

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

*К 80-летию ПГУ им. Т.Г. Шевченко*

# ВЕСТНИК ПРИДНЕСТРОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*Юбилейный выпуск*

Научно-методический журнал  
Основан в июле 1993 г.

**№ 1(36), 2010**

*Выходит три раза в год*

*Издательство  
Приднестровского  
Университета*

Тирасполь, 2010

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

С.И. БЕРИЛ, д-р физ.-мат. наук, проф.  
(ответственный редактор)  
В.Р. ОКУШКО, д-р мед. наук, проф.  
(зам. ответственного редактора)  
К.Д. ЛЯХОМСКАЯ, канд. физ.-мат. наук, доц.  
(ответственный секретарь)

И.М. БЛАГОДАТСКИХ, канд. ист. наук, доц.  
Ф.Ю. БУРМЕНКО, канд. техн. наук, доц.  
Л.И. ВАСИЛЬЕВА, канд. пед. наук, доц.  
И.Н. ГАЛИНСКИЙ, канд. филос. наук, доц.  
А.И. ДИКУСАР, д-р хим. наук, проф.  
Ю.А. ДОЛГОВ, д-р техн. наук, проф.  
Н.А. КУНИЧЕНКО, канд. с.-х. наук, доц.  
Е.А. ПОГОРЕЛАЯ, д-р филол. наук, проф.  
Г.И. ПОДОЛИННЫЙ, д-р мед. наук, проф.  
Л.Г. СЕНОКОСОВА, канд. экон. наук, проф.  
П.И. ХАДЖИ, д-р физ.-мат. наук, проф.  
В.Ф. ХЛЕБНИКОВ, д-р с.-х. наук, проф.  
В.А. ШЕПТИЦКИЙ, д-р биол. наук, проф.  
Т.В. ЩУКА, канд. хим. наук, доц.  
Н.В. ЩУКИНА, канд. юрид. наук, доц.  
А.Н. ЯНАКЕВИЧ, канд. геол.-минерал. наук, проф.

**Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко.** Вестник Приднестровского государственного университета / Приднестровский гос. ун-т. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2010. – № 1(36). – 336 с.

Сер.: Гуманитарные науки

ISSN 1857-1158

[3+7/9]:378.4(478-24)(082)

Сер.: Медико-биологические и химические науки

ISSN 1857-1166

[61+57+54]:378.4(478-24)(082)

Сер.: Физико-математические и технические науки

ISSN 1857-1174

5:378.4(478-24)(082)

П 71

## ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 808.2

*Е.А. Погорелая*, д-р филол. наук, проф., действ. чл. РАЕН

### РУССКИЙ МИР ПОСТСОВЕТСКОГО ПРОСТРАНСТВА: ОПЫТ НОВОГО ПРОЧТЕНИЯ<sup>1</sup>

*В статье представлены лингвокультурологические, идеологические, психологические и социокультурные причины изменения границ русского мира в постсоветском пространстве.*

Системная трансформация постсоветского сообщества новых независимых государств, в значительной степени обусловленная появлением на рубеже 80–90-х годов XX в. языкового законодательства, актуализировала проблему межэтнического диалога, по-новому зазвучавшего в русле мощной динамики глобального мира. Правовая защита национальных языков, долгое время находившихся на периферии культурной жизни многонационального Советского государства, была с пониманием воспринята полиэтничным составом населения во всех его регионах. Такое отношение языкового сообщества к юридической поддержке национальных языков естественным образом вписывалось в контекст осознания общих процессов демократических преобразований, заметно меняющих систему традиционных ценностей личности, воспитанной в условиях идеологического единства.

Национальные языки, получившие статус государственных, призванные консолидировать полиэтничное лингвистическое сообщество, к сожалению, не обеспечили выполнение этой важной социальной функции. Оправданное закрепление де-юре за национальными языками «титულიных» этносов союзных республик статуса государственных де-факто в подзаконных актах и государственных программах, расшифровывающих порядок введения в действие законов о языках и определяющих механизмы их реализации, обернулось разрушением исторически сложившейся модели эффективного межэтнического общения. Более того, кардинальное изменение характера языковой политики «сверху», без учета объективно существующей в каждом из регионов огромного государства определенной языковой ситуации, прочно закрепившей в общении формулу национально-русского

---

<sup>1</sup> Данная статья является фрагментом исследования, проводимого Институтом славяноведения РАН в рамках международного гранта РГНФ (проект № 08-04-000-50а) «Актуальные этноязыковые и этнокультурные проблемы современности».

двуязычия, существенным образом поколебало статус русского языка – базового элемента двуединой основы толерантного взаимодействия народов.

Языковая политика, суть которой в многонациональном и/или полиязычном социуме регулировать функциональные взаимоотношения между отдельными языками, обеспечивая баланс лингвистических интересов представителей всех этнокультурных групп населения в рамках широкого контекста социокультурного взаимодействия, должна способствовать полноценному сохранению языковых прав каждой личности. Мировой опыт многоязычных стран свидетельствует об эффективности демократического соблюдения языковых прав личности в том случае, если статус и функциональное соотношение языков определены законом. К сожалению, практика правового регулирования взаимоотношения языков в Советском государстве была минимальной, если считать декларацию в Конституции СССР 1977 г. о равенстве граждан «перед законом независимо от языка» и констатацию «возможности обучения в школе и право выступать в суде на родном языке» компонентами юридической регламентации. Конституция не определяла правового статуса языков и на территориях союзных республик, но предписывала публиковать «законы СССР, постановления и иные акты Верховного Совета СССР на языках союзных республик». По сути дела, это была манифестация общих принципов, не обеспеченных гарантией государственного соблюдения их в обществе, языковая политика которого зеркально отражала идеологическую трактовку национальной проблематики и стандартно фиксировалась формулой «национально-языковая политика». Многочисленные директивные постановления и указания, с помощью которых чиновники стремились регламентировать характер функционирования языков в многонацио-

нальном государстве, нет оснований рассматривать как акты правового порядка. В период существования Советского государства, идеологические ориентиры которого были направлены на создание единой «интернациональной общности – советского народа» с его «социалистической по содержанию» культурой, языковая политика была одним из основных инструментов обеспечения этого единства. Важнейший компонент национальной политики, она была сосредоточена на поддержке культурной основы советского образа жизни – русского языка, не акцентируя юридически при этом его особого статуса. Как видим, национально-языковая политика советского периода, включавшая несколько компонентов, не содержала главного из них – юридической регламентации взаимоотношения языков, поэтому основными механизмами ее реализации выступали другие составляющие – идеологическое обоснование и административное давление. Появление в 1989–1990 гг. в союзных республиках еще единого государства языкового законодательства стало фактом исключительного значения в духовной жизни полиэтничного и полиязычного общества, позитивная ценность которого определялась общим контекстом интенсивных демократических перемен.

Уникальность самого феномена языковой политики в том, что из него крайне сложно элиминировать нелингвистическую составляющую, но именно она обеспечивает высокую степень межэтнической напряженности, два десятилетия сопутствующую процессу становления новых суверенных государств. Анализ теоретической основы новой языковой политики в странах ближнего зарубежья позволил выявить немало параллелей с языковой доктриной советского периода. Существенная составляющая идеологии тоталитарного государства, она также нередко «научно» подтверждала правомерность

политического курса, вынуждая исследователей корректировать достоверные выводы или искать новые «аргументы» в пользу целесообразности той или иной мифологемы. К сожалению, такие установки часто направляли движение научной лингвистической мысли по ложному пути: «К стыду нашему, – пишет С.В. Виноградов, – лингвисты покорно осуществляли “научное обеспечение” неверных политических решений» [1, с. 52]. В русле наших рассуждений это справедливое утверждение можно конкретизировать следующим образом: благоприятные условия для формирования действительно сбалансированного двуязычия в многонациональном Советском государстве последовательно и целенаправленно разрушались именно внедрением идеологемы «национальной по форме и социалистической по содержанию культуры», в рамках которой национальные языки трактовались только как своеобразная «форма». В этом контексте языковая политика, направленная на акцентированное продвижение формы национально-русского двуязычия, определялась исключительно политическими соображениями, которые вели, как показывает опыт, к обезличиванию каждого из компонентов языковой модели.

Теоретическая необоснованность советской языковой политики, признающей в условиях полиэтничного и многоязычного сообщества народов оптимальной только модель национально-русского двуязычия, естественно, сменилась в конце 80-х годов XX в. языковой политикой молодых суверенных стран, зеркально отразившей идеологические установки современной национальной политики. Понятно, что законодательная регламентация функций национальных языков – это своеобразная реакция на единство советской национально-языковой политики, наивысшее «достижение» которой – признание приоритета формы национально-русского билингвиз-

ма. Этническая маркированность одного из компонентов этого типа билингвизма, как представляется, и стала причиной, которая мобилизовала усилия идеологов новой языковой политики на то, чтобы четко маркировать второй компонент двуязычной формулы межэтнического взаимодействия, закрепив правовым путем смену языковых приоритетов. И снова без тщательного изучения и учета конкретной социолингвистической ситуации политические акценты определяют своеобразие этноязыковых процессов в суверенных государствах, под давлением которых формируется новая модель языкового сосуществования полиэтничного социума.

Как видим, амплитуда политических колебаний так интенсивно влияет на характер языковой политики, что язык – самый чуткий индикатор этнической самобытности народов, обеспечивающий духовные потребности каждого этноса, – вынужденно оказывается то в «резервациях», то в «оранжереях», реально нуждаясь только в благоприятных условиях для своего естественного функционирования. Убеждены, что любые попытки искусственного ускорения или торможения этноязыковых процессов в контексте требований языковой политики в определенной степени влияют как на сознание отдельной языковой личности, так и целых этнических общностей, но основу исторически сложившейся языковой среды, объективный фундамент которой – межэтническое толерантное взаимодействие и согласие формирующих ее народов, затрагивают лишь отчасти. Взгляд на языковую действительность «сверху», сквозь призму языковой политики, без учета специфики каждой из конкретных ситуаций, порождает то единство, от которого так старательно теоретически уходили авторы языковой доктрины новых государств, но практически, без знания лингвистической ситуации во всех ее дифференцированных проявле-

ниях, не смогли изменить действующую модель эффективного взаимодействия представителей полиэтничного социума.

Значительный опыт советской социолингвистики убеждает в том, что именно идеологическая составляющая языковой политики подготовила реальную почву для безальтернативного закрепления той формы межэтнического общения, которую вынуждены были принять все без исключения нерусские народы, «добровольно» признав ее соответствующей своим социокультурным потребностям. Лингвистическая составляющая, к сожалению, не вышла на передний план и в рамках новой языковой политики молодых суверенных стран, двадцатилетний опыт социолингвистических исследований в которых отражает все то же отсутствие альтернативы, но теперь уже для русскоязычного населения. Не только объявив отдельные национальные языки государственными, но и включив проблему их освоения в систему квалификационных требований, что существенно ограничивает социально-профессиональную мобильность «нетитульного» населения, теоретики языковой политики превратили язык в орудие решения задач, далеких от лингвистической науки. По своим результатам языковая политика оказалась, по сути, сходной в советский и постсоветский периоды именно потому, что и в одном, и в другом случае конкретный взгляд «снизу», из недр сложившейся языковой среды, не был принят во внимание.

Феномен языковой политики по определению немислим вне широкого контекста национальной политики государства, и любые попытки уточнить значение термина *языковая политика* ведут специалистов к необходимости определить удельный вес «политического» и «собственно лингвистического» в содержательной структуре этого концепта. Развитие советской социолингвистики было невозможно без

признания идеологической установки тоталитарного государства по национальному вопросу. Пытаясь «выравнивать» социокультурный уровень нерусских народов, приобщая их к «советскому образу жизни», идеологи языковой политики, безусловно, знали слова В.И. Ленина о том, что «обязательный государственный язык сопряжен с принуждением, вколачиванием» [2, с. 295], однако в реальной практической деятельности это ленинское положение постоянно и повсеместно нарушалось во имя неких высших государственных интересов. По образному выражению И.А. Бодуэна де Куртенэ, этот «молох государственности» уже в начале XX в. целенаправленно вел к разрушению самобытности народов, закладывая основы межэтнического кризиса, который трагически завершился на исходе столетия. Человек планетарного мышления, он был глубоко убежден, что «культ государства, государства ради, должен уступить место мировоззрению, что государство существует только как канва для успешного развития и процветания содержащихся в нем собирательных и чисто индивидуальных особей» [3, с. 28]. Это прозвучавшее в начале века заявление ученого воспринимается как пророческое в контексте событий XX в., когда *страна, давно перестав выражать интересы всех своих народов и всех своих граждан, неминуемо пришла к распаду*.

В многонациональном Советском государстве реакция нерусских народов на форму унитарной национально-языковой политики всегда оставалась психологически острой, но, к сожалению, формируя основы новой языковой доктрины, идеологи постсоветских стран избрали систему тех же двойных стандартов: они не только принципиально сохранили систему логической взаимосвязи языковой и национальной политики, но и пошли гораздо дальше советских идеологов по

пути усиления ее идеологического звучания. Идеология этнонационализма, определяющая «демократическое» движение суверенных стран, *закрепляет законодательным образом «обязательный государственный язык»*, откровенно превращая его в политический инструмент достижения определенных целей. В этом, как представляется, кроется один из нюансов существенного отличия современной языковой политики в странах нового зарубежья от советской доктрины языкового развития общества.

Гармония межэтнических отношений в полиэтничном сообществе возможна, полагаем, лишь в случае, если политические акценты в языковой политике будут постепенно нивелироваться в той степени, в какой социолингвистические её аспекты будут актуализироваться. Думается, что перспективный путь поиска оптимально эффективной модели языкового сосуществования в полиэтничных условиях суверенных государств зависит от того, как скоро они определяют свою индивидуальную модель конституционного или законодательного регулирования языковых проблем. Обращение к опыту мировой социолингвистики могло бы существенно ускорить процесс такого поиска. Так, к примеру, если в Советском государстве опыт правового регулирования национально-языковых отношений практически (кроме республик Закавказья) отсутствовал, то, по данным канадского ученого Дж. Тури, «большинство стран мира все-таки предпочитают решать эти проблемы законодательным путем: из 147 обследованных стран в конституциях 110 имеются статьи, регулирующие языковую практику» [4, с. 3]. Заметим, кстати, что отечественная социолингвистика потому и не накопила подобного опыта, что развивалась в контексте унитарной национально-языковой политики тоталитарного государства, где научная ценность результатов любых ис-

следований измерялась шкалой политической лояльности автора.

К сожалению, двадцатилетний опыт языкового развития стран нового зарубежья подтверждает эту мысль: вопиющее незнание конкретной лингвистической ситуации «лингвополитики» пытаются регулировать единством требований национально-языковой политики. Более того, как выяснилось в ходе нашего анализа, «лингвополитические» притязания государственных языков, неконгруэнтность юридического и фактического статусов которых не нуждается в доказательствах, обусловлены не объективными научными фактами, а эмоциональной риторикой об уникальности и величии национальной культуры. С начала 90-х годов «научный» дискурс текстов XX в., средств массовой информации, а затем и социолингвистических описаний в странах нового зарубежья, так или иначе связанных с государственными языками «титულიной» нации, до такой степени оказались насыщенными экспрессивными лексемами типа «гармония», «любовь», «совершенство», «благозвучие», «чистота», «красота», что, как тонко подметил А.Ф. Фелелов, в таком случае «язык становится тотчас же Родиной» [5, с. 317]. Социальный авторитет этой своеобразной лингвистической мифологии заменил, как выясняется, поиск лингвистического обоснования «новой» языковой политики, однако проступающий за эмоциями мощный концептуальный базис четко актуализирует оппозицию «свой – чужой» в суверенных постсоветских государствах. «*Чужими*» в независимых постсоветских странах, как оказалось, стали представители «нетитульного» населения.

Судьба русского и русскоязычного населения была predetermined уже в ходе разработки концепции новой языковой политики – центрального звена доктрины этнонационализма, ставшей основой государственной идеологии. Сопоставле-



ние причин и следствий новой языковой политики позволило нам выявить в ходе исследования составляющие той логической схемы, реализация которых привела к этому запрограммированному результату: *включив правовые механизмы, работающие на фактическое доминирование государственного моноязычия, авторы новой языковой концепции осознанно превратили язык в мощный инструмент идеологии этнонационализма*. Вопреки требованиям лингвистической ситуации этнополитическая составляющая языковой политики постсоветских независимых государств в течение двадцати лет старательно разрушает систему толерантного культурно-языкового взаимодействия народов, нарушает атмосферу психологического комфорта и межэтнического согласия, меняет профессиональные и социальные акценты в ходе целенаправленной стратификации населения по этническому признаку, деформирует аксиологическую шкалу идентификации и самоидентификации не только русского, но и русскоязычного населения. Этот перечень негативных следствий, порожденных механизмами новой языковой политики, можно продолжить, но признать его объективно необходимым даже для сохранения и совершенствования национальных языков и культур вряд ли можно не только на уровне теоретического, но и обыденного сознания. Значение естественного права народов, веками формировавшегося для сохранения среди других своей самобытности, идеологи постсоветских стран пытаются, вопреки реалиям социолингвистической ситуации в каждом из регионов, искусственно завышать для «титульных» и занижать для «нетитульных» этносов, используя язык как орудие их социально-политической дифференциации.

Этнополитический фактор, максимально усиливший стратификацию полиэтничного социума, поставил социолингвистов суверенных стран в сложное

положение, лишив возможности сверять с реалиями лингвистической ситуации теоретические построения, характер которых должен строго соответствовать параметрам, заданным языковой политикой. Лишь возвращение к объективному анализу действительно сложившейся языковой ситуации в условиях мощных политических, экономических, социальных и культурных преобразований развивающегося общества даст возможность лингвистам повлиять не только на трансформацию политических акцентов языковой доктрины, но и, шире, на этнополитическую ситуацию в новых странах. Но это, скорее, перспектива, а данность состоит в том, что большинство исследователей в странах нового зарубежья, наконец, стали открыто признавать политический фундамент современных этноязыковых процессов и при ином соотношении социолингвистических составляющих искать аргументы в пользу русско-национального двуязычия. «Современная ситуация на Украине, как, впрочем, и в большинстве других государств СНГ, такова, что никакие лингвистические и социолингвистические особенности языкового контактирования не принимаются во внимание: все *решает* (выделено нами – *Е.П.*) *политическая ориентация*» [6, с. 299], – пишет, к примеру, В.Н. Манакин.

Мощные этноязыковые процессы, продолжающиеся в суверенных постсоветских государствах два десятилетия, убедили большую часть социолингвистов в том, что полноценный дискурс «титульной» языковой личности в полиэтничной среде возможен только в условиях реабилитации самого феномена билингвизма и закрепления той его социально ориентированной формы, которая в равной мере необходима как отдельному индивиду, так и обществу. Полагаем, что эта констатация позитивного начала в билингвальной модели на фоне деструктивных процессов, трансформирующих реалии языковой си-



туации, чрезвычайно важна, потому что социальные потребности самореализации языковой личности в быстро меняющемся мире сопряжены с высокой языковой мобильностью, которая немислима в рамках владения одним языком, каким бы статусом он не был отмечен. Чем выше уровень этнического и языкового самосознания личности, тем интенсивнее её социальная потребность в полноценном самовыражении, которое заключается в способности отдельной языковой личности достойно представлять в многоязычном сообществе самобытную культуру своего народа в гармоничном согласии с носителями других национальных культур, не ущемляя собственного достоинства и уважая право других быть по-своему уникальными.

Анализ причин изменения статуса русского населения в странах нового зарубежья позволил нам выявить, что там, где политическая составляющая в реализации языковой доктрины сильнее, речь вообще не ведется о билингвизме в любой из форм его проявления; там же, где учет лингвистических реалий более ощутим, в социолингвистических описаниях появляются тенденции, отражающие поиск тех вариантов двуязычия, которые могли бы оптимально удовлетворять в новой ситуации языковые потребности разных групп полиэтничного населения. Апробированная временем и проверенная отечественным и мировым лингвистическим опытом модель дву- и полиязычия сохраняется в постсоветских государствах как важнейшее достижение мудрости народов и достояние, исторически формировавшееся долгие десятилетия в процессе их толерантного взаимодействия на определенной территории. Этот феномен показателен как факт, с которым следует не просто считаться, но учитывать и максимально использовать для восстановления билингвальной модели общения, придавая ей ту форму, в которой нуждается современное полиэтничное

население суверенных стран, несмотря на официальные требования языкового законодательства.

Политическая «титовая» элита, получившая образование на русском языке и хорошо владеющая его литературной формой, целенаправленно «не замечает» в контексте общей идеологии государственного развития сохранившуюся потребность большей части населения потреблять по-прежнему значительные объемы информации на русском языке. Рецидив «лингвистической войны» за двадцать лет суверенного развития новых государств неоднократно напоминал о себе в печатных и электронных средствах массовой информации, отражая диспропорцию возможностей и потребностей личности в полиэтничном социуме. Однако эта глубоко симптоматичная рефлексия, социальная значимость которой со временем усиливается, часто остается без внимания «титовых» специалистов, поддерживающих таким образом иллюзию о достаточном уровне знания русского языка без его специального изучения. Объективная же оценка той формы русского языка, которая ситуативно проявляется в локальной и малоактивной лингвистической среде, вызывает тревогу уже потому, что идет интенсивное разрушение баланса между двумя планами речевой компетенции – рецепции и продукции. Пассивные формы использования языка ведут этнических носителей русского языка, по нашим данным, к деформации, размыванию, а затем и разрушению мотивации и самой потребности в активных навыках речевой деятельности на родном языке. Дисгармония процессов восприятия и продуцирования речевых текстов на русском языке порождается, как с беспокойством отмечают русскоязычные специалисты, целой системой факторов, главным из которых выступает этнополитический. Изоляция русского населения постсоветских стран от своей этнической

среды, с одной стороны, и мощный пресинг механизмов реализации языковой политики, с другой – привели к тому, что степень его языковой активности стала резко снижаться. Обретая черты языка диаспоры, русский язык в таких условиях стремительно теряет живительный источник своей современной литературной формы – разговорную речь как уникальный феномен, где только и формируется неповторимый колорит языка, его яркие краски. Это, как представляется, приведет к архаизации той региональной разновидности русского языка, которая не нуждается при этом в активном притоке новой лексики, в освоении современных грамматических и стилистических форм выражения, знании тех стереотипов, без которых невозможна интенсивная речевая коммуникация.

Исследователи русского языка *дальнего зарубежья* (Е.А. Земская, М.Я. Гловинская, Н.И. Голубева-Монаткина) во многом подтверждают наши опасения, обращая при этом внимание и на тот факт, что, предмет частой и глубокой языковой рефлексии, русский язык в жестких условиях эмиграции проявляет поразительную стойкость. Е.А. Земская, к примеру, пишет, что изученные ею обширные материалы «не дают оснований говорить ни об умирании русского языка за рубежом, ни о его пиджинизации» [7, с. 31]. Несмотря на некоторую условность параллелей, заметим, что и русские мигранты новых постсоветских государств, пережив мощный стресс в конце 80-х – начале 90-х годов, пытаются в новых этнополитических условиях, осваивая язык «титულიной» нации, сохранить родной язык в его полноценной социолингвистической парадигме. К сожалению, новые этноязыковые процессы и геополитические реалии не только значительно сужают его функциональное поле, но и ведут к безусловному изменению его качества. Пассивные формы речевой коммуникации, которые формируются в про-

цессе прослушивания радиопередач или просмотра телепередач в ограниченном по времени варианте, вряд ли способны удовлетворить в полном объеме социокультурные потребности русского населения без активной и творческой языковой самореализации. Подчеркнем, что без серьезного образовательного поля, качественной эфирной и печатной продукции, доступных периодических изданий на русском языке, а главное, профессиональной и социокультурной мобильности русскоязычной личности общий этнополитический контур будет и далее деструктивно влиять на характер протекания этноязыковых процессов, усиливающих стратификацию полиэтничного сообщества в независимых постсоветских государствах.

Этноязыковые процессы рубежа веков настолько значительны, что они привели к фактическому изменению не только лингвистической, но, шире – этно- и геополитической ситуации. В эпицентре масштабного преобразования постсоветского пространства и общества раньше других оказались нерусские народы, сформированная государственность которых позволила называть их «титульными». Негативные же последствия уже на первом этапе кардинальной трансформации коснулись «нетитульных» народов, которых в правовых и официальных документах стран нового зарубежья принято именовать нацменьшинствами. Среди них подчеркнута выделяется русское «суперменьшинство», вынужденное заново осознавать себя и свой статус в независимых постсоветских государствах.

Социолингвистическое осознание феномена «русскости» стало возможным лишь благодаря формированию такой научной парадигмы, в рамках которой язык рассматривается «как когнитивный процесс, осуществляющийся в коммуникации» [8, с. 54]. Учитывая ту уникальную роль, которую сыграл русский язык в

судьбе нерусских народов в советском государстве и за его пределами, признание «русскости» не требовало доказательств, что снимало проблему её намеренной актуализации и необходимость теоретического описания, хотя практически, в рамках межкультурной коммуникации, такая потребность конституирования свойств «русскости» ощущалась достаточно остро. Но, рассуждает Л.О. Чернейко, «как наше личное незнание ничего не изменяет в природе, так невладение содержанием абстрактного имени ничего до поры до времени не меняет в языке этноса, зато меняет (выделено нами – Е.П.) в структуре сознания индивида [9, с. 128]. Если индивидов с лакунами в сознании много, то может что-то поменяться и в культуре этноса; другими словами, если акустический образ имени «русскость» не на слуху, не витает в воздухе, не становится предметом акцентированного внимания исследователей, то это означает, что для носителей языка нет и содержания, которое надо осваивать, и это тревожный сигнал о процессе «размывания» их русской самобытности.

Ослаблению процесса этнической идентификации способствовали причины разного характера, следствия которых стали очевидными в значимых событиях последнего десятилетия XX в., но истоки трагедии следует искать в более глубоких пластах истории и психологии русского этноса. Импульс к последовательному разрушению русской этничности был задан еще политическими резолюциями X и XII съездов ВКП(б). С этих пор любое проявление русского национального сознания воспринималось как проявление великодержавного шовинизма, корректировалось целой сетью социальных институтов, призванных блюсти «фактическое» равенство в «единой семье дружных советских народов». Интенсивными стараниями многих поколений таких идеологов фундамент «русскости» постепенно деформировался

и становился все более безликой универсальной «советскостью»; сами русские стали в значительной степени ассоциироваться с советским народом, замыкая на себе негативные результаты развития различных сфер материальной и духовной жизни тоталитарного государства.

Заложив прочный фундамент национально-языковой политики, которая разрушала баланс интересов полиэтничного и многоязычного сообщества и держала все этнокультурные группы в специфическом «тонусе» комплекса неполноценности, советские идеологи поддерживали иллюзию заботы о «старших» и «младших» братьях одновременно. В современных этнополитических и социокультурных условиях постсоветских стран их взаимоотношения в очередной раз проходят испытание на прочность. Весь спектр претензий к идеологической машине и государственной системе усилиями новых идеологов экстраполируется на один из народов «единой исторической общности» – русский. Чтобы добиться такого психологического стресса, в котором пребывают русские, нужным оказалось «немного»: разрушить сложившуюся инфраструктуру русской культуры через отторжение, забвение, а затем и полное исчезновение главного маркера ослабленной русской этничности – русского языка; объявляя русский язык «нестатусным», а русское население «нацменьшинством», закрыть школы, театры; свернуть книгоиздательскую деятельность и выпуск периодики, сократить время радио- и телевидения на русском языке; соблюдая непродуманно жесткие сроки, требовать знания государственного языка в объеме профессиональной деятельности; желая максимально отеснить русских абитуриентов, переводить профессиональное обучение на государственный язык, не считаясь с наличием квалифицированных специалистов; учитывая высокий социокультурный, в том числе образовательный

и профессиональный потенциал, выдавливать русских специалистов из сферы квалифицированного умственного труда; забывая о собственной «советскости», связать новые социально-экономические трудности с наследием тоталитарного государства, персонифицированном в русских. Системное разрушение социально-культурной ниши русского населения, как это ни парадоксально, стало свидетельством успешного завершения процесса окончательной суверенизации бывших союзных республик. Следующий шаг – перенесение акцента с этнокультурных проблем на социально-экономические – был не менее сложным для «нетитульного» населения, но, безусловно, логичным: получив в условиях жесткой этнократической политики ключевые посты в государстве, «титульная» элита немедленно приступила к неизбежному переделу ресурсов, земли и собственности. Эти действия стали новым и мощным рычагом психологического давления на местных русских, существенно усиливающим напряженность межэтнических взаимоотношений.

В рамках взаимоотношений русского и «титульного» народов всех независимых постсоветских государств есть составляющая, которая усугубляет их, – это «титульная» элита, любыми средствами стремящаяся повысить статус государственных языков и других элементов этничности «титульных» народов. Посягнув на языковую и культурную идентичность русского населения, новые лидеры суверенных государств не только отстранили представителей русского народа от власти, но нарушили основы их социальной мобильности, сузив доступ к образованию, информации и лишив полноценной самореализации. Более того, используя различные стратегии дискриминации русских, «титульные» лидеры стремятся вытолкнуть их с территории своих государств или добиться такой модификации этнического сознания,

которая усилит процессы их вынужденной адаптации и ускоренной интеграции в общество новых государств. Политика и идеология этнонационализма были и продолжают оставаться в новых независимых государствах основным фактором, усугубляющим степень кризисности этнического сознания русского населения, которое испытывает мощное давление на каждую из составляющих своей этничности и, прежде всего, на основной ее индикатор – язык.

Изначальная несостоятельность идеи построения на базе многонациональных союзных республик моноэтнических государств проявилась в трагическом несоответствии общего сценария новой этнополитической ситуации исторически сложившимся в постсоветских странах реалиям, среди которых – толерантное взаимодействие всех этнокультурных групп и эффективное межэтническое общение в рамках национально-русского двуязычия. Достаточно гармоничное развитие полиэтнического языкового сообщества каждой из союзных республик, во многом predetermined советским образом жизни, акцентированной доминантой которого стал русский язык и русская, а затем и советская культура, было прервано принятием законов о языках. Учитывая масштабы распространения национально-русского двуязычия, можно утверждать, что языковое законодательство, имплицитная конфликтность которого была обусловлена гарантиями полноценного функционирования национальных языков лишь «титульных» этносов, отразило, по сути, требования политической элиты без учета мнения и вопреки желанию не только национальных меньшинств (читай: русскоязычного населения), но и большинства «титульного» народа. По-видимому, эта солидарность большей части «титульного» этноса с нацменьшинствами, которые ассоциировались внешними наблюдателями и сами причисляли себя

к русскоязычному населению, и не позволила разрушить поле межэтнической толерантности, контуры которого благодаря русскому языку четко очерчены и прочно сохраняются в сознании полиэтничного языкового сообщества каждого из новых государств.

Отмеченная с конца 80-х годов поляризация полиэтничного социума союзных республик, разделившегося на «титульных» и «нетитульных», произошла на этнической основе, что уже не вызывает сомнений у политологов и констатируется специалистами из смежных наук как универсальная антиномия. Определяя свое место в полиэтничном и многоязычном сообществе, системно меняющемся под влиянием этнополитических факторов, каждая из этнокультурных групп стремится сохранить полноценную парадигму своей самобытности. Дискомфорт этнокультурной общности, заново оценивающей истоки самобытности в стремительно меняющемся мире, как известно, многократно увеличивается в переломные эпохи, когда разрушение традиционных представлений заметно опережает процесс формирования новой аксиологической системы, порождая определенный ценностный вакуум, возвращающий отдельную личность и каждую из этнокультурных групп общества к истокам своей «самости» – этнической идентичности.

Высокая культура преемственности поколений, безусловно, проявляется в традициях сохранения и приумножения того самобытного фундамента, который закладывается этнической идентичностью. Искусственное ее возбуждение или целенаправленное игнорирование ведут к опасным последствиям не только для всего этноса, но и для каждого из его представителей, потому что этническая идентичность – это один из базовых элементов общей идентификационной системы, которая меняется, вызывая параллельно изменение всех ком-

понентов, позволяющих личности отождествлять себя с другими в разной системе координат. Полагаем, что та этническая энергия, которая на рубеже столетий разрушила одно из мощных государств мира и способствовала невероятным по темпам преобразованиям, завершившимся созданием новых самостоятельных государств, действительно идет из тех глубин традиционно-ценностного сознания, которое стихийно формировалось в процессе исторической жизни каждой этнической группы и нашло свое выражение в комплексе морально-психологических регуляторов, которые в классической философской и правовой литературе получили название «естественного права». Трансформация «советской идентичности», «советскости» будет продолжаться у «титульных» и «нетитульных» народов в постсоветских государствах еще не одно десятилетие именно потому, что она представляет собою органический симбиоз этнической идентичности народов, благодаря естественному праву сохраняющих свою самобытность, и системы социальных идентичностей, заданных авторитарными институтами политической идеологии единого государства. Эта биполярность формировалась в своеобразных условиях путем искусственного соединения в единую психологическую систему этнических, конфессиональных, социальных, гражданских представлений, которые в рамках идеологически заданного типа культуры превращались в набор интериоризованных черт, норм и форм поведения советского человека. Доминантой «советскости» признавалась та ее составляющая, которая интенсивно и целенаправленно определялась идеологами «советский характер», «советский образ жизни», «единая историческая общность – советский народ». Намеренное элиминирование различий и разрушение естественного права между социальными субъектами огромного государства, настойчивое стрем-



ление к торжеству подобия привели к формированию своеобразного ценностного сознания советских людей. Его специфика в условиях политической тотальности проявлялась в гипертрофированной готовности к «выравниванию» и универсальному единению, что особенно заметно отражалось в урбанизации и интеллектуализации общества. Стремясь максимально соответствовать советскому образу жизни, усиленно культивируемому идеологическими институтами государства, все народы многонационального социума должны были отказаться от естественного права быть собой и подчиниться единым институциональным требованиям.

Оценивая определение, которое дал один из ведущих западных психоаналитиков Э. Эриксон концепту «идентичность», известный политолог Д. Лейтин назвал его [определение] «двуликий Янус культуры» [10, с. 80]. Биполярность «советскости» – это, действительно, «двуликий Янус культуры», один из полюсов которого – традиционные нравственные ценности этноса, а другой – это ценности общества с его предписаниями, установленными ролями, нормами поведения, социальными правилами игры. Чтобы понять сущность «советской идентичности» и оценить объективно степень ее устойчивости, необходимо помнить как о каждой из ее составляющих, так и о разной «глубине» их залегания. Если ценности общества, объективированные в правовых, политических, хозяйственных нормах, нацеленные на формирование солидарности в интересах государства, деформируются в ходе его разрушения или изменения, то они же и быстро формируются в новых условиях под влиянием идеологических детерминант конструируемого государства.

Новый тип тотальности, успешно складывающийся в постсоветских странах, взявших курс на построение государств этнократического типа, разрушил

не только социальную составляющую «советской» идентичности и «титულных» и «нетитулных» народов, но и посягнул, правда, избирательно, отметим это, на *естественные права этнических групп, отнесенных к нацменьшинствам, в состав которых включил и русское «суперменьшинство»*. Естественное право малой или большой этнической группы – это константа, без которой немыслимы не только межэтническая толерантность, но и сам факт сосуществования разных народов – носителей уникальной культуры. Любое вмешательство в ментальное пространство народов, исторически регулирующееся системой нравственных императивов, можно признать эффективным лишь в той степени, которую допускает именно это естественное право. Гармония личности, общества и государства возможна в том случае, если приоритеты естественного права, претерпевая в современном обществе существенную эволюцию, все же сохраняются как такие ценности, которые подлежат легитимной охране государством и обществом.

Ключевая проблема национальной жизни в современных постсоветских странах – целенаправленное выяснение отношений между государственными институтами и этническими общностями – была задана языковой политикой, лингвистические и нелингвистические следствия которой, подчеркнем это, ощущают как «титулные», так и «нетитулные» народы. До тех пор, пока все этнические сегменты общества не обретут равенства возможностей, закрепленного действием правовых регуляторов, и речи не может быть о действительных процессах межэтнической интеграции ради достижения единой цели. Отрицательная энергия целенаправленно извлеченной и политизированной этнической составляющей противоречит естественному праву народов и ведет к такой психологической

напряженности в полиэтничном и многоязычном обществе, которая чревата открытыми столкновениями и затяжными внутренними конфликтами.

### Цитированная литература

1. **Виноградов С.В.** Русский язык – национальный язык – государственный язык // Вестн. МГУ. – 1990. – № 5.
2. **Ленин В.И.** Полн. собр. соч. Изд. 2-е, доп. – М.: Политиздат. – Т. 24.
3. **Бодуэн де Куртенэ И.А.** Возможно ли мирное сожительство разных народностей в России? // Отечество. Пути и достижения национальных литератур России. Национальный вопрос. – Пг., 1916.
4. **Солнцев В.М., Михальченко В.Ю.** Языковые проблемы в РФ и мировой опыт решения языковых проблем // Материалы Международ. конф. / Отв. ред. В.М. Солнцев, В.Ю. Михальченко. – М.: ИЯ РАН, 1996.
5. **Фефелов А.Ф.** Уроки французского (культура русской речи в свете французской

языковой идеологии) // Рус. яз.: историч. судьбы и современность: Междунар. конгресс: Труды и материалы / Под ред. М.Л. Ремневой, А.А. Поликарпова. – М.: Изд-во МГУ, 2001.

6. **Манакин В.Н.** Проблемы близкородственного двуязычия в условиях современной Украины // Материалы Междунар. конф. / Отв. ред. В.М. Солнцев, В.К. Михальченко. – М.: ИЯ РАН, 2001.

7. **Земская Е.А.** Язык русского зарубежья // Рус. яз.: историч. судьбы и современность: Междунар. конгресс: Труды и материалы / Под ред. М.Л. Ремневой, А.А. Поликарпова. – М.: Изд-во МГУ, 2001.

8. **Кубрякова Е.С.** Актуальные проблемы изучения словообразовательных систем славянских языков // Науч. докл. филол. фак-та МГУ / Под ред. М.Л. Ремневой, Е.З. Цыбенко. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – Вып. 3.

9. **Чернейко Л.О.** Лингво-философский анализ абстрактного имени. – М.: МГУ, 1997.

10. **Лейтин Д.** Теория политической идентичности // Этническая мобилизация и межэтническая интеграция / Сост. и отв. ред. М.Н. Губогло. – М.: ИЭА, 1999.

УДК 372.874

В.Ф. Гуцу, канд. пед. наук, проф.  
Н.Н. Ушинурцева, канд. пед. наук, доц.

## ПОЛИКУЛЬТУРНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО КАК ФАКТОР СОЦИАЛИЗАЦИИ ЛИЧНОСТИ

*Осуществлен анализ методов и средств формирования личности в поликультурном образовательном пространстве на основе принципов диалогичности, культурного релятивизма, сочетания национального достоинства и уважения к общечеловеческим ценностям. Раскрыто понимание поликультурного образования как основного ресурса развития личности в демократическом обществе.*

Проблемы социализации личности активно обсуждаются и теоретиками – филологами, учеными, педагогами, психологами, и практиками учебно-воспитательного

процесса – учителями школ, преподавателями вузов. Такой всевозрастающий интерес объясняется разнообразием и динамичностью требований общества к личным



качествам человека, обеспечивающим его включение в социальную систему. Важнейшим направлением социализации выступает в настоящее время формирование поликультурной личности. Оно ориентировано на разрешение социальной проблемы преодоления противоречия между потребностью общества в развитии в каждом индивиде способности в продуктивном диалоге с представителями разных культур и сохранением в ментальности этнических общностей рецидивов негативных тенденций – национализма, этноцентризма, взаимного социально-психологического дистанцирования и ксенофобии, о чем убедительно свидетельствуют репрезентативные социологические исследования последних лет. Определяющая роль в разрешении этого противоречия принадлежит системе образования.

В то же время сама образовательная система столкнулась с проблемой разрешения противоречия между целями формирования национального достоинства граждан, ценностной ориентации на политическую независимость и развитием уважительного отношения к достижениям культуры других народов.

Отмеченные выше специфические особенности современного общества имеют принципиальное значение для системы образования как одного из главных государственно-общественных институтов, ответственных за организацию общего духовного пространства; духовное воспроизводство, функционирование и развитие современного общества; подготовку молодежи к надэтнической реальности; обеспечение возможности полноценной социализации каждого индивида независимо от его национальной, языковой и культурной принадлежности.

Новые тенденции национального развития выдвигают перед образованием в качестве задачи первостепенной важности вопросы подготовки молодого поколения

к жизни в полиэтническом пространстве, формирования у молодежи целостной картины социального мира, планетарного сознания. Образование, отвечающее запросам времени, направлено не только на репродукцию прошлого, но и на конструирование будущего, оно призвано развиваться в контексте поликультурности. Поэтому целью социально-педагогического анализа, представленного в данной статье, является изучение инновационного потенциала современного образования в реализации принципа поликультурности в развитии человека. Теоретико-методологическую основу осмысления проблемы и путей ее решения составляют философские идеи о воспитании и его социальных функциях Платона, К. Гельвеция, Ж.-Ж. Руссо, И. Канта, И. Гербарта, антропологические концепции этноцентризма и культурного релятивизма М. Саммера, диспозиционных установок личности В. Ядова, парадигмы диалога культур М. Бахтина, У. Макбрая, учение о факторах социального конструирования реальности П. Бергера и Т. Лукмана, о роли этнопедагогики в воспитательном процессе Г. Волкова, В. Ботнару, Н. Силистрару, принцип полиэтничности в общении и образовательном пространстве В. Борисенко, О. Гукаленко, А. Данилюка.

Категория «образовательного пространства» вошла в оборот в философской и педагогической литературе с конца 80-х годов XX в. и начала широко использоваться в исследованиях и государственных документах в 90-х годах. Ценный методологический подход к пониманию образовательного, как и любого социального пространства, сформулировал Г. Костинский вслед за М. Хайдеггером, представляя пространство как единство территориально-предметной и смыслопорождающей деятельности [1, с. 124]. Образовательное пространство связывает территорию, районы и учреждения в единый пространствен-

но-культурный континуум, объединенный семиотическим пространством культуры. В семиотически неравномерном пространстве культуры выделяются, по определению Ю. М. Лотмана, так называемые ядерные структуры, вокруг которых структурируется, объединяется в целостность остальное образовательное пространство: «В ядре располагаются доминирующие семиотические системы» [2, с. 12].

Методическим основанием системы ценностей современного образования выступает культура. В ее функциях сокрыта та роль, которую она играет в обществе. Необходимо подчеркнуть, что человек формируется лишь вследствие своего приобщения к культуре, а потому человекотворческая функция может выступать в качестве главной функции культуры. И именно из нее вытекают и ею определяются остальные функции – передача социального опыта, регулятивная, ценностная и знаковая. Ряд исследователей (Ю.В. Арутюнян, Л.М. Дробижева, В. И. Белый, Н.М. Лебедева и др.) считают, что культура способствует объединению народов, развивает национальное самосознание и интернационалистические ориентации людей. Она должна выступать универсальным прогрессивным фактором в развитии многонационального общества, отдельных народов, наций и определенной личности.

Существенные характеристики поликультурного образования базируются на национальных ценностях в сочетании с общечеловеческими. Содержание образования определяет формирование планетарного мировоззрения и базовой культуры личности. Функционирование проходит в рамках поликультурного общества и полиэтнического социального пространства. В технологиях учебно-воспитательного процесса ведущими выступают принципы поликультурности, личностно-ориентированного подхода, сочетания глобализма и регионализации, диалога культур.

Для того чтобы человек не утратил свою целостность в сложном, постоянно меняющемся мире, пространство его жизни должно быть поликультурным. Поликультурность – это способность личности интегрировать в своем сознании различные культурные пласты, области, смыслы, значения. Одним из ведущих механизмов реализации поликультурности является диалог. Подлинным субъектом культурно-исторического и образовательного пространства человек становится через постоянное «общение-действие». Он обретает собственный образ сквозь призму общения, утверждает себя в мире, ведя непрерывный диалог как с другими субъектами, другими культурами, так и с самим собой.

Социальный институт образования выполняет исключительно важную функцию в социализации личности, подготовленной для успешной деятельности в гетерогенной мультиэтнической среде. Это достигается, прежде всего, в результате использования богатейших возможностей системы образования в преодолении этноцентризма. Как подчеркивал А.А. Потебня: «Образование неразлучно со стремлением выйти за пределы одного народного общеобязательного, старается пренебрегать несущественными различиями. Образованный ум от всякого мнения требует истины, от художественного произведения – красоты, от учреждения – целесообразности» [3, с. 119]. Образованный человек ориентируется на достижения в любой культуре, наиболее соответствующие решению актуальных проблем современности, и менее всего склонен абсолютизировать «свое» вопреки «иному» только потому, что оно «чужое».

Поликультурное образование представляет новую социальную реальность, которая нашла свое отражение в современной личностно-ориентированной теории воспитания. Эпицентром личностно-

ориентированного образования является человек, познающий и творящий культуру путем диалогического общения. Это образование, которое обеспечивает личностно-смысловое развитие учащихся, поддерживает индивидуальность, уникальность и неповторимость каждой личности, опираясь на ее способность к саморазвитию.

В ходе данного процесса происходит сопоставление элементов культуры другой страны со знанием родной культуры, что дает возможность подтвердить идею многообразия культур, уяснить особенности культурных проявлений, обусловленных спецификой экономического, политического и социального развития, принять эти особенности как данность, учитывать их во взаимоотношениях с носителями других культур. При этом важно воспитать у учащихся чувство уважения к культурным достижениям другого народа, сопричастности к его проблемам и трудностям, развить стремление к культурному сотрудничеству с зарубежными странами [4, с. 41]. Теория поликультурного личностно-ориентированного образования раскрывает его сущность и закономерности функционирования: 1) на уровне определения индивидуально-возрастных особенностей социализации; 2) принципов образовательной политики, определяющей концепцию проектирования учебных программ; 3) как общее направление современного развития социального института образования. Поликультурное образование следует понимать как основной ресурс развития личности в контексте открытого, информационного, демократического общества [5, с. 98–99].

В формировании качеств поликультурной личности принимают участие практически все социальные институты – семья, политика, экономика, религия, сфера досуговой деятельности, способные оказывать на мировоззрение и менталитет индивида неоднозначное воздействие

как в духе культурного релятивизма, так и этноцентризма. Социально-психологическая, идеологическая направленность этого влияния обусловлены объективными обстоятельствами и трудно поддаются сознательному воздействию в государственном масштабе.

