективы, а в политическом плане была бы шире российской державной традиции.

Такая основа может быть найдена в сфере, определяющей общие для России и черкесского сообщества условия существования и перспективы развития – в сфере современных процессов глобализации, модернизации, демократизации. Это фундаментальные тенденции мирового развития, которые бросают вызовы и одновременно открывают возможности для всех социальных, национальных и политических субъектов, вовлеченных в систему отношений, обозначаемую сегодня как «черкесский вопрос». И Россия и современные черкесы должны искать способы достижения своих целей внутри глобального процесса перемен. Если их стратегия и тактика будут опираться на эти тенденции, то формы и последствия развития «черкесского вопроса» могут стать предсказуемыми и приемлемыми.

Разумеется, приведенное положение гораздо легче продекларировать, чем воплотить в реальную политическую жизнь. Оценка возможностей развития по тому или другому сценарию и определение требований к политическим программам и практическим действиям заинтересованных сторон должны быть предметом анализа для специалистов.

СОДЕРЖАНИЕ*Персоналия*

Он ушел, а осталась дыра Александр Михайлович Абрамов (05.06.1946–24.05.2015)	3
--	---

С.Е. Рукишин

Без Саши не было бы и феномена Григория Перельмана	5
--	---

*Александр Михайлович Абрамов,
член-корреспондент Российской академии образования*

Статьи	9
--------------	---

*В.Б. Молодкин, В.Е. Сторижко, В.В. Лизунов, С.В. Лизунова,
Ю.П. Хапачев, А.И. Низкова, Н.Г. Толмачев, Л.Н. Скапа, Е.В. Фузик,
В.В. Молодкин, Е.С. Скакунова, Б.В. Шелудченко, С.В. Дмитриев,
Е.В. Кочелаб, Р.В. Лехняк, Я.В. Василик, Г.О. Велиховский*

История «прозрения» человека двадцать первого века	20
--	----

З.Х. Калажоков, Х.Х. Калажоков, А.А. Хатухов

Уравнение изотермы поверхностного натяжения бинарных систем	37
---	----

А.А. Дышеков

Отражение рентгеновских лучей от слоисто-неоднородной среды	47
---	----

*Б.С. Карамурзов, А.Х. Боров, К.Ф. Дзамихов
А.Г. Кажаров, Х.Б. Мамсиров, Т.Х. Тенов*

Северный Кавказ в историческом пространстве и времени	60
---	----

CONTENTS

Personaliya

He went away, and left a hole Alexander Mikhailovich Abramov (05.06.1946–24.05.2015)	3
---	---

S.E. Rukshin

Without Sasha, there would be no phenomenon of Grigory Perelman	5
---	---

Alexander Mikhailovich Abramov

Member-correspondent of the Russian Academy of education

Article	9
---------------	---

*V.B. Molodkin, V.E. Storiško, V.V. Lizunov, S.V. Lizunova,
Yu.P. Khapachev, A.I. Nizkova, N.G. Tolmachev, L.N. Skapa, E.V. Fuzik,
V.V. Molodkin, E.S. Skakunova, B.V. Sheludchenko, S.V. Dmitriev,
E.V. Kochelab, R.V. Lekhnyak, Ya.V. Vasilik, G.O. Velikhovskii*

The history of human «insight» in XXI century	20
---	----

Z.Kh. Kalajokov, Kh.Kh. Kalajokov, A.A. Khatuhov

The isotherm equation of surface tension for binary systems	37
---	----

A.A. Dyshekov

X-ray reflection from the layered inhomogeneous medium	47
--	----

*B.S. Karamurzov, A.H. Borov, K.F. Dzamikhov,
A.G. Kagarov, H.B. Mamsirov, T.H. Tenov*

North Caucasus in historical space and time	60
---	----

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция просит авторов руководствоваться изложенными ниже правилами

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

2. Рукопись должна быть отпечатана на компьютере или машинке (размер шрифта – 12 кегль) через два машинописных интервала (полуторный межстрочный интервал в редакторе Word), на белой бумаге формата А4 (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}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 23.12.2015. Формат 60x84 ¹/₈.
Печать трафаретная. Бумага газетная. 10.23 усл.п.л. 10.0 уч.-изд.л
Тираж 1001 экз. Заказ № 7388.
Кабардино-Балкарский государственный университет.
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.

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