Система образования, в отличие от перечисленных институтов, может быть объектом государственного регулирования и представляет собой социальный институт целенаправленного и сознательного влияния на процесс социализации молодежи. Одним из важных аспектов этого процесса становится воспитание человека, способного жить и работать в полиэтнической среде. Стремление исследователей к всестороннему осмыслению условий и средств решения этой задачи реализовалось в создании категориального аппарата поликультурного образовательного пространства. Ядром этого понятия выступает поликультурное образование на основе воспитания миролюбия, интеграционных процессов в образовании, культурной конвергенции, этнопедагогике. О.В. Гукаленко подчеркивает следующие его особенности: наличие в поликультурном образовательном пространстве гуманистической идеологии; личностной ориентации учебно-воспитательного процесса; сохранение для учащегося своей культурно-этнической идентичности и адаптации в поликультурной среде; сочетание в образовании общечеловеческого, государственного и регионального компонентов культуры; развитие умений и навыков продуктивного взаимодействия с носителями разных культур [6, с. 124–125].

Целью поликультурного образования выступает формирование человека современной культуры, творческой личности, способной к активной и эффективной жизнедеятельности в этногетерогенной среде, обладающей развитым чувством понимания и уважения других культур,

умением жить в мире и согласии с людьми разных национальностей и конфессий. Из этого вытекают основные задачи политнического образования: глубокое и всестороннее овладение учащимися культурой своего народа, являющееся неременным условием интеграции в другие культуры; формирование у учащихся представлений о многообразии культур в мире и своей стране, воспитание позитивного отношения к культурным различиям, обеспечивающим прогресс человечества и условия для социализации личности; развитие умений и навыков успешного взаимодействия с представителями других культур; воспитание учащихся в духе миролюбия, терпимости, гуманного межэтнического общения.

Реальными условиями становления мировой и государственной доктрин поликультурного образования являются: *наличие* поликультурного пространства, что предполагает широкое использование разнообразных общечеловеческих культурных ценностей, учет национальных традиций в воспитании и обучении на основе принципа культурной целесообразности, позволяющей создавать условия для формирования национальной и политической идентичности молодых людей; *создание* гуманистически ориентированной разнообразной культурной среды для духовного развития личности; *формирование* планетарного мировоззрения; *освоение* общечеловеческих ценностей мировой, национальной и этнических культур с использованием современных технологий межкультурного взаимодействия.

Поликультурное образовательное пространство реализует свои социальные функции через совершенствование учебно-воспитательной работы в стране, регионе и отдельных учреждениях [6, с. 125–126].

Одной из основных задач субъектов поликультурного пространства является

создание соответствующих социально-культурных сред, реализующих на практике принцип культурного релятивизма. При этом важно научить молодежь понимать и ценить своеобразие культур разных народов, воспитать ее в духе миролюбия и уважения представителей всех этнических групп. Решение такой сложной и неотложной задачи требует социально-философского переосмысления принципов функционирования всей образовательной системы с использованием метода теоретического моделирования. Согласно этому подходу образовательное пространство характеризуется как пересечение физического и духовного измерения, как объективная реальность, меняющаяся в глобальных процессах развития культуры [7, с. 103]. Теоретическая модель образовательного пространства включает в себя такие элементы, как: педагог–учащийся (студент)–средства обучения–среда (культурно-образовательная), в которой происходит процесс социализации личности в соответствии с потребностями современного общества. Субстрат этого пространства составляет районированное взаимодействие множества образовательных подсистем разного уровня организации (урок, воспитательная ситуация, учебное заведение, национальная система образования). Организационно-управленческую функцию по отношению к ним выполняет метатекст – «культурный ген» образовательного пространства, определяющий правила его построения: стандарты, системные требования к образованию, иерархию образовательных систем в реальном пространстве и времени [7, с. 102–106].

Концептообразующим элементом образовательного пространства является личность, рассматриваемая с точки зрения соответствия ее системных свойств ожиданиям общества. Поэтому социальный институт образования только тогда превра-

щается в образовательное пространство поликультурной социализации молодежи, когда предоставляет ей реальные возможности занять свое место в глобальной системе производства и потребления материальных и духовных ценностей. «Место человека само является пространством индивидуально-личностного образования... делает образовательное пространство принципиально-открытым, подвижным, пластичным. При этом оно сохраняет жесткую системную организацию и высокую степень управляемости извне посредством метатекстовых описаний» [8, с. 67]. Поликультурное образовательное пространство характеризуется, таким образом, как единство физического и духовного измерения, как объективная социальная реальность, развивающаяся в глобальных и национальных масштабах исторического развития культуры.

Только поликультурное образование может устранить первопричину негативного, разрушительного по своим последствиям национализма. Разнообразные программы, направленные на воспитание толерантности, культуры межнационального общения людей – все это полумеры, способствующие лишь смягчению последствий негативного национализма. Существенно изменить характер этноцентризма, ввести его в конструктивное русло диалога возможно только при условии модернизации дидактической концепции современного гуманитарного образования, обеспечивающего умение учащегося (студента), а затем и взрослого человека работать с культурой как естественным генератором новых текстов, изменения смысла обращения к другой национальной культуре, которое будет обусловлено единственной целью-потребностью конструктивного развития собственной национальной культуры в ситуации открытого диалога. В результате отпадает необходимость рассматривать ее как «не-Я-культуру».

Процесс поликультурной социализации личности реализуется в условиях сочетания субъективных и объективных факторов влияния на мировоззрение, характер общения, ценностную ориентацию человека. Культурная микросреда, опыт родителей существенно воздействуют на восприятие детьми официальных установок, транслируемых системами образования и массовых коммуникаций. Представители этнических групп несут в своем сознании отпечаток культурных традиций, сложившихся в различных регионах. Важной составляющей поликультурного образования является формирование и массовое духовное воспроизводство такого типа личности, которая была бы носителем развитой культуры толерантности. Само это понятие получило в литературе неоднозначную интерпретацию и нравственную оценку: с одной стороны, как требование уважать права других («иных») быть такими, каковы они есть, а с другой – как равнодушные, непротивление злу. Доминирующим же выступает мнение, согласно которому толерантность рассматривается как главная цель, по крайней мере, на первом этапе становления полиэтнического пространства. «Подобные тенденции, – считает А.Н. Джурицкий, – предполагают сопряжение через воспитание духовных ценностей всех участников межэтнического и межкультурного диалога, создание общего интеркультурного пространства, в пределах которого каждый обретает социальный и этнический статус, определяет принадлежность к тем или иным языкам и субкультурам» [9, с. 93].

Поликультурное образование в многонациональном государстве ориентировано на создание духовных основ демократического, гуманного, социального общества, поскольку речь идет о формировании базисных личных качеств гражданина, способного использовать интеллектуальный и нравственный потенциал разных



культур. Оно обеспечивает социальную и национальную идентификацию личности, открытую для восприятия гуманистических идеалов всех культур и религий.

Следует подчеркнуть, что для современных образовательных систем содержание поликультурного образования должно отвечать таким критериям, как: отражение в учебном процессе гуманистических идей, идей свободы и ненасилия; характеристика уникальных этнических, национальных самобытных черт в культурах народов Приднестровья и мира; раскрытие в культурах разных народов общих элементов традиций, позволяющих жить в мире, согласии, толерантности, гармонии; приобщение учащихся к мировой культуре, раскрытие процесса глобализации, взаимозависимости стран и народов в современных условиях; гуманизм, который выражает безусловную веру в добрые начала, заложенные в человеке; демократизм, базирующийся на признании равных прав и обязанностей всех людей, предоставлении им свободы жизнедеятельности в школе, вузе, социальной среде; терпимость к иному рода взглядам, нравам, привычкам, к особенностям различных народов, религии; компетентность, т. е. овладение знаниями, воспитание интеллектуальной личности, способной решать задачи творческого характера в полиэтническом обществе; базовое основание содержания поликультурного образования, в качестве которого призван выступить ценностно-культурологический, личностно-ориентированный подходы.

Изучение родного языка и обучение на нем – необходимое условие глубокого понимания учебного материала. Но это несколько не принижает значение государственных и иностранных языков, выполняющих важнейшие социальные функции обеспечения политического единства общества и международной коммуникации, мирового научного сотрудничества.

Слабое знание языков создает трудности в учебе и выполнении индивидом его социальных ролей. Социализация личности в полиэтническом социуме предполагает современное языковое образование в системе преподавания родного, государственного и иностранных языков, что связано с зарождением и формированием в настоящее время особой философско-педагогической парадигмы – функционально-прагматической: переходом от формально-семантического к семантико-функциональному взгляду на язык.

Поликультурное образовательное пространство технологически реализуется через диалог, механизмы взаимной адаптации, интерактивные методы общения, проблемные технологии обучения, ситуации выбора и, несомненно, задачи развития толерантного сознания учащихся. Имеются все основания полагать, что полиэтническое образовательное пространство по сравнению с другими образовательными моделями обладает большим потенциалом для решения этих задач.

Будущее зависит от усилий по реализации интеграционных тенденций в экономической и культурной областях, по формированию нового типа мышления и цивилизованных отношений между людьми.

В заключение следует отметить, что проблема поликультурного образования на мировом, региональном и национальном уровнях не только является актуальной, но и отражает реальную действительность, обладает тенденцией к развитию. Поликультурное образование призвано решить четыре задачи: социокультурной идентификации личности; освоения системных понятий и социально-психологических установок полиэтнического ментального поля; воспитания толерантной культуры взаимоотношений с представителями разных национальностей; развития навыков полиэтнического общения. Важную роль играет освоение молодежью языков, наибо-

более распространенных в ближайшем окружении, в местах компактного расселения отдельных этнических групп. В этой связи современную стратегию государственной образовательной политики в стране целесообразно строить с учетом многокультурности социума, ориентируясь на гибкую языковую политику, на создание условий для воспитания личности в духе толерантности, сотрудничества и веротерпимости.

Поликультурное образование призвано создать в учебных заведениях такую благоприятную социально-психологическую среду, в которой каждый учащийся, независимо от его идентичности, имеет одинаковые со всеми возможности для реализации своего конституционного права на получение равноценного образования, для реализации собственных потенциальных возможностей и социального развития.

Новая стратегия воспитания социальных качеств личности предусматривает отказ от конфронтации идеологий, утверждение диалога между школой и обществом. Современный мир – это мир, который открыт для диалога, для взаимопроникновения культур. Поэтому важно не замыкаться только в своем образовательном пространстве, а искать точки соприкосновения с другими образовательными моделями.

Важной тенденцией в развитии мирового образования конца XX в. стало значительное распространение нововведений при сохранении сложившихся национальных традиций и национальной идентичности стран и регионов. Поэтому мировое образовательное пространство становится поликультурным и социально ориентированным на развитие человека и цивилизации в целом, более открытым для форми-

рования международной образовательной среды, наднациональным по характеру знаний и по степени приобщения человека к мировым духовным ценностям.

### Цитированная литература

1. **Костинский Г.Д.** Пространственность в человеческом сознании // Мир психологии. – 1999. – № 4.
2. **Лотман Ю.М.** Статьи по семиотике и типологии культуры // Избран. статьи. Т. 1. – М., 1996. – 248 с.
3. **Потебня О.** Мова, національність, денационалізація. – Нью-Йорк, 1992. – 156 с.
4. **Палаткина Г.В.** Мультикультурное образование: современный подход к воспитанию на народных традициях // Педагогика. – 2002. – № 5.
5. **Sorin Cristea.** Educația interculturală // Didactica Pro... Educația interculturală. 20–21 octombrie 2003. – № 4–5.
6. **Гукаленко О.В.** Поликультурное образование: теория и практика: Монография. – Ростов н/Д.: Изд-во РГПУ, 2003. – 512 с.
7. **Филонов Г.Н.** Теория поликультурного образовательного пространства // Педагогика. – 2006. – № 3.
8. **Борисенко В.П., Гукаленко О.В., Данилюк А.Я.** Поликультурное образовательное пространство России: история, теория, основы проектирования. – М.: Ростов н/Д., 2004. – 576 с.
9. **Джуринский А.Н.** Поликультурное воспитание: сущность и перспективы развития // Педагогика. – 2002. – № 10.
10. **Макаев В.В., Малькова З.А., Супрунова Л.Л.** Поликультурное образование – актуальная проблема современной школы // Педагогика. – 1999. – № 4.



УДК 37(478.9)(092)

С.В. Приймак, канд. психол. наук, доц.

**Э.Ш. НАТАНЗОН – ПЕДАГОГ, ПСИХОЛОГ И УЧЕНЫЙ**

*Представлены основные вехи научной и преподавательской деятельности приднестровского ученого в области педагогической психологии Э.Ш. Натанзон в период работы в ТГПИ – ПГУ им. Т.Г. Шевченко с 1951 по 1995 г.*

Научная и педагогическая деятельность одного из старейших преподавателей ТГПИ, а затем ПГУ им. Т.Г. Шевченко Э.Ш. Натанзон находилась в постоянном тесном творческом контакте с учителями, студентами и исследователями, занимающимися педагогикой, ее направлением было усиление прикладного характера содержания педагогической психологии в вузе, перенос в ее область достижений рядовых педагогов общеобразовательных сельских и городских школ, заслуженных педагогов МССР, СССР; психологическое осмысление педагогического мастерства и опыта выдающихся педагогов А.С. Макаренки, В.А. Сухомлинского.

Этель Шулимовна Натанзон стояла на гуманистических позициях. Основным компонентом разработанной ею методики преподавания психологии было придание конкретного характера научной терминологии, лишь в слабой степени отражающей истинное педагогическое взаимодействие учителя с учеником и не способной раскрыть значение и смысл педагогических ситуаций и действий.

Базовыми методами исследовательской деятельности ученого педагога были сотрудничество с учителями-практиками, совместный сбор информации, изучение их повседневного опыта работы, анализ с целью выявления педагогической «изюминки» и придания ей понятной и доступной для других педагогов и студентов формы.

Суть и стиль взаимодействия Этель Шулимовны со студентами определялись

тем, что она раньше других ученых-педагогов осознала прикладной аспект педагогической психологии, необходимость конкретизации психологических абстракций фактическим материалом. Став открывателем новой эры в методике преподавания психологии, она в 1963 г. издала книгу «Задания по психологии», содержащую практические задачи и упражнения по общей психологии.

Э.Ш. Натанзон постоянно поддерживала уважительные и деловые отношения с коллегами-психологами Молдавии: К. Вноровской, Ю. Марковым, Л. Жабицкой, И. Негурэ, Э. Штиммером и др. Они обменивались новой научной информацией, рецензировали статьи и пособия, встречались на конференциях, семинарах в городах Тирасполе, Кишиневе, Бельцах. Этель Шулимовна ценила мнение коллег, была благодарна за их внимание к ее научным поискам. Она никогда не позволяла себе пренебрежительного замечания в их адрес, хотя мыслила самостоятельно, критически и давала серьезную оценку научной деятельности коллег. Э.Ш. Натанзон сдержанно высказывалась о работе своей научной секции, но, по-видимому, участвуя в работе конференции, всегда находила сторонников своих идей. Она вела обширную переписку с другими учеными и педагогами, поэтому многие из них были знакомы с ее трудами и считали их интересными и полезными для педагогического просвещения и культуризации массовой школы.

Имя Э.Ш. Натанзон было популярным среди студентов пединститута: она не только сотрудничала с ними в области научных изысканий, но ежемесячно, а иногда и чаще публиковала в институтской газете «Лумина» – «Свет» на русском и молдавском языках статьи с обязательным описанием психолого-педагогического «открытия» того или иного студента, с указанием его имени. Студенты ценили внимание педагога.

Э.Ш. Натанзон отличалась хорошей, стабильной работоспособностью. Ее рабочий день был достаточно насыщенным и продолжался с 7.00 до 23.00 часов, при этом с 14.00 до 15.00 был «тихий час», а с 17.00 до 19.00 – ежедневная прогулка в парке. Рабочий день заканчивался в 21.00 по традиции просмотром телевизионных новостей.

Рабочий день ученого был посвящен преподаванию, научному творчеству, просветительской работе, общению с близкими людьми и, конечно, домашним повседневным делам. Э.Ш. Натанзон выполняла большую учебную нагрузку, иногда более 1 тыс. часов за учебный год. Она читала лекции по психологии, проводила практические и лабораторные занятия со студентами в вузе и школе, руководила педагогической практикой студентов в школе и летней – **в пионерских лагерях, вела студенческий кружок**. Такая неоднородная нагрузка требовала от нее большой и серьезной подготовки. За свою творческую жизнь Этель Шулимовна в помощь студентам и преподавателям психологии разработала и опубликовала 13 учебно-методических материалов: текстов лекций, указаний к практическим занятиям по изучению личности ученика и классного коллектива; межличностных отношений в классном коллективе и др. Научно-методические пособия Э.Ш. Натанзон разрабатывала и для педагогов школ. Она успешно осуществляла принципы преемственности

вуза и школы: вовлечение студентов и учителей в исследовательское педагогическое общение по актуальным проблемам воспитания, педагогического воздействия на учащихся, изучения личности «трудных» учеников, причин педагогических конфликтов и пр.; организация на базе отделов народного образования, школ и вуза научно-практических семинаров и конференций по внедрению передового педагогического опыта; анализ творческих отчетов студентов и педагогов; публикация научных статей; проведение индивидуальных консультаций по насущным вопросам педагогики.

Взаимоотношения Э.Ш. Натанзон со студентами по большей части были деловыми. Она вела строгий учет выполнения каждым студентом всех учебных поручений в специальных учетных тетрадах по каждой группе. Поэтому студенты никак не могли отсутствовать на семинаре, не выполнить контрольную работу, несвоевременно сдать отчетную документацию по педпрактике. «Маленькая, безобидная, близорукая женщина» на экзаменах требовала полных, аргументированных и точных ответов, была скупа на «4» и «5», чем сильно разочаровывала студентов. Тем не менее, после экзаменов студенты все более позитивно относились к Э.Ш. Натанзон.

Только благодаря целеустремленности и определенным душевным усилиям Этель Шулимовна смогла преодолеть консерватизм Ученого совета ТГПИ им. Т.Г. Шевченко, снисходительно-пренебрежительное отношение части коллег-преподавателей к непонятному для них рвению придать прикладной характер вузовской психологии. Ученому-педагогу удалось сделать прорыв в академическом учебном плане пединститута: ввести в школу практические занятия по психологии, спецсеминар по «приемам педагогического воздействия» и др. Такая практика преподавания психологии в вузе вскоре получила положительный резонанс

в республике и Союзе. У Э.Ш. Натанзон появилось много последователей, с которыми она вела оживленную переписку, встречалась на республиканских и союзных конференциях, обменивалась научными публикациями. Психолог получала большое удовлетворение от этого творческого сотрудничества.

Будучи загруженной на преподавательской работе, Э.Ш. Натанзон каждую свободную от занятий минуту и даже отпускной период посвящала научной деятельности. Ее постоянно можно было видеть на кафедре, в библиотеке читающей, пишущей, размышляющей. Творческие усилия в сфере научной деятельности вскоре дали свои плоды: были опубликованы научно-методические и учебно-методические пособия нового типа: «Задания по психологии», «Приемы педагогического воздействия» и др.

Стиль выступлений Э.Ш. Натанзон на научных семинарах, конференциях оставался равнодушными некоторых ученых и преподавателей, но вызывал большой интерес и внимание со стороны учителей и практиков. Чем это объяснялось? Почему первые плохо понимали ее, а среди вторых ее мысли находили живой отклик? Ученые и преподаватели ждали от Э. Ш. Натанзон академического стиля сообщений, наукообразного языка, общих, до пределов неопределенности, идей. Им было непонятно ее стремление придерживаться четкого психологического анализа конкретного педагогического факта в процессе педагогического взаимодействия учителя и ученика, учителя и коллектива учащихся; ее пристальное внимание к личности учителя и ученика, проникновение в суть их душевного состояния, т. е. рассмотрение основополагающих компонентов структуры феномена индивидуального подхода, который по своей сути не может быть обезличенным, а потому не может быть выражен наукообразным языком и

академическим стилем. Учителя же, мастера и начинающие подмастерья индивидуального подхода, вступающие в единоборство не в смысле войны с учеником, а в смысле борьбы за его счастливую судьбу с его же недостатками в личности, поведении, душевном развитии, поражались тому, что ученый-психолог так близко может соприкоснуться с той реальностью, в которой они живут и трудятся, так хорошо понимать ее. Поэтому они сразу становились единомышленниками Натанзон.

Э.Ш. Натанзон последовательно и настойчиво создавала круг единомышленников. Она читала на первом курсе дисциплину «Общая психология», по собственной программе проводила практические и семинарские занятия в школе. У Этель Шулимовны был принципиальный подход к преподаванию академической науки «Общая психология». Как ученый, она была уверена в том, что неформальное сознательное усвоение студентами психологических знаний возможно только в случае придания данному курсу прикладного профессионального характера, поэтому вела студентов в школу, где они на уроках, переменах (и вне школы) вели наблюдение за особенностями проявлений познавательных процессов школьников в учебной деятельности, темперамента, характера, в общении, игре выясняли посредством беседы учебные и внешкольные интересы учащихся, их взаимоотношения с педагогами и родителями, изучали способности, используя метод анализа продуктов деятельности ученика, метод изучения документации, знакомились с биографией и семьей ученика и др. Методические материалы включали: программу практических занятий в школе, их содержание, образцы дневника наблюдений и планирование исследовательской работы, схему психолого-педагогической характеристики ученика, а позднее – схему психолого-педагогической характеристики классного коллектива

и рекомендации по проведению в классе социометрического исследования.

Таким образом, под руководством Э.Ш. Натанзон студенты проводили серьезное изучение личности школьника и классного коллектива. Особое внимание она уделяла ведению дневника исследования; умению описывать психологические факты, адекватно их анализировать, делать психологические выводы и педагогические рекомендации. Она присутствовала со студентами на уроках и наблюдала за поведением учащихся на переменах, обучая студентов умению вести наблюдение и видеть психологический факт. Обязательно выделялось время для обсуждения дневниковых записей, протоколов беседы и т. д. Затем студенты (по своему выбору) составляли психолого-педагогическую характеристику на одного из учеников. Такой вид практикума в школе пробуждал у студентов настоящий интерес к психологии (как необходимому инструменту педагога) и педагогической профессии, формировал сознательное отношение к усвоению психологических знаний, профессионально подготавливал их к педагогической практике.

В процессе работы выявлялись студенты с психологическим призванием. Они с первого курса начинали заниматься научной деятельностью под руководством Э.Ш. Натанзон и становились членами кружка психологии, который функционировал постоянно. Так как в 60-е годы XX столетия в пединститутах не были предусмотрены другие психологические дисциплины, Э.Ш. Натанзон предлагала для исследования темы из области педагогической и возрастной психологии. Например, развитие у первоклассников учебных интересов; становление положительных взаимоотношений в классном коллективе; формирование личности младшего школьника и т. п. Студентам заочной формы обучения она определяла темы, близкие их

личному педагогическому опыту. С каждым студентом Натанзон обсуждала план исследования, теоретические основания и вникала во все этапы работы.

Выдвигая проблемы психологии индивидуального подхода к учащимся в процессе педагогического воздействия и учитывая ограниченные возможности усвоения студентами педагогической психологии ввиду ее отсутствия в учебных планах пединститутов, Э.Ш. Натанзон добилась разрешения Минпроса СССР и решения Ученого совета ТГПИ им. Т.Г. Шевченко о введении в учебный план спецкурса и спецсеминара «Приемы педагогического воздействия на учащихся». Зачетной формой оценки была контрольная работа с описанием и анализом определенного приема педагогического воздействия на конкретных учащихся. Студенты-заочники использовали личный педагогический опыт, а студенты дневной формы – **внимательно изучали педагогические источники**, прессу, анализировали свой опыт вожатых в период летней педагогической практики и опыт взаимодействия с учениками в период практики в школе. Таким путем накапливалась ценная информация, формировалось профессиональное чутье будущих педагогов, росло число единомышленников Э.Ш. Натанзон среди студентов. Будучи уверенной в необходимости повышения профессиональной культуры учителей, в важности роли корректного педагогического влияния в процессе формирования личности ребенка и больших возможностях педагогической техники в виде приемов педагогического воздействия, Э.Ш. Натанзон из года в год активно знакомила учителей на конференциях с психолого-педагогической технологией использования приемов педагогического воздействия, одновременно организовывая творческое сотрудничество со школами городов Тирасполя и Бендеры.

Анализируя научную деятельность Натанзон в области воспитания, можно

смело сказать, что она разработала технологию воспитания трудных учеников, а также методы коррекции и пути развития личности учащихся.

Психолого-педагогическая технология развития и коррекции личности ученика включала ключевые компоненты: 1) звенья педагогического процесса; 2) коррекционные приемы – **созидающие и тормозящие**; 3) анализ конфликтов между учителем и учеником; 4) примерная программа деятельности учителя при выпрямлении личности трудных учеников.

По мнению ученого, звеньями педагогического процесса являются: анализ направления развития личности; психологический анализ видов действий ученика; нравственная оценка поступка ученика, анализ поступков как проявление личности и отдельных ее свойств. Коррекционные приемы педагогического воздействия объединяют: 1) созидающие приемы; приемы, способствующие повышению успеваемости школьников; приемы, вовлекающие ученика в совершение морально ценных поступков, ведущие к накоплению опыта правильного поведения; приемы, строящиеся на понимании динамики чувств и интересов школьника; 2) «тормозящие приемы», вызывающие у учащегося отрицательные чувства, в них открыто проявляется власть воспитателя; приемы со скрытым воздействием; метод «взрыва».

Занималась Этель Шулимовна и анализом конфликтов между учителем и учеником; причинами возникновения конфликтных ситуаций; отрицательных последствий конфликта, видами способов разрешения его и восстановления правильных взаимоотношений с учеником. Примерная программа деятельности учителя при выпрямлении личности трудного школьника состоит из двух частей: 1) проектирование положительных изменений в сознании и поведении школьника; 2) доброжелательное отношение к ученику.

Оценивая данную технологию воспитания с точки зрения личностно-ориентированного подхода, считала Натанзон, следует признать ее гуманистическую, педоцентрическую направленность. Технология коррекции и развития личности школьника являлась плодом мировоззрения и духовности Э.Ш. Натанзон, ее усилий, направленных на решение проблемы индивидуального подхода, на формирование у учителей и студентов пединститута культуры педагогической техники.

На базе школ проводились семинары, конференции, педагогические консилиумы по вопросам психологии «трудных» подростков, приемов педагогического воздействия на учащихся, психологического анализа, педагогических конфликтов, мотивов и видов поступков учащихся и др.

Э.Ш. Натанзон результаты творческого сотрудничества со школой освещала в учебно-методических и научно-методических пособиях с обязательным указанием имен исполнителей.

Она начала активную профессиональную деятельность в трудные послевоенные годы, о которых еще говорил В. Сухомлинский: «Трудно пришлось в годы после войны: не было ни тетрадей, ни учебников, тяжелые раны нанесла война каждой семье». Педагогические взгляды Натанзон на роль учителя были близки к идеям А. Макаренко, В. Сухомлинского, Я. Корчака, Ш. Амонашвили, К. Роджерса. К ней, как никому другому, относятся слова В. Сухомлинского: «Я твердо верю в могучую силу воспитания – в то, во что верили выдающиеся педагоги».

Натанзон на протяжении ряда лет сотрудничала с профессорами Н.Ф. Добрыниным и А.В. Петровским.

Н.Ф. Добрынин был научным руководителем диссертационного исследования Э.Ш. Натанзон на соискание ученой степени кандидата психологических наук. Она ценила его личностные качества: доб-



роту, внимательность, заинтересованность в успешности ее научной и преподавательской деятельности. Этель Шулимовна советовалась с ученым-психологом, делилась своими новыми замыслами, получала одобрение и поддержку. Н.Ф. Добрынин был рецензентом ее работ. Профессор, доктор психологических наук А.В. Петровский внимательно относился к творческим поискам Э.Ш. Натанзон в области педагогической психологии. Хорошо понимая значение придания педагогической психологии прикладного характера, исследования психологических закономерностей педагогического воздействия на личность школьника, он всегда помогал приднестровскому ученому: консультировал, направлял ее поиск, одобрял результаты. Э.Ш. Натанзон ценила и уважала его и была благодарна выдающемуся ученому.

Единомышленники из писательской среды – Б. Изюмский, Г. Медынский и Э. Натанзон были родственными душами: они видели сущность педагогического призвания в том, чтобы служить детям; умели понять и оценить духовный вклад педагогов. Они переписывались, встречались, советовались, обменивались публикациями и проявляли одинаковое гуманистическое отношение к человеку, ставили его «во главу угла жизни и деятельности», пропагандировали уважительный подход к оценке педагогического труда. Натанзон была одной из первых молдавских ученых-психологов, деятельности которой была дана высокая оценка. Так, Л.Г. Жабицкая, председатель общества психологов МССР в статье «Развитие психологии в Молдавской ССР» (Вопросы психологии. 1987. № 3) писала о том, что в последние годы в школах республики широкое распространение получили педагогические консилиумы как организационная форма изучения личности и коллектива класса. Педагогические консилиумы в какой-то мере призваны восполнить отсутствие школьной

психологической службы, которая в республике еще не создана (проводятся лишь нерегулярные консультации на базе педагогических институтов психологами и дефектологами, работающими в специальных школах и других учреждениях). Основной акцент при подготовке к проведению педагогических консилиумов делается на повышении психологической квалификации учителей. В связи с этим понятна возросшая потребность в пособиях для самообразования, построенных как обобщение передового опыта и как описание простейших методик для диагностики умственного развития и особенностей личности ученика и коллектива класса. Большую популярность, подчеркивала Л.Г. Жабицкая, приобрели в этом плане разработки Э.Ш. Натанзон, являющиеся результатом ее многолетних исследований. Ее научная работа включает три взаимосвязанные проблемы: психологический анализ поступков учащихся; корректирующие приемы педагогического воздействия и профилактика правонарушений подростков; возникновение и разрешение конфликтных ситуаций между учеником и учителем. На основе результатов исследований был опубликован ряд пособий для учителей, в которых классифицировались приемы педагогического воздействия; на примерах описания конкретных педагогических ситуаций раскрывались сущность и направленность психологического мышления при обсуждении поведения и особенностей индивидуальности ученика; рекомендовались модели гуманистического, творческого разрешения сложных педагогических ситуаций. Среди опубликованных Этель Шулимовной работ Л.Г. Жабицкая называет следующие: «Индивидуальный подход к трудным учащимся» (Кишинев, 1980), «Психологический анализ поступков учащихся и корректирующие приемы педагогического воздействия» (М., 1982), «Трудный школьник и педагогический коллектив» (М., 1982).

Разработки Э.Ш. Натанзон в разное время были одобрены и рекомендованы к изданию ученой комиссией по психологии при ГУВУЗе Министерства просвещения РСФСР (1965); Министерством просвещения РСФСР (1968); Министерством просвещения СССР (1972); Министерством народного образования МССР (1989) и т. д.

Э.Ш. Натанзон вместе со своим супругом И.Н. Шрира проработали в вузе на поприще преподавательства почти полстолетия в добрые и недобрые времена и ни разу не изменили своему призванию и не пожалели о своем выборе. Они оба всегда были преданы науке, своей профессии, коллегам по работе и студентам. Всю свою жизнь они были рядом, вначале как друзья детства, одноклассники, а затем супруги, воспитавшие двух достойных сыновей.

Педагоги, их прямые духовные наследники, работают во многих регионах Молдовы и Приднестровья, распространяя профессиональную и нравственную культуру, почерпнутую у своих учителей Э.Ш. Натанзон и И.Н. Шрира.

Этель Шулимовна очень любила детей и верила в педагогическое воздействие учителя не только на развитие умственных способностей, но и на характер, поведение учеников.

Она была высокообразованным и эрудированным человеком с широким кругом знаний в области литературы, науки и искусства. Недаром дом семьи Натанзон–Шрира был огромной библиотекой редчайших древних книг и современной литературы.

Душевная доброта Этель Шулимовны, порядочность, отзывчивость, скромность, настойчивость и требовательность, в первую очередь к себе, – вот толика качеств этого прекрасного человека. У нее было много верных друзей, преданных учеников и последователей и, думается, что не было врагов, так как она была очень тактична и старалась видеть только хорошее в каждом человеке. К этому она призывала и своих студентов.

Жизнь и плодотворная деятельность Э.Ш. Натанзон в ТГПИ, а затем и в ПГУ им. Т.Г. Шевченко оставили о себе добрую память и являются хорошим примером для молодых преподавателей.

---

УДК 78.087.68

Н.В. Окушко

## **ХОРОВОЕ ТВОРЧЕСТВО В. КАЛИННИКОВА: ПРИЕМЫ ФАКТУРНОГО ИЗЛОЖЕНИЯ**

*Сделана попытка раскрыть творческие методы изложения хоровой фактуры известного композитора конца XIX – начала XX в., яркого представителя русского позднего романтизма в жанре вокально-хоровой музыки В. Калинникова. Характеристика выразительных средств хорового письма композитора дана на фоне аналитического обзора стилевых тенденций в развитии концертного жанра русской хоровой музыки IX столетия.*

В начале XIX столетия в русской музыке сложились и приобрели классическую завершенность основные вокальные жанры: элегия, баллада, застольная песня, стилизованная русская песня, характерис-

тический романс восточного, испанского или итальянского типа. Определились эти жанры непосредственно в творчестве М. Глинки, по праву названного современниками первым классиком русского романса.



Творчество Глинки дало мощный толчок становлению национальной музыкальной культуры, в которой не последнюю роль играла русская хоровая музыка. В развитии концертного жанра хоровой музыки четко проявились две основные тенденции: наряду с появлением крупных вокально-симфонических произведений возникали хоровые миниатюры (хоровые романсы) и хоры крупных форм, отражающие сферу духовной жизни человека и связи его с природой. Новые идеи требовали новых средств выразительности, соответствующего музыкального языка и приемов хорового письма. Кроме того, шел творческий поиск путей формирования музыкального реализма. Наряду с выбором поэтического текста, методом его прочтения, ориентацией на ту или иную жанровую разновидность, композиторы обращаются к одному из двух сложившихся типов хорового письма – классическому и свободному.

Преобладание классического типа мы наблюдаем в творчестве А. Алябьева, А. Даргомыжского, Н. Римского-Корсакова, П. Чайковского, М. Ипполитова-Иванова, С. Танеева. Для них характерно преобладание хоров песенного типа, лирическое отражение действительности, обобщающий метод прочтения текста. Типичны четырехголосные составы, преимущественное или полное сопоставление числа реально звучащих голосов заданному составу партий, слияние «чистых» тембров в единый, общехоровой тембр, сохранение типа фактуры на протяжении произведения или изменение его в соответствии с разделами формы, стабильность в распределении функций партий, ограниченное использование крайних регистров и обязательная связь их с динамическими условиями и формой произведения. Для более точной характеристики выразительных средств хорового письма композиторов данного направления проведем краткий экскурс в их творчество.

Для А. Алябьева характерна любовно-лирическая тематика, романсовый флер, куплетная форма, туттийное изложение аккордовой фактуры, проведение мелодии в верхнем голосе, небольшой общий регистровый объем звучания и некоторая тесситурная «приподнятость».

А. Даргомыжский создавал произведения не только песенного, но и романсового характера. Новым для того времени стало использование при туттийном звучании элементов имитационного изложения, отсюда и соответствующая дифференциация хоровых партий, выявление индивидуальных особенностей каждого тембра.

А. Рубинштейн первым создает хоровые пьесы не для домашнего музицирования, а для концертного исполнения. Они основаны на закономерностях классического западно-европейского четырехголосия, с текстовыми обращениями к природе (черты хорового творчества немецких романтиков). Хоровые пьесы отличались большим масштабом и более сложными, в отличие от куплетных, формами – двух- и трехчастными.

Н. Римский-Корсаков ориентировался на специфику русского крестьянского многоголосия. Наряду с имитацией (что было основой всего его творчества) он применяет принцип народного подголосочного варьирования. Привнесение в акапельные хоры черт русского эпического стиля, характерного для его оперных хоров, ведет к укрупнению их форм, приобретающих черты поэмности («Песня про татарский полон»). Впервые в русской светской хоровой музыке а *cappella* большую роль начинают играть низкие регистры басовой партии, что ведет к расширению общего диапазона хорового звучания.

П. Чайковский достиг вершин русской хоровой классики а *cappella*. Его произведения привлекают тонкостью слияния поэтического и музыкального текстов, органичным взаимодействием всех элементов

музыкального языка. Ярко выраженный русский мелодизм прекрасно сочетается с аккордово-гармонической фактурой, внешне родственной западно-европейской классике и в то же время приобретшей индивидуальную окраску. Особую прелесть этим хорам придает использование городского фольклора, что привносит в них особый славянский дух.

Наиболее ярко в вокально-хоровом жанре проявилось творчество С. Танеева. Принципиальное значение имеют новые черты в этом жанре – полифонический метод письма и обращение к высоким этическим темам. Это обусловило монументальность его полотен, которая проявилась и в масштабах произведений Танеева, и в больших составах, и в объединении в циклы (на стихи Полонского, Бальмонта). Творчество композитора синтезирует разные элементы: обобщая поэтический текст, он детализирует его (впрочем, как и его предшественники); при изложении фактуры преимущественно «чистыми» тембрами прибегает к их красочным смещениям; при использовании в основном удобной и естественной тесситуры не пренебрегает и выразительными возможностями крайних регистров. С. Танеев возвысил значение светской хоровой музыки и утвердил ее в одном ряду с другими жанрами.

Второе направление – свободный тип хорового письма – представлено большей частью произведениями Ц. Кюи, А. Греганинова, А. Кастальского, П. Чеснокова, В. Сахновского и др.

Ц. Кюи сочинял хоры романсового склада. Его новый подход к воплощению текста в музыке заключался в стремлении воспроизвести не только настроение, но и детали текста путем использования изобразительных приемов. С этим связано повышение роли тембра каждой партии, функциональное равенство всех партий, разнообразие фактуры, важной стилистической чертой которой становится члене-

ние на мелодию и сопровождающие голоса. Утверждается состав четырехголосного хора с временным разделением партий на два голоса, который станет типичным для русской хоровой музыки светского содержания. Повышенное внимание к колористической стороне хорового звучания ведет к регистровой свободе хорового письма, к открытию новых оттенков тембров путем смешения и расслоения голосов хора. Этот тип письма особенно ярко воплотился в произведениях композитора «Засветилась вдали» и «Ночь на берегу моря».

Яркой стилистической индивидуальностью отличается творчество А. Кастальского. За основу оригинальных хоров он взял народную крестьянскую песню. Одновременно он хотел «отойти от сплошной квартетности» и запечатлеть в крупных свободных композициях своеобразие фактуры народного многоголосия, максимально приблизить их к народному импровизационному стилю.

В творчестве А. Греганинова происходит дальнейшее обогащение жанра, который он стремился «симфонизировать», трактуя хор *a cappella* как «вокальный оркестр», что конечно же связано с ростом мастерства русских исполнительских коллективов. В его произведениях наблюдаются черты романсовости и поэмности. Для них характерны крупные и сложные формы, развитое многоголосие, подвижность хоровой ткани. Отличает внимание к «оркестровке» хоровых пьес и свободное использование разных тесситурных условий в изобразительных целях, что связано с детальным воплощением поэтического текста в музыке.

Стилистическое своеобразие хорового стиля П. Чеснокова заключается в выведении на первый план многоголосной гармонической вертикали, отличающейся, при явном доминировании мужской группы, внутренней подвижностью и красочностью, яркостью «оркестровки». Для

хоровых произведений характерно блестящее владение техникой письма, выявление разнообразных оттенков тембров, широта диапазона, применение дивизи. Все эти качества создавали особый тип хорового письма, приближающийся к инструментальному. Композитор глубоко понимал природу и выразительные возможности певческого голоса.

Подводя итог довольно беглого анализа хоровых сочинений, относящихся к свободному типу хорового письма, можно сказать, что для композиторов данного направления свойственно преобладание жанра хорового романса и поэмы, предполагающих многократное раскрытие в музыке сложных поэтических образов, детальное воплощение стихотворного текста. Это направление характеризуется вниманием к «оркестровке» хорового сочинения, выявлением индивидуальных особенностей тембра каждой партии, поиском новых тембровых оттенков, возникающих в результате смешения и расслоения тембров, а также использованием изобразительных возможностей разных регистров, включая крайние.

Обозначенные тенденции характеризуются свободным варьированием числа голосов относительно заданного состава, идущим от народного многоголосия, переменностью функций партий, фактурным разнообразием в рамках одного произведения, частым использованием смешанного типа фактуры, расчленением на два или три пласта, обращением к богатым возможностям тембрового контрапункта.

К названному направлению свободного типа хорового письма можно отнести яркого представителя московской композиторской школы В.С. Калиникова. Он оставил заметный след в русской хоровой культуре и как дирижер, и как общественный деятель, и как педагог – профессор Московской консерватории. Музыкальное наследие В. Калиникова составляют Кон-

цертная увертюра (не издана), 15 хоров а cappella, созданных в период с 1901 по 1911 г., ряд хоровых обработок народных песен и переложений романсов русских композиторов для смешанного хора, детские песни с фортепианным сопровождением, а также ряд духовных хоров.

Предметом нашего исследования стали немногочисленные, но выразительные хоровые миниатюры Калиникова, явившиеся ценным вкладом в русскую хоровую литературу. Именно в них нашли отражение многие тенденции, присущие хоровому творчеству начала XX в.

В произведениях для смешанного хора Калиников продолжает традиции русских композиторов в этом жанре. Хор у него – инструмент с большими возможностями и разнообразными средствами художественной выразительности. Тончайшая лирика («Элегия», сл. Пушкина), драматизм («Кондор», сл. Бунина), акварельная изобразительность («Жаворонок», сл. Жуковского, «Зима», сл. Баратынского), едкая сатира («Ходит спесь надуваючись» и «У приказных ворот», сл. А. Толстого), эпическая мощь («Лес», сл. Кольцова) – все это передано хоровыми средствами.

Большинство хоров Калиникова представляет собой лирические произведения, рисующие картины родной природы. Разными красками расцвечивает композитор звучание хора, изображая то восход солнца («Солнце, солнце встает»), то прощальную красу осени («Осень»), то дикий скалистый берег океана («Кондор»). За всеми пейзажами ощущается присутствие человека с его чувствами, переживаниями, пиететным отношением к природе. В этом проявляется гуманизм хорового творчества Калиникова, его глубокая содержательность.

Необходимо отметить что Калиников не был первооткрывателем так называемого романсового стиля в хоровом творчестве. Оформившийся приоритет в этом на-

правлении принадлежит Ц. Кюи. Однако, в отличие от лирики общего настроения, присущей Кюи, лирические миниатюры Калинникова связаны с конкретными образами природы. Его хоры – музыкальные пейзажи, написанные акварелью. В них можно услышать звуки пробуждающегося утра («Утром зорька», «Звезды меркнут»). Тональный и гармонический колорит тонко передает ощущение природы в различное время года («Зима», «Осень», «Жаворонок», «Солнце, солнце встает»). Соответственно – тональности: ре мин., ре маж. (осень – восторг, а не уныние), фа маж., фа маж. Калинникова сравнивают с русскими художниками-пейзажистами за умение музыкальными средствами передать неповторимые черты родной природы.

В жанре романса написаны «Элегия», «Нам звезды...», «Проходит лето». И тональности также не переходят грань элегичности: фа маж., ре мин., соль мин. Несколько иное тональное освещение получили произведения, носящие оттенок гражданственности: «На старом кургане» – ми мин., «Кондор» – ля мин. А произведение «Ой, честь ли-то молодцу» написано в сверкающем ре маж., слегка притушенном в эпизодах параллельным си минором. Как видим, тональное освещение хоровых произведений Калинникова очень мягкое, элегичное и всегда – конкретно адресное, глубоко содержательное и естественное.

Кажущуюся простоту тональной окраски органично дополняют выразительные гармонии, изобилующие побочными доминантами, неаккордовыми звуками, задержаниями, часто встречающимися сопоставлениями далеких тональностей. В этом – весь Калинников – яркий представитель русского романтизма.

Романтическая устремленность Калинникова проявляется и в формообразующем плане. Чуткое отношение композитора к поэтическому тексту, мгновенный отклик на малейшую смену настроения

во многих хорах приводит к построению формы, состоящей из контрастных частей. Чаще всего это трехчастная форма как унифицированная конструкция для воплощения контрастных образов.

Являясь в хорах Калинникова одним из важнейших средств художественной выразительности, форма не несет в себе строгой классичности. Как правило, хоры композитора – трехчастные с контрастной серединой, и видоизмененной (чаще всего сокращенной) репризой («Кондор», «На старом кургане»). Но иногда реприза являет собой как бы напоминание о музыкальном образе первой части («Элегия», «Зима»). Такое разнообразие композиционных решений в выборе формы придает каждому произведению неповторимый облик и несомненно говорит о неординарности композитора.

Свободный тип хоровой формы гибко взаимодействует с поэтической формой, ее строфикой, ритмикой, структурой стиха, ее характерной акцентностью, чередованием рифм и завершенностью строфы. Стремление композитора к строфичности результируется оформлением каждой строфы текста новым музыкальным материалом. При этом склад письма, фактура произведения, как правило, гомофонно-гармоническая с развитой подголосочностью и элементами имитации. Интенсивная мелодизация голосов, идущая от Глинки, придает используемой альтерации особую музыкальность.

Голосоведение отличается самостоятельностью, разнообразием мелодического движения, все хоровые партии несут равную нагрузку в создании художественного образа, полностью задействован рабочий диапазон голосов. Однако равноценность хоровых голосов Калинников чередует с дифференциацией их в партитуре путем изменения функционального значения голосов в хоровой ткани. Наряду с исполнением основной мелодии, они могут ее удваивать, вторить ей, либо играть роль фона, выдержанного на одном звуке – органном

пункте, часто замыкающем произведение утвердительными оборотами. Сочетание мелодической основы с аккордовой фактурой по вертикали воспринимается как уплотненная мелодия, чье развитие логично завершается по фразам разнообразным звуковым составом созвучий (трезвучие, терция, прима, сестаккорд и др.).

Мелодика – специфически вокальна. Она распевна, интонационная мягкость роднит ее с народно-песенными истоками. Характерны «женские» окончания фраз, томные хроматизмы, внутрислоговые распевы. Изящество и простота стиха (именно этим и отличаются тексты хоров Калинникова) соседствуют со сдержанностью в выражении чувств. В хорах чаще всего ощущается мягкость лирической экспрессии, печальность раздумья, иногда – меланхоличность. Лишь изредка она нарушается внезапными, быстрыми кульминациями, всплывками, возгласами, либо в ней прорывается чувство протеста, душевного порыва («Зима», «Кондор», «Осень», «Проходит лето», «Звезды меркнут»).

Элегичность стиля (влияние Глинки) проявляется в привычных для того времени мелодических оборотах, в характерных приемах взлетов на кварту, квинту, октаву, сексту и в заполнениях скачка, хроматических нисхождениях и мягких каденциях с уже упоминавшимися женскими окончаниями, в опеваниях и окружении центрального звука.

Выразительный смысл мелодии подчеркивает гармония, обогащая ее тонкими нюансами. Встречаются шубертовские сопоставления мажора и минора (как в деталях, так и в крупных частях формы), внезапные энгармонические модуляции, альтерированные аккорды, выразительные унисоны. Особую роль играют принципы остинатности: выдержанные органные пункты и остинатные фигурации в басу (либо в других голосах) используются как изобразительный, жанровый или ко-

лористический прием, или как момент чисто психологического значения. Такое разнообразие фактуры и гармонического колорита, берущие начало в творчестве Алябьева, было новым словом в вокально-хоровой музыке того времени.

Из текста, логических ударений в словах, смены стихотворной стопы формируется богатство метrorитмической структуры хоров Калинникова.

Почти во всех произведениях встречается переменный размер, частая смена метра обуславливает внутреннюю динамику фразы, эпизода, конкретной части. Расстановка тактовых черт продиктована смысловыми акцентами. Динамично развивающаяся форма сжатой (как правило – средней) части строится по принципу волны: устремление к кульминации (не только динамическое, но еще и тембровое – от низких голосов-регистров к предельно высокому звуку) и последующий спад. Здесь отражается общий смысл текста и в кульминации подчеркиваются наиболее значащие слова («Кондор», «Зима», «Осень», «Проходит лето» и др.)

Как мы видим, такой свободный тип хоровой фактуры – **яркий пример подчинения музыкальной формы и ее элементов раскрытию содержания и художественного образа.** Он же и определил новые фактурные приемы: временные дивизи, частую смену метрической организации, эпизодическое использование неполного состава хора в разных вариантах, использование хоровых тембров в представленных комбинациях, различие регистров и фактурного изложения в целом.

Исключительно интенсивно В. Калинников использует основные тембровые средства хора. К этому добавляются различные варианты дублирования, унисоны, разнообразное тембровое воплощение тем, всякого рода наслоения, сопоставления хоровых партий и др. Фактура все время «дышит». Чуть ли не в каждом такте вид-



ны тембровые изменения, смена приемов хорового письма на основе тонкого понимания природы человеческого голоса и природы хорового исполнительства, логики изложения музыкального материала.

Всю сумму этих и других приемов изложения в сочетании с особым вниманием

к темброво-колористическим возможностям хора В. Калинников использует для раскрытия романтического мироощущения современного ему человека, которому свойственны страстность, мятежность и в то же время, элегическая простота и созерцательность.

УДК 78.01

Л.И. Бурдиян, канд. социол. наук, доц.

## ЭТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ МУЗЫКАЛЬНО-КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ

*Предлагается нетрадиционный подход к разработке концептуальных оснований музыкальной культурологии, который автор формулирует в результате анализа ряда современных проблем методологии музыкознания, практики музыкальной жизни и общего культурного состояния общества.*

Современная музыкальная жизнь на территории России и бывших республик СССР, несмотря на местную специфику новых государственных образований, обладает, тем не менее, некой общей направленностью, обусловленной единими культурно-историческими традициями и одной на всех целью – **стремлением** обрести социально-политическую и культурную самостоятельность. Проблематика существования музыкантов академического профиля любой постсоветской локализации отличается сегодня сложностью и неоднозначностью. Стабилизируется и обростаёт новыми качественными характеристиками обособленное функционирование двух музыкальных сфер: массово-культурной и «высокой» традиционной. Попутно «консервируется» фольклор, все более замыкающийся в кругу собственной публики. Уходит в прошлое лозунг «Искусство – **массам!**».

Последствия произошедших в бывшем СССР социально-политических изменений

каким-то непостижимым образом привели к возникновению ряда противоречий: между обретенной возможностью свободного художественного высказывания и отсутствием со стороны предполагаемых «сказителей» особого рвения к таковому; предоставлением личности права на самовыражение (в том числе и музыкальное) и редкими проявлениями по-настоящему оригинальных и ценных выступлений подобного рода; предложением «моральной» и «материальной» поддержки молодых талантов и нацеленностью деятельности последних исключительно на получение обещанного вознаграждения.

Вместо эпохи гениальных свершений и фантастических по своей художественной одаренности явлений музыкального творчества мы получили своеобразное «безвременье», которое оправдывается разве что потребностью в углубленном самопознании, проявляющемся в современном музыкальном профессиональном сообществе.

Очевидно современность для отечественной музыкальной культуры следует квалифицировать как период поиска, определения оптимального вектора формирования новой, соответствующей меняющимся условиям качества профессиональной деятельности. Но при этом в характерных для музыкального мира реакция можно увидеть и обратное – **отсутствие** какого бы то ни было действительно творческого поиска, усталость от необходимости что-либо определять и формировать, апатия по отношению к разного рода узкоцеховым и социально-массовым проблемам музыкальной жизни.

Увлеченным техническими новациями в области музыкально-выразительных средств сопутствуют ностальгирующие по традиционному языку композиторы разных ретро- и нео-ориентаций. Стремящиеся к духовных прозрениям мистического порядка, взрывающие привычное музыкальное пространство революционными выходами за его пределы, соседствуют с бизнесменами «от искусства», принимающими все приличествующие данному социальному слою новые правила игры и свойственный им «дресс-код». Отрывающиеся от родной земли, устремляющиеся на Запад с надеждой влиться в его кажущуюся прогрессивной и передовой художественную жизнь представители искусства противостоят замыкающимся на узконациональной традиции, углубляющимся в ее «корневую» систему и удаляющимся от влияний чуждой цивилизации. Наконец, замыкающимся в близком им элитарном музыкальном сообществе, живущим идеалами и ценностями последнего, противоречат «открывающиеся» массовой публике, идущие ей навстречу – **в шоу-бизнес и обслуживающие его социальные структуры**. И над всем – **принципиальная множественность, пестрота индивидуальных выборов, субъективных решений, планов на профессиональную реализацию, одним словом, небрежное**

отношение к чувству ответственности за «общее» в пользу реализации «особенного». Так завоеванная свобода обернулась произволом своеволия.

Концептуальная деятельность, т. е. поиск руководящей идеи, определенного способа понимания какой-либо принятой в основополагающем качестве точки зрения, в развитии музыкальной культуры представляется востребованной сегодня как никогда прежде. Причиной тому являются не только трудности переходного периода, но и специфика традиционного для отечественного музыковедения методологического фундамента. Как известно, в течение многих десятилетий советская музыкальная наука формировалась исходя из положений интонационной теории Б.В. Асафьева, разработавшего ленинскую «теорию отражения». При всей исчерпывающей полноте представления музыкального искусства, данная бесспорно выдающаяся исследовательская разработка тем не менее обнаруживает своеобразную односторонность.

Нетрудно заметить, что мысль Асафьева, несмотря на рассмотрение им широкого спектра вопросов, сосредоточена прежде всего на музыке. Она, таинственная, притягивает его пытливый ум. Что в ней представлено? Каково отражаемое ею содержание? Как человек являет себя в ее звучании? Другой центр – **собственно *homo musicus*** – включается в развитие асафьевской мысли по ходу его рассуждений о «музыкальном». Он, этот самый «*homo*», как бы вовсе и не первопричина бытия музыки и уж тем более не цель. Изменения, происходящие в нем, обновляющие, деформирующие или трансформирующие его человеческую сущность, обходят стороной методологический мир, выстроенный замечательным русским музыковедом.

Явившаяся безусловным завоеванием советской музыкальной культуры, асафье-



евская интонационная теория оказалась невольным эталоном набора вопросов, долженствующих быть изучаемыми учеными-музыкантами. Проблема воздействия музыки на человека, его физическое, психическое и духовное бытие, рассматривалась обычно весьма формально: академическая музыка высокой европейской традиции всегда мыслилась сопряженной с позитивными изменениями в человеке; молодежная популярная, так называемый «масс-культ» (особенно в его крайних «экстремистских» стилях), оказывалась если не в негативном поле, то и совсем не в положительном с точки зрения влияния на слушателя. Вопрос в данном случае заключается не в правильности или ложности данной оценки двух противостоящих «лагерей», а в отсутствии каких бы то ни было значительных научных музыковедческих оснований для подобного рода элитарного нигилизма.

Представленная проблемная сфера современной музыкальной жизни, являющаяся центральной в сфере сохранения востребованности классического фонда мировой музыкальной культуры, успешного сопротивления его «умиранию» в обществе по мере смены одного поколения другим, выдвигает на первый план актуальных изысканий отделы музыкознания, связанные с изучением социально-психологических и социально-культурологических вопросов.

Предлагаемый материал посвящен музыкально-культурологической концептуальности – области, которая сосредотачивает внимание на ценности и смысле музыкального «возделывания» человеком самого себя и окружающей его реальности. Прежде чем приступить к формулированию основных положений по заявленной теме, в целях более адекватного определения направленности поисков автора, уместным представляется следующее напоминание культурологам о цели и

назначении их деятельности. Высказанное одним из современных методологов в данной области профессором Л.К. Кругловой, оно проясняет «настрой» последующих рассуждений.

Культурологические теории, по мысли Л.К. Кругловой, – это не «игра в бисер», их ценность определяется, в первую очередь, как раз тем, возможно ли на их основе построение модели должного состояния культуры. Отсутствие такой возможности – это приговор любой теории, свидетельство ее бесплодности и бесполезности. Отвечая скептикам, мотивирующим свой отказ от такой позиции опасностью активизации бескомпромиссной ортодоксальности во взглядах, автор замечает, что «зачастую благородное беспокойство по поводу возможного догматизма служит удобной ширмой, прикрывающей бессилие некоторых теоретиков дать вразумительные ответы на практические вопросы» [1, с. 7].

Действительно, культурология, как и любая из гуманитарных сфер научного знания, налагает определенные обязательства на исследователя, которые обозначить иначе, чем поиск решений вполне реальных жизненных проблем, невозможно. Каковы же те концептуальные основания, которые действительно смогут обеспечить если не преодоление, то хотя бы понимание сути той фатальной обособленности профессионального музыкального мира, которая сегодня кажется многим оправданной и единственно возможной для жизни искусства вообще? Этот вопрос далеко не праздный, так как по сути принадлежит проблеме «выживания» высокой художественной культуры в целом. Ведь отсутствие должного «спроса» рано или поздно приведет к сокращению, а то и к полному изъятию из производства опального «товара».

Музыкальная культура всегда фиксирует некий отсвет общих проблем культурной жизни общества и в поисках

опоры ее самосохранения должна быть соответственно отображаема в ракурсе более широкого гуманитарного контекста. Общеизвестно, что сегодня мы реализуемся в условиях культурных норм «постмодерна» или «позднего модерна», как его еще называют. Отвечающий его установкам человек – **объект определенного рода воздействий** и субъект индивидуально проявляющейся самостоятельной активности – **представляет собой своеобразное существо.**

Среднестатистический «герой» современного общества конституируется совершенно определенным набором стремлений: настроенностью на поиск удовольствий, наслаждений, богатства, власти, наконец любви, понимаемой в основном физиологически, «телесно» и т. д. Весь этот поток жизненных впечатлений призван им, дабы максимально и без остатка «взять» от пребывания на Земле тот максимум благ, который по ощущениям и нехитрому разумению нашего современника обеспечит его счастье. Ибо при всей кажущейся новизне и возмутительной бездуховности культурных действий *homo sapiens* образца позднего модерна его вожденной целью явно или скрыто оказывается все то же, старое как мир, обретение счастья. Более того, данный вектор стремлений человека становится в наши дни (при активнейшем участии СМИ) чуть ли не навязчивой идеей, звучащей с экранов телевизоров, прописанной в разного рода материалах периодической печати и проникающей со стороны того энергетического поля, которое накопила наша неумная социальная среда. Но при этом все предлагаемые «рецепты» счастья сопряжены в лучшем случае с временными удовольствиями, не имеющими никакого отношения к счастью как длительному атрибуту ощущения жизни.

Противоречивость сущности человеческой личности времен постмодерна

заключается в парадоксальном сочетании настойчивого стремления к счастью и такой деятельности по его обретению, которая на деле лишь удаляет субъект от него. В итоге личность оказывается трагическим образом увлекаемой модными стереотипами внешнего вида, поведения в обществе; ультрасовременными проектами омоложения, оздоровления с тем, чтобы все более активизируясь внешне, внутренне погружаться в состояние пресыщения и усталости от переизбытка реализуемых проектов. Реакции на подобный ритм и тон времяпрепровождения по «улучшению качества жизни» приводят к самым разным, порой окончательно деформирующим человеческую личность, последствиям как психического и духовного порядка, так и физического, телесного.

Художественная культура представляет определенную рефлексию общества на данную ситуацию, показывает свойственные ей особыми выразительными средствами процессы, происходящие сегодня в человеческих душах. Искусство в наши дни приобретает особую ценность, являя собой важный источник информации о том, что скрывается за блеском рекламных щитов и веселостью бесконечной череды развлекательных зрелищ. А те формы эстетического самовыражения, которые выросли на почве нонклассики: поп-арт с его хэппенингами и перформансами, собственно псевдоискусство постмодерна, выставляемое в многообразных арт-проектах, арт-практиках, артефактах – **лишь обнажают «болезни» человеческого облика, претерпеваемые обществом сегодня.**

Музыка всегда находилась на особом положении. По воздействию на психофизиологический план и обратно, по правдивости отображения мира души, глубин бессознательного в свойственной ей художественной форме данному виду творческой самореализации человека, пожалуй, нет равных. Думается, что

попытка подвести этические основания к концептуальной сфере музыкознания может стимулировать многие процессы общекультурного значения: явиться для современного художественного сообщества источником самопознания; представить скрытые проблемные зоны в человеке и его взаимоотношениях с музыкой; обозначить некоторые направления в поисках контакта высокой музыкальной традиции и массовых слушательских предпочтений эпохи постмодерна. Наконец, при условии успешной реализации всех изложенных прогнозов, этический фундамент музыкальной культурологии возможно окажется, вопреки всякой исторической логике, у истоков наступления новой эры, связанной со своего рода посттрадиционалистским видением мира и человека.

Каким же образом может быть представлена этическая проблематика в музыкознании? И разве не присутствует она в обычных аналитических разработках современных музыкальных исследователей? Такие вопросы невольно возникают при обращении к реальному материалу нашей многогранно разрабатываемой музыкальной науки. Напомним, что речь в данном случае идет именно о музыкальной культурологии, входящей в общую структуру музыкознания – предмете, который строжайшим образом должен иметь прежде всего исследование *homo musicalis* во всех его проявлениях. Поэтому выбор системы понятий должен инициироваться в данном случае методами познания в первую очередь самого человека и лишь затем, в таком гуманитарном контексте, предполагать постижение продукта его творчества.

Выдвигаемый этический ракурс исследования не является реминисценцией эвдемонизма и не подразумевает декларирование (во всяком случае внешнее) морального «поступления» как единственно приемлемого способа достижения счастья. Этика видится здесь скорее как возмож-

ность рассматривать и изучать «музыкальное явление» через понятия доступные и в любом случае представляющие интерес для каждого человека. В этом смысле данный отдел философского знания оказывается самым близким и даже глубоко личностным любому субъекту с его стремлениями, желаниями и надеждами. Вместе с тем этический ракурс предлагается в качестве определенного стимула к самопознанию человеком самого себя, выработке своего рода «культуры желания» в определении собственной дороги к счастью, т. е. такого отношения к своим потребностям, которое обеспечит если не вполне адекватный, то хотя бы близкий к нему путь к этой высшей качественности бытия.

Музыкальная культурология в нашем отечественном музыковедении обычно представляется как область, изучающая прежде всего некое «множество» в целом: человечество, творимую им материальную и нематериальную «вторую», музыкальную реальность, соответствующие данному деятельностному акту общественные институты и базы информации как специальной, так и общедоступной [2]. В итоге предмет практически «растекается» по всему пространству, объётому звучанием музыки, и развивается исключительно как некое профессиональное, систематическое «собрание» объекта исследования. А между тем культурологические области научного познания мира характеризуются поиском куда более внутренних, скрытых для внешнего мира процессов, аккумулирующихся в глубинах человеческой личности и создающих ее культурный план.

Уровень музыкального бытия предлагает рассматривать человека «культурного» в трех его проявлениях: человек, производящий музыку, человек, воспроизводящий (исполняющий) музыку, и человек, воспринимающий музыку и воспроизводящий на новом уровне самого себя. Безусловно, вариантов сопряжения чело-

века и музыки в наш век научно-технического прогресса гораздо больше. В данном случае указываются лишь основные «действующие лица» музыкальной жизни общества в целом. Исследование этического плана их музыкальной активности выдвигает круг вопросов, обращенных как к общей этической позиции в культурном самоопределении личности, так и к особенностям ее проявления в музыкальной деятельности. Среди изучаемых характеристик целостного облика индивида его идеалы, ценности, особенности подходов к решениям морального выбора, понимание счастья, отношение к Великому Другому (т. е. религиозное самоопределение) и накопленный нравственный опыт со свойственными ему представлениями об удовольствии, пользе, милосердии, справедливости, совершенствовании и т. д.

Многогранными исследованиями должны быть окружены и проявления «эстетического» в жизни нашего современника: специфика эстетического отношения и особенностей понимания им критериев «красоты», степени влияния на эстетический вкус субъекта со стороны его ближайшего окружения, а также СМИ, институтов моды, рекламы; реакции на произведения искусства, музыки (в «серьезных» и «легких» жанрах, традиционной и ультрасовременной направленности выразительных средств) и пр. Вся та «гамма» чувств, которую обнаруживает индивид в процессе взаимодействия с каким-либо художественным материалом – **восторг, удовольствие, наслаждение, отторжение, неприятие, отвращение – тем или иным образом** характеризует этические позиции его культурного облика, уровень понимания им собственной души и соответствия ей выдвигаемых в реальности потребностей и желаний.

Удивительно правдивой и максимально искренней в связи с предлагаемым в данном

материале этическим ракурсом освещения оказывается информация, содержащаяся собственно в музыкальных произведениях. В отличие от традиционного музыкально-теоретического анализа, культурологический подход не предполагает игнорирование композиций массового спроса или нетрадиционной музыкально-выразительной ориентации. Напротив, культурология предусматривает внимание, прежде всего к тому, что более любимо современным слушателем, к истокам и предпосылкам популярности данного музыкального продукта, к характеру и качеству такого приятия его массовым потребителем и, наконец, к факторам внешнего порядка, воздействующим на формирование данного отношения. Однако, возвращаясь к вопросам информации, содержащейся в самом музыкальном продукте, следует подчеркнуть в связи с этим особые его свойства.

Как уже отмечалось, язык музыки отличается необыкновенной действенностью влияния представляемых им художественных образов на человеческий организм в целом. Психологи утверждают, что музыкальный материал вносит изменения в сердечно-сосудистую деятельность, мышечный аппарат, дыхательную систему, воздействует на психо-эмоциональное состояние субъекта и может опосредованно отразиться на его интеллекте. Однако очевидным представляется и обратное: музыка с необратимой адекватностью отражает и состояние композитора, создающего ее, а вместе с ним и общества, к которому он принадлежит и которое в той или иной мере выражается в новоявленном музыкальном содержании. При этом информация, исходящая со стороны музыкального сочинения, в первую очередь, глубоко личностна и так или иначе проявляет этические качества индивидуальности своего создателя.

Музыкальное произведение этически информативно, даже если отличается кажущейся внеличностью композитор-

кой активности. Более того, произведение, выраженное в звуках, информирует о своем сочинителе и в случае принадлежности его к массовой шоу-индустрии или новым нетрадиционным арт-практикам, техникам композиции и пр. Отсутствие четких понятийных основ, свойственное музыке как виду искусства, сопряжено с более высоким уровнем спонтанности, искренности высказывания со стороны композитора. Явления «сокровенного», «исповедального» легче приоткрываются там, где нет слов и определенного смысла предложенного текста.

Проблема заключается в разработке особых методов анализа музыкальной литературы, отличающихся как от привычного целостного, так и новомодного семиотического. Объектом анализа видится здесь не только музыкальный текст, но и все, что объемлет мир, в котором живет композитор. При этом подобная исследовательская база должна мыслиться всегда как единое неделимое целое, которое конституируется из определенных, индивидуальных и неповторимых (возможно разноплановых и неоднородных) единиц

анализа. Целью таких изысканий должно быть познание этических оснований культурного облика творящего субъекта, оказание помощи ему в обретении подлинного счастья, а назначением – преодоление замкнутости различных сфер современной музыкальной жизни, налаживание контактов, достижение взаимопонимания и ... возвращение на новом качественном уровне к традиционным культурным приоритетам.

### Цитированная литература

1. **Круглова Л.К.** Философия культуры, теория культуры, культурология: место и роль в системе культуроведения, соотношение с философией и специальными науками // Вопросы культурологии. – 2009. – № 1.
2. **Задерацкий В.** Мир, музыка и мы. Размышления без темы // Музыкальная академия. – 2001. – № 4.
3. **Бычков Ю.Н.** Методология музыковедения: Программа по направлению 522501 «Музыкальное искусство». Специализация «Музыковедение». – М., 1999.

## МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 614

*В.Р. Окушко*, д-р мед. наук, проф.  
*Р.В. Окушко*, канд. мед. наук, доц.

### К СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

*Высказаны аргументы в пользу первостепенного значения сугубо биологических (и, в частности, генетических) факторов здоровья. Утверждение не умаляет значения экологических, социальных, бытовых и иных факторов, но оно предполагает фундаментальность и абсолютную значимость для всех последующих поколений землян, в том числе россиян. Реальный контроль над состоянием здоровья населения осуществим на основе генетических и фенотипических принципов медицинского сопровождения развития человеческих особей.*

В 2010 г. завершается обсуждение «Концепции развития здравоохранения РФ до 2020 г.». В комиссию по ее разработке, возглавляемую руководителем соответствующего ведомства Т. А. Голиковой, включены, как известно, виднейшие представители российской медицины и организации здравоохранения. Научным обеспечением обсуждаемых вопросов стала солидная монография Г. Э. Улумбековой «Здравоохранение России. Что надо делать», в которой профессионально обоснованы все разделы документа. На специальном сайте (<http://zdravo2020.ru/>) размещены сотни предложений и дополнений, вносимых специалистами-медиками и потребителями медицинских услуг.

Подобно миллионам сограждан авторы этих строк очень хотя надеяться на реализуемость основных положений концепции. Кратное увеличение государственного финансирования отрасли и на-

меченные в Концепции преобразования внушают доверие и оптимизм.

Конечно, политика – искусство возможного. Ее документы строятся именно на реальной возможности, хорошо видимой только с самых верхних этажей вертикали власти. Вероятно, по этой причине четко обозначенная в упомянутом труде центральная, осевая роль биологических (генетических) факторов заболевания не получила развития ни в обосновании, ни в самой Концепции. Именно в связи с данным обстоятельством мы считаем своим долгом высказать ряд соображений, имеющих отношение к мегастратегии нашей отрасли, ее, по нашему мнению, неизбежной эволюции. При этом вопрос о степени отражения подобных материалов в программных политических документах остается открытым. В то же время представляется самоочевидным, что шаги, предпринимаемые сознательно, должны как можно ближе соотноситься с теми событиями, кото-



рые детерминированы, которые должны произойти неминуемо, произойти естественным путем, помимо нашей воли и разума. Заглянуть за горизонт нам не дано, но, всмотревшись в его контуры, очертания, мы можем кое-что разглядеть и, как нам кажется, просто обязаны пытаться это делать.

\* \* \*

Представляется несомненным, что современная трансформирующаяся медицина ощутимо отличается от таковой недавно минувшего века... И дело не только и не столько в ее гигантских успехах в сфере технических возможностей диагностических и лечебных вмешательств. В этом вопросе, очевидно, не может быть различных суждений. Но мы должны бы осознать и принципиально иные, драматические изменения, происходящие в медицине. Ее усилиями выявлены и продолжают выявляться десятки тысяч ранее неизвестных заболеваний, в том числе и наследственных. Здесь не место обсуждению вопроса о том, какое именно количество наименований известно медицинской науке. Важен порядок величин и факт выявленности путей передачи заболеваний из поколения в поколение. Сегодня мы знаем о существовании заболеваний, полностью определяемых генетическими обстоятельствами – индивидуальным генофондом человека. Известна и более сложная категория – наследственно обретаемая склонность к тем или иным заболеваниям, обусловленным уже различными генами. Наконец, существуют еще заболевания, зависящие от эпигенома – сложнейшего взаимодействия генетического механизма с условиями развития человека.

Чему же мы обязаны таким наследственным богатством, диаметрально отличающим нас, жителей экономически относительно благополучных районов, от животного мира и людей, обитающих

в примитивных условиях? Понятно, что здесь немаловажную роль играет уровень диагностических методик современной медицины, располагающей сегодня несопоставимо более широкими и все расширяющимися возможностями: мы диагностируем, несомненно, тоньше, чем наши предшественники. Но рассматриваемое явление имеет под собой существенно более серьезную, уже объективную биологическую основу.

Нынешние наши пациенты отличаются от таковых даже XIX и начала XX века. Дело в том, что современный человек, обитающий в так называемых цивилизованных регионах, от поколения к поколению все больше удаляется от естественных условий, поддерживающих в живом мире высокий уровень здоровья популяции. Мы почти полностью освободились от «биологического пресса» – механизма стабилизирующего отбора. Замечательное достижение современных развитых стран – почти полная ликвидация детской младенческой смертности – имеет свою оборотную сторону.

В отличие от естественных условий, в которых малейший неблагоприятный признак, связанный с генетической мутацией, равносителен смертельному приговору, мы не только стремимся, но и почти достигли того, чтобы выживали и давали потомство все рожающиеся. Мы оперируем врожденные уродства, находим возможность сохранить, по мере сил, полноценную жизнь всем носителям неблагоприятных и даже биологически крайне нежелательных особенностей, значительная часть которых передается по наследству. Но в тени этих грубых нарушений скрывается неопределенное множество неявных, скрытых признаков, обуславливающих склонность к различнейшим заболеваниям. Такого рода факты не новы, они полагаются второстепенными, и из «политкорректности» о них не принято говорить. Хотя, только

пристально всмотревшись в них (а это мы и пытаемся доказать), можно начать понимать, что происходит с нашим здоровьем и что следует в связи с этим предпринимать.

Очевидно, самое распространенное представление о причинах болезней и у пациентов, и у врачей – идея повреждения. Даже само понятие «здравоохранение» уже содержит указание на это фундаментальное представление. Существует здоровье, норма, бесценный дар, который необходимо охранять – охранять от вредоносных болезнетворных патогенных воздействий, которые наносят ущерб организму, повреждая те или иные его подсистемы. Повреждения могут наноситься неблагоприятными чрезмерными факторами внешней среды, причем на различном уровне: от целостного организма до «молекул жизни». При этом даже наследственные заболевания рассматриваются как результат повреждения хромосом и генов: мутация – типичное следствие повреждения. Именно оно представляет собой универсальное понятие – необходимое и, как полагают, достаточное условие для понимания всего, что происходит в начале заболеваний. Если есть болезнь, значит, есть повреждение и соответственно его локализация – **locus morbi**. Если нет нигде повреждения – организм здоров. Повреждение, полóm становится отправной точкой возникновения порочного круга (**circulus vitiosus**) – **положительной обратной** связи между следствием и причиной. Иначе говоря, ситуации, когда следствие активизирует, усиливает причину.

Такой процесс не может продолжаться долго. Он ведет либо к истощению соответствующих ресурсов, к самоликвидации, дезорганизации, либо к «реорганизации»: созданию новой противодействующей системы, подчиненной уже отрицательной обратной связи, ведущей к выздоровлению, гомеостазу.

Но что такое повреждающий фактор с точки зрения биологической? В конечном счете повреждающим становится любой параметр внешней среды, если показатели его превосходят некие величины, «рассчитанные» природой, естественным отбором. Животный объект стремится уйти от удара извне, будь то «слишком» высокая (или низкая) температура, влажность, давление, электрическое поле, концентрация химических соединений или живых объектов-антагонистов и т. д., и т. п. Но уже испытан повреждение, биообъект вынужден мобилизовать свои ресурсы, перейти в некое переходное, кризисное, стесненное состояние, которое люди и называют болезнью, недугом, страданием и т. п. И вероятность возникновения заболевания, и степень его тяжести, и исход – все определяется величиной и скоростью (иначе говоря, мощностью) повреждающего воздействия.

Такое может произойти и с видом в целом, и с популяцией, семьей, индивидом и его подсистемами. Отсюда однозначно следует, что, если мы хотим избавить некий биологический объект – в нашем случае популяцию человека – от болезней, мы должны обеспечить ему оптимальную среду обитания. Если это удастся, проблема будет решена. На этом, со всеми возможными оговорками, стояла и стоит медицина. В частности, удручающие показатели состояния здоровья населения России будут улучшаться по мере улучшения экологии, обеспеченности жильем, одеждой, питанием и социальным комфортом.

Все перечисленное – святая, истинная правда, но правда не вся. И дело не в том, что здесь не упомянуты или не сформулированы те или иные крупные или мелкие детали путей к здоровой нации. Дело в том, что сама постановка вопроса здесь не достаточно точна. Кроме изменчивости параметров внешней среды существует еще изменчивость внутренней среды организма.

\* \* \*

Логикой всех приведенных рассуждений подразумевается, что живые системы одного рода практически идентичны друг другу, что они запрограммированы и реализованы в качестве объектов, адекватных средовым параметрам (нормальные организмы – нормальной для них внешней среде или коридору оптимальных параметров). Но все дело в том, что на каждом системном уровне во взаимодействие со средой вступают фактически отнюдь не одинаковые, а очень различные и изменчивые объекты. Естественной природе присуще внутреннее многообразие, и не только видов и их сообществ, о которых мы вспоминаем, рассуждая о необходимости сохранения биоразнообразия. В высшей степени различны и отдельные особи, и это тоже суровая биологическая истина и необходимость. Популяции выживают благодаря их внутреннему разнообразию.

Принципиально не существует и не может существовать абсолютно адекватная идеальная особь. Она существует только в качестве некоего абстрактного эталона, и к этой абстрактной норме, стремясь ко всеобщему здоровью, мы пытаемся подогнать все внешнесредовые условия и параметры. Но, еще раз подчеркнем, в естественном живом мире разнообразие – это всеобщий принцип: выживает и дает потомство только та часть особей (иногда очень небольшая), что оказывается наиболее приспособленной, адекватной актуальной среде. Природа предельно сурова по отношению к рождающимся с мало-мальски значимыми врожденными отклонениями. Если эти отклонения не соответствуют требованиям окружающего мира, т. е. неадекватны среде, их носители гибнут. Гибнут, уступая место более удачливым особям, чаще всего с более адекватной наследственностью. Поэтому мы и наблюдаем, что при всем разнообразии в естественных условиях критические

состояния организма (болезни) взрослых особей столь редки и действительно почти всегда обусловлены чрезвычайными повреждающими воздействиями.

Таким образом, в естественной среде все оказывается отлаженным и пришлифованным: разнообразие выступает в качестве запаса прочности популяции, постоянно контролируемого через смертность детенышей. На это естественное положение дел в природе мы не пытаемся, да и не особенно хотим влиять. Нас волнуют страдания человека, продолжительность его жизни, но следовать в этих вопросах природе, подражая ей, мы не можем и никогда не сможем.

Популяции взрослых животных всегда тщательнейше очищены от «некондиционных» особей. Популяции же человека в особенности цивилизованные, наоборот, такими «некондиционными» избобилуют. Природа не знает ничего, кроме эффективности, ей неведома антитеза «добро–зло». Проблемы заболеваемости, детской и общей смертности, продолжительности жизни и тому подобные как таковые для нее не существуют: это «сентиментальности» и «романтизм» человека. В природе все разумно и четко, все самоорганизуется работой «невидимой руки» дарвиновского отбора. Это люди изобрели для себя понятие «болезнь», не отражающее в объективном мире почти ничего.

Поэтому медицина окончательно так и не определила, что такое «болезнь» и «неболезнь» (здоровье). Причина тому кажется очевидной: в мире природы подобного явления, соответствующего нашему расплывчатому представлению, просто не существует. Такие понятия, как болезнь, страдание и соответственно сострадание, порождены нашим человеческим сознанием. Это его продукт – возможно, один из ценнейших, и специфических, и богоданных. Медицина возникла и существует для реальных действий, для противосто-

яния страданиям, обусловленным состоянием организма. Именно болезни человека, как бы мы их ни расценивали, были и, очевидно, останутся основным объектом медицины и поэтому настоятельно требуют углубления их естественнонаучного активного биологического осознания и понимания нами.

Важное событие в этой сфере произошло вне медицины. С 1975 г., с появлением персональных компьютеров, мы, медики, должны были понять, что эта техническая модель живого организма может нас научить едва ли не важнейшему. Нарушение функционирования этой крайне упрощенной модели может произойти не только в результате грубого внешнего физического воздействия (скажем, молотком), но и при простом попадании в него сигнала особого качества – «вируса», провоцирующего возникновение порочного круга. При этом ни один блок (подсистема) этой модели, ни одна деталь, ни одна молекула не оказывается поврежденной. Как такового повреждения нет, нет в принципе. Все физические составляющие остаются интактными, а система в целом полностью «заболевает» и выходит из строя. Это явление – прямой аналог функциональных расстройств в организме человека, вызванных внешней информацией, остающейся медицинской загадкой, при решении которой мы безуспешно, но упорно искали *locus morbi* – место повреждения. Но компьютерная модель самим фактом своего существования и своих «заболеваний» должна была образумить нас, прямо указав на то, что порочный круг может возникнуть не только в результате физического повреждения, но и при других, сугубо информационных обстоятельствах, совершенно независимых от физики носителей информации.

Иначе говоря, сегодня мы можем утверждать, что здоровьем человека угрожают отнюдь не только повреждающие

факторы и поломы, а две качественно абсолютно различные, независимые друг от друга категории факторов. С одной стороны, это грубые, средовые, преимущественно энергетические и действительно повреждающие воздействия, а с другой – тонкие, внутренние, преимущественно биоинформационные, ничего физически не разрушающие, но создающие условия для функционирования губительной положительной обратной связи – всеразрушающего порочного круга. Этот простой, но достаточно очевидный объективный факт подлежит глубокому осмыслению.

Судьбу медицины предопределило то, что на начальном этапе представления о причинах болезней она основывала на более простых и очевидных закономерных связях со средовыми, преимущественно физическими энергетическими повреждающими факторами. Выявление доз и мощностей воздействия различных болезнетворных обстоятельств было исходной задачей в поиске путей управления здоровьем. При этом, естественно, очень давно была замечена роль факторов, которые мы сегодня называем информационными. Это касается и возникновения заболеваний (в первую очередь, наследственных), и их лечения (психотерапии). Тем не менее основные знания и умения врачей издавна и до сих пор ориентированы именно на «нозологические формы», по умолчанию рассматриваемые исключительно как следствие повреждений, поломок в результате воздействий извне. Как мы уже подчеркивали, в качестве объекта этих воздействий, по умолчанию же, принимался абстрактный идеальный здоровый человек, «человек вообще», подразделяемый лишь по признакам пола и возраста, да и то далеко не всегда.

Очень существенно, что на идею идеального, здорового во всех отношениях человека опирались мальтузианцы и евгеники. На нее опирались и гитлеровские

идеологи – блюстители расовой чистоты, – начавшие практически реализовывать биологическое очищение человечества. Гнуснейшие человеконенавистнические идеи заставляют содрогаться нормально-го, психически здорового человека. Но эта естественная эмоциональная реакция на ужасы, связанные с нацизмом и оправдываемые его современными адвокатами, не должна заслонять реальный медицинский факт неизбежного накопления в современных популяциях, выводимых из сферы естественного отбора, неблагоприятных признаков со всеми его тяжкими последствиями. Проблема не только не сходит со сцены, но и усугубляется. По упомянутым выше объективным причинам человечество неизбежно становится все более разнообразным.

\* \* \*

Эта ситуация выглядела бы совершенно безнадежной, если бы не достижения фундаментальной биологии, и особенно генетики. Геномика, оснащенная современными техническими возможностями информатики, стремительно набирает темпы выявления наследственных индивидуальных особенностей. Вместо представлений о крайне размытой, но единой норме здоровья уже сегодня мы располагаем лабораторными параметрами десяти тысяч нормальных индивидуальных геномов. При этом индивидуальные показатели могут различаться очень существенно. На этой постепенно растущей фундаментальной базе появляется реальная возможность контроля наследственных качеств будущего ребенка. Система медико-генетических центров – лишь первые организационные шаги этого направления.

Здоровье здоровых может и должно контролироваться не только до рождения, но и до зачатия, а в идеале – на протяжении всей человеческой жизни. Это область приложения сил, знаний, умений врачей

особых специальностей. Не имеет смысла дискутировать здесь о наименовании соответствующих специалистов (нормолог, физиолог, профилактолог, санокреатолог и т. п.) и о диапазоне их полномочий. Соответствующий вектор стратегического развития здравоохранения, если бы он был задан, потребовал бы становления второй, параллельной медицины – «медицины здоровья». Попытки создания подобного социального института уже много лет предпринимаются на Западе учреждением системы различных «здоровьеохраняющих» инстанций (**Public Health**), функционирующих, по сути, вне системы клинической медицины. Следует признать, что в этом разделении кроется глубокий смысл. По клинической подготовке и по роду занятий специалист-профилактолог (назовем его этим условным термином) должен существенно отличаться от обычного клинициста любого иного профиля. В отличие от последнего, умеющего распознавать болезни, профилактолог в первую очередь должен уметь различать и выявлять разные типы здоровья своих пациентов (группы клинических конституций – морфологических и, что особенно важно и сложно, функциональных, т. е. группы людей, в силу собственных гено- и фенотипических особенностей неодинаково реагирующих на неблагоприятные воздействия). В этом направлении делаются лишь первые шаги, но логика развития службы здоровья с неизбежностью ведет к упрочению позиций таких принципиально инновационных научных подходов.

Об их неизбежности говорит вся масса современных данных, получаемых с использованием принципов доказательной медицины, но интерпретированных с точки зрения широты внутривидового разнообразия. Строгая, безупречная обоснованность этого подхода не вызывает никаких сомнений.

В то же время клиницисты, опирающиеся на соответствующую систему доказа-



тельств, зачастую оказываются в затруднительном положении, поскольку клинические наблюдения, обыденный практический опыт зачастую противоречат утверждению о недоказанности эффекта того или иного лечебного средства. На самом же деле, здесь чаще всего никакого противоречия нет. Статистические материалы доказательной медицины почти всегда относятся к некоему статистически уже усредненному стандартному пациенту. Реальная же клиническая практика имеет дело со становящимся все более разнородным контингентом, с огромным количеством индивидуумов, существенно различных по важнейшим физиологическим и биохимическим показателям. Поэтому средство, вызывающее чудодейственный эффект у одного пациента, может быть неблагоприятным для другого. И доказательная медицина «в среднем» здесь никакой результативности не выявит. Умение понять суть индивидуальных особенностей каждого пациента и в каждый отрезок его жизни окажется главным в деятельности врача-профилактика. Персонализированные назначения предупредительных режимов, доз и сам характер проводимого лечения должны, в первую очередь, зависеть от конституционной диагностики.

Обычный клиницист и врач-профилактика будут существенно различаться и в сфере экономических интересов. Врач всегда был, есть и будет экономически заинтересован в практике, в потоке пациентов, в существовании потребности в его услугах. Объективно его профессиональный статус неразрывно связан с наличием заболеваний у обслуживаемого контингента. Это суровый объективный факт, и никакие высокие морально-этические мотивы и лозунги не могут его упразднить. Врач призван уменьшать страдания, а для этого страдания должны иметь место. В этом неумолимый закон рынка.

Совершенно иное положение профилактика. Этот специалист призван, в идеа-

ле, избавлять обслуживаемый контингент от заболеваний. Он должен для этого, выявив комплекс индивидуальных особенностей подопечного, найти пути к его убеждению и реализации необходимых усилий ради обеспечения незаболевания. Статус такого специалиста определяется не количеством болезней, а «количеством» сбереженного здоровья у его пациентов. Отсюда следует, что основная, но не непреодолимая сложность здесь в измерении этого персонального «количества» здоровья, информационно-энергетического ресурса индивидуума. Сегодня мы этого делать почти не умеем, но если параллельная медицина, о которой мы ведем речь, займет свое место в системе социального обеспечения, то естественно возникший социальный заказ на решение данной задачи будет выполнен. Основанием для такого решения опять-таки станет упомянутая выше система выявления индивидуальных гено-фенотипов пациентов.

Необходимо напомнить тривиальную истину: результативность любого серьезного дела с точки зрения его организации зависит от четкости избранных критериев конечного результата. Для отрасли здравоохранения основной критерий – продолжительность жизни населения, включая все обеспечивающие ее параметры. Но эти показатели в большей своей части зависят не от специфических медицинских, а от общесоциальных факторов. Универсальным стандартом результативности отрасли может быть только «количество» здоровья у подопечного контингента (участка, района, города, субъекта федерации и страны в целом). Хотя измерить этот показатель у конкретного пациента мы чаще всего не умеем, но тот факт, что он объективно существует, свидетельствует о принципиальной возможности его выявления. Поэтому для практичного, небюрократического продвижения в этой области необходимо незамедлительно начать соответствующие изыскания.



При этом следовало бы осознать, что данные изыскания – не разовый социальный заказ, а непрерывный процесс совершенствования и уточнения соответствующего параметра. Можно говорить о цепи исследований, каждое звено которой заканчивается созданием действенного стандарта, подлежащего непрерывному совершенствованию.

\* \* \*

Рынок медицинских услуг и товаров подчинен рыночным же законам, сегодня доходы его акторов предельно велики и сопоставимы разве что с рынком оружия и наркотиков. Но их доходность зачастую не имеет ничего общего с общественной пользой, с интересами общества. Социально ориентированные государства должны учитывать именно эти интересы, они должны прежде всего содействовать достижению максимально возможного физического и духовного здоровья своих граждан. Увы, система рыночных медицинских услуг и тесно с ней связанная современная медицина к этому совершенно не приспособлены.

Национальная российская инновационная система в сфере здравоохранения не может дублировать западную. Для этого нет ни средств, ни перспектив: существенное повышение таким путем уровня здоровья нации невозможно. Увеличение ассигнований на здравоохранение, безусловно, основное и важнейшее условие реализации Концепции. В то же время следует учитывать, что это увеличение, не только намеченное двукратное, но даже кратное сотням, без коррекции самой стратегии окажется, как ни парадоксально, недостаточно эффективным.

Об этом свидетельствует опыт США. Самая богатая страна мира может себе позволить затраты на здравоохранение, несопоставимые с таковыми даже благополучнейших государств Европы. Однако

по уровню здоровья населения и продолжительности жизни США оказывается на последнем месте среди экономически процветающих стран. Это обстоятельство уже на протяжении десятилетий стало классическим объектом изучения экономистов всего мира и предвыборных обещаний президентов. Ясно, что сугубо рыночные механизмы регулирования отрасли, при которых она и вся корпорация медицинских работников экономически заинтересованы в непрерывном расширении сферы медицинских услуг, оказываются несостоятельными.

Система здоровьесбережения, медицинского сопровождения, профилактиологии – особая сфера врачебной деятельности, о которой мы ведем речь, – рано или поздно неминуемо распространится и займет ведущее место во всем мире. Такая система – «**медицина здоровья**» – должна будет основываться на глубоких и постоянно углубляющихся знаниях об индивидуальных особенностях людей, на персонализации диагностических, профилактических и лечебных подходов. При этом, конечно же, речь не может идти о каком-либо оттеснении классической медицины и ее санитарно-гигиенической службы, а о существенном повышении их результативности, измеряемой показателями «количества» здоровья.

Провозглашение такого подхода в качестве мегастратегического ориентира службы здоровья должно придать импульс развитию соответствующих научно-исследовательских и инновационных работ. В России такого рода шаги значительно облегчены советским опытом попытки осуществления всеобщей диспансеризации населения. Для примера напомним об опыте профилактической стоматологической помощи организованным контингентам детей. Измерение «количества» здоровья в этой сфере давно отработано и прекрасно функционирует. Чтобы соотнести эти

показатели с экономическими стимулами, достаточно простейших административных решений. Понятно, что упоминание о таких частных деталях в Концепции стратегии здравоохранения РФ неуместно. Но провозглашение необходимости

поощрения подобного рода инициатив и пилотных проектов представляется более чем желательным, будь то в рамках этого документа или иных подзаконных актов.

Упреждение болезней несопоставимо дешевле и гуманнее, чем лечение.

УДК 573+616-01/-099

*Г.И. Подолинный*, д-р мед. наук, проф.

## ИНТЕГРАТИВНАЯ ОСНОВА ТЕОРИЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ

*Гипотезы, теории, открытия, предложенные и обоснованные Гиппократом, Вирховым, Дарвином, Селье, Павловым и другими корифеями медицины, требуют обобщения и сведения их в единую теорию биологии и медицины.*

В свое время немецкий физик Макс Планк писал, что «новая истина в науке одерживает победу не потому, что ее оппоненты „прозревают“, а скорее потому, что все они в конечном счете умирают, а новому поколению знакома только новая истина» (цит. по [1]).

Обзор теоретических выкладок, апробированных на практике и подтвержденных, относится преимущественно к медицине. Но, поскольку медицина является частью биологии, ссылок на общебиологические теории, в частности на эволюционную теорию Дарвина, не избежать.

Вне всякого сомнения, следует начать с гуморальной теории медицины Гиппократа. «Отец медицины», греческий врач, живший в V в. до н. э., имеет полулегендарную биографию и огромное труднообозримое творчество. И если поэмы Гомера издавна считались началом поэзии, то труды Гиппократа рассматривались как краеугольный камень медицинское научного знания [2].

Гиппократ в своей книге «О природе человека» писал: «Я сказал, что я покажу, что все те начала, которые, по моему мнению, составляют человека, суть одни и те же и по установленному обычаю и по природе; и я утверждаю, что это есть кровь, слизь и желчь, желтая и черная» [3]. И еще одна цитата из сочинений Гиппократа: «Как в течение года преобладает то зима, то весна, то лето, то осень, так и в человеке преобладает то слизь, то кровь, то желчь, сначала желтая, а потом так называемая черная... И вот поэтому врачу надлежит лечить болезни, обращая внимание на каждый из этих элементов, который преобладает в теле сообразно с временем года, наиболее соответствующим его природе» [3].

Гиппократ отстаивал свою теорию гуморальной патологии – **учение о различных соках организма**. Нарушение их смешивания вызывает истечение раздражающей жидкости (ревмы), причиняющей страдание. «Переваривание и сгущение»

этой жидкости знаменует выздоровление. По мнению Гиппократ, в здоровом организме жидкости находятся в правильном смешении, усмиряя друг друга; преобладание какой-либо одной вызывает болезни [3].

В свое время исходя из различий телосложения, темперамента, реакций на повреждение и в зависимости от смешений «соков организма» Гиппократ разделил людей на четыре психотипа: флегматик, сангвиник, меланхолик, холерик. Эта классификация прочно вошла в медицинский лексикон и используется по настоящее время.

Таким образом, Гиппократ, теория которого на протяжении более чем двадцати четырех столетий вызывала не только восхищение и удивление, но и критику, доходившую до полного отрицания и злословия, все же по праву был врачом-целителем для своих современников и врачом-писателем, «отцом медицины» – для потомков. Гиппократ с полным основанием можно назвать основоположником клинической медицины и одним из первых авторов гуморальной теории медицины.

В 1859 г. в Лондоне издается книга Чарлза Дарвина «О происхождении видов путем естественного отбора или сохранения благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь», в которой изложен принцип естественного отбора как единственной направленной движущей силы органической эволюции [4].

Одним из основных факторов, способствующих появлению новых видов, является изменчивость. Изменчивость управляется многочисленными и сложными законами – мутагенезом, корреляцией развития, комбинациями и рекомбинациями наследственных признаков.

Человек может отбирать и действительно отбирает изменения, обеспечиваемые природой, и накапливает их в любом желаемом направлении. Таким образом он

приспосабливает животных и растения к своим потребностям или прихотям. Человек может достигать этого, методически или бессознательно сохраняя особей, наиболее ему полезных или приятных, без всяких расчетов на изменение природы. Процесс отбора является великим фактором в выведении наиболее ярко выраженных и полезных домашних пород. Нет никакого основания сомневаться в том, что принцип, столь действенный при одомашнивании, так же действует в природе. Борьба за существование обусловлена размножением в быстро возрастающей геометрической прогрессии, присущим всем органическим существам. Рождается более особей, чем может выжить. Естественный отбор, действуя исключительно путем накопления незначительных последовательных благоприятных изменений, не может совершать значительных внезапных видоизменений, он продвигается только короткими и медленными шагами. Поэтому Дарвин приходит к выводу, что «природа не делает скачков» [4].

Вымирание видов и целых групп видов, игравших огромную роль в истории органического мира, является почти неизбежным следствием принципа естественного отбора, так как старые формы заменяются новыми, усовершенствованными формами.

Отмечая заслугу Дарвина в рациональном объяснении целесообразности, Дж. Бернал писал: «Дарвин пробил столь же обширную брешь в учении Платона об идеальных формах в одушевленном мире, какую пробил Галилей в мире неодушевленных тел. При этом Дарвин сделал больше, чем простое утверждение факта эволюции. Он дал также оружие – естественный отбор, – которое уничтожило последнее обоснование для аристотелевской категории конечных причин» [5].

Учение Дарвина впервые на научной основе выявило диалектику органического

мира. В противоположность гегелевской теории развития, изложенной с идеалистических позиций, дарвинизм рассматривает эволюцию не как развитие мирового духа, а как реальный процесс развития органического мира. В дарвинизме самым субстратом эволюции является вид как эволюционирующая единица.

Концептуальными основаниями стали такие категории, как эволюция, вид, наследственность, изменчивость и другие, разработанные Ч. Дарвином в его эволюционной теории. Некоторые из этих понятий использовались и до Дарвина, но именно его теория показала их единство как результат единства всей живой природы. В основу данных категорий заложена, прежде всего, эволюция соединительной ткани и ее производных.

Теоретически обосновано, экспериментально апробировано и подтверждено практикой, что различные виды соединительной ткани (хрящ, кость, кровь, кровеносные и лимфатические сосуды, а также гладкая мускулатура всех органов) развиваются из мезенхимы, которая происходит из мезодермы. В формировании мезенхимы принимают участие также экто- и эндодерма. Такое триединство благодаря сложному взаимодействию влияет на дифференциацию и организацию тканей организма на протяжении всего онтогенеза [1, 5–7].

Таким образом, можно утверждать, что генетически обусловленные наследственность и изменчивость, играющие основную роль в эволюционном процессе, реализуются опосредованно – **через соединительную ткань.**

Вторая половина XVIII и XIX в. ознаменовались рядом открытий, в том числе и открытием клетки, хотя клеточное строение растений первым описал английский ученый Роберт Гук еще в 1665 г. В первой половине XIX в. группа ученых (Ф. Распаль, Я. Пуркин, П.Ф. Гореников,

Я. Шлейден, Т. Шван) из разных стран опубликовали ряд работ, в которых подтвердили, что клетка является основным структурным элементом растений [8].

Клеточная теория строения организмов заставила пересмотреть понятия того времени о патологии. Необходима была новая основа для патологической анатомии. Осуществил эту работу выдающийся немецкий ученый Рудольф Вирхов (1821–1902). Уже первые его труды по судебной патологии и воспалению обратили на себя внимание новым научным подходом к исследуемым явлениям, тщательным обоснованием каждого положения, прекрасным иллюстрированием морфологических изменений в клетках, тканях, органах. Свои взгляды, основанные на выполненных им исследованиях, Вирхов изложил в книге «Клеточная патология как учение, которое основывается на физиологической и патологической гистологии». В этом труде дана характеристика основных патологических процессов с точки зрения клеточной патологии, предложена новая терминология, которая стала общепринятой [8].

Вирхов, разделяя взгляды своего друга Швана на клетку как на самостоятельную единицу в организме, сделал вывод: «Все наши патологические проявления необходимо отнести к изменениям в элементарных частицах тканей – клетках ... Вся патология есть патология клеток ... Ненормальная деятельность клеток является причиной разных заболеваний» [8].

Вместе с тем известно, что Вирхов не признавал гуморальной теории и отстранялся от мысли об особой роли нервной системы в течение процессов в организме. Болезнь Вирхов рассматривал как местный, по сути, процесс в определенной области организма, не понимая целостности организма, его единства с окружающей средой.

Все же учение Вирхова о клеточной патологии на определенном этапе развития

медицинской науки сыграло положительную роль. Под влиянием учения Вирхова возрос авторитет патологоанатомической науки в медицине. Патологоанатомы стали своего рода контролерами работы клиницистов. Широкое распространение получил афоризм: **Mortui docent vivum** (Мертвые учат живых).

Но по мере развития медицины, особенно экспериментальной, накапливалось все больше фактов, которые свидетельствовали об односторонности этой теории, ее тормозящем влиянии на развитие медицинской науки.

Таким образом, ни гуморальная теория Гиппократата, ни клеточная теория Вирхова не разрешали ни теоретические, ни практические проблемы, которые имели место как в биологии, так и в медицине.

Основоположниками учения о высшей нервной деятельности являются выдающиеся русские ученые И.М. Сеченов и И.П. Павлов. Опираясь на свои открытия в области физиологии нервной системы (тормозное влияние нервных центров на поведение), И.М. Сеченов выдвинул положение о том, что все акты сознательной и бессознательной психической жизни по своей структуре и динамике являются рефлексами. В работах Сеченова предвосхищалось понятие об обратной связи как непрременном регуляторе поведения, утверждался принцип саморегуляции и системной организации нервно-психической деятельности. Учение И.М. Сеченова получило развитие в трудах И.П. Павлова, В.М. Бехтерева, А.А. Ухтомского, Л.С. Выготского и др. [9].

Развивая учение И.М. Сеченова, И.П. Павлов сформулировал принцип нервизма, играющий центральную роль в саморегуляции организма. Начав с изучения кровообращения и пищеварения, Павлов перешел к исследованию поведения целостного организма в единстве внешних и внутренних проявлений. По Павлову,

органом, регулирующим взаимоотношения организма с окружающей средой, являются центры больших полушарий как высшие интеграторы всех процессов жизнедеятельности, включая психические. Выводы Павлова о закономерностях образования условных рефлексов и сигнальной модификации поведения стали одним из истоков кибернетики. И.П. Павлов создал большую научную школу, из которой вышли не только физиологи, но и фармацевты и клиницисты.

В свое время ученик Павлова и Сеченова академик А.А. Ухтомский писал: «Есть еще много белых пятен в учении о физиологии нервной системы человека. Неизвестна до конца природа нервного импульса, не совсем ясен механизм влияния импульсов, поступающих извне, на протекание физиологических процессов в нашем организме. Академик Павлов писал, что единственный самый большой орган, который ему не удалось описать, — это нервно-мышечный аппарат» (цит. по [9]).

По утверждению А.А. Алексева, в организме имеется посредник, который обеспечивает взаимодействие, одномоментную слаженную работу мышечной, покровной и нервной ткани. Таким посредником является соединительная ткань, включающая не только связки, хрящи, кости, но и сосуды, кровь, лимфу, гели, полостные жидкости. Автор приходит к чрезвычайно важным выводам, которых пока не знает биология и медицина:

1. Одномоментная слаженная работа мышечной, покровной и нервной ткани осуществима только при помощи соединительной ткани.

2. «По отдельности» взаимодействие мышечной, покровной и нервной ткани возможно только посредством соединительной ткани.

3. Одновременно всеми тканями вместе может управлять только соединитель-

ная ткань, а не нервная, не покровная и не мышечная [10].

Таким образом, громадный соединительнотканый массив, изменяя свои свойства, прежде всего под влиянием природных факторов (характера питания, свойств воды и воздуха, сезонных биоритмов, метеорологических условий и пр.), определяет работу нервной, покровной и мышечной систем.

Краткий обзор теории нервизма и роли соединительной ткани в ней можно завершить еще одной пространной цитатой: «Одна из множеств функций соединительной ткани – создать постоянство оптимального (нормального) обмена веществ в мозге, окружающих тканях и во всем организме. При этом соединительная ткань своей функцией „вписывает“ сознание в тело, и наоборот. Если этого нет, то возникают болезни, симптомы измененной соединительной ткани и личности в целом» [10].

Вторая половина XX в. ознаменовалась внедрением в клиническую практику гормона коры надпочечников – кортизона. Затем были получены его синтетические аналоги – преднизолон, дексаметазон и др. При этом оказалось, что длительное применение гормональных препаратов (глюкокортикостероидов) может вызвать тяжелые осложнения.

Дальнейшее изучение взаимодействия гипофиза и надпочечников показало их большое значение в повышении устойчивости организма к различным повреждающим факторам. Усилиями многих ученых было доказано, что это взаимодействие является стереотипной реакцией организма на влияние разных факторов. Г. Селье (1907–1982) совокупность стереотипных реакций назвал адаптационным синдромом, а причины, его вызывающие, – стрессорами. Основные процессы стресса изучены и описаны Селье и другими исследователями. Оставляя в стороне детали, следу-

ет отметить наиболее характерные черты стрессорных реакций: усиление секреции адренокортикотропного гормона (АКТГ) передней доли гипофиза, усиление секреции кортикостероидов и гипертрофию коры надпочечников, уменьшение тимико-лимфатической системы, возникновение кровотечений и язв в желудочно-кишечном тракте. В своем течении реакция стресса имеет три стадии: мобилизации защитных сил организма (стадия тревоги), повышения устойчивости (стадия резистентности) и истощения (стадия повреждения) [11].

Причины стресса многообразны. Вредоносный эффект зависит не только от интенсивности, но и от длительности и повторяемости воздействия раздражителя. Эмоциональная стресс-реакция может возникнуть без всякого физического воздействия. К состоянию стресса приводит как избыток психосоциальных влияний, так и их отсутствие. Поэтому можно говорить о различных стрессах: психическом, физическом, химическом, лучевом, психоэмоциональном, психосоциальном, психоинформационном и др.

Многочисленными экспериментальными исследованиями и клиническими наблюдениями доказано, что стресс как адаптативный механизм ведет либо к новому или исходному состоянию с восстановлением гомеостаза, либо к развитию болезни [11].

Болезни, развившиеся в результате стресс-реакции, Селье назвал болезнями адаптации, что, однако, оспаривается некоторыми авторами. Вместе с тем патологический стресс, приводящий к развитию заболевания, Селье назвал дистрессом.

В объяснениях патогенетических механизмов болезней, возникающих в результате стресс-реакций, упоминается роль крови, лимфоидной ткани, избыточности кортикостероидов и хлорида натрия, обменных нарушений, состояния центральной и периферической нервной



системы, почек и эндокринных желез как «обуславливающих» факторов [8].

Вовлечение в адаптационный процесс многих тканей, органов и систем, примерная однотипность защитно-компенсаторных реакций указывают на наличие некоего болезнетворного «вместилища», в котором происходит «цепь драматических патологических процессов, результатом чего является повреждение паренхиматозных клеток – нервной, мышечной, эпителиальной тканей». Таким «вместилищем» является соединительная ткань. Процессы воспаления и восстановления тесно взаимосвязаны. Все компоненты воспаления паренхиматозных тканей не могут возникнуть без участия соединительной ткани (крови, сосудов, межклеточных и фибриллярных структур, тучных клеток и др.). По своей сути, альтерация и регенерация специализированных клеток (гепатоцитов, альвеолоцитов, клеток нервной системы, мышц, почек, селезенки, кишечника, желез внутренней секреции) вторичны по отношению к подобным процессам, происходящим в соединительной ткани [12].

Адаптационная теория Г. Селье весьма близко подошла к общей теории медицины. Разработанная им местная и общая адаптационная теория в значительной степени приблизила формирование идеи наднозологии соединительнотканной недостаточности.

В обосновании соединительнотканной теории медицины А.А. Алексеев, критически анализируя работы отдельных авторов, приходит к несколько иным выводам: «... Активация гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы, гиперпродукция контринсулярных гормонов, нарушение углеводного, липидного, белкового и др. обменов, а также вовлечение в неспецифическую реакцию всех органов и тканей объединяют сахарный диабет и стресс, что позволяет авторам говорить об особом виде стресса – метаболическом» [10].

Известно, что клеточные и внеклеточные элементы соединительной ткани, взаимодействуя между собой и с мембранами окружающих их клеток, образуют сложную параметрическую внутреннюю среду организма. Основной белок экстрацеллюлярного матрикса – коллаген – помимо опорно-механической играет активную роль в процессах морфогенеза, клеточной дифференцировки регенерации и вследствие этого, вероятно, в процессах адаптации к стрессовым ситуациям [10].

Из клинического опыта известно, что если любой сустав зафиксировать неподвижно, то уже через 12 часов в нем будут обнаружены дегенеративные изменения. При этом общая масса патологического коллагена увеличивается за счет превалирования распада над образованием [10].

Изменения в соединительной ткани на периферии организма якобы вызваны нарушением в работе гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. На самом деле, реакцию нервной ткани и эндокринных желез следует рассматривать как вторичную [10].

Для обоснования соединительнотканной теории А. Алексеев и соавт. вводят такие категории, как соединительнотканная рефлексия, соединительнотканная дуга, соединительнотканная память.

*Соединительнотканная рефлексия* – эволюционно выработанные определяющие возникновение, течение и развитие жизни (фило-, онтогенез) формы взаимодействия кибернетической многоуровневой системы жизнеобеспечивающих соединительнотканнных компонент (составляющих).

*Соединительнотканная рефлекторная дуга* включает в себя цепь морфологических образований (волокна, межклеточная жидкость, клетки, сосуды, связки, кости, лимфа, кровь и др.), определяющих характер реализации соединительнотканного рефлекса и памяти.

*Соединительнотканная память* – способность к воспроизведению, хранению и повторному использованию прошлого эволюционно выработанного метаболического опыта, являющегося основой возникновения, течения и завершения жизненного цикла [13].

Соединительнотканная память включает в себя системно организованное кратковременное, долговременное, опосредованное, непосредственное, произвольное или произвольное участие в местных, общих, регионарных и общеорганизменных процессах морфогенеза, защиты, репарации, питания и очищения тканей, органов, систем и организма в целом [13].

Вполне естественно, что новое понимание стрессовой теории медицины Г. Селье не может не изменить представление о концепции З. Фрейда.

В.Е Рожнов полагает, что стресс действует «... на обе стороны психического процесса, а именно: на сознательное и бессознательное, причем последнее, видимо, испытывает наиболее острое влияние. Использование эмоциональных каналов на стрессовом уровне, их напряжение способствует соответствующим перестройкам организма в целом ...» [14].

Известно, что теория психоанализа Фрейда базируется на трех значениях:

- теории личности и патологии психики;
- лечении расстройств психики;
- способе исследования неосознанных мыслей и чувств.

Понятие «Ид» (по З. Фрейду) означает бессознательное (базовые инстинкты, основанные на принципе удовольствия и первичном мышлении). Бессознательное включает инстинктивные, примитивные и врожденные аспекты личности, т. е. прежде всего основные инстинкты: самосохранения (оборона), пищевой (еда), периодических функций (сон, естественные отправления), половой (размножение).

Фрейд утверждал и строил свою теорию психоанализа, исходя из этих базовых инстинктов, которые играют решающую роль в поведении человека на протяжении всей жизни. Однако, как не менее убедительно утверждает автор общей теории биологии и медицины А.А. Алексеев, основные инстинкты определяются обменом веществ, прежде всего в соединительной ткани.

«Если существует дезорганизация в работе соединительнотканного общеорганизменного бассейна или его частей, то напряжение в обмене веществ неизбежно будет вызывать и разные формы напряжения в старой исходной структуре психики, т. е. в базовых инстинктах» [10].

Доказано, что базовые инстинкты и осознанная деятельность рождаются в мозге, большая их часть – в подкорково-стволовых структурах. Именно в последних локализованы вегетативные и иные центры: сна, пищевой, артериального давления, дыхательный и сосудодвигательный, мимики, метеозависимости, эмоциональных проявлений и др. Их активность связана с обменом веществ в соединительной ткани подкорково-стволовых структур. Поэтому для осуществления немедленной разрядки возникающих психических и метаболических напряжений (стрессов) и созданы природой в диэнцефальных центрах группы клеток соединительной ткани, вырабатывающие гормоны успокоения и удовольствия (морфиноиды).

Следуя Фрейду, можно утверждать, что со всех точек зрения (морфологической, психологической, функциональной) «принцип удовольствия», обеспечивающий разрядку, есть именно соединительнотканный. Поэтому, по мнению А.А. Алексеева, следует ввести в психоанализ новое категориальное понятие – «принцип соединительнотканного удовольствия», который бывает общеорганизменным и местно-мозговым [10].

Фрейд считал, что бессознательное является посредником между соматическими и психическими процессами в организме. Однако звучит это несколько мистически. Посредником между телесным (соматическим) и психическим является соединительная ткань, особенно в нейроэндокринных структурах. Путем коррекции соединительной ткани можно управлять специфической патологией органа, системы, организма. Подобное видение функции соединительной ткани основано на более материализованном представлении о базовых инстинктах. По данным [1], при различных формах соединительнотканной недостаточности, особенно генерализованной и внутричерепной, когда именно эти жизнеобеспечивающие соединительнотканые регионы существенно пострадали (или страдают), имеет место формирование аномальных привычек, привязанностей, способов реализации природных подсознательных функций, особенно базовых инстинктов.

После краткого анализа достаточно широко дискутируемых положений теории Фрейда можно сказать, что «роль резервуара», из которого черпает энергию подсознательное, выполняет соединительная ткань. Она «гармоничностью своих функций» обеспечивает как самые примитивные побуждения, так и высочайшие по своей духовности поступки.

В одной из работ авторы обсуждают всеобщий закон триединства. Все, по своей сущности, триедино. Целое состоит из трех взаимосвязанных и одновременно равнозначных, равносущностных и равновеликих сторон. В живых организмах такими сторонами являются экто-, эндо- и мезодерма. Мезодерма служит основным источником формирования всех соединительнотканых производных. Соединительная ткань составляет до 85% всей массы живых организмов. Из разнообразных в количественном и качественном

отношении соединительнотканых и других компонентов формируется конкретный орган с присущей ему специфической функцией. Этот огромный соединительнотканый бассейн имеет не только саморегулирующую систему жизнеобеспечения, но и центральные, промежуточные и периферические механизмы регуляции его функций [14].

В свое время Г. Селье предложил объединить определенные заболевания в отдельную группу, назвав их болезнями адаптации. А.А. Алексеев и соавторы пришли к выводу о существовании интегративной надзоологии. В этой надзоологии болезни адаптации заняли достойное место, так как адаптивность является одной из важнейших и специфических функций соединительной ткани. Авторы выделяют различные разновидности адаптационных механизмов, в реализации которых ведущую роль играет соединительная ткань и ее производные. Развитие болезни, патологических состояний и, наконец, смерть – это проявление слабости соединительнотканых адаптационно-трофических резервов как местно – в органах и тканях, так и генерализованно – в организме в целом. Исчерпание приспособительных соединительнотканых резервов организма ведет к гибели (вторичные проявления) паренхиматозных элементов органов: мозга, сердца, легких, печени и пр. Кора головного мозга обладает наименьшими приспособительными соединительноткаными механизмами, поскольку она наиболее «молода». В связи с тем что кожа является одним из самых «древних» органов, ее адаптационные соединительнотканые механизмы наиболее развиты, так как они совершенствовались на протяжении миллионов лет. Поэтому в течение многих часов после наступления смерти человека клетки кожного эпителия и слизистых еще продолжают размножаться, а придатки кожи – волосы и ногти –

расти. При врожденной дезадаптации соединительной ткани в детском, юношеском и молодом возрасте происходит ее ускоренная «изнашиваемость», проявляющаяся прогерией (преждевременным старением).

В учении об адаптационном синдроме Г. Селье в основу механизма развития болезни положен принцип неспецифической и специфической адаптации гипоталамо-гипофизано-адреналовой системы. Однако Г. Селье не подозревал, что тем самым он открыл механизм нейрогуморальной регуляции функции соединительной ткани. Последняя является универсальным посредником между внешней средой и специализированными клетками органов и систем (паренхиматозными клетками печени, почек, сердца, легких, нервными клетками коры головного мозга и др.), обеспечивающими приспособительные возможности организма. Именно соединительная ткань объединяет все системы жизнеобеспечения и процесс адаптации живой ткани к окружающей среде. Соединительная ткань определяет форму, состав, морфогенез органов и тканей, осуществляет питание и освобождение от шлаков собственно паренхиматозных клеточных элементов и др. В реализации функции соединительной ткани инструментом являются кровеносные и лимфатические сосуды, кровь и лимфа, внутриглазная и внутричерепная жидкость, строма мозга, мышц, легких, печени и других органов. Общее руководство соединительной тканью осуществляется гипоталамо-гипофизарным (нейро-эндокринным) центром, промежуточными звеньями (периферическими эндокринными железами, симпатической и парасимпатической нервной системой) и периферическими тканевыми механизмами (волоконными и основным веществом соединительной ткани, тучными клетками, клетками крови, лимфы и прочими, формирующими местную соединительноткан-

ную рефлекторную дугу и память). Вся эта система функционирует по принципу саморегуляции и обратной связи. Чем сильнее раздражитель на соединительнотканной периферии, тем более высокого уровня центры регуляции соединительной ткани включаются в работу.

Таким образом, соединительная ткань является посредником (по принципу кибернетической связи) между центрами регуляции (гипоталамо-гипофизарным), промежуточными звеньями (периферическими эндокринными железами, симпатической и парасимпатической нервной системой) и высокоспециализированными клетками тканей организма. Соединительная ткань участвует в формировании соединительнотканной рефлекторной дуги и памяти.

Особое влияние на состояние и функцию соединительной ткани оказывают надпочечники, гормоны которых прямо или косвенно воздействуют на содержание воды в самой ткани, состояние геля и волокон, структуру гликозаминогликанов, а также на обменные процессы клеточных элементов (тучных клеток, фибробластов, мононуклеаров и др.). Все это еще раз подтверждает адаптационную концепцию Селье, которая реализуется через посредника – соединительную ткань во всем ее многообразии.

Исходя из эволюционного учения Дарвина и основываясь на его интерпретации А. Алексеевым, можно утверждать, что в процессе эволюционного развития усложняется и совершенствуется, в первую очередь, соединительная ткань, обеспечивая структурно-функциональное совершенствование клеток, тканей, органов, систем и организма в целом. Она определяет и резервы совершенствования и развития мозга, мыслительной способности, социальной и психической адаптации к стрессу. Через соединительную ткань на эти процессы влияет и весь организм, и

его части. Процесс эволюции реализуется по всеобщим законам природы, и на него оказывает влияние наследственность, изменчивость и естественный отбор.

В трудах Дарвина, Тимирязева, Мичурина показана диалектическая возможность и взаимодействие организма и среды. Современная генетика подтвердила, что наличное многообразие окружающего мира формируется под влиянием внешних и внутренних факторов. Согласно эволюционной теории Дарвина изменение отдельной особи не становится автоматически видовым изменением, по отношению к которому оно выступает как возможность. Превращение индивидуальных изменений в видовые (действительность) зависит от взаимодействия особей вида и среды и реализуется посредством естественного отбора. А естественный отбор, по Дарвину, сохраняя наиболее приспособленных особей, является решающим фактором, определяющим процесс перехода индивидуальных изменений в видовые.

Весьма показательной в этом отношении является роль соединительной ткани в реализации генетического кода. Через азотистые основания (аденин, тимин, гуанин, цитозин) ДНК передает любые генетические свойства посредством информационной ДНК и тем самым управляет обменом в клетке. Но это возможно лишь тогда, когда внеклеточная соединительная ткань вовремя и в нужном количестве доставляет внутрь клетки эти азотистые основания и другие компоненты [5].

Генотип реализует свое основание в определенных условиях по мере формирования организма с определенными признаками, т. е. фенотипа. Организм, существуя за счет среды, подвергается ее влиянию посредством соединительной ткани.

Особое внимание приобрела проблема исследования перестройки генотипа при мутации. Мутационные изменения определяют, какова норма реакции орга-

низма на одну и ту же внешнюю среду. А модификационные изменения связаны с различными проявлениями одного и того же генотипа в разных условиях.

Всякие мутации и их модификации – это отклонения в строении и функции клеток, тканей, органа, системы и организма в целом. Любые отклонения (вариации) в строении и функции организма являются неотъемлемым свойством живого. Случайные вариации обеспечивают естественный отбор, т. е. биологическую эволюцию. Посредником в биологической эволюции является соединительная ткань, которая выполняет информационную (передаточную) и материальную (морфогенетическую) роль. Можно утверждать, что механизмом и способом реализации эволюционного учения Ч. Дарвина являются структурно-функциональные особенности соединительной ткани.

## Заключение

В биологии, включая медицину, можно выделить совокупность знаний о живой природе и совокупность теоретических оснований и методологических принципов, которыми биология руководствуется. Основания биологии включают в себя понятия, определения, гипотезы, теории, постулаты, закономерности, законы, которые представляют весь концептуальный аппарат биологической науки. Основания биологии отражают моменты всеобщей связи явлений. Одним из последних оснований биологии стала ее соединительнотканная теория [5].

Соединительнотканнные структуры (гелеподобные – гликозаминогликаны; твердые – кости, хрящи, связки, апоневрозы; жидкие – интерстициальная жидкость, кровь, лимфа, ликвор; жидкокристаллические – клеточные оболочки лимфоцитов,



эритроцитов; и др.) являются поставщиками, посредниками и распределителями необходимого материала, веществ и элементов для формирования, сохранения и жизнеобеспечения организма.

Таким образом, тот мощный и содержательный соединительнотканый каркас, которым обладают живые организмы, в том числе и человек, является связующей основой между специфически специализированными тканями, органами и системами организма. Соединительная ткань выполняет в организмах следующие основные функции: каркасную, метаболическую, барьерную, репаративную, морфогенетическую. Но главная функция соединительной ткани – «это роль внутриорганизменного управляющего „компьютера“, объединяющего в нужном направлении работу всех тканей и клеток человеческого организма с обеспечением задачи высочайшей приспособляемости, неисчерпаемых резервов пластичности и работоспособности этих тканей [5].

Предлагаемая А.А. Алексеевым интегративная соединительнотканная теория биологии и медицины закладывает и объясняет основу новых представлений о патогенезе многочисленных заболеваний (иммунных, аллергических, онкологических; острых и хронических; и т. д.). Новая теория не только базируется на всех предыдущих частных теориях, но и объединяет их: гуморальную Гиппократову, клеточную Вирхова, невризму Павлова–Сеченова, эволюционную Дарвина, базовых инстинктов Фрейда, стрессорно-адаптационную Селье.

Поскольку человека принято считать вершиной биологической пирамиды жизни, новая соединительнотканная теория является основой не только медицины, но и биологии в целом.

## Цитированная литература

1. **Алексеев А.А., Ларионова И.С., Дудина Н.А.** Мезодермальная и альтернативная медицина. – М., 2001. – 408 с.
2. **Жак-Жуан.** Гиппократ. – Ростов н/Д., 1997. – 480 с.
3. **Гиппократ.** Избранные книги. – М.: Госиздат, 1936. – 736 с.
4. **Дарвин Ч.** Происхождение видов путем естественного отбора. – М., 1986. – 383 с.
5. **Алексеев А.А., Ларионова И.С., Дудина Н.А.** Системная медицина (От чего погибнет человечество?) / Пер. с англ. – М., 2000. – 568 с.
6. **Кадурина Т.И., Горбунова В.Н.** Дисплазия соединительной ткани: Руководство для врачей. – СПб., 2009. – 704 с.
7. **Серов В.В., Шехтер А.Б.** Соединительная ткань (функциональная морфология и общая патология). – М., 1981. – 312 с.
8. **Верхратський С.А., Заблудовський П.Ю.** Історія медицини. – Київ, 1991. – 431 с.
9. **Философский энциклопедический словарь.** – М., 1983. – 840 с.
10. **Алексеев А.А.** Интегративная (системная, семейная) соединительнотканная медицина. – Т. 3. – М., 2005. – 528 с.
11. **Гомеостаз / Под ред. П.Д. Горизонтова.** – М., 1976. – 464 с.
12. **Алексеев А.А., Белов В.И., Ларионова И.С.** Кризис медицины (смысл биоэнергетической диагностики и лечения). – М., 2003. – 399 с.
13. **Алексеев А.А., Ларионова И.С., Мыслицкая Л.Н.** Рефлексия и память в продлении жизни: соединительнотканые основы интегративной медицины, антропологии, физиологии, патологии. – М., 2003. – 399 с.
14. **Алексеев А.А., Титов О.В.** Соединительнотканная биология и медицина XXI века на основе всеобщего закона триединства. – М., 1997. – 129 с.



УДК 618.145-007.415+618.145-007.61

Л.Н. Азбукина, д-р мед. наук, проф.  
И.И. Зеленюк, онкогинеколог высшей категории  
(Респ. центр матери и ребенка)

## ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА

*Приведены результаты клинко-лабораторного обследования женщин репродуктивного возраста, страдающих различными заболеваниями молочных желез, часто объединяемыми общим термином «мастопатия». Доказана прямая зависимость таких нарушений от общего гормонального статуса, что выражается преобразованиями эндометрия в фазе гиперпластической трансформации. Изучена роль сопутствующих соматических заболеваний в развитии указанной патологии. Полученные данные позволяют осуществлять определенную лечебно-профилактическую коррекцию.*

### Актуальность проблемы

В последние годы отмечен повышенный интерес исследователей к различным аспектам патологии молочных желез, обусловленный увеличением частоты доброкачественных и злокачественных заболеваний в различных возрастных группах женщин [1, 2, 3].

Столь стремительный рост заболеваемости молочных желез связан, в первую очередь, с изменениями внешнего фона, многие элементы которого причастны к развитию опухолей (особенности питания, подверженность радиации, а также воздействие многих других физических и химических факторов). Согласно данным литературы, важное значение в генезе заболеваний молочных желез имеют нарушения гормональных ритмов [2, 4, 5]. Аналогичные сдвиги гормонального гомеостаза наблюдаются и у больных с доброкачественными гиперпластическими процессами эндо- и миометрия [1, 6, 7].

Кроме того, претерпели явные изменения социальные условия, относящиеся к особенностям формирования семьи: возраст вступления в брак, первой беремен-

ности и родов; число детей; наличие лактации и т. д.

Проведенные нами в предыдущие годы исследования показали рост числа доброкачественных заболеваний молочных желез, которые диагностируются у каждой четвертой женщины в возрасте до 30 лет. У пациенток старше 40 лет различные патологические состояния молочных желез составляют 60%. Соматический статус больных с доброкачественными гиперпластическими состояниями молочных желез и матки, как правило, отягощен гипотиреозом, нарушением жирового обмена, патологией желудочно-кишечного тракта и гепатобилиарного комплекса.

### Цели и задачи

Клинко-лабораторное обследование пациенток репродуктивного возраста с диффузными и ограниченными доброкачественными изменениями молочных желез проведено нами, чтобы выявить факторы, способствующие их возникновению, а также определить преморбидный фон, общее состояние и сопутствующие

заболевания женщин в целях лечебно-профилактической коррекции.

### Материалы и методы

Была обследована 191 больная репродуктивного возраста со стойкими гиперпластическими процессами эндометрия: 141 (74%) женщина в возрасте до 36 лет, 50 (26%) – от 36 до 42 лет. Изолированное поражение эндометрия в виде гиперплазии отмечено у 49 пациенток, патология эндометрия в сочетании с внутренним эндометриозом – у 58, с миомой матки – у 34 больных. Все три указанные нозологические формы выявлены у 50 женщин.

В комплекс обследования пациенток наряду с клинико-анамнестическими исследованием, анализом эхограмм гениталий, гистероскопией, морфологическим исследованием эндометрия входила целенаправленная пальпация молочных желез с последующей маммографией. У 90 больных помимо этого проведено изучение гормонального статуса: уровня в плазме крови фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов, пролактина, эстрадиола, прогестерона, при необходимости – тироксина. Для характеристики уровней гормонов использованы возрастные нормативные показатели ВОЗ [5].

### Результаты и обсуждение

Основными жалобами женщин были метроррагии (51%), меноррагии (34%), нагрубания и болезненные ощущения в молочных железах (62%). Сопутствующие хронические заболевания соматического характера отмечены у 70% пациенток. Генеративная функция оказалась нарушенной у 56% больных, причем треть из них страдали первичным бесплодием.

Среди женщин, имевших беременности, среднее количество родов на одну пациентку составило  $0,9 \pm 0,2$ , аборт –  $1,45 \pm 0,3$ , самопроизвольного прерывания беременности –  $0,42 \pm 0,1$ . Осложнения гестационного процесса, преимущественно воспалительного характера, имели место у каждой второй больной, прерывавшей беременность, и у одной трети рожавших женщин. Со слов 75% пациенток послеродовая лактация была кратковременной (в среднем три месяца), отмечалась гипогалактия. Вместе с тем отделяемое из сосков по типу молозива в момент осмотра обнаружено у 74 из 191 обследуемой. Излишняя масса тела выявлена в каждом втором случае, проявления заболеваний желудочно-кишечного тракта – также в каждом втором, нарушения состояния гепатобилиарного комплекса – в каждом третьем, повышение артериального давления – в каждом пятом, гипергликемический уровень сахарной кривой – в каждом шестом случае.

К началу нашего наблюдения у 77 (40%) пациенток заболевание развилось в рамках нормального двухфазного цикла, у 42 (21%) – при неполноценной лютеиновой фазе и у 72 (39%) – в условиях ановуляции. У больных с двухфазным циклом и у двух третей женщин с нарушением лютеиновой фазы при гистологическом исследовании эндометрия выявлены полипозные структуры на фоне его секреторной трансформации, а при ановуляторных ациклических кровотечениях – гиперплазия эндометрия. Изменения со стороны эндометрия определяли клинико-патогенетические особенности заболевания и у больных с сочетанными поражениями матки, что позволило при анализе структурных изменений молочных желез руководствоваться особенностями цикла и типом изменения эндометрия.

Маммологическое исследование позволило выявить чрезвычайно высокую

частоту патологических изменений молочных желез. Гиперпластические процессы различной степени выраженности в молочных железах диагностированы у 84% женщин: фиброзно-кистозная мастопатия – у 38%, аденофиброматоз – у 26%, железисто-кистозная мастопатия – у 12% и фиброаденома – у 8% пациенток. При фиброзно-кистозной мастопатии наблюдалась выраженная крупнопетлистая деформация и фиброзирование стромальных элементов с наличием множественных кистозных полостей. Контуры железистого треугольника выглядели фестончатыми за счет склерозирования связок. Аденофиброматоз на рентгенограммах и при ультразвуковом сканировании характеризовался множественными нечеткими мелкоочаговыми тенями и тяжистыми уплотнениями, часто сливающимися между собой и образующими плотные, довольно гомогенные конгломераты вследствие преобладания гиперплазии ацинусов и фиброза стромы. Подобная патология в популяции встречается довольно редко, тогда как в наших наблюдениях составила 26%. При железисто-кистозной мастопатии с одинаковой частотой были представлены процессы гиперплазии железистых элементов и кистозная перестройка. Фиброаденомы при тех же методах исследования определялись как образования округлой формы с ровными полициклическими контурами, чаще окаймленные тонким светлым ободком (жировой тканью). Следует также отметить, что у 15% пациенток выявлена несвойственная возрасту тотальная жировая трансформация ткани желез, а у каждой четвертой больной – сочетание гиперпластических изменений молочных желез с жировой инфильтрацией.

Распределение выделенных форм патологии молочных желез по частоте оказалось приблизительно одинаковым у обследованных женщин моложе и старше

36 лет, в то время как в популяции отмечается возрастание эволюционных изменений молочных желез у женщин старшей возрастной группы. При этом у больных с полипозом эндометрия в 93% случаев на маммограммах определялись гиперпластические изменения: фиброзно-кистозная мастопатия (32%), аденофиброматоз (48%), железисто-кистозная мастопатия (7%), фиброаденомы (6%). У пациенток с полипозом эндометрия, сочетающимся с миомой матки, отмечена наибольшая частота фиброзно-кистозной мастопатии в этой группе исследований – 55%, аденофиброматоз составил 23%. При гиперплазии эндометрия, в том числе сочетающейся с патологией миометрия, фиброзно-кистозная мастопатия наблюдалась у 37%, аденофиброматоз – у 30%, железисто-кистозная мастопатия – у 12%, фиброаденомы – у 4% женщин. В этой группе отмечена наибольшая доля жирового перерождения молочных желез – 21%, что в 3 раза превышает процент аналогичных изменений желез у больных с полипозом эндометрия.

При сопоставлении структурных особенностей молочных желез с характером регулярного цикла у пациенток с двухфазным циклом в 90% наблюдений обнаружена выраженная гиперплазия молочных желез: фиброзно-кистозная мастопатия (39%), железисто-кистозная мастопатия (12%), аденофиброматоз (38%). Полное жировое перерождения молочных желез выявлено лишь у 7 (9%) из 77 женщин, в основном старше 36 лет. При нарушениях лютеиновой фазы преобладала фиброзно-кистозная мастопатия (57%), аденофиброматоз был диагностирован лишь в 19% случаев. Вместе с тем при указанных состояниях отмечено почти двукратное увеличение доли больных, у которых гиперпластические процессы сочетались с патологической инфильтрацией молочных желез. При монофазной температуре

частота фиброзно-кистозной мастопатии и аденоза распределялась равномерно, составляя 33 и 34%, тогда как инфильтрационные изменения молочных желез обнаружены у 64% пациенток, в том числе массивная инфильтрация – у 25%. Эти результаты заслуживают особого внимания так как, согласно сложившемуся мнению, у женщин с ановуляцией имеют место длительные эстрогенные влияния, стимулирующие пролиферативные процессы в органах-мишенях. В данных наблюдениях гиперпластические изменения в 25% случаев присутствовали только в матке, тогда как молочные железы оставались в пределах относительной нормы.

В свете этих данных представляет интерес анализ гормональных исследований 90 больных: 57 пациенток младшей и 33 – старшей возрастной группы. Базальный уровень эстрогенов у половины обследованных соответствовал нормативам репродуктивного возраста (от 150 до 400 п/моль/л); у каждой третьей он оказался пониженным (от 28 до 203 п/моль/л). Гиперэстрогения (от 420 до 850 п/моль/л) наблюдалась у 9 женщин (10%). У больных с нормальным уровнем прогестерона при гистероскопии был обнаружен полипоз эндометрия на фоне его секреторной трансформации. Вместе с тем при исследовании молочных желез у двух третей пациенток были выявлены гиперпластические изменения, в основном по типу фиброзно-кистозной мастопатии; у остальных – инфильтрация молочных желез. При гиперэстрогении, в том числе и относительной, результаты маммологического исследования оказались аналогичными, в то же время во всех этих наблюдениях была гистологически выявлена гиперплазия эндометрия. При низком содержании прогестерона, т. е. во второй фазе цикла, эндометрий оказался гиперплазированным также у всех обследованных, тогда как гипер-

пластические изменения молочных желез отмечены только в 62% случаев.

В литературе имеются сведения о роли повышенного уровня пролактина в генезе дисгормональных заболеваний молочных желез [4, 5]. По нашим данным, умеренное повышение пролактина (до 560–1200 мМЕ/л) и галакторея определены лишь в 12 случаях из 90. У всех этих женщин отмечено снижение уровня эстрогенов; при маммографии, пальпации и УЗИ-обследовании выявлена гиперплазия, в основном представленная фиброзно-кистозной мастопатией. При нормальном уровне пролактина (150–430 мМЕ/л) гиперплазия молочных желез выявлена у 62% больных: фиброзно-кистозная мастопатия – у каждой третьей, аденофиброматоз – у каждой четвертой. Тотальное перерождение молочных желез (инфильтрация) отмечено у остальных 38% пациенток. Обращает на себя внимание тот факт, что, несмотря на нормальное содержание пролактина, в половине наблюдений выявлено выделение молозива, в том числе и у женщин с инфильтративной трансформацией.

Возникновение патологии молочных желез в отдельных случаях можно связать с имеющейся патологией щитовидной железы, установленной эндокринологом. Так, по нашим наблюдениям, явление гипертиреоза (уровень тиреотропного гормона составил от 30 до 33 мМЕ/л при норме 3,4–3,7 мМЕ/л) констатировано у 14 больных. На маммограммах у 4 из них определено жировое перерождение ткани, у 5 – фиброзно-кистозная мастопатия и у 5 – аденофиброматоз. Проявления гипертиреоза были у 15 пациенток, причем у всех наблюдалась патология молочных желез, представленная в 90% случаев фиброзно-кистозной мастопатией. Интересен факт, что у женщин с нормальными показателями гормонального гомеостаза частота гиперплазии молочных желез составила

58%: фиброзно-кистозная мастопатия выявлена у 22%, аденофиброматоз – у 23%, железисто-кистозная мастопатия – у 13% обследованных. Сочетание гиперплазии с инфильтрацией отмечено у 15% больных, а тотальное жировое перерождение – у 27%. Полученные результаты позволяют предположить, что структурные особенности молочных желез у пациенток репродуктивного возраста определяются не только гормональными влияниями. В этой связи обращает на себя внимание то, что из 191 обследованной соматически здоровыми были всего 7 женщин; на маммограммах и при осмотре у трех из них определена железисто-кистозная мастопатия, у остальных – аденофиброматоз.

Наиболее частой сопутствующей патологией оказались хронические воспалительные заболевания матки и придатков. По нашим данным, у 72% обследованных с хроническими воспалительными гинекологическими, а также желудочно-кишечными заболеваниями выявлена гиперплазия молочных желез: фиброзно-кистозная мастопатия – у 39%, аденофиброматоз – у 33% больных. При патологии гепатобилиарного комплекса отмечено почти двукратное увеличение (до 23%) доли пациенток с выраженной инфильтрацией молочных желез. Согласно общепринятому мнению онкогинекологов, факторами, способствующими неопластическому перерождению органов-мишеней, являются излишняя масса тела, гипертензия и нарушение толерантности к глюкозе (гиперинсулинемия). У женщин с нарушением жирового обмена, гипертензией и гипергликемией дисгормональные гиперплазии обнаружены нами в 22 случаях. Следует отметить и высокую частоту тотального жирового перерождения ткани молочных желез – у 33% обследованных.

Проведенные исследования позволили установить, что при доброкачественных гиперпластических заболеваниях матки у

всех больных репродуктивного возраста происходит вовлечение молочных желез в патологический процесс. При этом к основным факторам патогенеза сочетанного поражения молочных желез и матки могут быть отнесены нарушения гормонального гомеостаза по типу умеренной гиперпролактинемии и гипертиреоза, нарушенных соотношений эстрогенов и прогестерона, а также хронические воспалительные заболевания генитальной и экстрагенитальной локализации, нарушение жирового обмена (в сторону его повышения), гипертензия, гипергликемия. Обращает на себя внимание тот факт, что большую долю в структуре патологических изменений молочных желез у пациенток с гиперпластическими заболеваниями матки, в отличие от другой патологии, занимают изменения по типу аденофиброматоза.

Высокая частота гиперплазии молочных желез у женщин с нормальными параметрами гомеостаза, вероятно, обусловлена тем, что в анамнезе подобных больных, как правило, отмечаются хронические воспалительные процессы различной локализации. Эти процессы изменяют общую сенсбилизацию организма к соответствующим биологически активным веществам, в том числе к гормонам, вследствие чего в чувствительных к ним тканях происходит активация пролиферативных процессов. Инфильтрационная трансформация молочных желез у пациенток репродуктивного возраста не рассматривалась ранее как патологическое состояние, что было обусловлено минимальным риском злокачественных образований молочных желез при подобных изменениях их структуры. У женщин старшей возрастной группы такое состояние отчасти можно объяснить возрастными перестройками. В случаях же ановуляции у женщин молодого возраста нередко происходят подобные процессы, здесь не исключена вероятность гормональных изменений молочных



желез. Подтверждением этого являются данные о высоком проценте инфильтративного перерождения желез у больных с гиперэстрогенией. С другой стороны, более частое выявление подобных состояний при патологии гепатобилиарного комплекса и нарушении жирового обмена может объяснять определенную роль в развитии этого процесса нарушения обмена стероидов и других биологически активных веществ.

### Выводы

1. В результате наших исследований доброкачественные заболевания молочных желез диагностированы у 84% обследованных женщин, что подтверждает необходимость комплексного клинико-лабораторного обследования в целях определения особенностей пограничных вариантов заболеваний.

2. К группе риска перерождения молочных желез и эндометрия следует относить женщин, у которых гормональная перестройка произошла в репродуктивном возрасте, а также страдающих сопутствующими соматическими заболеваниями (в частности, гипертензией, гипергликемией, тиреотоксикозом).

3. Полученные данные позволяют вносить определенную коррекцию в существующие комплексы лечебных мероприятий. Проблема рационального лечебного воздействия при заболеваниях молочных желез в сочетании с гиперпла-

зией эндометрия у женщин репродуктивного возраста требует дальнейшего изучения.

### Цитированная литература

1. Алибакшова Ф.К., Куземина С.В. Возможность ультразвукового исследования в оценке состояния молочных желез // Материалы 9-го Всероссийского научного форума «Мать и дитя». – М., 2007. – С. 317–319.
2. Бивол Г., Буздуган Т., Гылка Б. Репродуктивное здоровье. – Кишинев: Типарни-та, 2005. – 209 с.
3. Бурдина Л.М., Бурдина И.И. Доброкачественные заболевания молочных желез у женщин позднего репродуктивного возраста // Маммология. – 1998. – № 2. – 133 с.
4. Гуркин Ю. А. Современный взгляд на лечение женщин, страдающих патологией молочных желез // Акушерство и гинекологические болезни. – СПб.: Нова-Люкс, 2002. – Вып. 3. – С. 55–58.
5. Новиков Е.А., Алексеева М.А., Паршутин Н.П. Методы оценки эндокринной функции репродуктивной системы // Проблемы репродукции. – 2001. – № 2. – С. 98–106.
6. Сметник В.П., Тумилович Л.П. Неоперативная гинекология. – М.: Медицина, 1998. – 542 с.
7. Стрижаков А.Н., Давыдов А.И., Белоцерковцева Л.Д. Гиперпластические процессы эндометрия // Избранные лекции по акушерству и гинекологии. – Ростов н/Д.: Феникс, 2002. – С. 286–307.



УДК 578.087.8=53.08+631.564

И.Ф. Гарбуз, д-р мед. наук, проф.  
Н.Г. Андриеш, детский хирург  
А.Д. Игнатов, детский ортопед  
И.Н. Березов, детский хирург-ортопед  
В.С. Леонтьев, клин. ординатор

## ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ВРОЖДЕННОЙ КОСОЛАПОСТИ У ДЕТЕЙ

*Представлены итоги пятилетней работы авторов над проблемой лечения такой сложной патологии детского возраста, как врожденная косолапость. Приведен анализ результатов лечения косолапости по собственной методике в сравнении с методикой, применявшейся ранее. Сделаны соответствующие выводы.*

**Актуальность проблемы.** Врожденная косолапость у детей является одной из самых распространенных врожденных деформаций нижней конечности и по частоте занимает второе место после врожденного вывиха головки бедра [1–9].

Врожденная косолапость характеризуется сложной многоплоскостной деформацией стопы при участии всех групп мягких тканей и периферической нервной системы в формировании патологического положения костей стопы [10–14]. По мере роста ребенка увеличивается площадь и глубина поражения тканей, усиливается степень выраженности деформации скелета стопы, а значит, тяжесть патологии прогрессивно нарастает [15–19]. Наблюдается ригидность мягких тканей, дисфункции нервов голени, а также значительные нарушения взаимоотношений костей в суставах стопы, приводящие к их диспропорциональному развитию и формированию порочного положения стопы – косолапости [20–22].

Несмотря на достижения консервативного и хирургического лечения с использованием различных патогенетически обоснованных методов, процент неудовлетворительных анатомических и функциональных результатов остается высоким,

хотя диапазон его широко варьирует. Рецидивы, по данным разных авторов, наблюдаются как после консервативного, так и после хирургического лечения [4, 14, 23, 24].

М.П. Конюхов, А.А. Коломиец упоминают о высокой частоте таких рецидивов, как приведение передних отделов стопы, которые составляют, по их мнению, до 80–85% случаев [18, 21, 24, 25]. Неудовлетворенность результатами лечения врожденной косолапости заставляет продолжать изучение данного порока развития стопы у детей, искать обоснованные методы его стабильной коррекции.

**Цель исследования:** улучшение функциональных и анатомических результатов при различных способах лечения детей, страдающих врожденной косолапостью.

**Задачи исследования:**

1. Дать сравнительную оценку применения консервативных и различных хирургических методов лечения врожденной косолапости.

2. Изучить причины возникновения рецидивов врожденной косолапости.

3. Разработать методику хирургического лечения врожденной косолапости у детей грудного возраста и дать оценку его результатов в сравнении с традиционными методами.

4. Изучить влияние раннего хирургического лечения врожденной косолапости на развитие и функциональные возможности стопы.

### Материалы исследования

Настоящая работа основана на результатах обследования и лечения 25 детей (12 девочек и 13 мальчиков) с различными формами врожденной косолапости, которые находились на лечении в хирургическом отделении Республиканского центра охраны здоровья матери и ребенка г. Тирасполя в течение последних пяти лет (табл. 1). Возраст больных детей составлял от 2 недель до 2 лет.

### Методы исследования

При первичном обращении с ребенком в поликлинику, как и при неоднократных госпитализациях в случаях резидуальных явлений, собирали подробный анамнез с целью выявления наследственного фактора.

При осмотре устанавливали наличие типичной эквиноварусной деформации стопы с определением степени развития мышц и торсионного компонента костей голени. Величину компонентов деформации измеряли по общепринятой методике. Степень тяжести и ригидность деформа-

ции стопы оценивали методом пробной редрессации. После клинического обследования определяли возможность пассивной коррекции элементов деформации.

На основании проведенного исследования пораженные стопы больных детей мы разделили по степени деформации на три группы: легкой, средней и тяжелой. Однако при клинически тяжелой степени косолапости ригидность деформации могла носить различный характер (умеренный либо выраженный).

Функциональные особенности корригированных стоп в полной мере дополняли клинические параметры, выявленные во время статической нагрузки и ходьбы.

Для оценки функционально-анатомического состояния скользящего аппарата сухожильного отдела мышц флексоров-супинаторов у пролеченных больных проводили их ультразвуковое исследование: сканирование сухожилий большеберцовой мышцы и длинного сгибателя пальцев. Наряду с оценкой особенностей экоструктуры выполняли функциональную пробу (выявляли сохранность скольжения либо наличие блока в результате сдавливания эхопозитивными неоднородными по структуре рубцовыми тканями).

Для изучения особенностей формирования скелета стопы в процессе лечения и наблюдения в динамике проводили рентгенологическое исследование в двух стандартных проекциях. При этом были

Таблица 1

Общее количество больных детей с врожденной косолапостью

Пол	Левосторонняя косолапость		Правосторонняя косолапость			Двусторонняя косолапость			Всего			
	Число больных	%	Число пораженных стоп	Число больных	%	Число пораженных стоп	Число больных	%	Число пораженных стоп	Число больных	%	Число пораженных стоп
Мальчики	2	8	2	4	16	4	6	24	12	12	48	18
Девочки	3	12	3	2	8	2	8	32	16	13	52	21
Всего	5	20	5	6	24	6	14	56	28	25	100	39

использованы общепринятые угловые показатели: таранно-пяточный угол (ТПУ) в прямой и боковой проекции, таранно-большеберцовый угол (ТБУ) в боковой проекции и таранно-первоплюсневой угол (ТППУ) в прямой проекции. Измерялась суммарная длина костей медиальной и латеральной колонны стопы. При постоянстве этого соотношения можно говорить о нормопрпорциональном развитии стопы [11].

В зависимости от сроков начала и окончания периода коррекции при лечении врожденной косолапости (консервативным либо оперативным способом) все пациенты были распределены на три группы. Первую группу составили больные, у которых деформация стопы была корригирована до 2-месячного возраста; вторую – до 6-месячного возраста; третью – в возрасте старше 6 месяцев. Во всех случаях лечение больных начиналось консервативно. Использовалась традиционная методика коррекции этапными гипсовыми повязками с классической последовательностью исправления компонентов врожденной косолапости. После консервативного лечения у 9 больных сохранилась ригидность всех элементов косолапости при наличии рентгенологических признаков нарушения взаимоотношений костей в суставах стопы (показатели ТПУ, ТБУ, ТППУ с явными отклонениями от нормы), что послужило показанием к хирургическому вмешательству. В ходе операции осуществляли выделение сухожилий медиальной группы мышц голени и ахиллового сухожилия на большом протяжении, их удлинение и переднезаднемедиальную, периталлярную легаментокапсулотомию с выведением головки таранной кости в правильное положение и восстановлением таранно-ладьевидного сустава.

Анализируя результаты проделанной работы, следует отметить, что консервативная коррекция врожденной косолапости

независимо от тяжести деформации является этапом подготовки к хирургическому лечению. С возрастом повышение ригидности мягкотканых структур, вторичные костно-суставные нарушения, нарастание диспропорционального развития стопы приводят к усилению степени тяжести деформации стопы. Таким образом объясняется необходимость в безотлагательном хирургическом лечении врожденной косолапости у детей раннего возраста.

При отслеживании отдаленных результатов коррекции врожденной косолапости у детей консервативными методами отмечена высокая частота резидуальных явлений деформации стопы.

Низкая эффективность консервативной терапии в сравнении с хирургическим вмешательством обусловлена недооценкой тяжести деформации и ее ригидности при выборе тактики лечения.

### **Обсуждение результатов**

Полученные результаты исследований позволили определить зависимость частоты возникновения рецидивов от различных анализируемых параметров. Так, в случаях коррекции деформации стопы при врожденной косолапости у детей старше года частота рецидивов заболевания значительно выше, чем при ранней (до шести-месячного возраста) ее коррекции. При деформации стопы тяжелой степени частота рецидивов наиболее высока.

Общим условием возникновения рецидива деформации стопы при врожденной косолапости, не зависящим ни от сроков и методик коррекции, ни от степени тяжести имеющейся деформации, являлось прогрессирующее диспропорциональное развитие скелета. При рентгенологическом обследовании этих детей выявленный индекс пропорциональности был значительно ниже нормы.

Пациентам с резидуальными явлениями после лечения косолапости проводилась электронейромиография (ЭНМГ) и электромиография (ЭМГ). Во всех случаях выявлены изменения в виде выраженных и умеренных проявлений невропатий п. **peroneus** и/или **tibialis смешанного** (аксонального, терминального и демиелинизирующего) типа.

Дополнительным серьезным фактором, приводящим к неудовлетворительным результатам, стало выявляемое при ультразвуковом исследовании развитие рубцово-спаечного процесса по ходу сухожильных каналов флексоров-супинаторов стопы. При сканировании сухожилий эхоструктура не дифференцировалась, в их проекции лоцировались эхопозитивные гетерогенные включения неправильной формы, с большей вероятностью характеризующиеся как проявление фиброза. При выполнении пассивных движений определялось наличие блока, нарушение скольжения, что расценивалось как наличие рубцово-спаечного процесса. Это было отмечено у всех больных с резидуальными явлениями после хирургического лечения врожденной косолапости. Развитие рубцово-спаечного процесса в функционально неполноценных сухожилиях и по ходу их каналов сочли одной из основных причин как рецидива деформации, так и нарушения дальнейшего развития стопы.

Кроме того, морфологические изменения у пациентов с тяжелой типичной формой косолапости позволили обнаружить дистрофию миоцитов, мелкие очаги деструкции мышечных волокон с умеренным врастанием соединительной ткани и периваскулярную лимфогистиоцитарную инфильтрацию. В ходе морфофункционального анализа была обнаружена взаимосвязь между характером нейрофизиологических изменений (до оперативного вмешательства) и степенью тяжести патоморфологических изменений. При более

выраженных изменениях, установленных посредством ЭНМГ и ЭМГ, таких, как грубый денервационный процесс, невропатия смешанного типа, по результатам патоморфологического исследования выявлены достаточно тяжелые дистрофические и некробиотические изменения миоцитов, расслоение мышечных волокон, разрастание соединительной ткани. Таким образом, при развитии рубцового процесса в сухожильных отделах дистрофически и фиброзно измененных мышц, удерживающих стопу в ригидном порочном положении, после поздних обширных оперативных вмешательств увеличивается риск рецидива врожденной косолапости.

Нами разработан и с 2006 г. внедрен в клиническую практику способ хирургического лечения врожденной косолапости по собственной методике (патент ПМР № 382 от 03.04.09). Метод предусматривает устранение деформации стопы путем удлинения медиальной группы мышц голени и ахиллового сухожилия с переднезадне-медиальной, периталлярной легаментокапсулотомией, выведения головки таранной кости в правильное положение, восстановления таранно-ладьевидного сустава и в таком положении фиксации спицами Киршнера.

Описанная методика применялась при комплексном лечении 10 больных с врожденной косолапостью (в общей сложности 23 случая деформированной стопы). У всех пациентов лечение начиналось консервативно. На фоне редрессации, парафиновых аппликаций осуществлялось поэтапное устранение элементов косолапости с последующим наложением гипсовых повязок типа «сапожок». Смена гипсовых сапожков осуществлялась 1 раз в 10 дней. До начала лечения, как правило, ребенка осматривал невролог, выполнялась ЭНМГ и ЭМГ. При дообследовании детей с тяжелыми формами косолапости, особенно с признаками выраженных неврологических

ких изменений, проводилась компьютерная томография (КТ) поясничного отдела спинного мозга (2 больных). Одновременно с коррекцией этапными гипсовыми повязками по показаниям индивидуально назначалась нейротрофная (кортексин из расчета 0,5 мг/кг, витамин В<sub>1</sub> и витамин В<sub>12</sub> в возрастных дозах в/м), сосудистая (трентал – 5 мг/кг/сутки внутрь) терапия, а также антихолинэстеразные препараты для улучшения нервно-мышечной передачи (прозерин 1мг/ год жизни – *per os*).

Показаниями к раннему хирургическому лечению по описанной методике являлись:

- неэффективность консервативной коррекции к 6-месячному возрасту – сохранение всех элементов косолапости;
- позднее обращение к специалисту (в возрасте старше 2 месяцев);
- тяжелые формы косолапости с выраженными нарушениями, выявленными при нейрофизиологическом обследовании;
- атипичные (неврогенные и артрогрипотические) формы косолапости.

После оперативного устранения деформации стопы фиксация в правильном положении осуществлялась корригирующим гипсовым сапожком, который менялся раз в 45 дней, до достижения ребенком возраста в 1 год. Спицы удаляли через 45 дней после хирургического вмешательства. Изготавливался индивидуальный съемный тугор из термопластического материала, проводились реабилитационные мероприятия, в первую очередь назначалась лечебная физкультура в виде пассивных движений стопой. ЛФК обязательно проводилась на фоне массажа, парафиновых аппликаций. В комплекс физиотерапевтических процедур включали электрофорез 2% раствора кальция хлора и 2% раствора натрия фосфата биполярно с проецированием на ладьевидную и медиальную клиновидную кости для стимуляции пропорционального развития стопы,

а также электростимуляцию малоберцовых мышц голени. С учетом изменений, выявленных при нейрофизиологических обследованиях, медикаментозную коррекцию нарушений продолжали до операции для улучшения трофических процессов и восстановления мышечного баланса.

Эффективность лечения врожденной косолапости у детей с 2006 г. оценивали по 3-балльной системе: хороший, удовлетворительный, неудовлетворительный результат.

Основную группу составили 10 пациентов, получивших комплексное лечение с применением нашей методики хирургического вмешательства, а группу сравнения – 10 детей, пролеченных до 2006 г., когда производилась традиционная хирургическая коррекция деформаций стоп в возрасте старше года по методике Кудивила–Мороз. В основной группе осуществлена коррекция 23 деформированных стоп, а в группе сравнения – 16 деформированных стоп (табл. 2).

Как видно из табл. 2, соотношение хороших и удовлетворительных результатов в основной группе более предпочтительное. Функциональная оценка отдаленных результатов коррекции врожденной деформации стопы осуществлялась с использованием аппаратно-программного биомеханического комплекса ДиаСлед-Скан. После коррекции деформаций стоп в группе сравнения функци-

Таблица 2  
Оценка отдаленных результатов лечения врожденной косолапости по клиническим параметрам

Результат	Число прооперированных стоп	
	Основная группа	Группа сравнения
Хороший	20	11
Удовлетворительный	3	5
Неудовлетворительный	–	–

ональный результат оказался удовлетворительным в 5 случаях, что значительно превышало этот показатель в основной группе – 3 стопы, или 12% от общего количества. При сравнении показателей такого обследования с данными клинического анализа отмечена разница в полученных результатах. Этот факт свидетельствует о необходимости применения указанного комплекса в сочетании с клинической оценкой результатов лечения для получения более объективных параметров корригированной стопы.

Ультразвуковая характеристика отдаленных результатов лечения также имела свои особенности. При исследовании у пациентов основной группы эхоструктура сухожилий флексоров-супинаторов и их контуры отчетливо дифференцировались на всем протяжении с равномерной толщиной, гиалиновый хрящ видимой суставной поверхности не изменен; при выполнении функциональной пробы скольжение сохранялось на всем протяжении сухожилия. Кроме того, при ультразвуковом обследовании пациентов основной группы проводилось ЦДК и ЭДК. Уже через 3 месяца отмечалось улучшение кровотока в мышечной ткани, что подтверждало факт органотипического восстановления жизнеспособности и функциональной активности заинтересованных мышц и сухожилий. При удовлетворительном результате в группе сравнения регистрировалась слабая дифференцировка эхоструктур, границ и контуров сухожилий медиальной группы мышц заинтересованной голени, сужение сканируемой суставной щели, уменьшение толщины суставного хряща с участками краевых остроконечных выступов. При выполнении пассивных движений отсутствовало скольжение в связи с наличием органического блока на большом протяжении сухожилий, структурно измененных за счет неоднородных тканей

гипер- и гипозоногенного характера. Эти результаты были констатированы для 5 стоп (32%) больных группы сравнения после обширных операций.

При анализе полученных показателей СРВ по нервным стволам в основной группе больных до начала лечения и через различные промежутки времени (3 месяца, полгода, год) после лечения отмечена выраженная положительная динамика соответственно возрастным нормам, как правило, с 10–12-месячного возраста (в среднем через 6 месяцев после коррекции деформации стопы)

При оценке показателей амплитуды М-ответа наиболее отчетливая положительная динамика выявлялась в возрасте 7 месяцев, 1 года и 2 лет, что также отражало возрастные изменения этих показателей, характерные для здоровых детей. Нейрофизиологические показатели, полученные при обследовании детей основной группы, свидетельствуют о наличии восстановительных (реиннервационных) процессов в нервах и мышцах при ранней функциональной адаптации стопы на фоне комплексного лечения с выполнением операции предложенным нами способом.

Таким образом, интегральный ортопедический и неврологический подход позволил достичь высокой эффективности лечения данной патологии и сократить частоту рецидивов. Хорошие результаты коррекции врожденной косолапости при использовании разработанной нами методики хирургического вмешательства были такими же стабильными, как и при консервативном лечении детей с исходно благоприятными формами косолапости.

## Выводы

1. Комплексное лечение врожденной косолапости у детей до года с применени-



ем собственной методики хирургического вмешательства позволило нам улучшить функциональные и анатомические результаты.

2. После оперативных вмешательств без стабильной фиксации головки таранной кости отмечается формирование рубцово-спаечного процесса с ограничением функции стопы.

3. Наилучшие функциональные и анатомические отдаленные результаты получены у пациентов, оперированных по предложенной нами методике хирургического лечения врожденной косолапости.

4. При позднем начале лечения диспропорциональное развитие стопы, усугубляемое прогрессированием рубцово-спаечного процесса, и некорригированные неврологические изменения способствуют формированию резидуальных явлений.

5. Предлагаемая методика раннего (до достижения ребенком возраста в 1 год) хирургического лечения позволяет снизить частоту резидуальных явлений, обеспечить пропорциональное развитие и формирование оптимальных функциональных возможностей стопы.

### **Цитированная литература**

1. **Зацепин Т.С.** Врожденная косолапость и ее лечение в детском возрасте. – М., 1947.

2. **Абальмасова Е.А., Лузина Е.В.** Врожденные деформации опорно-двигательного аппарата и причины их происхождения. – Ташкент, 1976.

3. **Сергиенко А.А., Денисюк Н.И.** О хирургическом лечении врожденной косолапости у детей // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1990. – № 12. – С. 62–64.

4. **Мороз П.Ф.** Хирургическое лечение врожденной косолапости у детей // Ортопед. травматол. – 1990. – № 5. – С. 16–19.

5. **Малахов О.А., Виленский В.Я., Штульман Д.А.** // Вестник травматологии и ортопедии. – 2002. – № 1. – С. 12–16.

6. **Кожевников В.В., Осипов А.А., Тимофеев В.В.** Способ лечения врожденной косолапости у детей // Материалы пятого Российского конгресса «Современные технологии в педиатрии и детской хирургии». – М.: Оверлей, 2006. – С. 478.

7. **Кожевников В.В., Осипов А.А., Нестеров Ю.Н.** Клинико-морфологические и нейрофизиологические соответствия у детей с различными формами врожденной косолапости // Материалы научно-практической конференции детских травматологов-ортопедов России с международным участием «Актуальные проблемы детской травматологии и ортопедии». – СПб., 2007. – С. 233–234.

8. **Гарбуз И.Ф.** Некоторые аспекты лечения врожденной косолапости по способу Кудивила–Мороз // Вестник Приднестровского университета. – 2008. – № 2 (31). – С. 15–19.

9. **Осипов А.А., Кожевников В.В., Кожевников В.А., Лепилов А.В.** Малоинвазивные хирургические вмешательства в лечении врожденной косолапости у детей первого года жизни // Детская хирургия. – 2008. – № 3. – С. 9–12.

10. **Штурм В.А.** Клиника и лечение врожденной косолапости в детском возрасте // 6-я Науч. сессия НИИДОИ им. Г.И. Турнера. – Л., 1956. – С. 253–260.

11. **Захаров Е.С.** Патогенетическое обоснование ранней коррекции врожденной косолапости у детей: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1995. – С. 10–13.

12. **Волков С.Е.** Дифференциальная диагностика и раннее комплексное лечение врожденных деформаций стоп у детей: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 1999.

13. **Кожевников В.В., Осипов А.А., Тимофеев В.В.** Опыт комплексного поэтапного лечения врожденной косолапости у детей // Материалы VIII съезда травматологов-ортопедов РФ. – Самара, 2006. – С. 912–913.

14. **Гарбуз И.Ф.** Лечение эквино-аддукто-варусной стопы у детей // Материалы научно-практической конференции травматологов-ортопедов и детских хирургов Приднестровья. – Тирасполь, 2007. – С. 108–111.
15. **Миразимов Б.М., Аблакулов А.К.** Клиника и лечение врожденной косолапости. – Ташкент: Медицина, 1988. – 120 с.
16. **Чугуй Е.В., Мельник Д.Д., Масликов В.М.** Способ лечения косолапости у детей первого полугодия жизни. – Патент России на изобретение № 2299710, 2007 г.
17. **Осипов А.А., Кожевников В.В., Тимофеев В.В.** Схема оценки результатов лечения врожденной косолапости у детей // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 40-летию педиатрического факультета АГМУ, «Педиатры Алтая – будущему России». – Барнаул, 2006. – С. 395–397.
18. **Кожевников В.В., Осипов А.А., Тимофеев В.В.** К вопросу о рецидивах врожденной косолапости // Детская хирургия. – 2007. – № 4. – С. 9–11.
19. **Кожевников В.В., Осипов А.А., Тимофеев В.В.** Патоморфологические аспекты некоторых факторов, определяющих тяжесть врожденной косолапости // Медицина в Кузбассе. – 2007. – № 1: Материалы научно-практической конференции, посвященной 45-летию детской хирургической службы г. Новокузнецка, «Актуальные вопросы детской хирургии и педиатрии». – С. 65–66.
20. **Румянцев Н.Ю., Маценко Н.Е.** Роль компьютерно-томографического исследования в анализе остаточных деформаций при врожденной косолапости // Профилактика, диагностика и лечение повреждений опорно-двигательного аппарата у детей. – СПб., 1995. – С. 267–269.
21. **Кожевников В.В., Осипов А.А., Тимофеев В.В.** Функциональные параметры стоп различных исходов лечения врожденной косолапости у детей // Медицина в Кузбассе. – 2007. – № 1: Материалы научно-практической конференции, посвященной 45-летию детской хирургической службы г. Новокузнецка, «Актуальные вопросы детской хирургии и педиатрии». – С. 66–67.
22. **Паршин Д.В., Голованова Г.В., Кожевников В.В.** Характер неврологических изменений и методы коррекции нервно-мышечных нарушений у детей с врожденной косолапостью // Медицина в Кузбассе. – 2007. – № 1: Материалы научно-практической конференции, посвященной 45-летию детской хирургической службы г. Новокузнецка, «Актуальные вопросы детской хирургии и педиатрии». – С. 97–98.
23. **Вавилов М.А.** Хирургическое лечение тяжелой косолапости у детей: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2007. – 24 с.
24. **Кожевников В.В., Осипов А.А., Тимофеев В.В.** Хирургическое лечение тяжелых рецидивных форм врожденной косолапости у детей раннего возраста // Материалы одиннадцатого Российского национального конгресса «Человек и его здоровье». – СПб., 2006. – С. 81–82.
25. **Конюхов М.П., Лапкин Ю.А., Клычкова И.Ю., Дрожжина Л.А.** Врожденные и приобретенные деформации у детей и подростков: Пособие для врачей. – СПб., 2000.

УДК 616-006.6:616.24

Е.Н. Имянитов, д-р мед. наук, проф.

(НИИ онкологии им. проф. Н.Н. Петрова, С.-Петербург, Россия)

В.А. Шуткин, д-р мед. наук, проф. (Ин-т онкологии, Молдова)

Р.А. Ставинский, канд. мед. наук, проф.

## РОЛЬ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ АЛЛЕЛЕЙ ПОЛИМОРФНЫХ ГЕНОВ В РИСКЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАКА ЛЕГКОГО

*Исследована роль неблагоприятных аллелей полиморфных генов, продукты которых принимают участие в метаболизме канцерогенов табачного дыма, в риске возникновения рака легкого. Показано, что мутантный аллель с заменой T6235C в гене CYP1A1, кодирующий АГТ – фермент, активирующий ПАУ, ассоциирован с предрасположенностью к РЛ, особенно к ПкРЛ. Приводятся данные о небольшом преобладании делеций в гене GSTM1, кодирующем одноименный фермент фазы II метаболизма ксенобиотиков, у пациентов с РЛ, что указывает на связь с риском возникновения РЛ. Сообщается также, что неблагоприятная значимость мутантного аллеля в гене CYP1A1 усиливается при сочетании с дефицитным генотипом GSTM1.*

### Введение

Рак легкого (РЛ) – одно из наиболее часто встречающихся злокачественных новообразований. РЛ является ведущей причиной смерти от онкологических заболеваний у мужчин и занимает второе место (после рака молочной железы (РМЖ)) у женщин [34]. В разных географических регионах среди мужчин ежегодно регистрируется от 5,3 до 99,7 новых случаев РЛ на 100 тыс. человек, заболеваемость женщин в 6–10 раз ниже. В России от РЛ погибает свыше 60 тыс. человек в год, что составляет более 20% всех умерших от злокачественных опухолей. В Санкт-Петербурге РЛ сохраняет первое место в структуре смертности от новообразований [6].

В этиологии рака легкого важную роль играет множество химических соединений, связанных как с индустриальными процессами, так и с неблагоприятными экологическими факторами, например с контаминацией радоном. Однако, несмотря на большой перечень канцерогенных воздействий, влияющих на превращение нормальных клеток эпителия легкого в

злокачественные, их вклад в развитие опухолей легкого не превышает 10–20%. Подавляющее большинство случаев (80–90%) заболевания РЛ, по заключению МАИР, обусловлено курением. При этом обнаружено, что гистологический тип злокачественных опухолей легкого зависит от вида курения [82]. Так, потребление сигарет с высоким содержанием смолы приводит к увеличению случаев плоскоклеточного рака легкого (ПкРЛ), а низкосмолистых, производимых в настоящее время, – к возрастанию доли аденокарцином (АК). Изучение причин этого явления показало, что в сигаретах с высоким содержанием смолы основная доля канцерогенов представлена полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ), тогда как в низкосмолистых преобладают нитрозамины (НА).

Чрезвычайно важно подчеркнуть, что РЛ возникает далеко не у всех людей, подвергшихся воздействиям канцерогенов, в том числе содержащихся в табачном дыме. В этой связи можно говорить о существовании генетических факторов риска. Изучение механизмов канцерогенеза установило, что причиной злокачественной трансформации клеток является накопление раз-

нообразных мутаций, локализованных, в частности, в онкогенах и генах-супрессорах. Онкогены кодируют белки, играющие важную роль в процессах позитивной регуляции клеточного деления и дифференцировки. Если их экспрессия избыточна или протекает в измененном виде, то эти белки индуцируют неконтролируемую пролиферацию клеток. Гены-супрессоры, или антионкогены, ответственны за синтез белков, осуществляющих негативный контроль клеточного деления, или индукцию апоптоза. Мутации в супрессорных генах носят инактивирующий характер [5].

Существует значительное число онкогенов и генов-супрессоров, которые вовлечены в патогенез и прогрессию опухолей. Известно, что в процессе трансформации нормальной клетки в злокачественную, как правило, происходит 5–6 мутаций [3]. Клетка, накопившая определенные мутации, трансформируется и дает начало опухолевому клону. Если в клетке изначально присутствуют онкогены, то путь превращения ее в злокачественную укорачивается. Так, при наличии у женщины мутации в генах **BRCA1** и **BRCA2**, **предрасполагающей к РМЖ**, для возникновения опухоли требуется меньшее число мутантных событий [4]. Вследствие этого у женщин, не имеющих наследуемых мутаций, вероятность развития рака равняется 0,07, в то время как при наличии мутации вероятность заболеваемости РМЖ повышается до 0,65–0,85. Предрасположенность к онкологическим заболеваниям можно выявить и для рака легкого. Риск возникновения этого вида злокачественной опухоли у курящих по сравнению с некурящими возрастает в 5,4 раза, а при наличии больных РЛ в семейном анамнезе – в 13,6 раза [9]. Изучение молекулярного патогенеза РЛ показало, что злокачественная трансформация нормальных клеток эпителия легкого сопровождается активацией ряда онкогенов (**K-RAS2**, **L-MYC**, **ERBB2**)

и инактивацией генов-супрессоров (**p53** и **RB**). Однако в настоящее время наибольший интерес в молекулярно-генетических исследованиях РЛ вызывают онкоассоциированные генные полиморфизмы. Установлено, что присутствие в генотипе неблагоприятных аллелей онкогенов **H-RAS1** и **L-MYC** **повышает риск возникновения РЛ** [81, 75, 24, 83].

Другой механизм индивидуальной предрасположенности к развитию РЛ связан с полиморфизмом генов, продукты которых принимают участие в метаболизме канцерогенов, в том числе и табачного дыма [11, 13, 26]. Неодинаковая активность ферментов, принимающих участие в их метаболизме, определяется различиями на уровне генома. Генетическая вариабельность в пределах одного вида получила название генетического полиморфизма (ГП). Полиморфным признаком называется менделевский (моногенный) признак, по которому в популяции присутствует, по меньшей мере, два фенотипа (и предположительно, по меньшей мере, два генотипа), причем ни один из них не является редким, т. е. встречается с частотой более 1–2% [8]. Однако в ряде случаев к полиморфизму относят такие последовательности в ДНК, присутствие которых в популяции составляет менее 1% [66].

На молекулярном уровне ГП проявляется в виде небольших различий в нуклеотидных последовательностях ДНК, совместимых с нормальной функцией генома, но приводящих к определенным вариациям в структуре белков. ГП может затрагивать ДНК-последовательности, кодирующие синтез белка, т. е. экзоны структурных генов. Однако значительно чаще речь идет об изменениях в интронах – некодирующих участках ДНК, составляющих до 90–95% всего генома. ГП может быть качественным, если происходят замены нуклеотидов, либо количественным, если в ДНК варьирует число нуклеотид-

ных повторов различной протяженности. Качественный полиморфизм представлен в основном однонуклеотидными заменами, выявляемыми после рестрикции ДНК эндонуклеазами рестрикции (ДНК-рестрикционный полиморфизм). Если в сайте узнавания происходит замена, то фермент не распознает его. Присутствие или отсутствие сайта рестрикции выявляется при анализе полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ) и визуализируется на электрофореze. Несравненно реже встречаются другие качественные вариации нуклеотидных последовательностей – такие, как инсерции, делеции, дубликации, транслокации, хроматидные перестройки. Количественный генетический полиморфизм представлен вариациями числа tandemных повторов: 1–2 (микросателлитная ДНК), либо 3–4 или более нуклеотидов на повторяющую единицу (минисателлитная ДНК). Повторы ДНК, имеющие значительную большую протяженность и вариабельную по нуклеотидному составу внутреннюю структуру, – это вариабельные tandemные повторы (ВТП).

ГП влияет на чувствительность индивидуума к различным воздействиям, увеличивая предрасположенность или, напротив, препятствуя возникновению патологий, обусловленных различными внешними воздействиями (инфекцией, лекарственными средствами, табакокурением и т. д.). Таким образом, полиморфные аллели, являясь для индивидуума нейтральными, становятся опасными при действии внешних факторов, в том числе и канцерогенов.

Поступающие в клетку вещества, в том числе канцерогены, подвергаются метаболизму и выводятся из организма. Принято рассматривать биотрансформацию ксенобиотиков как этапный процесс, включающий в себя 2 фазы: активацию (фаза I) и конъюгацию (фаза II). В биохимических превращениях, катализирующих фазу I, основное место принадлежит системе

ферментов микросомального окисления – монооксигеназам, куда входит комплекс ферментов, состоящий из флавопротеида (НАДФ-Н-цитохром P450-редуктаза), фосфохолина и гемопротеида (цитохром P450). Ферменты фазы I превращают ксенобиотики в электрофильные соединения. Дальнейший метаболизм относится к фазе II. В эту группу ферментов входят: глюкуронидаза, сульфатаза, УДФ-глюкуронилтрансфераза, N-ацетилтрансфераза, метилазы, глутатионтрансфераза и т. д. Механизм выведения продуктов детоксикации обеспечивается Р-гликопротеином, являющимся транспортной АТФ-азой и удаляющим продукты детоксикации за счет гидролиза АТФ.

В превращениях, осуществляемых на разных этапах метаболизма ксенобиотиков, принимает участие более 200 различных ферментов. Гены, кодирующие ферменты системы биотрансформации, характеризуются значительным генным полиморфизмом, что определяет индивидуальные различия метаболических реакций. В этой связи изучение полиморфизма ферментов, принимающих участие в метаболизме канцерогенов, является актуальной задачей, решение которой позволит оценивать индивидуальную чувствительность к канцерогенным воздействиям.

### **Полиморфизм гена CYP1A1 и предрасположенность к раку легкого**

Во многих исследованиях, изучавших связь курения с риском возникновения РЛ, отмечалось, что канцерогены табачного дыма повышают активность ферментов, участвующих в их метаболизме. В частности, было показано, что активность арилгидроксикарбондегидроксилазы (АГГ) резко возрастает под влиянием ПАУ. Этот фермент кодируется геном CYP1A1, лока-



лизованным на длинном плече 15 хромосомы (15q22q-24). Он состоит из 7 экзонов и 6 интронов общей протяженностью 5810 п. о. [35]. Между повышенной активностью АГГ и возросшим риском возникновения карцином бронхов у курильщиков была обнаружена корреляция [57, 59]. С помощью ДНК-рестрикционного полиморфизма, используя эндонуклеазу рестрикции *MspI*, в данном гене выявили замену тимина на цитозин в 6235 нуклеотиде (Т6235С). Наблюдаемая повышенная активность АГГ у курильщиков связана с этой мутацией.

Поиски *MspI* полиморфизма в гене *CYP1A1* и его связь с риском возникновения РЛ привлекли большое количество исследователей [29, 76, 43, 11]. А. Hirvonen и соавт. [29], проведя исследование в группах курящих, куда входили 118 здоровых доноров, 77 больных раком легкого (РЛ) и 30 пациентов с неонкологическими заболеваниями легкого, не обнаружили у них различий в распределении аллелей гена *CYP1A1*.

Изучение распределения генотипов и аллелей гена *MspI/CYP1A1* у жителей Санкт-Петербурга среди здоровых доноров и больных РЛ показало отсутствие статистически достоверных различий. В то же время было выявлено увеличение встречаемости *m2* аллеля гена *CYP1A1* у больных плоскоклеточным РЛ (ПкРЛ) [1].

На немецкой популяции изучался полиморфизм двух областей *CYP1A1* гена у 142 больных РЛ и у 171 пациента с неонкологическими заболеваниями легкого [20]. Одна мутация была обнаружена в сайте рестрикции *MspI*-эндонуклеазы. Встречаемость генотипов с данной мутацией у больных и здоровых не различалась. Также не было выявлено различий в носительстве мутантных аллелей у пациентов с опухолями различного гистологического строения. Вторая точковая мутация А4889Г в 7 экзоне, приводящая к замене изолейцина на валин в кодируемом белке, была описана S. Hayashi и соавт. [28]. Данная мутация

не меняет активности АГГ, однако из-за нарушения связывания белка с геном снижается способность фермента к индукции, что приводит к накоплению ПАУ-ДНК аддуктов в лейкоцитах у курильщиков. Изучение частоты генотипов и аллелей *CYP1A1* гена в исследованиях N. Drakolis и соавт. [20] выявило двукратное увеличение мутации А4889Г у онкологически больных по сравнению со здоровыми (OR = 2,16; CI : 0,96–5,11; P = 0,033). Авторы проанализировали анамнез курения у пациентов с РЛ. Было обнаружено, что мутантные аллели встречались главным образом у некурящих (20%) (OR = 7,52; P = 0,006). Эта работа продемонстрировала связь риска возникновения РЛ с мутацией АГГ в гене *CYP1A1*. Кроме того, авторы показали, что у гомозиготных носителей такой мутации повышен риск возникновения РЛ даже при таких слабых канцерогенных воздействиях, как пассивное курение.

На большой группе больных РЛ и здоровых Le Marchand L. и соавт. [47] также исследовали генетический полиморфизм двух областей гена *CYP1A1*: в сайте действия эндонуклеазы рестрикции *MspI* и в 7 экзоне, где произошла замена А на Г. С целью повышения достоверности исследования авторы использовали второй контроль: одновременно изучали ген *GSTM1* как известный генетический маркер предрасположенности к мелкоклеточному раку легкого (МкРЛ). Авторы изучили 341 образец ДНК пациентов с РЛ и 456 образцов ДНК, выделенных из лимфоцитов периферической крови здоровых. Группы были тщательно подобраны с учетом не только пола, возраста, этнического происхождения, но и социального положения, и особенностей питания. Было показано, что частота мутаций как в *MspI*-сайте, так и в 7 экзоне гена *CYP1A1* у больных РЛ всех гистологических типов, кроме мелкоклеточного, сходна с частотой, выявленной в контрольной популяции. У пациентов с



МкРЛ риск возрастал в 2,4 раза при наличии мутантных аллелей в *MspI*-сайте и в 3 раза, если у пациента наблюдалась делеция в гене *GSTM1*. Таким образом, используя большую выборку обследованных, авторам удалось установить связь между наличием неблагоприятных *MspI*-аллелей гена *CYP1A1* и предрасположенностью к МкРЛ. Частота вариантных аллелей с мутацией А4889Г в данном гене у пациентов с МкРЛ также была выше, чем в контрольной группе, хотя не достигала статистически значимых различий.

В другом случае Le Marchand L. и соавт. [48] использовали базу данных International Collaborative Study on Genetic Susceptibility to Environmental Carcinogens (GSEC) и исследовали модифицирующее влияние курения на риск развития РЛ на большой группе участников, в которую входили 1950 онкологических больных и 2617 контрольных индивидуумов. Применяв мета-анализ, авторы показали, что у гетерозиготных и гомозиготных носителей мутации А4889Г в гене *CYP1A1* риск РЛ повышен (OR = 1,15; CI : 0,95–1,39; OR = 1,50; CI : 0,97–1,46 соответственно), а наблюдаемые различия статистически достоверны (P = 0,03). Авторы указали также, что у европейцев в отличие от азиатов выше риск возникновения ПкРЛ, чем АК.

В серии работ, выполненных K. Kawajiri и соавт., [39, 41, 42] была изучена связь между наличием мутаций в *MspI*-сайте гена *CYP1A1* и риском возникновения РЛ. Присутствие данной мутации определяли в образцах ДНК 151 больного РЛ и 375 здоровых. В контрольной группе у 44% обследованных мутации не выявили. У 45% обнаружили гетерозиготный и у 11% гомозиготный генотип с мутацией в этой области. Другая картина наблюдалась при изучении онкологических больных. Мутация в двух аллелях этого гена была обнаружена у 21% обследованных, что в 2 раза превышало значения, полученные в конт-

рольной группе. Частота распределения генотипов у больных с опухолями других локализаций (желудка, толстой кишки, молочной железы) была аналогична здоровой популяции. Эти авторы изучали также мутацию А4889Г в указанном гене. Оказалось, что у носителей вариантных аллелей предрасположенность к РЛ возрастала в 3,3 раза. Обнаружено также, что у таких лиц опухоль может возникнуть при потреблении гораздо меньшего количества сигарет, чем у лиц, не имеющих мутации.

Однако существуют данные, отрицающие значение мутаций в гене *CYP1A1* для риска возникновения РЛ. Так, не обнаружили связи между полиморфным генотипом *MspI/CYP1A1* и риском возникновения РЛ P. Shields и соавт. [67], изучавшие афро-американскую и белую популяции. Исследование проводилось на 56 больных РЛ и сходных по возрасту, полу, социальному положению 46 индивидуумах, составивших 2 контрольные группы. В одну группу входил 31 человек: лица с хроническими обструктивными заболеваниями легкого и курильщики, потребляющие более 40 пачек в год, в другую – 15 человек с онкологическими заболеваниями разной локализации, кроме РЛ. Было обнаружено, что у афро-американцев мутантные аллели среди пациентов с РЛ встречались чаще, чем у белых. Однако небольшая выборка внутри каждой группы не позволила обнаружить статистически значимых различий между больными РЛ и контролем.

Изучение связи риска РЛ с полиморфизмом гена *CYP1A1* на японской популяции, проведенное Kihara и соавт., также не выявило различий в частоте мутаций как в *MspI*-области, так и в 7 экзоне у больных РЛ и здоровых лиц [45]. Гомозиготный ген с мутациями в *MspI*-сайте и 7 экзоне встречался у больных РЛ по сравнению с контролем в 16,5% vs. 17,8% и в 5,3% vs. 6,0% соответственно. В этой же работе авторы показали, что комбинация нулевого вари-

анта гена *GSTM1* с мутантным генотипом *MspI/CYP1A1* увеличивает риск возникновения ПкРЛ и МкРЛ у курящих мужчин в 16,4 раза, а при наличии мутаций в обоих сайтах гена *CYP1A1* – в 21,9 раза.

Таким образом, данные литературы о встречаемости мутаций в гене *CYP1A1* неоднозначны. Расхождение результатов исследований у разных авторов может быть связано с изучением различных этнических групп. Так, в исследованиях, проведенных на норвежской и финской популяциях, показана низкая представленность гомозиготных мутантных аллелей у здоровых (1,15% и 1,6% соответственно) [76, 29]. У здоровых белых американцев те же аллели встречались в 2,1–6,2% [43, 67]. В то же время в японской популяции у здоровых варианты *MspI*-аллели выявлялись у 11–17,8% обследованных [39, 40, 45]. Как показали исследования, у европейцев гомозиготный генотип с мутацией в *MspI*-сайте обнаруживали в 5–10 раз реже, чем у азиатов. В связи с этим для получения достоверных результатов при определении предрасположенности к РЛ требуется 10-кратное увеличение выборки по сравнению с исследованиями на японской популяции.

Учитывая противоречивость данных о связи полиморфизма гена *CYP1A1* с предрасположенностью к РЛ, с помощью мета-анализа были проанализированы ранее опубликованные работы, вышедшие из разных научных лабораторий мира. Установлено, что у носителей хотя бы одного мутантного аллеля в гене *CYP1A1* риск РЛ несколько повышается (OR = 1,27; CI : 0,91–1,27 [33], OR = 2,36; CI : 1,16–4,81 [79]).

В ряде работ, в том числе и выполненных в нашей лаборатории, было показано, что увеличение вариантных аллелей гена *CYP1A1* характерно для определенной нозологической единицы опухолей легких – ПкРЛ. Курение повышает риск возникновения опухолей легкого того же

типа. Соответственно у больных ПкРЛ выявлена связь между наличием в генотипе *CYP1A1* мутантных аллелей и возрастом риска таких опухолей при курении [56, 1]. Такой закономерности у пациентов с АК не отмечено. У некурящих пациентов с АК – носителей вариантных аллелей риск развития данного онкологического заболевания возрастал по сравнению с носителями аллелей дикого типа (OR = 2,7). Однако модифицирующего влияния курения на риск возникновения АК не было обнаружено у курящих носителей как аллелей дикого типа (m1), так и мутантных (m2) (OR = 1,6) [10, 13].

Изучение механизмов канцерогенеза показало, что превращение нормальных клеток в злокачественные сопровождается повышенным уровнем мутаций в гене-супрессоре p53. В этой связи представляется важным обнаружение большего количества мутаций в этом гене у пациентов с ПкРЛ, чем у больных с АК. Как известно, уровень мутаций в гене p53 влияет на взаимодействие бенз(а)пирен-7,8-диол-9,1-эпоксида (БПДЕ) с гуанином горячих кодонов, характерных для РЛ [7, 19]. Наличие мутантных аллелей в гене *CYP1A1* и связанная с ними повышенная активность АГГ приводит к увеличению БПДЕ-ДНК аддуктов и, как следствие, мутаций в p53 [64].

Таким образом, данные литературы свидетельствуют о возможности использования сведений о полиморфизме гена *CYP1A1* при оценке индивидуальной предрасположенности к РЛ, особенно к его плоскоклеточному типу.

### **Полиморфизм гена *CYP2E1* и предрасположенность к раку легкого**

В связи с тем, что фермент *CYP2E1* участвует в метаболизме нитрозаминов, в том числе и табачного дыма [82], он и

одноименный ген, кодирующий его, стали предметом интереса онкологов. CYP2E1 входит в суперсемейство цитохрома Р-450 и катализирует окисление многих низкомолекулярных ксенобиотиков, таких как винилхлорид, бензол, этанол, ацетон, уретан и др. Фермент легко индуцируется этанолом, резко повышая свою активность путем субстратзависимой стабилизации белка [28]. CYP2E1 ген локализован на хромосоме 10 [53]. Для данного гена описан ряд аллельных вариантов. Так, наличие полиморфизма в регуляторной области гена ассоциировано с повышенной экспрессией, выявляемой с помощью рестриктаз: PstI – G1259C, RsaI – C1019T. В экспериментах *in vitro* было показано, что наличие мутации в двух аллелях увеличивает уровень транскрипции в 10 раз по сравнению с неизменным геном [22]. Аналогичные данные были получены в экспериментах по трансфекции на клетках линии Hep-G2 при внесении хлорамфениколацетилтрансферазы со встроенной в ее структуру регуляторной областью CYP2E1 гена. Если в энзиме присутствовала регуляторная область гена с аллелями дикого типа, то экспрессия фермента в этих клетках была низкой. Если же в культуру был внесен данный ген с мутацией, то наблюдали повышенную активность исследуемого энзима. Drai-полиморфизм локализован в 6 интроне с заменой T7668A.

В 1991 г. группа японских ученых сообщила о связи мутации в Drai-сайте гена CYP2E1 с риском возникновения рака легкого [78]. Авторы, исследуя редкие аллели данного гена у 76 здоровых и 91 больного РЛ, выявили, что аллели с данной мутацией чаще встречаются у онкологических больных, чем у здоровых (45,9% vs. 28,5%) (OR = 2,1; CI : 1,1–4,0). В дальнейшем такого рода исследования были предприняты многими авторами, однако данные оказались противоречивыми. Так, Hirvonen A. и соавт. [31], изучавшие Drai-

полиморфизм, обнаружили, что мутантный аллель в гетерозиготе был определен у 19,8% здоровых. Носители гомозиготных мутантных аллелей составляли 0,08%. Из 40 человек контрольной группы, представленной больными с онкологическими заболеваниями, исключая опухоли легких, один редкий аллель был обнаружен в 16% и два – в 2,5% случаев. У пациентов с РЛ редкие аллели в гетерозиготном состоянии встречались у 13,8%, в гомозиготном – у 2%. На основании полученных данных авторы пришли к выводу, что полиморфизм CYP2E1 не связан с риском возникновения РЛ. Это положение они подтвердили статистическими данными, говорящими о том, что РЛ у мужчин в Финляндии встречается в 2 раза чаще, чем у японцев, потребляющих значительно больше сигарет, чем финны. В то же время мутации в CYP2E1 гене у японских пациентов с РЛ присутствуют в 1,6 раза чаще, чем у здоровых, а у финских онкологических больных встречаемость редких аллелей была схожа с показателями контрольных групп.

J. Watanabe и соавт. [80] на японской популяции изучали RsaI/ПДРФ гена CYP2E1 и его связь с предрасположенностью к РЛ. Авторы, в отличие от данных, представленных F. Uematsu и соавт., не нашли связи между полиморфизмом исследуемого гена и риском возникновения РЛ. В двух контрольных группах общей численностью 327 человек носительство гомозиготного мутантного гена было выявлено у 16 человек (3,2%) vs. 13 (4,1%) из 316 больных РЛ.

Найти связь между риском РЛ и RsaI-полиморфизмом гена CYP2E1 пытались также S. London и соавт. [50]. Проведя обследование больших групп здоровых (706 человек) и больных РЛ (341 человек), авторы не выявили индивидуумов с мутантными гомозиготными аллелями, а частота встречаемости мутации в одном аллеле у больных РЛ не превышала значений, обна-

руженных у здоровых лиц. На основании полученных данных исследователи сделали вывод об отсутствии связи между наличием редких *Rsal*-аллелей гена *CYP2E1* и риском возникновения рака легкого. Этот вывод также подтверждается сопоставлением исследуемых мутаций у мужчин и женщин. Исследовав 137 женщин с РЛ и 229 здоровых, авторы обнаружили гетерозиготное носительство редкого аллеля *Rsal* у 3% и 4% соответственно. Из 191 обследованного мужчины с РЛ аналогичные аллели встречались в 5%, а из 436 здоровых – в 7% случаев соответственно. Несмотря на то что заболеваемость РЛ женщин в 6–10 раз ниже, чем мужчин, различия, наблюдаемые между исследованными группами, оказались незначительными.

Анализу связи между *Dral*/ПДРФ гена *CYP2E1* и риском возникновения РЛ посвящена работа *S. Kato* и соавт. [37, 38]. В исследовании участвовало 58 больных РЛ. В контрольную группу входили больные со злокачественными опухолями различных локализаций, за исключением рака легкого и рака мочевого пузыря, и с хроническими обструктивными заболеваниями легкого (18 и 37 человек соответственно). Авторы не обнаружили связи *Dral*-полиморфизма *CYP2E1* гена с заболеваемостью РЛ. Однако для исследования редко встречающихся аллелей исследуемые группы были малочисленными.

В 1997 г. опубликована работа *R. El-Zein* и соавт. [23], в которой приведены данные о связи мутации в *PstI*-сайте гена *CYP2E1* с развитием опухолей определенных гистологических типов. Исследовано 52 пациента с РЛ и 48 здоровых доноров того же пола и возраста. Те и другие были заядлыми курильщиками. В результате у 7 (13,5%) из 52 больных РЛ обнаружили мутации в *PstI*-сайте. Носителем гомозиготных мутантных аллелей был только один из них (1,9%). В контрольной группе из 48 человек лишь двое (4,1%) имели редкие

аллели. Таким образом, мутации в *PstI*-области у больных РЛ встречались в 3,5 раза чаще, чем у здоровых ( $OR = 3,5$ ;  $CI : 0,65-25,8$ ). Гистологическое исследование 52 опухолей показало, что в 22 случаях был плоскоклеточный РЛ, в 26 – аденокарциномы и в 4 – опухоли других гистологических типов. У всех 7 пациентов с редкими аллелями опухоль классифицировалась как АК. На основании полученных данных авторы пришли к заключению, что полиморфизм гена *CYP2E1* не только свидетельствует об индивидуальной чувствительности к РЛ, но и служит фактором развития специфического гистологического типа – АК. Однако в исследованиях других авторов, в том числе и по нашим данным, этот вывод не был подтвержден.

В исследовании *Le Marchand L.* и соавт. [47], проведенном в больших разных по этническому составу группах европейцев, японцев и тайванцев, было показано, что гомозиготные мутантные варианты *Dral*- и *Rsal*-аллелей гена *CYP2E1* встречаются у больных РЛ значительно реже, чем у здоровых. На основании этих данных пришли к выводу, что наличие мутаций в *CYP2E1* гене уменьшает риск возникновения РЛ. Авторы обнаружили также связь мутаций с гистологическим типом опухоли: гомозиготные аллели с мутацией в *Dral*-сайте гена *CYP2E1* были ассоциированы с уменьшением доли аденокарцином, а с мутацией в *Rsal*-области – доли мелкоклеточного рака легкого. Связь между наличием мутаций в *CYP2E1* гене и возникновением плоскоклеточного РЛ не выявлена. Однако разделение групп по происхождению и связанное с этим уменьшение числа обследованных в каждой из них не позволило авторам выявить достоверные различия для каждой этнической группы. Данные о защитной роли редких аллелей *CYP2E1* гена в возникновении РЛ для китайской популяции приводятся в работе *I. Persson* и соавт. [58].

По данным министерства здравоохранения Чили, такие нозологические формы, как рак легкого, рак трахеи и рак бронхов, занимают в стране первое место в структуре смертности от онкологических заболеваний. В этой связи было предпринято изучение соотношения между предрасположенностью к РЛ и полиморфизмом нескольких генов, кодирующих ферменты, которые принимают участие в метаболизме различных канцерогенов [60]. В частности, исследован PstI/RsaI и DraI-ПДРФ CYP2E1 у 96 здоровых чилийцев. Гомозиготные аллели дикого типа выявлены у 72%, гомозиготные мутантные – у 2,2% и гетерозиготные – у 26% обследованных. Частота RsaI-аллелей, наблюдаемая в данном исследовании, была сопоставлена с частотой аллелей, встречающихся в европейской и японской популяциях. Сравнение распределения редких аллелей гена CYP2E1 у представителей различных этнических групп показало, что редкие аллели у чилийцев встречаются чаще, чем у европейцев, и реже, чем у азиатов. L. Quinones и соавт. [60], учитывая данные о более высокой чувствительности к РЛ японцев по сравнению с европейцами, на основании преобладания редких аллелей в чилийской популяции пришли к выводу, что чилийцы более предрасположены к возникновению РЛ, чем европейцы.

R. Kim и соавт. [46], используя данные о том, что редкие аллели в PstI/RsaI и DraI-областях гена CYP2E1 встречаются значительно чаще у японцев, чем у европейцев, изучали полиморфизм гена CYP2E1 в обеих этнических группах и сопоставили данные активности фермента CYP2E1 и его генотипа. Активность фермента определяли по его способности метаболизировать хлорзоксазон. Исследуемые получали 250 мг препарата per os, в дальнейшем определялась концентрация препарата и его метаболита (6-гидроксихлорзоксазона) в плазме и моче. Было выявлено, что у японцев концентрация препарата и его метабо-

лита в плазме значительно выше, чем у европейцев, а скорость элиминирования – на 40% ниже. Через 7 дней после определения функциональной активности CYP2E1 фермента у обследованных была взята кровь для определения генетического PstI/RsaI- и DraI-полиморфизма. В ходе исследования установлено, что результаты фенотипирования и генотипирования коррелируют друг с другом: носительство редкого аллеля гена CYP2E1 определяет повышенную активность фермента CYP2E1. У японцев редкие аллели PstI/RsaI гена встречаются значительно чаще, а активность энзима CYP2E1 соответственно выше, чем у европейцев. При изучении DraI-полиморфизма у представителей тех же этнических групп эти авторы показали, что у японцев – носителей гомозиготного мутантного генотипа метаболическая активность CYP2E1 энзима ниже, чем у носителей генотипа дикого типа. В исследовании, проведенном на европейцах, также было выявлено уменьшение ферментативной активности CYP2E1 у носителей гетерозиготных аллелей данного гена по сравнению с гомозиготой дикого типа. Носители гомозиготного мутантного генотипа CYP2E1 среди обследованных европейцев отсутствовали. Результаты, представленные в упомянутой работе Kim и соавт., также показали, что для получения репрезентативных результатов при сопоставлении данных фенотипических исследований сравниваемые группы необходимо значительно увеличить. В данном исследовании авторы также изучали у представителей разных этнических групп функциональную способность микросомальной фракции печени метаболизировать in vitro различные субстраты. Образцы ткани печени европейцев были получены из службы Tennessee Donor Services, у японцев ткань печени была взята во время хирургических операций. Из препаратов печени выделяли микросомы и изучали их ферментативную



способность к окислению хлорзоксазона и анилина до 6-гидроксихлорзоксазона и 6-гидроксианилина. Авторы сопоставили активность вышеупомянутых ферментов с распределением аллелей *Rsal/PstI* и *DraI* гена *CYP2E1*. Препараты ДНК были выделены из 8 образцов печени европейцев и 6 – японцев. Связи между полиморфизмом гена *CYP2E1* и уровнем каталитической активности кодируемого им энзима не было обнаружено, что, вероятно, обусловлено небольшим числом обследованных.

Результаты, представленные в данной работе, свидетельствуют о том, что не найдено четкой взаимосвязи между определенными типами полиморфизма гена *CYP2E1* и различиями в активности данного фермента *in vivo*.

Была предпринята попытка обнаружить связь между экспрессией генов *CYP2E1*, *CYP2E6* и курением [17]. Экспрессия *CYP2E1* и *CYP2E6* генов в эпителиальных клетках бронхов, полученных при бронхоскопии от 12 здоровых некурящих и 8 курящих индивидуумов, была определена методом количественной обратной ПЦР. Исследования показали, что уровень экспрессии гена *CYP2E6* был в 6 раз выше, чем гена *CYP2E1*. У курящих экспрессия гена *CYP2E6* была снижена в 2,85 раза по сравнению с некурящими. На основании полученных данных авторы сделали выводы:

во-первых, активность *CYP2E1* и *CYP2E6* генов может быть использована для определения индивидуального риска возникновения рака бронхов;

во-вторых, курение уменьшает уровень экспрессии в эпителиальных клетках бронхов;

в-третьих, ген *CYP2E6* более важен для метаболической активации нитрозаминов, чем *CYP2E1*.

Таким образом, анализ литературных данных не позволяет сделать однозначный вывод о роли гена *CYP2E1* в генетической предрасположенности к РЛ.

## Полиморфизм глутатион-S-трансферазы M1 и предрасположенность к раку легкого

Глутатион-S-трансферазы (GST) – мультифункциональные белки, катализирующие реакцию между глутатионом и электрофильными компонентами. В суперсемействе глутатион-S-трансфераз выделяют 5 семейств, обозначенных как  $\alpha$ ,  $\mu$ ,  $\pi$ ,  $\theta$  и микросомальные GST. Глутатион-S-трансферазы разных семейств катализируют различные субстраты и контролируется несколькими генами, расположенными на разных хромосомах: GST $\alpha$  локализована на 6 хромосоме (6p12), GST  $\mu$  – на 1 (1q13), GST  $\pi$  – на 11 (11q13), GST  $\theta$  – на 22 (22q11), микросомальная GST – на хромосоме 12.

Семейство GST класса  $\mu$  представлено кластером из 5 генов: *GSTM1*, *GSTM2*, *GSTM3*, *GSTM4*, *GSTM5*, – одинаково регулирующих экспрессию.

Полиморфизм гена *GSTM1* существует в необычной форме – в виде делеции аллеля. Носительство двух делецированных аллелей называется нулевым генотипом и в разных этнических и расовых группах выявляется у 25–55% обследуемых. В частности, у европейцев процент носителей *GSTM1\*(0)*-аллелей составляет 51–54%, реже такой вариант генотипа встречается у японцев (43–44%), и приблизительно в 1,5 раза реже данный аллель наблюдается среди афро-американцев (25–34%) [49,13].

В связи с участием глутатион-S-трансферазы M1 в инактивации целого ряда канцерогенов ряд авторов выдвинули предположение о том, что индивидуумы с нулевым вариантом *GSTM1* гена обладают повышенной предрасположенностью ко многим онкологическим заболеваниям, индуцированным канцерогенами окружающей среды, такими, как курение, экспозиция с асбестом или ультрафиолетом, агрохимические удобрения (рак легкого,



рак мочевого пузыря, рак кожи) [70, 68, 18, 72, 71]. Повышенный риск онкологических заболеваний у носителей генотипа GSTM1(-) связан с низкой активностью фермента GSTM1. Значительное количество канцерогенов из окружающей среды по системе кровотока попадает в другие органы, в том числе в печень. Здесь происходит их активация соответствующими энзимами. Поступая в кровь, активированные канцерогенные вещества могут вызывать развитие рака других локализаций. В подтверждение этой гипотезы приводятся данные о том, что канцерогенные электрофильные метаболиты у индивидуумов с генотипом GSTM1(-) попадают из печени в кровотоки в значительно большем количестве, чем у носителей GSTM1(+). Кроме того, показана ассоциация между GSTM1(-) генотипом и повышенным риском возникновения злокачественных опухолей других органов (мочевого пузыря, простаты, головы и шеи), а также меланом [15, 61, 27, 36]. Однако наибольший интерес онкологов привлек генотип GSTM1(-) как ген, причастный к риску РЛ. Так, Т. Nakajima и соавт. [55] исследовали активность GST в ткани легкого и показали, что наиболее высокая активность глутатион-S-трансфераз выявлена в реснитчатом эпителии бронхов. Низкая активность фермента, связанная с отсутствием соответствующих аллелей в кодирующем его гене, может быть благоприятной для развития ПкРЛ из клеток эпителия бронхов. Строгая ассоциация между нулевым генотипом GSTM1 и риском РЛ наблюдалась в исследованиях, выполненных на японской, европейской и афро-американской популяциях [54, 44, 45, 13, 31, 53, 2, 12, 25]. Однако S. London и соавт. [49], изучавшие такую связь на 356 больных РЛ и 716 здоровых, не выявили подобной закономерности, хотя и отметили повышенный риск РЛ у малокурящих. Следует отметить обобщающую работу, опубликованную в 1999 г. [32]. Автор про-

анализировал 23 публикации, в которых была рассмотрена связь риска возникновения РЛ и статуса GSTM1, определяемого как фенотипически, так и генотипически. Объединив результаты четырех функциональных исследований, S. London выявил ассоциацию риска РЛ с низкой ферментативной активностью GSTM1 (OR = 2,54; CI : 1,74–3,72). В то же время в генотипических исследованиях риск возникновения рака легкого, связанный с делецией GSTM1 гена, был ниже (OR = 1,13; CI : 1,03–1,25). Для различных этнических групп эта величина варьировала от 1,08 (CI : 0,97–1,22) у европейцев до 1,38 (CI : 1,12–1,69) у азиатов. В результате проделанной работы автор пришел к заключению, что статус GSTM1 не влияет на риск возникновения рака легкого.

В аналогичном исследовании, опубликованном в 2002 г., были суммированы данные 43 работ, взятых из Medline, в которых изучалась связь полиморфизма гена GSTM1 с предрасположенностью к РЛ [13]. Авторы проанализировали данные о 7463 пациентах с РЛ и 10 789 контрольных участниках. Результаты показали небольшое увеличение риска РЛ при делециях аллелей в GSTM1 гене (OR = 1,17; CI : 1,07–1,27). Попытки поиска причин расхождения результатов между исследованиями разных авторов оказались безуспешными.

Причины расхождения результатов могут быть связаны с различным распределением аллелей в разных этнических группах. Так, встречаемость Dral-аллелей у представителей белых и афро-американцев различалась незначительно: гомозиготный общий аллель присутствовал у 93% и 87%, а минорный – у 7% и 13% обследованных соответственно [11, 31]. На японской популяции эти значения были равны соответственно 69% и 31% [37]. Полученные различия статистически достоверны (P < 0,05). Расхождение результатов

может быть обусловлено также несбалансированностью групп по полу и возрасту [21]. С другой стороны, 40–50% здоровых доноров могут являться потенциальными онкологическими больными [63]. Следовательно, различия в реальной генетической предрасположенности между группами здоровых доноров и больных РЛ не всегда выражены в достаточной степени.

Поэтому в молекулярно-эпидемиологических исследованиях, выполненных в нашей лаборатории, использовалась дополнительная контрольная группа лиц пожилого возраста, не имеющих онкологических заболеваний, – онкологически толерантная группа. Так, в работе Белогубовой Е.В. и соавт. [2,12] была показана ассоциация между отсутствием аллелей в GSTM1 гене и предрасположенностью к РЛ. Частота GSTM1 нулевого варианта у больных с опухолями легкого выявлялась в 59% случаев, у здоровых – в 53%. Как следует из этих данных, наблюдаемые различия были невелики и не достигали порога статистической значимости. Пытаясь прояснить ситуацию, авторы в отличие от традиционных исследований «опыт–контроль» привлекли дополнительную контрольную группу – доноров старше 75 лет. Этим индивидуумов, доживших до преклонного возраста без развития неоплазм, можно считать толерантными к возникновению злокачественных заболеваний. Данный подход показал, что различия в частоте генотипа GSTM1(–) при сопоставлении группы больных с группой пожилых доноров более значительны, чем при сравнении этих же пациентов с традиционной группой сравнения (средневозрастные доноры). Таким образом, применение адекватной контрольной группы позволило выявить положительную связь между риском возникновения РЛ и нулевым вариантом генотипа GSTM1.

S. Benhamon и соавт. [13] пытались также выяснить роль GSTM1 как модифи-

катора риска РЛ в связи с курением. Был проведен анализ 9500 участников из 21 исследования «случай–контроль», данные о которых получены из **International Collaborative Study on Genetic Susceptibility to Environmental Carcinogens (GSEC)**. В результате не обнаружено увеличения риска РЛ у курильщиков – носителей генотипа GSTM1(–).

Учитывая то обстоятельство, что РЛ возникает при сочетанном влиянии наследственности (генетический полиморфизм) и факторов внешней среды (курение), изучение группы некурящих позволяет подчеркнуть роль генетического фактора в риске развития опухолей легкого. Такое исследование было предпринято по заказу МАИР. Авторы проанализировали генотипы гена GSTM1 122 некурящих пациентов с РЛ и 121 здорового. Было найдено, что частота нулевого варианта GSTM1 у некурящих сходна с частотой генотипов, встречающихся у курящих. Однако авторы делают оговорку, что в данном случае нельзя исключить влияние пассивного курения на риск возникновения рака легкого [51].

Рядом исследователей была предпринята попытка установить связь носительства нулевого генотипа GSTM1 с гистологическим типом РЛ. R. El-Zein и соавт. [22], изучавшие частоту распределения генотипа GSTM1(–) у 22 пациентов с ПкРЛ и у 26 – с АК легкого, обнаружили, что такой вариант генотипа встречался у 9 (40,9%) обследованных с ПкРЛ против 10 (39,5%) – с АК. Аналогичное распределение генотипа GSTM1(–) у больных РЛ наблюдали J. Brockmoller и соавт. [14]. Сходные данные представлены в работах J. Seidegard и соавт. [65], а также R. Houlston [32]. Таким образом, различий в частоте встречаемости пациентов с ПкРЛ и АК в зависимости от генотипа GSTM1 не выявлено.

Существование универсального механизма повышения уровня канцерогенных

метаболитов как в тканях-мишенях (легочная ткань), так и в других органах определяет актуальность изучения полиморфизма GSTM1 гена при оценке риска развития не только РЛ, но и других неоплазм.

### **Комбинация генотипов CYP1A1 и GSTM1 и предрасположенность к раку легкого**

Исследователи пытались также обнаружить влияние двух полиморфных генов – CYP1A1 и GSTM1 – на риск возникновения РЛ. Интерес к комбинации этих генов вызван тем, что мутантный ген CYP1A1 кодирует высокоиндуцибельный фермент АГТ, активирующийся под воздействием ПАУ табачного дыма. В то же время генотип GSTM1(0) кодирует одноименный энзим с низкой детоксикационной активностью. Такое сочетание приводит к накоплению в легочной ткани активных канцерогенов, что значительно повышает риск онкологического заболевания этого органа.

Так, А. Alexandrie и соавт. [10] на шведской популяции выявили связь риска РЛ, особенно ПкРЛ, с наличием редкого аллеля MspI/CYP1A1 и делеции в GSTM1 гене. В контрольной группе такая комбинация генов встречалась у 16%, у пациентов с РЛ – у 17%, с ПкРЛ – у 28% обследованных. Исследование комбинации генотипа GSTM1(–) и мутаций в гене CYP1A1 на японской популяции также показало заметное увеличение риска РЛ. Так, если CYP1A1 был представлен гетерозиготой (mlm2), то риск РЛ повышался в 16,4 раза, при гомозиготе (m2m2) – в 21,9 раза [45]. В другой работе, также выполненной на японской популяции, авторы выявили предрасположенность к РЛ у лиц с делеционным генотипом GSTM1 и у носителей двух мутаций в CYP1A1 гене: одна в MspI-сайте, другая связана с заменой А на Г. Авторы выяснили, что больные РЛ с такими

изменениями в генах курили значительной меньше пациентов, имеющих изменения в каком-то одном из генов, однако не избежали онкологического заболевания [54]. Синергизм у носителей двух упомянутых выше мутаций наблюдали на французской и китайской популяциях [74, 16].

Исследование о сочетанном влиянии генов CYP1A1 и GSTM1 на риск развития РЛ, проведенное в нашей лаборатории, показало, что комбинация m2-содержащего генотипа CYP1A1 и «дефицитного» варианта GSTM1 увеличивает риск РЛ в большей степени, чем каждый из перечисленных полиморфизмов в отдельности.

В ряде работ показано, что генетические различия для РЛ у курильщиков более заметны при низкой дозе потребления сигарет (курительный индекс < 800), чем при высокой (> 800) [45, 67, 40, 49]. Кроме того, было выявлено, что риск РЛ, возрастающий у пассивного курильщика на 16% при курении члена семьи и на 15% в присутствии курильщиков на работе, уменьшается, если курят и дома, и на работе [14]. Таким образом, очевидно, что способность ряда наследственных факторов модифицировать влияние курения на риск развития РЛ выражена только при умеренном потреблении сигарет. У тяжелых курильщиков носительство благоприятных генных вариантов не способно смягчить негативный эффект курения. Экспозиция малыми дозами канцерогена, с какими встречаются некурящие, позволит точнее оценить роль генетических факторов в развитии РЛ. В современном обществе число некурящих как среди здоровой популяции, так и среди больных РЛ значительно меньше курящих. Для получения статистически адекватных сопоставлений это обстоятельство создает дополнительные трудности при подборе рандомизированных групп в исследованиях по схеме «случай–контроль». Следует отметить также, что пенетрантность генов, кодирующих ферменты, вовлеченные в ме-

таболизм канцерогенных веществ, мала, и это также затрудняет получение статистически достоверных различий. Чтобы избежать такого рода трудностей и иметь возможность исследовать большие популяции, была создана **International Collaborative Study on Genetic Susceptibility to Environmental Carcinogens (GSEC)**. В ней участвуют ведущие специалисты, сфера интересов которых – изучение риска возникновения опухолей под влиянием канцерогенов окружающей среды. Сотрудники использовали опубликованные такого рода сведения, суммировали их, рандомизировали и подвергли статистической обработке. Так, **R. Hung** и соавт. [34] собрали сведения из 14 опубликованных работ и попытались оценить связь риска развития РЛ у некурящих европейцев с полиморфизмом генов **CYP1A1** и **GSTM1**. После рандомизации данных и исключения тех, кто не соответствовал тесту Egger, в группу пациентов с РЛ включили 302 человека, в контрольную – 1631 (здоровые и пациенты с обструктивными хроническими заболеваниями легких (ОХЗЛ)). Выполненные авторами расчеты показали, что полиморфный генотип **MspI/CYP1A1** не влиял на предрасположенность к РЛ ( $OR = 1,0$ ;  $CI : 0,77-5,43$ ). Однако сочетание мутантного генотипа **MspI/CYP1A1** и нулевого варианта **GSTM1** повышало риск РЛ ( $OR = 2,44$ ;  $CI : 0,94-6,35$ ).

Таким образом, оценка комбинации генов, кодирующих ферменты фазы I и фазы II метаболизма ксенобиотиков, определяет актуальность дальнейшего изучения данной проблемы в плане определения степени индивидуального риска возникновения новообразований не только легких, но и других органов.

### Заключение

В связи с тем, что рак – мультифакторное и многостадийное заболевание, оче-

видно, что предрасположенность к нему не может быть сведена к изменениям только упомянутых генов **CYP1A1** и **GSTM1**. В то же время имеющиеся на сегодняшний день сведения об участии продуктов этих генов – арилгидроксикарбонгидроксилазы и глутатион-S-трансферазы – в инициации процесса злокачественной трансформации могут служить отправной точкой в изучении сложных механизмов канцерогенеза и определении индивидуальной предрасположенности к новообразованиям.

### Цитированная литература

1. Белогубова Е.В., Того А.В., Суворова И.К. и др. Распределение аллелей гена **CYP1A1** у больных раком легкого, доноров среднего возраста и пожилых онкологически здоровых индивидуумов // Вопросы онкологии. – 2004. – Т. 50, № 2. – С. 165–168.
2. Белогубова Е.В., Того А.В., Кондратьева Т.В. и др. Полиморфизм гена **GSTM1** в группах предрасположенности и резистентности к раку легкого // Вопросы онкологии. – 2000. – Т. 46, № 5. – С. 549–554.
3. Имянитов Е.Н. Геронтологические аспекты молекулярной онкологии // Успехи геронтологии. – 1999. – Т. 3. – С. 111–115.
4. Имянитов Е.Н., Хансон К.П. Молекулярные аспекты патогенеза первично-множественных опухолей // Российский онкологический журнал. – 1998. – Т. 5. – С. 47–51.
5. Имянитов Е.Н., Князев П.Г. Роль антионкогенов в опухолевом процессе // Экспериментальная онкология. – 1992. – Т. 14, № 5. – С. 3–17.
6. Мерабишвили В.М., Дятченко О.Т. Статистика рака легкого (заболеваемость, смертность, выживаемость) // Практическая онкология. – 2000. – Т. 3. – С. 37.
7. Копнин Б.П. Опухолевые супрессоры и мутаторные гены // Канцерогенез. – М., 2000. – С. 75–92.

8. **Фогель Ф., Мотульски А.** Генетика человека. Проблемы и подходы. – М., 1990. – Т. 2. – 280 с.
9. **Худoley В.В.** Канцерогены. – СПб., 1999. – 419 с.
10. **Alexandrie A., Sundberg M., Seidegard J. et al.** Genetic susceptibility to lung cancer with special emphasis in CYP1 A1 and GSTM1: a study of host factors in relation to age at onset, gender and histological cancer types // *Carcinogenesis*. – 1994. – Vol. 15. – P. 1785–1790.
11. **Bartsch H., Nair U., Risch A. et al.** Genetic polymorphism of CYP genes, alone or in combination, as a risk modifier of tobacco-related cancers // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 2000. – Vol. 9. – P. 3–28.
12. **Belogubova E.V., Togo A.V., Kondratieva T.V. et al.** GSTM1 genotypes in elderly tumour-free smokers and nonsmokers // *Lung Cancer*. – 2000. – Vol. 154. – P. 189–195.
13. **Benhamou S., Lee W.J., Alexandrie A.K. et al.** Meta and pooled analyses of the effects of glutathione S-transferase M1 polymorphisms and smoking on lung cancer risk // *Carcinogenesis*. – 2002. – Vol. 23. – P. 1343–1350.
14. **Boffetta P., Agudo A., Ahrens W. et al.** Multicenter case-control study of exposure to environmental tobacco smoke and lung cancer in Europe // *J. Natl. Cancer Inst.* – 1998. – Vol. 90. – P. 401–450.
15. **Brockmoller J., Kerb R., Drakoulis N. et al.** Genotype and phenotype of glutathione S-transferase class mu isoenzymes mu and psi in lung cancer patients and controls // *Cancer Res.* – 1993. – Vol. 53. – P. 1004–1011.
16. **Chen S., Xue R., Xu L. et al.** Polymorphisms of the CYP1A1 and GSTM1 genes in relation to individual susceptibility to lung carcinoma in Chinese population // *Mutat Res.* – 2001. – Vol. 458. – P. 41–47.
17. **Crawford E., Weaver D.A., De Muth J.P. et al.** Measurement of cytochrome P450A6 and 2E1 gene expression in primary human bronchial epithelial cells // *Carcinogenesis*. – 1998. – Vol. 19. – P. 1865–1871.
18. **d'Errico A., Taioli E., Chen X., Vineis P.** Genetic metabolic polymorphisms and the risk of cancer: a review of the literature // *Biomarkers*. – 1996. – Vol. 1. – P. 149–173.
19. **Denissenko M.F., Pao A., Tang M.S., Pfeifer G.P.** Preferential formation of benzo[a]pyrene adducts at lung cancer mutational hotspots in P53 // *Science*. – 1996. – Vol. 274. – P. 430–432.
20. **Drakoulis N., Cascorbi I., Brockmoller J. et al.** Polymorphisms in the human CYP1A1 gene as susceptibility factors for lung cancer: exon 7 mutation (4889 A to G), and a T to C mutation in the 3' flanking region // *Clin. Invest.* – 1994. – Vol. 72. – P. 240–248.
21. **Dresler C.V., Fratelli C., Babb J. et al.** Gender differences in genetic susceptibility for lung cancer // *Lung Cancer*. – 2000. – Vol. 30. – P. 153–160.
22. **El-Zein R., Zwischenberger J.B., Wood T.G., Abdel Rahman S.Z. et al.** Combined genetic polymorphism and risk for development of lung cancer // *Mutat Res.* – 1997. – Vol. 381. – P. 189–200.
23. **El-Zein R.A., Zwischenberger J.B., Abdel Rahman S.Z. et al.** Polymorphism of metabolizing genes and lung cancer histology: prevalence of CYP2E1 in adenocarcinoma // *Cancer Lett.* – 1997. – Vol. 112. – P. 71–78.
24. **Fong K.M., Kida Y., Zimmerman P.V., Smith P.J.** Myc genotypes and loss of heterozygosity in non-small-cell lung cancer // *Brit. J. Cancer*. – 1996. – Vol. 74. – P. 1975–1978.
25. **Ford J.G., Li Y., O'Sullivan M.M. et al.** Glutathione S-transferase M1 polymorphism and lung cancer risk in African Americans // *Carcinogenesis*. – 2000. – Vol. 21. – P. 1971–1975.
26. **Garcia-Closas M., Kelsey K.T., Wiencke J.K. et al.** A case-control study of cytochrome P450 1A1, glutathione S-transferase M1, cigarette smoking and lung cancer susceptibility (Massachusetts, United States) // *Cancer Causes Control*. – 1997. – Vol. 8. – P. 544–553.
27. **Geisler S.A., Olshan A.F.** GSTM1, GSTT1 and the risk of squamous cell carcinoma of the head and neck: A mini Review // *Am. J. Epidemiol.* – 2001. – Vol. 154. – P. 95–105.



28. **Hayashi S., Watanabe J., Nakachi K., Kawajiri K.** Genetic linkage of lung cancer-associated MspI polymorphism with amino acid replacement in the heme binding region of the human cytochrome P 450 1A1 gene // *J. Biochem.* – 1991. – Vol. 110. – P. 407–411.
29. **Hirvonen A., Husgafvel-Pursiainen K., Anttila S. et al.** The GSTM1 null genotype as a potential risk modifier for squamous cell carcinoma of the lung // *Carcinogenesis.* – 1993. – Vol. 14. – P. 1479–1481.
30. **Hirvonen A., Husgafvel-Pursiainen K., Anttila S. et al.** Metabolic cytochrome P450 genotypes and assessment of individual susceptibility to lung cancer // *Pharmacogenetics.* – 1992. – Vol. 2. – P. 259–263.
31. **Hirvonen A., Husgafvel-Pursiainen K., Anttila S. et al.** The Human CYP2E1 and lung cancer: DraI and RsaI restriction fragment length polymorphisms in a Finnish study // *Carcinogenesis.* – 1993. – Vol. 14. – P. 85–88.
32. **Houlston R.S.** Glutathione-S-Transferase M1 status and Lung Cancer Risk // *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* – 1999. – Vol. 8. – P. 675–682.
33. **Houlston R.S.** CYP1A1 polymorphisms and lung cancer risk: a metaanalysis // *Pharmacogenetics.* – 2000. – Vol. 10. – P. 105–114.
34. **Hung R.J., Boffetta H., Brockmoller J. et al.** CYP1A1 and GSTM1 genetic polymorphisms and lung cancer risk in Caucasian nonsmokers: a pooled analysis // *Carcinogenesis.* – 2003. – Vol. 24. – P. 875–882.
35. **Jaiswal A.K., Gonzalez F.J., Nebert D.W.** Human P450 gene sequence and correlation of mRNA with genetic differences in benzo (a) pyrene metabolism // *Nucleic Acids Res.* – 1985. – Vol. 13. – P. 4503–4520.
36. **Kanetsky P.A., Holmes R., Walker A. et al.** Interaction of Glutathione-S-Transferase M1 and T1 Genotypes and Malignant Melanoma // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 2001. – Vol. 10. – P. 509–513.
37. **Kato S., Shields P.G., Caharaso N.E. et al.** Cytochrome P450IIE1 Genetic Polymorphisms, Racial Variation and Lung Cancer Risk // *Cancer Res.* – 1992. – Vol. 52. – P. 6712–6715.
38. **Kato S., Shields P.G., Caharaso N.E. et al.** Analysis of Cytochrome P450E1 Genetic Polymorphisms in Relation to Human Lung Cancer // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 1994. – Vol. 3. – P. 515–518.
39. **Kawajiri K., Nakachi K., Imai K. et al.** Identification of genetically high risk individuals to lung cancer by DNA polymorphisms of the cytochrome P4501A1 gene // *FEBS Lett.* – 1990. – Vol. 263. – P. 131–133.
40. **Kawajiri K., Nakachi K., Imai K. et al.** The CYP1A1 gene and cancer susceptibility // *Critical Reviews in Oncology/Hematology.* – 1993. – Vol. 14. – P. 77–87.
41. **Kawajiri K., Nakachi K., Imai K. et al.** Germ line polymorphisms of P<sup>53</sup> and CYP1A1 genes involved in human lung cancer // *Carcinogenesis.* – 1993. – Vol. 14. – P. 1085–1089.
42. **Kawajiri K., Egushi H., Nakachi K. et al.** Association of CYP1A1 germ line polymorphisms with mutations of the P gene in lung cancer // *Cancer Res.* – 1996. – Vol. 56. – P. 72–76.
43. **Kelsey K.T., Wiencke J.K., Spitz M.R.** A racespecific genetic polymorphism in the CYP1A1 gene is not associated with lung cancer in African Americans // *Carcinogenesis.* – 1994. – Vol. 15. – P. 1121–1124.
44. **Kihara M., Kihara M., Noda K.** Lung cancer risk of GSTM1 null genotype is dependent on the extent of tobacco smoke exposure // *Carcinogenesis.* – 1994. – Vol. 15. – P. 415–418.
45. **Kihara M., Kihara M., Noda K.** Risk of smoking for squamous and small cell carcinomas of the lung modulated by combinations of CYP1A1 and GSTM1 gene polymorphisms in a Japanese population // *Carcinogenesis.* – 1995. – Vol. 16. – P. 2331–2336.
46. **Kim R., Yamazaki H., Chiba K. et al.** In vivo and in vitro characterization of CYP2E1 activity in Japanese and Caucasians // *J. Pharmacol. Exp. Ther.* – 1996. – Vol. 279. – P. 4–11.
47. **Le Marchand L., Sivaraman L., Pierce L. et al.** Associations of CYP1A1, GSTM1, and CYP2E1 polymorphisms with lung cancer sug-



- gest cell type specificities to tobacco carcinogen // *Cancer Res.* – 1998. – Vol. 58. – P. 4858–4863.
48. **Le Marchand L., Guo C., Benhamou S. et al.** Pooled analysis of CYP1A1 exon 7 polymorphisms and lung cancer (United States) // *Cancer Causes Control.* – 2003. – Vol. 14. – P. 339–346.
49. **London S.J., Daly A. K., Cooper J. et al.** Polymorphism of glutathione-S-transferase M1 and lung cancer risk among African Americans and Caucasians in Los Angeles County, California // *J. Natl. Cancer Inst.* – 1995. – Vol. 87. – P. 1246–1253.
50. **London S.J., Daly A.K., Cooper J. et al.** Lung cancer risk in relation of the CYP2E1 RsaI genetic polymorphism among African Americans and Caucasians in Los Angeles County // *Pharmacogenetics.* – 1996. – Vol. 6. – P. 151–158.
51. **Malats N., Camus Radon A.M., Nyberg F. et al.** Lung cancer risk of GSTM1 and GSTT1 genetic polymorphism // *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* – 2000. – Vol. 9. – P. 827–833.
52. **Mc Bride O.W.** A Tag I polymorphism in the human P450IIE1 gene on chromosome 10 (CYP2E1) // *Nucleic Acids Res.* – 1987. – Vol. 15. – P. 71–100.
53. **Mc Williams J.E., Sanderson B.J., Harris E.L. et al.** Glutathione-S-Transferase M1(GSTM1) deficiency and lung cancer risk // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 1995. – Vol. 4. – P. 589–594.
54. **Nakachi K., Imai K., Hayashi S. et al.** Polymorphisms of the CYP1 A1 and glutathione-S-transferase genes associated with susceptibility of lung cancer in relation to cigarette dose in a Japanese population // *Cancer Res.* – 1993. – Vol. 53. – P. 2994–2999.
55. **Nakajima T., Elovaara E., Anttila S. et al.** Expression and polymorphism of glutathione-S-transferase in human lungs: risk factors in smoking-related lung cancer // *Carcinogenesis.* – 1995. – Vol. 16. – P. 707–711.
56. **Nan Song, Wen Tan, Deyin Xing, Dongxin Lin.** CYP1A1 polymorphism and risk of lung cancer in relation to tobacco smoking: a case-control study in China // *Carcinogenesis.* – 2001. – Vol. 22. – P. 11–16.
57. **Pasquini R., Sforzolini G.S., Cavaliere A. et al.** Enzymatic activities of human lung tissue: relationship with smoking habits // *Carcinogenesis.* – 1988. – Vol. 9. – P. 1411–1416.
58. **Persson I., Johansson I., Lou Y.C. et al.** Genetic polymorphism of xenobiotic metabolizing enzymes among Chinese lung cancer patients // *Int. J. Cancer.* – 1999. – Vol. 81. – P. 325–329.
59. **Peterson D.D., McKinney C.E., Ikeya K. et al.** Human CYP1 A1 gene: cosegregation of the enzyme inducibility phenotype and an *RYLPJ* // *Am. J. Hum. Genet.* – 1990. – Vol. 48. – P. 720–725.
60. **Quinones L., Berthou F., Valera N. et al.** Ethnic susceptibility to lung cancer: differences in CYP2E1, CYP1A1 and GSTM1 genetic polymorphisms between French Caucasian and Chilean population // *Cancer Letters.* – 1999. – Vol. 141. – P. 167–171.
61. **Rebbeck T.R.** Molecular epidemiology of the human glutathione-S-transferase genotypes GSTM1 and GSTT1 in cancer susceptibility // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 1997. – Vol. 6. – P. 733–743.
62. **Rebbeck T.R., Walker A.H., Jaffe J.M. et al.** Glutathione-S-Transferase {micro} (GSTM1) and {theta} (GSTT1) Genotypes in the Etiology of Prostate Cancer // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 1999. – Vol. 8. – P. 283–287.
63. **Ries L.A., Kosary C.C., Hankey B.F. et al.** SEER cancer statistics review, 1973–1993: tables and graphs / National Cancer Institute. – Bethesda, 1996.
64. **Rusin M., Butkiewicz D., Malusecka E. et al.** Molecular epidemiological study of non-smallcell lung cancer from an environmentally polluted region of Poland // *Br. J. Cancer.* – 1999. – Vol. 80. – P. 1445–1452.
65. **Seidegard J., Pero R. W., Markowitz M.M. et al.** Isoenzymes of glutathione-S-transferase (class M) as a marker for the susceptibility of lung cancer // *Carcinogenesis.* – 1990. – Vol. 11. – P. 33–36.

66. **Shafer A.J., Hawkins J.R.** DNA variation and the future of human genetics // *Nature Biotechnology*. – 1998. – Vol. 16. – P. 33–40
67. **Shields P.G., Caparaso N.E., Falk R.N. et al.** Lung cancer, race, and a CYP1A1 genetic polymorphism // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 1993. – Vol. 2. – P. 481–485.
68. **Shields P.G., Harris C.C.** Cancer risk and lowpenetrance susceptibility genes in gene-environment interactions // *J. Clin. Oncol.* – 2000. – Vol. 18. – P. 2309–2315.
69. **Smith C.M., Kelsey K.T., Wiencke J.K. et al.** Inherited glutathione-S-transferase deficiency is a risk factor for pulmonary asbestosis // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 1994. – Vol. 3. – P. 471–477.
70. **Smith G.B., Harper P.A., Wong J.M. et al.** Human lung microsomal cytochrome P-4501 A1 (CYP1A1) activities: impact of smoking status and CYP1A1, arylhydrocarbon receptor and glutathione-S-transferase M1 genetic polymorphism // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 2001. – Vol. 10. – P. 839–853.
71. **Sram R.J.** Effect of Glutathione S-transferase M1 polymorphisms on biomarkers of exposure and effects // *Environ Health Perspectives*. – 1998. – Vol. 106. – P. 231–238.
72. **Strange R.C., Fryer A.A.** The glutathione-S-transferases: influence of polymorphism on cancer susceptibility // *IARC Sci Publ.* – 1999. – Vol. 148. – P. 231–249.
73. **Strange R.C., Lear J.T., Feyer A.A.** Glutathione-S-transferase polymorphisms : influence on susceptibility to cancer // *Chem. Biol. Interact.* – 1998. – Vol. 111. – P. 351–369.
74. **Stucker I., Jacquet M., de Waziers I. et al.** Relation between inducibility of CYP1 A1, GSTM1 and lung cancer in a French population // *Pharmacogenetics*. – 2000. – Vol. 10. – P. 617–627.
75. **Tamai S., Sugimura H., Caparaso N.E. et al.** Restriction fragment length polymorphism analysis of the L-myc gene locus in a case-control study of lung cancer // *Int. J. Cancer*. – 1990. – Vol. 46. – P. 411–415.
76. **Tefre T., Ryberg D., Haugen A. et al.** Human CYP1A1 (cytochrome P(1)450) gene: lack of association between the Msp I restriction fragment length polymorphism and incidence of lung cancer in a Norwegian population // *Pharmacogenetics*. – 1991. – Vol. 1. – P. 20–25.
77. **Togo A.V., Suspitsin E.N., Grigoriev M. Yu. et al.** Study of LMYC polymorphism in elderly tumourfree individuals, healthy donors, and cancer patients // *Int. J. Cancer*. – 2000. – Vol. 85. – P. 747–750.
78. **Uematzu F., Ikaka S., Kikuchi H. et al.** Restriction fragment length polymorphism of the human CYP2E1 (cytochrome P450IIE1) gene and susceptibility to lung cancer: possible relevance to low smoking exposure // *Pharmacogenetics*. – 1994. – Vol. 4. – P. 58–63.
79. **Vineis P., Veglia F., Benhamou S. et al.** CYP1A1 T<sup>3801</sup>C polymorphism and lung cancer: a pooled analysis of 2451 cases and 3358 controls // *Int. J. Cancer*. – 2003. – Vol. 104. – P. 650–657.
80. **Watanabe J., Yang J.P., Egushi Y. et al.** An RsaI Polymorphism in the CYP2E1 Gene does not affect Lung Cancer Risk in a Japanese Population // *Jpn. J. Cancer Res.* – 1995. – Vol. 86. – P. 245–248.
81. **Weston A., Ling-Cawley H.M., Caparaso N.E. et al.** Determination of the allelic frequencies of an L-myc and a P<sup>53</sup> polymorphism in human lung cancer // *Carcinogenesis*. – 1994. – Vol. 15. – P. 583–587.
82. **Wynder E., Hoffman D.** Smoking and lung cancer: challenges and opportunities // *Cancer Res.* – 1997. – Vol. 54. – P. 1580–1586.
83. **Zborovskaya I., Gasparian A., Kitava M. et al.** Simultaneous detection of genetic and immunological markers in non-small cell lung cancer: prediction of metastatic potential of tumor // *Clin. Exp. Metastasis*. – 1996. – Vol. 14. – P. 490–500.
-

УДК 617.55-089

А.А. Ботезату, канд. мед. наук, доц.

## ТРАНСПОЗИЦИЯ ПРЯМЫХ МЫШЦ ЖИВОТА ПРИ ГЕРНИОПЛАСТИКЕ БОЛЬШИХ И ГИГАНТСКИХ СРЕДИННЫХ ГРЫЖЕВЫХ ДЕФЕКТОВ

*При решении проблемы герниопластики больших и гигантских послеоперационных, рецидивных срединных грыж в качестве альтернативы аллопротезированию предлагались различные аутопластические операции, направленные на возвращение прямых мышц в естественное положение, которое они занимали до грыжеобразования. В историческом плане рассмотрен ряд подобных операций. Предпочтение отдано операции О. Ramirez, у которой, однако, имеется ряд недостатков: непрочная фиксация медиальных краев прямых мышц, что приводит к частым рецидивам; реальная опасность возникновения параректальных грыж. Показано, что сочетание этой операции с аутодермопластикой способствует существенному улучшению результатов лечения. Среди 122 оперированных зарегистрировано 2 летальных исхода (в ближайшем послеоперационном периоде) и 3 (2,5%) рецидива заболевания, выявленных в отдаленные сроки.*

**Введение.** При больших и гигантских послеоперационных, рецидивных срединных грыжах в результате грыженосительства наступает дисфункция мышечно-апоневротических образований брюшной стенки: из-за превосходящей по силе тяги боковых мышц живота прямые мышцы расходятся латерально. Это подтвердили проведенные нами [1] электромиографические исследования мышц передней брюшной стенки (рис. 1). Нарушения функции прямых мышц брюшной стенки, которые выражались в снижении их электрической активности и сократительной способности, что, в свою очередь, способствовало увеличению размеров грыжи, констатировали и В.И. Белоконов с соавт. [2].

Следовательно, для достижения желаемого результата – прочного и надежного закрытия срединного грыжевого дефекта – необходимо ликвидировать мышечный дисбаланс брюшной стенки, и в первую очередь восстановить нарушенную функцию прямых мышц живота. Только возвращенные оперативным путем в естественное положение, которое они занимали до грыженосительства, прямые мышцы смогут активно противостоять внутри-

брюшному давлению как главному фактору грыжеобразования.

В нашем понимании транспозиция – это создание анатомических условий, при которых возможно свободное перемещение прямых мышц к средней линии живота с целью укрытия обширных грыжевых дефектов. Термин «транспозиция прямых мышц» применялся в литературе некоторыми авторами и ранее. Разница в том, какой смысл каждый из авторов в это понятие вкладывал.

Известны методики перемещения (возвращения) прямых мышц в их первоначальное положение с целью восстановления утерянной функции при больших и гигантских грыжах [3–6]. В ходе таких операций для прямых мышц живота создается общее влагалище по средней линии в пределах грыжевого дефекта и диастаза прямых мышц. При этом авторы сообщают о хороших отдаленных результатах у оперированных больных, во что, однако, трудно поверить, ибо методики создания общего влагалища прямых мышц по средней линии не учитывают наличие мышечного дисбаланса, не предусматривают устранение превосходящей боковой

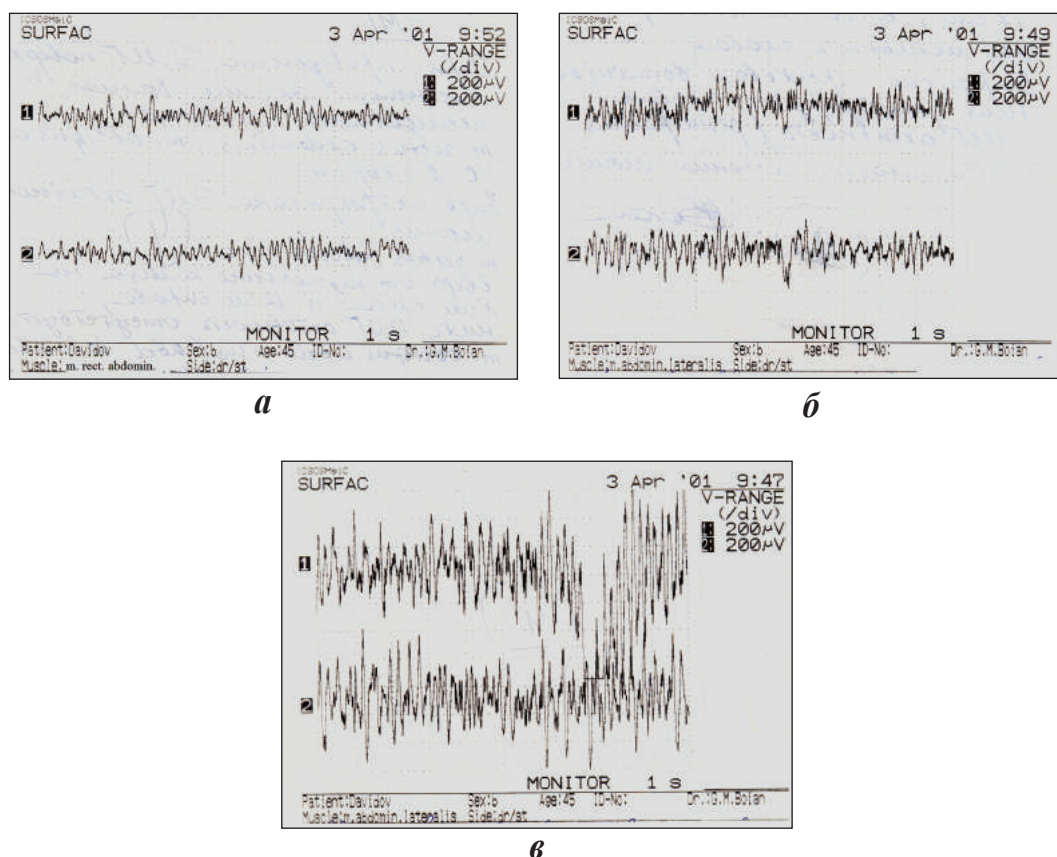


Рис. 1. Больной Д., 55 лет. Диагноз: эпизогоастральная грыжа больших размеров. Оперирован в клинике 7.04.2001 г. – грыжесечение, транспозиция прямых мышц, аутодермопластика. Электромиограммы мышц передней брюшной стенки перед операцией (1 – отведение с правой; 2 – отведение с левой половины брюшной стенки): а – над грыжевым выпячиванием на 3 см латеральнее средней линии с обеих сторон на уровне пупка регистрируется слабая электромиографическая активность прямых мышц (практически отсутствует); б – электромиографическая активность (100–150 мсV) прямых мышц на расстоянии 8–12 см от средней линии, куда они переместились в результате грыженосительства; в – повышенная биоэлектрическая активность боковых мышц (300–450 мсV)

мышечной тяги, а следовательно, риск рецидива грыжеобразования чрезвычайно высок. По данным А. Лаврентьева [7], общая толщина боковых мышц в 2,5 раза превосходит толщину прямых мышц, значит, сумма сил прямых мышц – продольная тяга в 2,5 раза слабее суммарной силы боковой группы мышц – боковой тяги, которая, к тому же, значительно возрастает при больших и гигантских грыжах.

Методику патогенетического лечения больных с большими и гигантскими срединными грыжами, которая учитывает анатомо-физиологические особенности передней брюшной стенки, обусловленные грыженосительством, предложили И.Ф. Бородин, Е.В. Скобей, В.П. Акулик [8]. После иссечения послеоперационного рубца и грыжевого мешка по средней линии продольным или поперечным досту-

пом производится рассечение апоневроза наружных косых мышц с обеих сторон: при поперечном доступе из операционной раны (рис. 2, а), при продольном – через отдельные параректальные разрезы длиной 4–5 см на уровне грыжевых ворот (рис. 2, б). Отступив на 1–1,5 см от латерального края прямой мышцы, надсекают апоневроз наружной косой мышцы, затем при помощи тупоконечных ножниц разрез апоневроза продолжают вверх и вниз параллельно наружному краю прямой мышцы так, чтобы разрез апоневроза превышал длину грыжевых ворот на 6 см (по 3 см вверх и вниз). Кровотечение из этих ран не отмечалось. После рассечения апоневроза раны ушивали наглухо. Проведенные исследования показали, что рассечение апоневроза «уменьшает растягивающую силу боковых брюшных мышц, вследствие чего передняя брюшная стенка живота становится более податливой и практически позволяет ушивать любые ее дефекты» [8]. Рассечение апоневроза по указанной методике в экс-

перименте снижает внутрибрюшное давление на  $47 \pm 6$  мм рт. ст. по отношению к исходному, а объем брюшной полости при этом увеличивается на 1500–2000 см<sup>3</sup>.

Применение предлагаемого метода хирургического лечения срединных послеоперационных грыж позволило сократить долю рецидивов с 26,8% до 5% [9].

Удостоверение на рационализаторское предложение описанной методики выдано И.Ф. Бородину и соавт. Минским медицинским институтом (№ 376 от 06.04.1976 г.).

Справедливости ради надо отметить, что намного позже (в 1990 г.) американский хирург **О. Ramirez** описал методику грыжесечения срединных грыж, предусматривающую «разделение мышечно-фасциальных лоскутов», которая, по сути, повторяет идею И.Ф. Бородина. Однако в иностранной литературе она известна как операция **О. Ramirez**.

А.Х. Орфаниди [10] при герниопластике срединных больших и гигантских грыж производил послабляющие разрезы

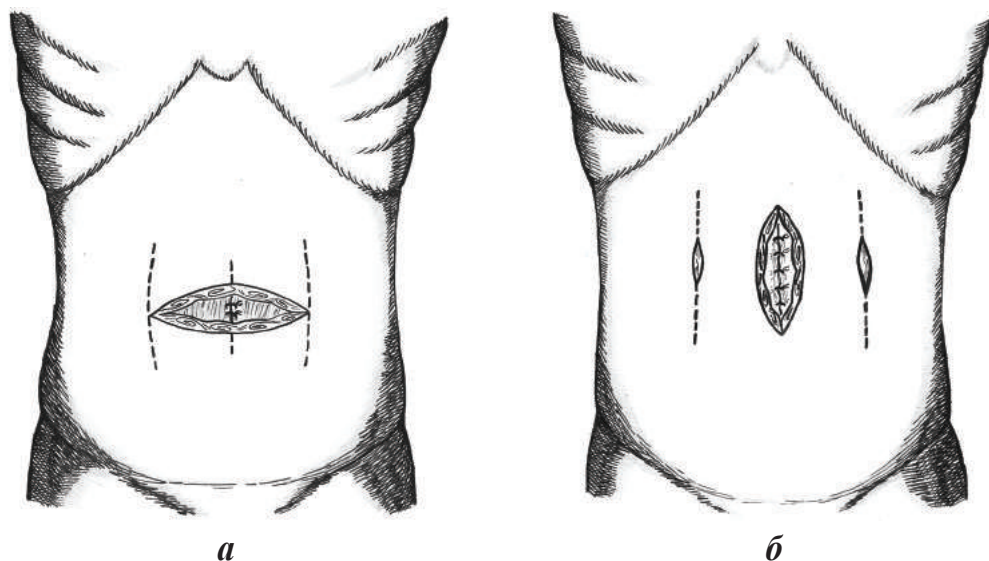


Рис. 2. Герниопластика срединной грыжи по методике И.Ф. Бородина:

а – рассечение апоневроза наружных косых мышц из операционной раны; б – рассечение апоневроза наружных косых мышц через отдельные параректальные разрезы



апоневроза наружных косых мышц с обеих сторон на всю ширину грыжевого дефекта, после чего в свободном соприкосновении ушивал края дефекта по средней линии узловыми швами. Оперировано 197 больных; отдаленные результаты изучены у 137 пациентов – рецидивы составили 9,3%.

Методику И.Ф. Бородина с соавт. в сочетании с аутодермопластикой при срединных больших и гигантских грыжах применил А.И. Блынский [11] у 39 больных. При этом он по средней линии производил пластику грыжевого дефекта непрерывным шнурованием аутодермальной полоской, дополнительно укрепляя брюшную стенку аутодермальным лоскутом, уложенным поверх аутодермального шва. Параректально рассекал апоневроз наружных косых мышц, оставляя дефекты неукрытыми. В отдаленные сроки получил хорошие результаты лечения.

Оригинальную методику восстановления физиологических функций прямых

мышц живота предложил В.Н. Янов [12]. Им разработан способ аутодермальной пластики и транспозиции прямых мышц живота при гигантских срединных вентральных грыжах. Способ предусматривает срединную герниолапаротомию. Двумя полуовальными разрезами от мечевидного отростка до лона иссекают кожно-подкожный лоскут эллипсоидальной формы, из которого по методике автора изготавливают аутодермальный трансплантат. Иссекают грыжевой мешок, рассекают спайки первого и второго порядка. После этого делают два параректальных разреза с обеих сторон длиной, соответствующей срединному разрезу (рис. 3, а), выполняя таким образом две боковые лапаротомии. Перемещают прямые мышцы вместе с их влагалищем в медиальную сторону до полной адаптации их краев и фиксируют непрерывным швом аутодермальной полоской. Закрытие боковых мышечно-апоневротических дефектов производят

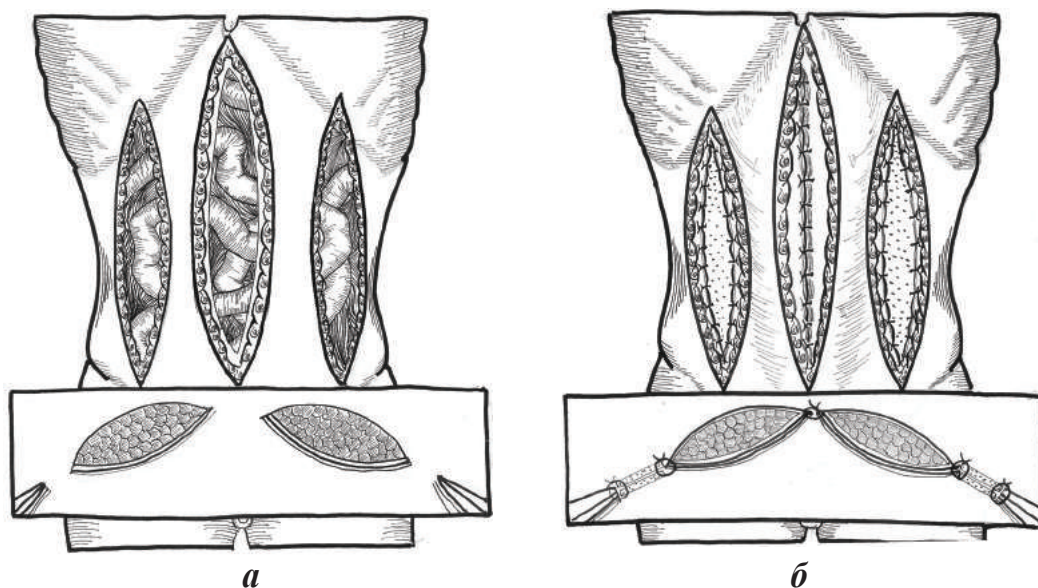


Рис. 3. Транспозиция прямых мышц по В.Н. Янову: а – три лапаротомных разреза; б – фиксация медиальных краев прямых мышц узловыми швами, закрытие параректальных мышечно-апоневротических дефектов удвоенными аутодермальными трансплантатами



удвоенными аутодермальными трансплантатами (рис. 3, б).

Трудно согласиться с мнением В.Н. Янова, что «возвращенные во время операции в первоначальное положение прямые мышцы живота вновь обретают защитную функцию – эластической занавески, которая активно препятствует внутрибрюшному давлению» [12], ибо перемещенные таким путем прямые мышцы денервируются. Как известно, в иннервации переднебоковой стенки живота принимают участие передние ветви VII–VIII нижних межреберных нервов и двух поясничных: *n.iliohipogastricus et n. ilioinguinalis*. Основные стволы этих нервов располагаются между внутренней косой и поперечной мышцами живота, отдавая ветви всем трем боковым мышцам, а также поверхностные ветви – коже. Конечные ветви основных стволов проникают во влагалище прямых мышц, где вначале проходят по задней стенке (1,5–2 см), затем – в саму мышцу, отдавая ветви ей, выходят, главным образом через сухожильные перемычки, на переднюю поверхность мышц и направляются к коже [13].

Предложенная В.Н. Яновым методика применена нами с 1999 по 2000 г. у 5 больных. Один больной умер, у остальных результаты лечения в отдаленные сроки неудовлетворительные.

От этой операции мы отказались по следующим соображениям:

– операция чрезвычайно травматична (3 лапаротомных разреза). Часто во время операции из-за кровопотери приходилось прибегать к переливанию крови и плазмы;

– в результате пересечения всех трех боковых мышц по параректальным линиям от подреберий до паховых областей с обеих сторон происходит денервация прямых мышц, что, в свою очередь, в раннем послеоперационном периоде приводит к резкому нарушению функции дыхания, требующему длительной ИВЛ;

– по средней линии формируется плотный послеоперационный рубец. При этом в параректальных областях с обеих сторон образуются пролапсы (выпячивания), что не удовлетворяет ни больного, ни оперирующего врача.

Американский хирург **Oskar Ramirez** и соавт. с 1985 г. проводили анатомические исследования брюшной стенки путем препарирования и разделения мышечно-фасциальных компонентов с целью установления возможности мобилизации (перемещения) каждого из блоков на большое расстояние. Были анатомированы брюшные стенки 10 свежих трупов. При этом установлено, что прямая мышца с ее влагалищем и прикрепленными к ней внутренней косой и поперечной мышцами (пересекался апоневроз наружной косой мышцы) могут быть смещены к средней линии приблизительно на 5 см в эпигастрии, на 10 см по линии талии и на 3 см в надлобковой области. Это означает двустороннее перемещение на 10, 20 и 6 см соответственно.

На основании анатомических экспериментов **O. Ramirez [14]** была предложена методика восстановления больших срединных дефектов брюшной стенки без использования протезного материала путем увеличения поверхности брюшной стенки за счет перемещения мышечных слоев. Автор и его коллеги назвали ее «методикой разделения компонентов». После мобилизации кожи и подкожной клетчатки от влагалищ прямых мышц живота по спигелиевым линиям апоневроз наружных косых мышц пересекается по латеральным краям прямых мышц от подреберий до гребешковой линии. Благодаря этому приему прямые мышцы живота вместе с их влагалищами могут быть перемещены медиально на расстояние до 5 см в эпигастрии, до 10 см в мезогастрии, до 3 см в гипогастрии (рис. 4). Таким образом срединные дефекты до 20 см в поперечнике

могут быть соединены по средней линии при незначительном натяжении краев.

Операция **О. Ramirez** в отличие от методики В.Н. Янова является анатомо-физиологической операцией, при которой сохраняются сосудисто-нервные пучки, питающие и иннервирующие прямые мышцы. В результате пересечения туго натянутого апоневроза наружных косых мышц прямые и наружные косые мышцы расходятся латерально в среднем на 7 см. При этом увеличивается площадь брюшной стенки, а следовательно, снижается риск развития абдоминально-компрессионного синдрома в раннем послеоперационном периоде

**О. Ramirez** с соавт. сообщали о применении данной методики у 11 больных, причем у 7 из них пересечение апоневроза наружных косых мышц выполнялось с одной стороны, а у 4 – с обеих сторон. Не сообщалось об осложнениях в раннем

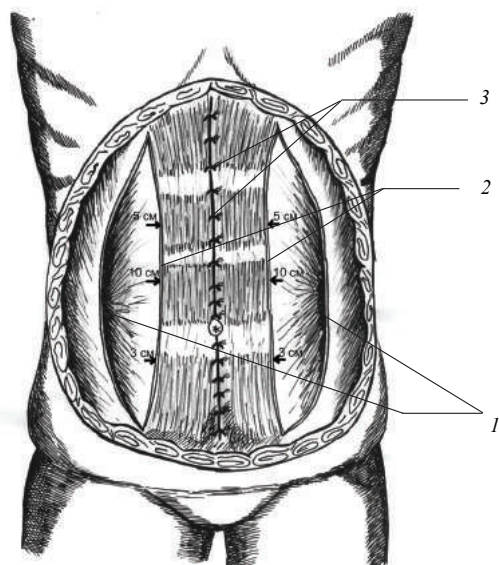


Рис. 4. Операция **О. Ramirez**: 1 – рассеченные края апоневроза наружных косых мышц; 2 – перемещение (транспозиция) мышечно-фасциальных блоков прямых мышц; 3 – фиксация медиальных краев прямых мышц по средней линии узловыми швами

послеоперационном периоде и о рецидивах в отдаленные сроки.

Таким образом, операция **О. Ramirez** предусматривает ликвидацию больших срединных дефектов брюшной стенки без использования протезного материала. Именно этот момент делает операцию **О. Ramirez** неполноценной, поскольку восстановление таким путем белой линии является недостаточным, в результате чего возникает большое количество рецидивов – от 8,6 до 30 % [15, 16]. Кроме того, у данной операции есть и другие недостатки, к примеру отмечается послабление передней брюшной стенки по параректальным линиям, где в результате пересечения апоневрозов наружных косых мышц она существенно истончается, а значит, могут произойти разрывы и возникнуть грыжевые выпячивания.

В целях снижения процента рецидивов грыж некоторые авторы сочетали операцию **О. Ramirez** с эндопротезированием, т.е. консолидацией ослабленных участков по параректальным линиям и герниопластикой по средней линии сетчатыми эндопротезами, уложенными *on lay* [15–18], что, однако, резко (до 38–40%) повышало риск возникновения раневых осложнений, особенно у больных с хроническими очагами инфекции брюшной стенки (лигатурными микроабсцессами, кишечными свищами). В последнее время в литературе появились сообщения об успешном сочетании операции **О. Ramirez** с аллопластикой [19, 20], когда эндопротез по средней линии укрывают остатками грыжевого мешка по типу сэндвича. С целью уменьшения травматичности операции **О. Ramirez** (имеются в виду обширные отделения подкожной клетчатки от апоневротических образований передней брюшной стенки) предлагается рассечение апоневроза наружных косых мышц производить эндоскопически [21, 22]. Однако эндоскопически ассистированное разделение мышечных компонентов выполнено

авторами у незначительного контингента пациентов, поскольку требует специального инструментария, что резко ограничивает возможности данной методики.

**Материалы и методы.** В нашей клинике операция **O. Ramirez** применяется с 2001 г. С учетом слабых ее мест, упомянутых ранее, нами разработаны комбинированные методы герниопластики при больших и гигантских срединных послеоперационных, рецидивных грыжах, когда транспозиция прямых мышц сочетается с аутодермопластикой [1, 23, 24]. На две такие методики герниопластики выданы патенты Государственным агентством по охране индустриальной собственности Республики Молдова.

По первой методике<sup>1</sup>, после транспозиции прямых мышц живота фиксация их медиальных краев проводится с помощью аутодермального шва, инвагинированного одним или двумя рядами узловых швов (рис. 5, а). Непрерывное шнурование выполняется специально изготовленной для этих целей иглой, к которой крепится монофильная аутодермальная полоска (рис. 6).

По второй методике<sup>2</sup>, после транспозиции и фиксации медиальных краев одним рядом узловых швов в пределах грыжевого дефекта и диастазов прямых мышц

формируется общее влагалище прямых мышц живота. Для этого передние листки влагалищ продольно рассекаются на расстоянии 0,5 см от ранее наложенного шва, медиальные края влагалищ сшиваются узловыми швами, поверх них ушиваются латеральные края влагалищ, при этом прямые мышцы приходят в соприкосновение по средней линии (рис. 5, б).

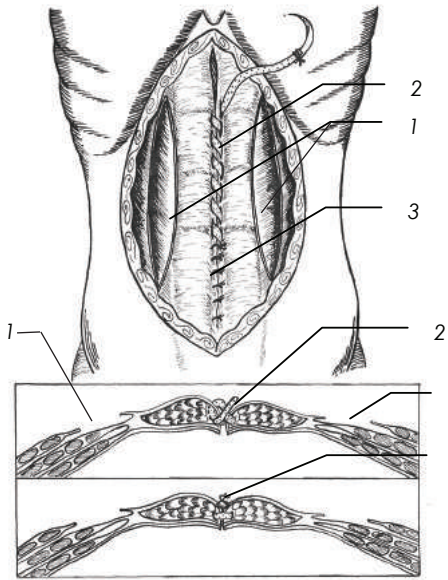
По обоим методикам, для консолидации брюшной стенки поверх выполненной герниопластики продольно укладывается аутодермальный трансплантат, а образовавшиеся параректальные дефекты замещаются аутодермальными лоскутами эллипсоидальной формы (рис. 5, в), которые готовят из излишков кожи, иссеченных в области вентральной грыжи, по экспресс-методике В.Н. Янова [25].

При формировании общего футляра прямых мышц живота (а именно этот метод мы чаще всего применяем в последнее время) передние и задние листки влагалищ прямых мышц сохраняются как единое целое. Благодаря пересечению туго натянутого апоневроза наружных косых мышц сила боковой тяги существенно уменьшается.

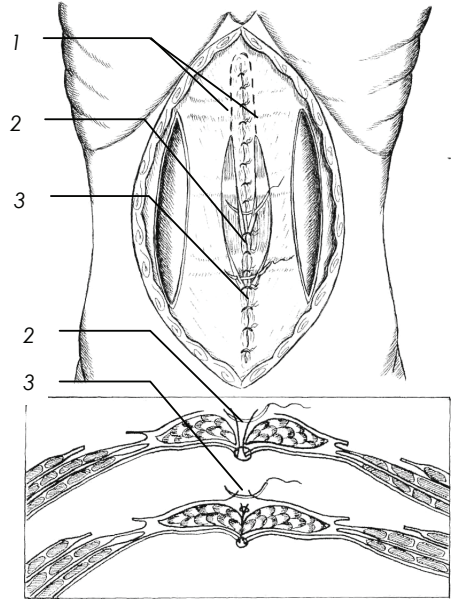
При выраженных диастазах прямых мышц ширина их влагалищ увеличивается почти в 2 раза, что отрицательно сказывается на их сократительной способности. Формируя общий футляр прямых мышц, мы добиваемся сужения их влагалищ, особенно по линии талии, где они плотно сидят во вновь созданном апоневротическом футляре, укрепленном аутодермальной латкой. Передние и задние листки влагалища, охватывая в виде колец прямые мышцы при их натяжении, сжимают между собой мышцу, значительно увеличивая ее функциональные возможности. Благодаря увеличению сократительной способности мышц, достигается равновесие между боковой и продольной мышечной тягой и снижается риск атрофии мышц.

<sup>1</sup> Metodă de hernioplastie a hemiilor posoperatorii ventrale gigantice de recidivă în asociere cu obezitatea. Brevet de invenție MD 1915 G2 2002.05.31, AGEPI, Republica Moldova: [Метод герниопластики послеоперационных вентральных гигантских рецидивных грыж в сочетании с ожирением. Патент № 1915, 31.05.2002 г., Государственное агенство по защите индустриальной собственности Республики Молдова].

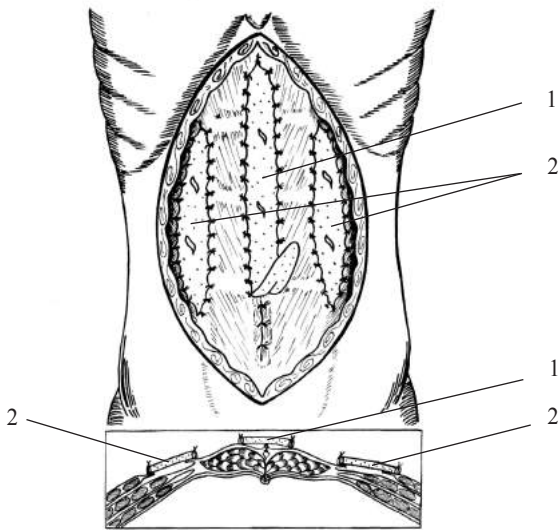
<sup>2</sup> Metodă de hernioplastie în cazul herniilor mediane postoperatorii mari și gigantice de recidivă. Brevet de invenție MD 2161 G2 2003.05.31, AGEPI, Republica Moldova: [Метод герниопластики в случаях срединных послеоперационных больших и гигантских рецидивных грыж. Патент № 2161, 31.05.2003 г., Государственное агенство по защите индустриальной собственности Республики Молдова].



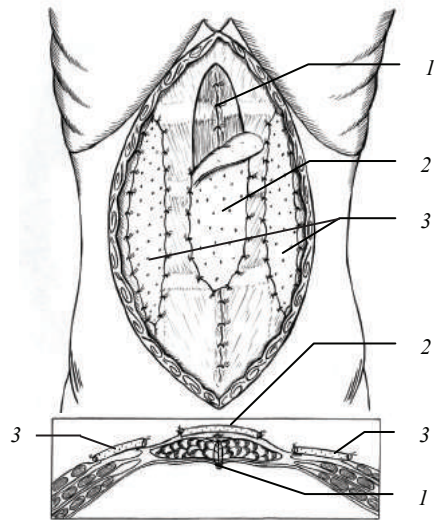
*a*



*б*

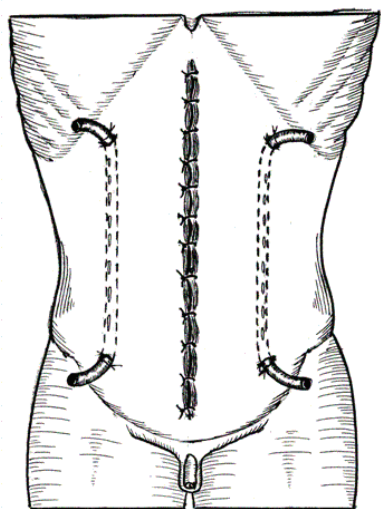


*в*



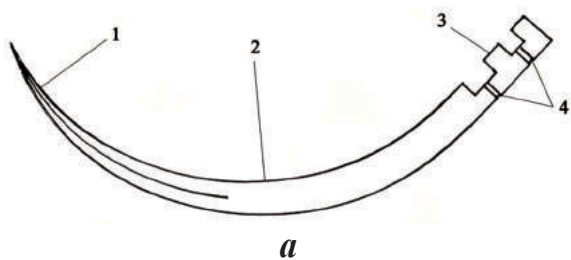
*г*



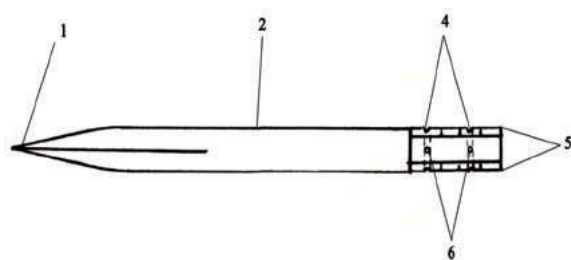


д

Рис. 5. Операция О. Ramirez в сочетании с аутодермопластикой: а – непрерывное шнурование аутодермальной полоской, инвагинированной одним или двумя рядами узловых швов (1 – релаксирующие разрезы по параректальным линиям, 2 – шнурование аутодермальной полоской, 3 – инвагинация аутодермальной полоски); б – формирование общего футляра прямых мышц живота (1 – релаксирующие разрезы передних листов влагалищ прямых мышц, 2 – ушивание медиальных краев рассеченных передних листов влагалищ прямых мышц, 3 – ушивание латеральных краев рассеченных передних листов влагалищ прямых мышц); в – консолидация герниопластики (1) и замещение образовавшихся параректальных дефектов (2) однослойными аутодермальными трансплантатами; г – фиксация задних листов влагалищ прямых мышц по средней линии (операция Welti) (1), замещение образовавшегося дефекта передних стенок влагалищ прямых мышц (2) и параректальных дефектов (3) аутодермальными трансплантатами; д – дренирование подкожной жировой клетчатки трубчатыми дренажами по Редону



а



б



в

Рис. 6. Хирургическая игла (а – вид сбоку; б – вид сверху; в – хирургическая игла с фиксированной к ней аутодермальной полоской): 1 – колющая часть треугольной формы; 2 – тело иглы; 3 – площадка для укладки аутодермальной полоски; 4 – боковые прорезы в стенке желоба; 5 – боковые стенки желоба; 6 – отверстия в основании площадки



В некоторых случаях, особенно при эпигастральных больших грыжевых дефектах, в сочетании с тяжелой сопутствующей легочно-сердечной патологией (бронхиальной астмой, ИБС с декомпенсацией сердечной деятельности), когда в послеоперационном периоде вероятно реальная опасность развития абдоминально-компрессионного синдрома, после транспозиции прямых мышц живота передние листки влагалищ прямых мышц живота рассекают на расстоянии 2 см от медиальных краев, ушивают задние листки влагалищ прямых мышц живота (операция **Welti–Eudel** [26]), а образовавшийся дефект между латеральными краями влагалищ прямых мышц замещают аутодермальным трансплантатом (рис. 5, з). В российской литературе подобную технику при обширных срединных грыжах описал В.И. Белоконев<sup>3</sup>, однако автор не прибегал к транспозиции прямых мышц живота [27].

Обязательным этапом операции является введение в подкожную клетчатку над трансплантами в продольном или поперечном направлении одного или двух дренажей из полихлорвиниловых трубок с боковыми отверстиями – дренаж Редона (рис. 5, д). Мы согласны с утверждением В.В. Жебровского и соавт. [28], что операции при обширных и гигантских грыжах вначале условно чистые, а в конце – условно грязные. Опасность инфицирования возрастает у больных с микроабсцессами подкожной жировой клетчатки, трофическими язвами рубца, кишечными свищами, число которых среди оперированных нами составило 27 (22,1%). Сквозное дренирование позволяет осуществлять проточное промывание раны физиологическим раствором натрия хлорида с добавлением антибиотиков (гентамицина, канамицина)

1–2 раза в сутки. Многолетние наблюдения показали, что эти простые профилактические меры наряду с вакуум-отсосом из раны способствуют гладкому течению послеоперационного периода без нагноений и отторжений трансплантатов. Дренажи удаляют после прекращения активных лимфо-геморрагических выделений из раны (при их объеме менее 50 мл в сутки) – как правило, на 8–10-е сутки.

Если консолидация герниопластики по средней линии дополнительными пластическими материалами ни у кого из авторов не вызывает сомнений, то относительно параректальных дефектов, возникающих после рассечения апоневроза наружных косых мышц, такого единства не наблюдается – некоторые авторы не практикуют их замещение. Так, И.Ф. Бородин [8], применявший релаксирующие разрезы апоневроза наружных косых мышц при лечении послеоперационных грыж, отмечает, что к 90-м суткам после операции наступает замещение дефектов соединительнотканными рубцами.

Мы не восстанавливали параректальные дефекты у двух больных (у которых они были незначительными – длиной 7–8 см), что не повлияло на благополучные исходы в отдаленные сроки. Кроме того, у одного больного повторно оперированного по поводу ущемленной срединной грыжи больших размеров, не замещали параректальный дефект справа в связи с нехваткой пластического материала. Как показывает наша практика, существенные дефекты (длиной 20–22 см и более) необходимо замещать (укрывать). Есть реальная опасность возникновения параректальных разрывов брюшной стенки и образования грыж. Так, **Reilingh T.S.deV. et al.** [16] описали случай разрыва брюшной стенки на месте релаксирующего разреза в первый день после операции. Больного оперировали повторно. При этом выяснилось, что в ходе предыдущего вмешательства – опе-

<sup>3</sup> Белоконев В.И. и соавт. Способ герниопластики при срединных грыжах живота. Патент РФ № 2 123 292.

рации **O. Ramirez** – **были пересечены обе** косые мышцы и в результате произошел разрыв поперечной мышцы. Дефект ликвидировали при помощи полипропиленовой сетки.

Мы наблюдали случай параректальной грыжи слева, возникшей в области релаксирующего разреза спустя год после операции с транспозицией прямых мышц. Больная была повторно оперирована. На операции подтвердилось наличие послеоперационной параректальной грыжи небольших размеров, произведена аутопластика с консолидацией аутодермальным лоскутом. Спустя 2 года после операции рецидива заболевания нет.

Вряд ли можно согласиться с мнением о том, что «мобилизация влагалищ прямых мышц по **Ramirez** **должна применяться** по узким показаниям» [29]. Наоборот, мы считаем, что грыжесечение с перемещением мышечно-фасциальных лоскутов прямых мышц в определенной степени является **ultimum refugium**, когда использование других способов герниопластики, в том числе с применением эндопротезов, невозможно.

По данным **Di Bello et coll.** [15], у 23 из 35 больных, оперированных методом перемещения мышечно-фасциальных лоскутов прямых мышц живота для закрытия срединных дефектов, предыдущая операция проводилась с применением сетчатых эндопротезов; по сведениям **Reilingh T.S.deV. et al.** [16], из 43 оперированных тем же способом предыдущая операция с применением сетчатых эндопротезов была выполнена у 6 больных.

Нами оперированы 4 больных с рецидивными срединными грыжами, у которых при выполнении предыдущих герниопластик применялось эндопротезирование дефектов брюшной стенки. Естественно, в таких случаях синтетические сетки удаляли. Во всех случаях предпринята герниопластика с транспозицией прямых мышц

в сочетании с аутодермопластикой. Рецидивов заболевания нет.

За 2001–2009 гг. транспозицию прямых мышц применяли у 122 пациентов с большими и гигантскими послеоперационными и рецидивными срединными, пупочными, трансректальными грыжами. У 119 (97,5%) предпринята двусторонняя транспозиция, в трех (2,5%) случаях – односторонняя транспозиция прямых мышц живота. Послеоперационная летальность составила 2 (1,6%) случая. В отдаленные сроки выявлено 3 (2,5%) рецидива грыжи.

К односторонней транспозиции прямых мышц прибегали тогда, когда срединные дефекты располагались преимущественно справа (трансректальная грыжа) или слева (два случая эпигастральной грыжи) от средней линии живота. В этих случаях выполняли релаксирующие разрезы апоневроза наружных косых мышц соответственно справа (в одном случае) и слева (в двух случаях). Ближайшие и отдаленные послеоперационные результаты хорошие.

Таким образом, транспозиция прямых мышц живота в комбинации с аутодермопластикой при больших и гигантских рецидивных срединных грыжах по предлагаемой нами методике является динамической анатомо-физиологической операцией, при которой сохраняются сосудисто-нервные пучки, питающие и иннервирующие прямые мышцы живота. Возвращенные оперативным путем в первоначальное положение, прямые мышцы живота вновь обретают функцию эластической занавески брюшной полости. Ослабление боковых частей брюшной стенки понижает интраабдоминальное давление, одновременно уменьшая силу натяжения вновь сформированной белой линии живота, тем самым создаются условия для формирования прочного послеоперационного рубца. Факт наступления баланса между боковой и продольной мышечной тягой подтверждают и электромиографи-

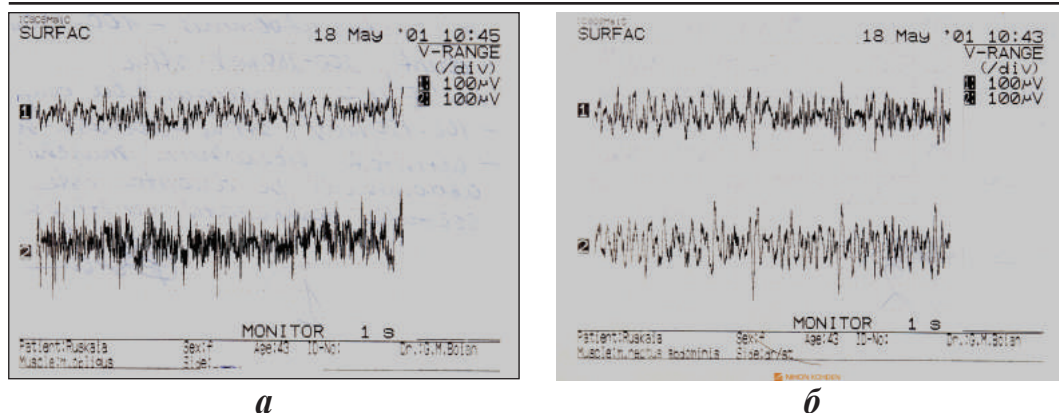


Рис. 7. Электромиограммы мышц передней брюшной стенки: *а* – косых; *б* – прямых.

Больная Р., 48 лет, диагноз: эпимезогастральная грыжа больших размеров.

Операция 1.11.2001 г. – грыжесечение, транспозиция прямых мышц, аутодермопластика.

Обследована через 7 месяцев после операции. На электромиограммах: 1 – отведение с правой, 2 – отведение с левой половины брюшной стенки. Отмечается одинаковая биоэлектрическая активность прямых и боковых мышц живота: справа в пределах 100–150 мсV, слева – 200–250 мсV

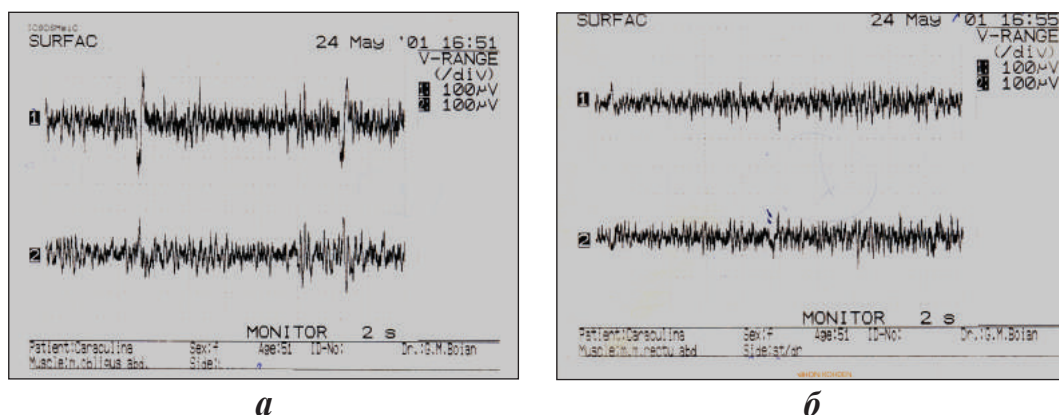


Рис. 8. Электромиограммы мышц передней брюшной стенки: *а* – косых; *б* – прямых.

Больная К., 53 лет, диагноз: эпимезогастральная грыжа больших размеров.

Операция 22.03.2001 г. – грыжесечение, транспозиция прямых мышц, аутодермопластика.

Обследована спустя год и 2 месяца после операции. На электромиограммах: 1 – отведение с левой, 2 – отведение с правой половины живота. Биоэлектрический потенциал прямых мышц составляет 70–100 мсV, косых мышц – 100–150 мсV с обеих сторон

ческие исследования, проведенные у ряда больных в послеоперационном периоде (рис. 7, 8).

**Выводы.** 1. Консолидация герниопластики по средней линии и замещение образовавшихся параректальных апоневротических дефектов аутодермальными

лоскутами, на наш взгляд, компенсирует слабые стороны операции **O. Ramirez**.

2. Предложенные способы герниопластики высокоэффективны, беззатратны и могут применяться как в плановой, так и в ургентной хирургии, когда возможности эндопротезирования ограничены.

**Цитированная литература**

1. **Ботезату А.А.** Хирургическое лечение больших и гигантских послеоперационных и рецидивных грыж брюшной стенки: Дис. ... канд. мед. наук. – М., 2004.
2. **Белоконев В.И., Пушкин С.Ю., Федорина Т.А., Нагапетян С.В.** Биохимическая концепция патогенеза послеоперационных вентральных грыж // Вестник хирургии. – 2000. – Т. 159, № 5. – С. 23–27.
3. **Аскерханов Р.П.** О патогенезе и лечении диастаза прямых мышц живота. // Советская медицина. – 1962. – № 2. – С. 135–140.
4. **Боровков С.А.** Хирургическое лечение большой и гигантской послеоперационных грыж живота // Хирургия. – 1989. – № 4. – С. 101–105.
5. **Загиров У.З., Гиреев Г.И., Шахназаров А.М.** Результаты хирургического лечения диастазов прямых мышц живота // Хирургия. – 1994. – № 2. – С. 34–38.
6. **Хараберюш В.А., Арбузов Н.В., Мазин Эль-Джамаль.** Лечение послеоперационных вентральных грыж // Клиническая хирургия. – 1987. – № 7. – С. 4–7.
7. **Лаврентьев А.А.** Материалы к вопросу о силе и действии мышц, входящих в состав брюшного пресса: Дис. ... д-ра мед. наук. – СПб., 1884.
8. **Бородин И.Ф., Скобей Е.В., Акулик В.П.** Оперативное лечение срединных послеоперационных грыж живота // Вестник хирургии. – 1982. – № 12. – С. 29–31.
9. **Бородин И.Ф. и соавт.** Методические рекомендации по хирургическому лечению срединных послеоперационных грыж передней брюшной стенки. – Минск, 1982. – 16 с.
10. **Орфаниди А.Х.** Хирургическое лечение срединных вентральных грыж // Хирургия. – 1992. – № 2. – С. 83–85.
11. **Блынский А.И.** Аутодермальная пластика больших, гигантских послеоперационных и рецидивных вентральных грыж // Герниология. – 2005. – № 4. – С. 14–18.
12. **Янов В.Н.** Аутодермальная пластика и транспозиция прямых мышц живота при гигантских многокамерных грыжах // Хирургия. – 2000. – № 6. – С. 23–26.
13. **Максименков А.Н.** Хирургическая анатомия живота. – Л.: Медицина, 1972. – С. 664.
14. **Ramirez O.M., Ruas E., Dellon A.L.** «Components separation» method for closure of abdominal wall defects: an anatomic and clinical study // *Plast. Reconstr. Surg.* – 1990. – № 86. – P. 519–526.
15. **Di Bello J.N., Moore J.H.** Sliding myofascial flap of the rectus abdominis muscle for the closure of recurrent ventral hernias // *Plast. Reconstr. Surg.* – 1996. – № 98. – P. 464–469.
16. **Reiling T.S.deV. et al.** Components separation technique for the repair of large abdominal wall hernias // *American college of surgeons.* – 2003. – Vol. 196, № 1.
17. **Тимошин А.Д. и соавт.** Хирургическое лечение паховых и послеоперационных грыж брюшной стенки. – М., 2003. – 143 с.
18. **Zuvela M., Milicevic M., Galun D. et al.** The modified components separation technique – a procedure of choice for contaminated major midline and transrectal abdominal wall defects // *Chirurgia.* – 2008. – Vol. 103, supl. 1: *Congresul național de chirurgie. Eforie nord (România).* 04–07 iunie 2008. – P. 133.
19. **Белянский Л.С., Галич С.П., Тодуров И.М., Резников А.В.** Современные возможности комбинированной компонентной, микрососудистой и аллопластической техники в лечении обширных дефектов брюшной стенки // *Герниология.* – 2008. – № 3 (19). – С. 12.
20. **Фелештинский Я.П., Ватаманюк В.Ф., Свиридовский С.А.** Варианты аллогерниопластики сложных дефектов передней брюшной стенки // *Герниология.* – 2008. – № 3 (19). – С. 43–44.
21. **James B., Lowe M.D. et al.** Endoscopically Assisted «Components separation» for Closure of abdominal Wall defects // *Plastic and reconstructive surgery.* – Feb. 2000. – P. 720–728.

22. **Maas S.M., Reilingh T.S.deV., van Goor H. et al.** Endoscopically assisted «components separation» technique for the repair of complicated ventral hernias // *J. Am. Coll. Surg.* – 2002. – 194. – P. 388–390.
23. **Ботезату А.А., Грудко С.Г.** Транспозиция прямых мышц живота и аутодермопластика в лечении больших и гигантских рецидивных послеоперационных срединных грыж // *Хирургия.* – 2006. – № 8. – С. 54–58.
24. **Ботезату А.А.** Лечение послеоперационных срединных больших и гигантских рецидивных грыж // *Медицинский курьер (Молдова).* – 2007. – № 3. – С. 23–27.
25. **Янов В.Н.** Термическая обработка аутодермальных имплантатов // *Вестник хирургии.* – 1975. – № 9. – С. 90–91.
26. **Wolti H., Eudel F.** Un procédé de cure radicale des éventrations postopératoires par auto-étalement des muscles grands droits après incision du feuillet antérieur de leur gaine // *Mem. Acad. Chir.* – 1941. – № 12. – P. 791–798.
27. **Белоконев В.И., Федорина Т.А., Ковалева З.В., Пушкин С.Ю. и др.** Патогенез и хирургическое лечение послеоперационных вентральных грыж. – Самара, 2005. – 204 с.
28. **Жебровский В.В., Ильченко Ф.Н., Мохамед Махмуд Салем.** Осложнения заживления раны после операции по поводу грыжи живота и их профилактика // *Клиническая хирургия.* – 2003. – № 11. – С. 26–28.
29. **Тимошин А.Д., Юрасов А.В., Шестаков А.Л.** Конференция «Актуальные вопросы герниологии» // *Хирургия.* – 2007. – № 7. – С. 80.

УДК 58.006(478.9):001:37

*В.Ф. Хлебников*, д-р биол. наук, проф.  
*Н.Е. Онуфриенко*, канд. с.-х. наук, доц.

## РАЗВИТИЕ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ПГУ. ЕГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ, ПРОСВЕТИТЕЛЬСКАЯ И ВОСПИТАТЕЛЬСКАЯ ФУНКЦИИ

*Обоснована необходимость создания Ботанического сада ПГУ им. Т.Г. Шевченко как учебного, научно-исследовательского и просветительского центра Приднестровского региона. Показаны основные этапы его проектирования и строительства. Приведена характеристика важнейших объектов создающихся в Ботаническом саду Приднестровского государственного университета.*

Экология затрагивает все аспекты жизненного пространства планеты Земля, и решение экологических проблем сегодня является одним из приоритетных направлений науки. Эти проблемы, ставшие уже социально-экономическими, обусловлены не столько существенным изменением структуры экосистем в результате эволюционного развития планеты, сколько антропогенной деятельностью, нарушающей

экологическое равновесие. Прогрессирует истощение природных ресурсов, теряются функции атмосферы и эдасферы, деградируют экосистемы, а значит, гибнут многие виды животных и растений. Для Приднестровья эти процессы весьма существенны. В Красную книгу Приднестровья включены 157 видов животных и 84 вида растений, которые являются редкими и исчезающими [1]. Так, за последние 30–



50 лет выпал из насаждений Украины и Молдавии вяз граболистный (листоватый) (*Ulmus carpinifolia Rupp. ex G. Sucrow.*) [2], который был широко распространен в южной полосе европейской части СССР [3], в том числе и в Молдавии [4, 5]. Вероятно, исчез ясень Палиса (*Fraxinus pallisae Willem*), который еще 25 лет назад эпизодически встречался на юге Приднестровья в пойме Днестра, а в настоящее время не обнаруживается.

С другой стороны, в связи с развитием международных связей происходит насыщение территорий адвентивными видами, приводящее к потере фитоценотического развития в экосистеме. Адвентивные виды часто становятся вредоносными в тех местах, куда они переселились. Наглядным примером для Приднестровья может являться амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia L.*), которая за последние 15–20 лет нашла широкое распространение в регионе как злостный сорняк. Известно негативное влияние на людей женских экземпляров тополя черного и белого во время распространения его семян (тополиного пуха). Следует отметить и особенности видов платана, которые благодаря своей декоративности широко используются в городском озеленении. Весной молодые листья платанов весьма обильно покрыты легко отделяющимися волосками, которые в сухую погоду сдуваются ветром. Попадая в глаза и дыхательные органы человека, эти волоски могут вызывать серьезные заболевания. Точно так же опасны волоски, попадающие в воздух из головок соплодий платана, рассыпающихся ранней весной перед распусканием листьев. Указанные особенности заставляют воздерживаться от рекомендации видов платана для уличных насаждений и небольших городских парков, садов и ограничивать его использование большими парками, загородными лесопарковыми насаждениями [3].

Сопоставляя автохтонную дендрофлору Приднестровья и Бессарабии с современным составом, нельзя не отметить значительное обогащение как природных, так и искусственных древесно-кустарниковых ценозов. Если в 60-е гг. XX в. здесь произрастало 126 автохтонных видов деревьев и кустарников, то в настоящее время кроме указанных пород в регионе насчитывается более 300 видов древесно-кустарниковых экзотов, что почти в три раза превышает количество аборигенных видов. Такая насыщенность территории чужеродными видами имеет, безусловно, как положительные, так и отрицательные стороны. С точки зрения ландшафтной архитектуры, декоративного оформления композиционных участков, получения древесины или плодов внедрение новых видов является положительным фактором. Однако с точки зрения экологии это может нести в себе скрытый негатив.

В результате проведенных исследований выявлено, что чужеродные виды входят во все таксономические группы растительности региона. Это явление, как отмечают специалисты Института проблем экологии и эволюции РАН [6], угрожает биологическому разнообразию в глобальном масштабе. Чужеродные растения влияют на состояние местной биоты экосистем. Распространение и массовое размножение интродуцированных видов усугубляет генетическую изоляцию коренных сообществ. Многие эндемичные виды малочисленны и особенно подвержены риску исчезновения в результате конкуренции или под давлением.

Деятельность человека интенсивно способствует этому процессу. Для примера можно привести состояние узкоэндемичного вида – дрочка четырехгранного (*Genista tetragona Bess.*), который находится на грани гибели. Дрочка четырехгранная занимал экологическую нишу на безлесных известковых склонах Днестра.

Но в 60-е гг. прошлого века здесь была высажена сосна крымская, которая, создавая по мере роста значительный теневой эффект, начала вытеснять со своих мест обитания светолюбивый дрок четырехгранный. Аналогичная ситуация создалась и в заповеднике «Ягорлык», где экспансия белой акации, айланта, боярышника, терновника, свидины и других древесно-кустарниковых пород, захват ими степных участков и петрофильных фитоценозов представляет наибольшую угрозу аборигенным растительным сообществам резервата [7].

В Приднестровье организация исследований в этом направлении находится, к сожалению, в начальной стадии. Для научного обоснования данной проблемы необходимы специалисты в области фундаментальных биологических и экологических наук, таких, как ботаника, энтомология, фитопатология, экология, биогеография, почвоведение и др. Кроме того, без прикладных наук: токсикологии, агрохимии, экологической экономики, международного права, карантинного контроля, статистики и многих других – также невозможно решение данного вопроса.

Однако даже при наличии специалистов, но без помощи широкой общественности и соответствующей государственной поддержки невозможно коренным образом изменить положение в регулировании растительного разнообразия.

Сегодня ни одно научно-исследовательское учреждение Приднестровья, кроме Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко, не располагает специалистами в области всех перечисленных наук. Университет, сочетающий образовательную и научно-исследовательскую деятельность, должен возглавить столь важную для нашего региона работу по экологическому просвещению.

Для осуществления экологического воспитания необходима материальная база, каковую представляет собой ботани-

ческий сад как учебный и просветительский центр.

Согласно решению Международного совета ботанических садов глобальная миссия ботанических садов по сохранению растений состоит в выполнении следующих функций [8, 9]:

- приостановление потерь видов растений и их генетического разнообразия;
- предотвращение дальнейшей деградации окружающей среды;
- формирование общественного экологического сознания в отношении ценности растительного разнообразия и опасности, которым оно подвергается;
- принятие практических мер по сохранению и улучшению состояния окружающей среды;
- пропаганда и обеспечение долгосрочного использования природных ресурсов нынешними и будущими поколениями.

Между тем в Международной программе ботанических садов, согласно которой должны формироваться основные направления стратегии их действий, один из пунктов гласит: «Разработка и осуществление мер контроля за распространением агрессивных видов, представляющих угрозу биоразнообразию», что, как уже отмечалось ранее, особенно актуально в условиях Приднестровского региона.

Несмотря на то что в ПГУ им. Т.Г. Шевченко в последние годы увеличилось число факультетов и кафедр биологической направленности, уровень их экспериментальной базы пока недостаточно высок. Поэтому в целях совершенствования научно-исследовательской и учебной базы университета, сохранения биологического разнообразия региона, а также улучшения подготовки специалистов биологического, экологического, культурно-эстетического и педагогического профиля на территории ранее существовавшей Агробиостанции

в 2004 г. начата закладка ботанического сада площадью 10,6 га.

Эти земли первоначально принадлежали колхозу им. Котовского Тираспольского района и в соответствии с приказом Министра просвещения МССР № 504 от 13.11.1948 г. «Об улучшении преподавания биологических дисциплин в школах, педагогических училищах, педагогических и учительских институтах» были переданы Тираспольскому педагогическому институту (ныне ПГУ им. Т.Г. Шевченко) для создания Агробиологической станции – опытной базы естественно-географического факультета. Закладка станции началась со строительства конторы, лаборатории агробиологии, склада, временного помещения для животных, здания зимовки пчел и ледника [10].

Развитие агробиостанции продолжалось до начала перестроечного процесса в СССР, но уже к концу 80-х гг. XX в. интерес к станции был утрачен. Вышла из строя стационарная система полива, система отопления теплицы и всех других помещений; поля заросли сорняками. Имевшиеся здания и сооружения стали разрушаться. Иными словами, агробиостанция перестала функционировать как учебная база. Ректоратом было принято решение о реорганизации Агробиостанции в Ботанический сад ПГУ.

Для проектирования столь сложного объекта, как ботанический сад, потребовалось значительное научное обеспечение, которое осуществляла специальная группа из ведущих ученых университета и специалистов других учреждений, имеющих опыт научно-исследовательских и проектных работ биологической и технической направленности. Детальному анализу подвергся опыт работы существующих в Молдове, Украине, Российской Федерации и дальнем зарубежье ботанических учреждений. По классификации Wyse Jackson [11] и других исследователей, проекти-

руемый Ботанический сад ПГУ относится к типу университетских ботанических садов, особенности организации и формы деятельности которых заключаются в использовании их потенциала для научных и образовательных программ при их открытости для широкой публики. Для организации работ по проектированию и строительству ботанического сада был создан временный творческий коллектив.

Начальный анализ состояния проблемы показал, что территория Агробиостанции юридически не принадлежит университету. Очевидно, в 1940-е гг. без оформления земельного акта (Акта на право пользования землей) простым росчерком пера, а возможно и устным решением чиновника, была выделена земля для пединститута. Для юридического решения вопроса о необходимости документов на право пользования землей университет обратился в Госадминистрацию г. Тирасполя с просьбой предоставления земельного участка под Ботанический сад ПГУ. Таким образом, на основании проведения комплекса необходимых работ по отчуждению земельного участка решением Госадминистрации г. Тирасполя за № 1975 от 23.05.2001 г. данный участок был передан в постоянное пользование ПГУ (в границах фактического его использования) [12].

При проектировании Ботанического сада университета велись не только ботанические, но и другие исследования. Так, нельзя было приступать к проектированию без изучения основополагающих характеристик местности. Поэтому изучались гидрологические, геологические, геоморфологические, почвенные и сейсмические условия. При этом использовались также теоретические и практические элементы агрономического, строительного-монтажного, коммунального, ландшафтно-архитектурного строительства.

В результате проведенных изысканий установлено, что рассматриваемый

участок расположен на высокой пойме р. Днестра и отделен от нее насыпной дамбой. Анализ гидрологического состояния реки в период весенних и летних паводков показал, что самый высокий уровень доходил до +10,00 м. Существующая в настоящее время дамба способна защитить обвалованную территорию от наводнения 12-метрового уровня, что обеспечивает безопасность строительства ботанического сада в пределах выделенного участка. Оползней, оврагов, обвалов, а также просадочных явлений не обнаружено.

В основании террасы и поймы р. Днестра залегают верхние сарматские известняки, кровля которых закономерно уменьшается от берегов реки на север с 4,6 м до 30 см. Так же уменьшается и мощность лёссовидных суглинков.

Разрез строения участка, полученный по скважинам, типичен для долины р. Днестра и прослеживается от с. Терновка до пос. Суклея. Аналогично строение поймы на противоположной стороне реки.

Уровень грунтовых вод, замеренный при бурении скважин, составил 4,0–4,8 м. При этом наблюдается закономерное понижение в сторону Днестра. Уровень воды в реке в меженный период на территории участка от +3,3 до 3,2 м. Несомненно, что уровень грунтовых вод дренируется руслом реки.

Микросейсмораионирование показало, что просадочность суглинков и лёссов составляет 12–35 см. Рассматриваемый участок входит в шестибальльную зону проявления землетрясений.

Почвенный покров представлен пойменными луговыми типичными карбонатными со слабо выраженной слоистостью, пойменными луговыми слоистыми карбонатными и техногенно преобразованными (плантажированными и искусственно срезанными) почвами различного гранулометрического состава [13].

Ботанический сад как исследуемый объект имеет сложную внутреннюю структуру. В его составе выделены следующие подсистемы: коллекционные участки многочисленных видов растительности (как аборигенных, так и интродуцированных); композиционные участки с различным дизайнерским замыслом; инфраструктура объекта; экология; пространство; просветительская, воспитательная, учебная и научная деятельность; производственно-финансовая деятельность; внешние связи с другими родственными и неродственными предприятиями и др.

В ходе проектирования объекта на научной основе была построена модель ботанического сада. При этом учитывались факторы внешнего воздействия и внутреннего устройства, а именно: ландшафтно-архитектурное оформление территории как составляющей благоприятной городской среды; композиции ландшафта; дороги, аллеи, площадки; водоемы и водяные установки; формирование растительных ассоциаций (коллекционных и композиционных участков); инженерная подготовка и оборудование; малые архитектурные формы и т. д.

Ландшафтно-архитектурная планировка территории – процесс творческий и не всегда может иметь аналогию. По результатам анализа устройства наиболее выдающихся ботанических садов стран СНГ, литературных источников, с учетом рекомендаций специалистов, а также сложившихся экологических, почвенных, геоморфологических, гидрологических и ситуационных условий было проведено функциональное зонирование территории и определены места расположения элементов ботанического сада: периметральной защитной зоны; дорожно-тропичной сети; дендрария (кониферетум, покрытосеменные родовые комплексы, вьющиеся, декоративные плодовые); альпинария; монокультурных садов (розария,

сирингария); природной флоры; партерной части; экспериментального участка для проведения кафедрами университета научных исследований; питомника; пруда; мемориального участка; хозяйственной части (объектов хозяйственного назначения, зданий и сооружений, инженерных линий).

Юридическое закрепление участка и завершение проектирования, утвержденного решением Ученого совета ПГУ им. Т.Г. Шевченко от 21.01.2004 г. «Об утверждении плана-схемы Ботанического сада ПГУ», позволило начать строительство предусмотренных проектом и моделью элементов ботанического сада.

К настоящему времени в той или иной степени произведена практическая проверка предложенной проектом и моделью схемы, осуществляется наполнение ее необходимым содержанием, соответствующим целям и задачам ботанического сада.

Как известно, ботанические сады, дендрарии, парки культуры и отдыха и прочие объекты озеленения обеспечиваются, прежде всего, растительным многообразием. Безусловно, что создаваемый ботанический сад немислим без его растительного наполнения. Поэтому с 2004 г. лабораторией «Биоинформатика» началось изучение растительных объектов на предмет целесообразности привлечения их в коллекционный фонд Ботанического сада ПГУ. Наиболее детальному исследованию подверглись растения Приднестровья, близлежащих регионов Молдовы и Украины, а также ряда ботанических садов и дендрариев СНГ. Полученные данные приводятся в отчетах по теме за 2004–2007 гг., а собранные при этом растительные таксономические единицы уже внедряются в объекты строящегося Ботанического сада ПГУ.

Далее приводится характеристика основных объектов, создающихся в Ботаническом саду ПГУ.

### **Периметральная защитная зона.**

Работы по обустройству защитной полосы начались с 2004 г. путем посадки древесно-кустарниковых пород в восточной и южной части территории. При посадке использованы породы, которые первоначально (2003–2004 гг.) выращивались во временном питомнике. Согласно данным обследования по состоянию на сентябрь 2009 г. на рассматриваемой территории произрастают следующие породы: клен остролистный, клен явор, ясень американский, сумах пушистый, шелковица белая, боярышник однопестичный, робиния псевдоакация, камписис укореняющийся. Всего высажено более 500 экземпляров растений. Посадки велись методом разреженных культур, с оставлением возможности для подсадки других пород. Одной из главных пород, которая планировалась первоначально, был дуб черешчатый. Но в связи с неурожайными годами (2004–2006 гг.) не удалось собрать достаточное количество желудей. И только осенью 2007 г. появилась возможность получить и сразу же высеять в питомник необходимое количество желудей. К настоящему времени выращено более 1,5 тыс. семян, часть которых по достижении соответствующей высоты будут пересажены в защитную зону. Планируется также посадка почвозащитных кустарников (бузины, шиповника, бирючины, свидины и др.).

**Дорожно-тропиночная сеть.** Дорожная сеть выполнена путем временного обозначения ее на местности вешками и систематическим прохождением культиватора, чтобы не зарастала сорной травянистой растительностью. При этом, по мере возможности, использовались те покрытия дорог, которые уже существовали до создания ботанического сада. Кроме того, завозятся строительные отходы, которые станут основой покрытия корыта дороги. Отсутствие техники тормозит завершение работ по сооружению дорожно-тропиночной сети.



**Дендрарий.** К экспозиции дендрария отнесены кониферетум, покрытосеменные родовые комплексы, вицетум, участки непрерывно цветущих кустарников и дикорастущих плодовых. С 2004 г. на данных участках начата посадка коллекционных видов и форм древесно-кустарниковых пород. К настоящему времени в дендрарии на экспозиционных участках произрастают: в кониферетуме и покрытосеменных комплексах – 58 семейств, 206 родов, 242 вида, 36 форм растений; в вицетуме – 8 семейств, 12 родов, 14 видов растений; на участке непрерывно цветущих кустарников – 21 семейство, 37 родов, 20 видов, 5 форм растений; на участке дикорастущих плодовых – 4 семейства, 20 родов, 33 вида, 2 формы растений. Следует отметить, что высаженные на коллекционные участки породы представлены 1–5 экземплярами каждого вида или формы растения. Поэтому по мере размножения вида или формы количество экземпляров будет доведено до 5–7 шт.

**Альпинарий.** Для его сооружения завезен дренажный материал в виде строительных отходов. Необходимо нанесение плодородного слоя почвы и укладка камней. Только после этого (в 2010–2015 гг.) будут высажены низкорослые растения, которые имеются в питомнике ботанического сада.

**Монокультурные сады.** Предусмотрено создание розария и сирингария. В настоящее время формируется площадь под сирингарий, пока как луговой газон. В питомнике готовится посадочный материал 3 видов и 10 сортов сирени обыкновенной.

Создание розария началось осенью 2007 г. с разработки его проекта и посадки 450 кустов роз различных групп (чайно-гибридные, флорибунда, полиантовые, почвопокровные, плетистые, парковые и др.). Территория розария разбита на участки сортовых роз, плетистых роз и массовых посадок, разделяемые дорожно-тропи-

ночной сетью. На главной аллее выкопано дорожное корыто и засыпано каменными строительными отходами. Дальнейшее оформление дорог и тропинок будет осуществляться посредством песочного или асфальтового покрытия.

**Природная флора.** С целью формирования элемента природной флоры региона началась закладка лесного насаждения площадью 0,3 га, являющегося наиболее типичным для пойменной части южного Приднестровья. Это влажная пойменная берестовая дубрава. Породный состав насаждения аналогичен природному, описанному в научной литературе [14].

Поскольку дуб растет значительно медленнее, чем его спутники (вяз обыкновенный, липа войлочная, ясень обыкновенный, клены остролистный, полевой и явор, тополь черный и белый), с целью предотвращения его затенения в первую очередь произведен посев желудей дуба черешчатого (ноябрь 2007 г.) методом загущения [15], т. е. по 10–15 желудей в лунку. Образующаяся биогруппа сама обеспечивает себе подгон и ограничивает вредное влияние сорняков. Через 5–10 лет в лунке должно остаться 1–2 самых сильных растения. После достижения дубом высоты, обеспечивающей его сохранность, будут посеяны или высажены другие породы – спутники дуба. Подлесок, по нашему мнению, должен сформироваться самостоятельно, в противном случае потребуются произвести его посадку.

**Партерная часть.** Состоит из нескольких элементов: партерного газона, экспозиции почвопокровных растений, коллекции лилейных растений, коллекции теплолюбивых древесно-кустарниковых пород. При входе на территорию Ботанического сада сформирован партерный газон, практически без кустарников, чтобы не закрывать более декоративные экспозиции далее расположенных элементов партера. Почвопокровный участок представ-

лен как травянистыми почвопокровными растениями (очиток (*Sedum L.*) – 12 видов, дюшенея индийская (*Duchesnea indica*), ясколка дернистая (*Cerastium holosteoides Fries.*), сантолина зеленоватая (*Santolina virens Mill.*), фиалка белая (*Viola alba Bess.*) и др.), так и вьющимися лианами, создающими зеленый ковер на отдельных участках, и высокорослыми древесными породами, которые произрастали здесь задолго до создания ботанического сада. Их присутствие играет положительную роль, поскольку они создают теневой эффект, влияющий на почвопокровные растения. Это позволило дать оценку теневыносливости почвопокровных растений.

**Участок теплолюбивых растений.** В коллекции Ботанического сада есть растения – представители более южных широт (Южный Китай, Япония, Средиземноморье, Дальний Восток, Южная Европа, Северная Африка и др.), которые требуют особых условий произрастания. В связи с этим в партерной части создан участок теплолюбивых культур, где обеспечивается индивидуальный уход за каждым растением. Кроме того, есть возможность укрытия растений для защиты их от холодов в зимний период. Возраст теплолюбивых растений незначительный. Посадка их велась с 2006 г. Следует отметить, что в условиях Молдавии многие из них в молодом возрасте легко гибнут от зимних низких температур. В то же время, если растения довести до значительного одревеснения ствола, устойчивость постепенно повышается. Это достигается путем ежегодного укрытия или содержания в помещении молодых растений в зимний период. Впоследствии растение можно высаживать в открытый грунт. Таким образом была адаптирована альбиция ланкоранская [16], которая успешно переносит зимние холодные периоды, произрастая уже более 20 лет в открытом грунте на территории завода «Прибор» г. Бендеры и

нынешнего Ботанического сада ПГУ. Однако в отношении других пород данный вопрос не изучен, необходимо проведение соответствующих исследований. На участке теплолюбивых растений произрастает 21 семейство, 25 родов, 27 видов.

**Экспериментальный участок** предназначен для проведения исследований кафедрами и лабораториями университета. Площадь экспериментального участка в зависимости от запросов ежегодно варьирует от 1,0 га до 1,5 га. Работы ведутся по программам кафедр и факультетов.

**Питомник.** Временный питомник был заложен в 2003 г. посадочным материалом из Рыбницкого лесхоза и частично из Республиканского ботанического сада. В последующие годы растения высаживались по мере роста как на коллекционные участки, так и в защитную зону. В 2005 г. для питомника выделен отдельный участок площадью 0,35 га, где выращивают древесно-кустарниковые породы, необходимые для формирования коллекционных и композиционных элементов ботанического сада.

**Пруд.** Проектом предусмотрено создание водоема, однако в связи с отсутствием средств его строительство еще не начато. Площадь, отведенная под водоем, формируется пока как луговой газон.

**Мемориальный участок.** Здесь произрастают саженцы дуба черешчатого, высаженные весной 2005 г. ректором, профессором Берилом С.И. и членами ректората ПГУ им. Т.Г. Шевченко; весной 2008 г. – представителями президиума РАЕН в честь 10-летия основания в Приднестровье отделения Российской академии естественных наук; весной 2009 г. – депутатами Верховного Совета ПМР. Работа в этом плане продолжается.

**Территории хозяйственной части.** Для хозяйственных нужд используются старые здания и сооружения, которые согласно «Акту технического обследования

конструкций и построек Ботанического сада ПГУ» от 11.04.2001 г., утвержденному ректором ПГУ, подлежат сносу. Но по причине отсутствия средств вопрос о сносе старых зданий и строительстве новых на данном этапе не стоит.

Сегодня ботанический сад располагает уже значительной коллекцией лекарственных трав, цветочных культур, древесно-кустарниковых пород. Работа по привлечению растений в коллекционный фонд фактически началась с 2002 г. И в течение нескольких лет была собрана коллекция из 150–200 видов растений. Сделать это было нетрудно благодаря, во-первых, хорошему озеленению Тирасполя, а во-вторых, наличию Республиканского ботанического сада, где собирали семена имеющихся там пород. Но со временем этот источник практически иссяк. Возникла необходимость в экспедиционных выездах на объекты, где возможно найти новые виды растений. Следует устанавливать контакты с ботаническими садами России, Украины, Молдовы, из которых можно получать коллекционный материал.

Ботанический сад ПГУ, несмотря на трудности, насчитывает сегодня более 400 видов и форм только древесно-кустарниковых пород. Коллекцию цветочных, пищевых, пряновкусовых и лекарственных растений составляют более 500 таксонов, не считая естественно произрастающей на территории травянистой растительности. Около сотни видов находятся в культивационных сооружениях и питомнике на стадии выращивания: зеленые и стеблевые черенки, посеvy семян, сеянцы и саженцы. К сожалению, не все имеющиеся растительные таксоны идентифицированы в силу того, что получаемые семена или другой растительный материал не всегда сопровождаются объективной информацией. Поэтому по мере роста и развития растений уточняется их идентификация.

Значительный объем работ приходится выполнять по приведению в порядок не только территории, но и сооружений: создание ботанического сада немислимо без строительных работ. Ведь такие специфические его объекты, как альпийская горка, розарий с элементами декора (фонтан, малые архитектурные формы и др.), дорожно-тропиночная сеть, въездная арка, должны создавать единый архитектурный ансамбль, который преобразит, в известной мере, ландшафтно-архитектурный облик города.

Научное обеспечение создания Ботанического сада ПГУ осуществляется лабораторией «Биоинформатика» и кафедрой ботаники и экологии университета.

Несмотря на незавершенность строительства, на базе ботанического сада уже проводятся занятия со студентами естественно-географического и аграрно-технологического факультетов по экологии, основам сельского хозяйства, лесоводству и защитному лесоразведению, ботанике, дендрологии, фитопатологии, энтомологии и другим дисциплинам. В то же время по согласованию с администрацией здесь проходят учебную и производственную практику учащиеся школ, техникумов, лицеев. Студенты всех факультетов университета работают в ботаническом саду (трудоустрой семестр), знакомясь при этом с коллекционным составом, со спецификой деятельности по сохранению растений и т. д. Бывают дни, когда сад принимает до 100 студентов. Ботанический сад посещают также многочисленные любители природы, учителя средних школ; здесь проводятся экскурсии общественных и государственных учреждений. По договору с Центром занятости населения многие школьники в летний период оказывают значительную помощь в уходе за растениями, сборе семян, наведении санитарного порядка и т. п. В зимний период на базе имеющейся в Ботаническом саду ПГУ

лаборатории биотехнологии школьники изучают вопросы выращивания растений путем использования культуры растительных тканей.

В заключение можно констатировать, что итогом многолетней совместной деятельности коллективов ботанического сада, кафедры ботаники и экологии, лаборатории «Биоинформатика» ПГУ при содействии Республиканского НИИ экологии и природных ресурсов, Республиканского ботанического сада явилось то, что Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко стал одним из региональных центров, осуществляющих и координирующих работу в области охраны и изучения биологического разнообразия, вовлечения в процесс познания экологических особенностей растений и охраны живой природы широких слоев населения – от школьников и вузовской молодежи до профессионалов зеленого строительства и лесного хозяйства.

### Цитированная литература

1. Красная книга Приднестровья. – Тирасполь, 2009.
2. **Онуфриенко Н.Е.** К вопросу исчезновения вяза граболистного (*Ulmus carpinifolia Rupp. ex G. Sucrow*) // Сучасні проблеми інтродукції рослин та збереження біорізноманіття екосистем: Матеріали міжнародної научної конференції, посвященої 125-літтю Бот. саду Черновицького національного університету. – Черновці, 2002. – С. 83–84.
3. **Колесников А.И.** Декоративная дендрология. – М.: Лесная промышленность, 1974. – С. 556.
4. **Гейдеман Т.С.** Определитель высших растений Молдавской ССР. – Кишинев: Штиинца, 1975. – С. 131.
5. **Андреев В.Н.** Деревья и кустарники Молдавии. – Вып. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1957.
6. <http://www.sevin.ru/invasive/publications/UspSovrBio.pdf> **Чужеродные виды и сохранение биологического разнообразия // Успехи современной биологии.** – М., 2001. – Т. 121, № 1. – С. 121–128.
7. **Тищенко В.С., Жилкина И.Н.** Соудистые растения заповедника «Ягорлык». – Тирасполь, 2004. – С. 58–59.
8. **Стратегия ботанических садов по охране растений.** – М., 1994. – С. 62.
9. Международная программа ботанических садов по охране растений. Международный совет ботанических садов по охране растений. Botanic Gardens Conservation International. – М., 2000. – С. 56.
10. **Бюллетень Агробиостанции / Тираспольский гос. пед. институт им. Т.Г. Шевченко.** – Тирасполь, 1958.
11. **Wyse Jackson P.S.** Experimentation on a Large Scale – An Analysis of the Holdings and Resources of Botanic Gardens // BGCI News. – 1999. – Vol. 3.
12. **Паспорт исходных данных № 1975 для проектирования Ботанического сада ПГУ / Управление архитектуры и градостроительства г. Тирасполя.** – Тирасполь, 2001.
13. **Отчет о НИР ВТК «Ботанический сад» за 2000–2003 гг. по теме «Проектирование и создание Ботанического сада ПГУ» / ПГУ им. Т.Г. Шевченко.** – Тирасполь, 2003.
14. **Гейдеман Т.С., Остапенко Б.Ф. и др.** Типы леса и лесные ассоциации Молдавской ССР. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1964. – С. 254–256.
15. **Огиевский В.В.** Лесные культуры и мелиорация. – М.: Лесная промышленность, 1974. – С. 174.
16. **Таргон П.Г.** Биологические особенности интродуцированных древесных растений в Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1980. – С. 46.

УДК 592/599

С.И. Филипенко, канд. биол. наук, И.И. Игнатъев, Д.П. Богатый,  
О.В. Антюхова, Л.В. Котомина, Л.П. Сербинова, А.А. Тищенко,  
Т.Г. Гусева, канд. биол. наук  
С.В. Чур<sup>1</sup>  
В.А. Мацюк, канд. биол. наук<sup>2</sup>  
А.Г. Мосейко, канд. биол. наук, О.С. Безман-Мосейко<sup>3</sup>  
Д.А. Коваленко, Т.Д. Шарапановская<sup>4</sup>  
О.В. Стругуля<sup>5</sup>  
А.М. Бондаренко<sup>6</sup>

## ЗООЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

*Представлены основные результаты научной деятельности зоологов Приднестровья за период с 2000 по 2009 г. Основные научные изыскания по изучению животного мира региона проводятся по следующим направлениям: гидробиология, энтомология, ихтиология, герпетология, орнитология и териология. Приведены данные о количестве видов изучаемых групп животных. Показаны перспективы развития зоологической науки в Приднестровье. Отмечена роль кафедры генетики и зоологии, научно-исследовательской лаборатории «Биомониторинг» и зоологического музея ПГУ в организации и проведении фаунистических исследований в регионе.*

В современных условиях проблема сохранения и рационального использования природных ресурсов (включая животный мир) имеет не меньшую актуальность, чем вопросы политики и экономики, и тесно с ними связана. Об этом свидетельствует ратификация большинством стран мира Конвенции о биологическом разнообразии (Рио-де-Жанейро, 1992). Сохранение биологического разнообразия является одним из краеугольных камней устойчивого развития трансграничного бассейна р. Днестра в целом и Приднестровской Молдавской Республики в частности. В данном контексте особое значение имеют зоологические исследования, центром организации которых является кафедра генетики и зоологии и научно-исследовательская лаборатория

«Биомониторинг» Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко, отмечающего в 2010 г. свой 80-летний юбилей. За годы существования ПМР кафедра генетики и зоологии подготовила более ста специалистов-биологов зоологической направленности, многие из которых ведут сегодня научные исследования не только на территории республики, но и далеко за ее пределами.

Зоологические исследования в ПМР как самостоятельном государстве находятся в стадии активного становления. Основные научные изыскания по изучению животного мира региона проводятся по следующим направлениям: гидробиология, энтомология, ихтиология, герпетология, орнитология и териология. В данной

<sup>1</sup> Министерство природных ресурсов и экологического контроля ПМР.

<sup>2</sup> Приднестровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства.

<sup>3</sup> Зоологический институт РАН.

<sup>4</sup> Государственный заповедник «Ягорлык».

<sup>5</sup> ЗАО «Молдавская ГРЭС».

<sup>6</sup> Экологическое общество «Biotica».



статье представлены основные результаты научной деятельности зоологов за период с 2000 по 2009 г.

#### **Гидробиологическое направление.**

Водные экосистемы Приднестровской Молдавской Республики включают среднее и нижнее течение р. Днестра, Дубоссарское и Кучурганское водохранилища, р. Турунчук, озера, пруды, ручьи и малые реки. Гидробиологические исследования состоят в изучении зоопланктона и зообентоса, их качественного состава, количественного развития и роли в функционировании водных экосистем.

Анализируется видовое разнообразие, количественные характеристики, динамические и сукцессионные процессы в развитии основных структурных компонентов зоопланктона Ягорлыкской заводи заповедника «Ягорлык», Кучурганского водохранилища, р. Днестра и других водоемов республики.

В составе зоопланктона водоемов Приднестровья выявлено 50 таксономических единиц: коловраток – 24, или 48 %, ветвистоусых – 17, или 34 %, и веслоногих – 9 таксонов, или 18 %. В Дубоссарском водохранилище выявлено 28 видов, в Ягорлыкской заводи заповедника «Ягорлык» – 35, в Кучурганском водохранилище – 40 видов. Результаты исследований зоопланктона представлены более чем в 10 научных работах.

Фундаментальные исследования проводятся на Кучурганском водохранилище – охладителе Молдавской ГРЭС: рассматривается влияние электростанции на биоту водоема-охладителя и ее адаптационный потенциал при различных уровнях антропогенного воздействия; изучается видовой состав основных групп зообентоса, их количественные и продукционные характеристики. Донная фауна водохранилища достаточно гетерогенна и представлена кольчатými червями (около 40 видов олигохет и 2 вида полихет); личинками

хириномид (более 50 видов), поденок (6 видов), ручейников (около 20 видов), стрекоз (около 10 видов), цератопогонид; а также ракообразными (более 25 видов) и моллюсками (более 30 видов).

Особое внимание уделяется динамическим процессам в развитии донной фауны. Для водоемов-охладителей умеренной зоны исследовано влияние термофикации и сопутствующих изменений среды обитания на видовое разнообразие, структуру и продуктивность сообществ макробентоса в условиях нестабильной работы ТЭС. Рассчитаны уравнения регрессии, построены математическая модель и графики зависимости численности высших ракообразных от некоторых абиотических факторов водоема-охладителя. По результатам исследований донной фауны опубликовано свыше 25 работ, в том числе одна монография.

Большое значение придается исследованию видов вселенцев и понто-каспийских реликтов. Для водоемов бассейна Днестра проблемы антропогенного вселения чужеродных организмов до настоящего времени даже не ставились. Практически неизвестны ни общее число видов-вселенцев, ни их «вклад» в наблюдающиеся изменения экосистем водоемов. Регулярные наблюдения (мониторинг) за биологическим разнообразием бассейна Днестра не проводятся. Какие-либо практические рекомендации по защите от биологического загрязнения отсутствуют. Сегодня крайне необходима разработка специальной региональной программы, направленной на решение проблемы биологического загрязнения в бассейне Днестра. Причем выполнение подобной программы следует осуществить в ближайшем будущем. Помимо таких сугубо научных и управленческих задач, как организация мониторинга чужеродных видов и мониторинга биологического разнообразия в соответствии с Конвенцией о биологическом разнообразии,

оценка риска внесения чужеродных видов, разработка и выполнение научно обоснованных мероприятий, направленных на существенное снижение этого риска, предлагаемая программа должна включать в себя также вопросы информирования, экологического воспитания и образования населения Приднестровья. Естественно-географический факультет, занимающийся фундаментальными и прикладными проблемами сохранения биологического разнообразия в регионе, может быть научным куратором такой программы.

Одно из приоритетных направлений гидробиологических исследований – биоиндикационные исследования и оценка экологического состояния водоемов по зообентосу. Отработанные методики биологического мониторинга применяются при оценке экологического состояния Кучурганского водохранилища, Днестра и водоемов его бассейна.

Разрабатывается новое актуальное направление «Водный менеджмент бассейна Среднего и Нижнего Днестра в контексте эффективного функционирования экосистем», предусматривающее оценку состояния водных ресурсов и экосистем бассейна Нижнего и Среднего Днестра, а также анализ региональной экологической политики в сфере водопользования с целью выработки практических рекомендаций по внедрению принципов интегрированного управления водными ресурсами в водную политику, а также по обеспечению сохранения природных экосистем и увеличения биоразнообразия.

В ходе гидробиологических исследований проводится оценка биоразнообразия естественных водоемов и даются рекомендации по его сохранению; определяется влияние антропогенных факторов на экосистемы естественных водоемов бассейна Днестра; выполняются расчеты ущербов, наносимых водным биоресурсам в результате антропогенной деятельности.

Гидробиологи Приднестровья поддерживают научные связи с учеными Института зоологии Академии наук Молдовы и Зоологического института Российской академии наук.

Задача гидробиологов – вовлечение в научные исследования своего направления молодых перспективных исследователей и создание в перспективе научной школы гидробиологии Приднестровья.

**Энтомологическое направление.** В пойменных экосистемах Нижнего Приднестровья обнаружен 191 вид жувелиц из 53 родов. Среди них такие редкие виды, как *Calosoma sycophanta*, *Pterostichus aterrimus*, *Odacantha melanura*, *Dyschirius lafertei* и др. Жувелицы классифицированы по биотопической приуроченности. Выявлено, что в зоогеографическом отношении преобладают жувелицы, относящиеся к европейско-средиземноморскому типу фауны (41,7%), что характерно для региона.

Близка к завершению инвентаризация карабидофауны степного заказника «Ново-Андрияшевка», проводившаяся с 1995 г. по 2007 г. На территории заказника обнаружено 97 видов жувелиц, есть вероятность присутствия еще 10–15 видов жуков этого семейства. Ядро карабидокомплекса заказника составляют степные и полевые (луговые) виды – более 70% списка жувелиц.

В результате исследований энтомофауны вредителей парковых и лесопарковых насаждений Приднестровья зарегистрировано 84 вида насекомых-вредителей и 6 видов клещей. Тщательно изучены минирующие чешуекрылые, имеющие преимущества перед открытоживущими фитофагами в насаждениях, находящихся под влиянием техногенных выбросов, и в условиях зеленых зон городов. Подробно изучены биология и экология вишневого мухи, дубовой ложнощитовки. Установлен видовой состав энтомофагов региона и их роль в снижении численности вредителей.

Впервые для территории Приднестровья проведена инвентаризация фауны жуков-листоедов ПМР. Особое внимание уделялось энтомофауне Государственного заповедника «Ягорлык» и заказника «Ново-Андрияшевка». Для территории Приднестровья указаны 237 видов жуков-листоедов, 158 из которых обитают на территории заповедника «Ягорлык». Особый интерес представляет фауна заказника «Ново-Андрияшевка», нуждающаяся в дополнительном изучении. Также на базе материала, собранного в Приднестровье, в Зоологическом институте РАН выполнялись исследования морфологии и экологии личинок подсемейства *Cryptocephalinae*.

В 2000–2009 гг. осуществлялось изучение макрочешуекрылых Приднестровья. Обследованиями были охвачены: Кицканский лес, где обнаружено 87 видов бабочек, из них один новый для ПМР вид редкой бабочки – ленточница голубая; дендрарий Республиканского ботанического сада (24 вида); лесополоса вдоль железной дороги на участке г. Тирасполь – с. Владимировка (70 видов); заповедник «Ягорлык» (98 видов); урочище «Калагур» Петрофильного комплекса «Рашков», окрестности с. Стреницы (68 видов). Собрана информация о распространении, экологии и биологии 38 видов бабочек, нуждающихся в особой охране на территории ПМР.

В перспективе планируется исследование фауны, экологии и биологии чешуекрылых других природных территорий Приднестровья. Представляет научный интерес энтомофауна целинных степных участков в Григориопольском и Дубоссарском районах, а также лесных массивов Рыбницкого и Каменского районов.

**Ихтиологическое направление.** Ихтиологические исследования носят комплексный характер, и в их осуществлении помимо ихтиологов активное участие принимают гидробиологи. Проводятся работы по оценке и сохранению биоразнообразия

естественных водоемов, устанавливается степень влияния антропогенных факторов на экосистемы естественных водоемов, в том числе и реки Днестра, рассчитывается ущерб, наносимый рыбным запасам в результате антропогенной деятельности.

Ихтиологические исследования состоят в определении видовой структуры и размерно-возрастного состава популяций рыб; анализировании условий и эффективности воспроизводства, условий нереста, а также искусственного воспроизводства туводных рыб Днестра; прогнозировании уловов рыб в р. Днестре. Совместно с коллегами – ихтиологами из Молдовы разработана «Методика оценки влияния антропогенных факторов на ихтиоценозы и расчет ущерба, наносимого рыбным запасам водоемов Молдовы». В 1999 г. увидела свет научно-популярная книга Т.Д. Шарапановской «Экологические проблемы Среднего Днестра». В 2005–2006 гг. был издан первый сборник научных работ, посвященный государственному заповеднику, – «Заповедник „Ягорлык“».

Особое место занимают исследования ихтиофауны Кучурганского водохранилища: морфо-экологических характеристик и адаптационного потенциала ценных туводных рыб. Проводятся работы по искусственному воспроизводству и восстановлению популяций таких аборигенных видов рыбы, как судак, тарань, лещ, линь. Увеличился объем работ по искусственному разведению рыб-мелиораторов: белого и пестрого толстолобика, карпа и белого амура. В процессе инкубационных работ ихтиологами Приднестровья был изобретен и запатентован новый эколого-индустриальный метод получения карпа.

Большое значение придается изучению деградирующих популяций: судака, европейского и канального сома. Проверяется наличие в ихтиофауне Кучурганского водохранилища ранее встречавшихся видов рыб, таких, как елец, язь, голавль,

белоглазка, подуст днепровский, рыбец, черный амур, золотой карась, верховка, вьюн. С другой стороны, в настоящее время в водохранилище обнаружены новые виды рыб (бобырец, Книповича длиннохвостая, солнечная рыба, сельдь, ерш), которые в 90-х гг. XX в. не входили в состав ихтиофауны этого водоема. Данные виды, попав в Кучурганское водохранилище из р. Турунчука и пойменных водоемов через гидроузел во время паводков, нашли в нем благоприятные условия существования. Сформируются ли здесь полноценные популяции евошки, солнечной рыбы и ерша, покажут будущие исследования. Изучается и непромысловая ихтиофауна водохранилища. Выявлены тенденции быстрого увеличения численности популяции атерины, верховки и бобырца, которые требуют дальнейшего, более глубокого изучения.

Разработана и апробирована методика определения промыслового возврата от икры у рыб, а также проведен расчет рыбопродуктивного потенциала Днестра. Полученные результаты позволили предложить ряд практических рекомендаций по увеличению рыбопродуктивности водоемов региона.

#### **Герпетологическое направление.**

В рамках изучения фаунистических комплексов региона проводились работы по инвентаризации и мониторингу мест естественного обитания земноводных и пресмыкающихся. Определены качественные и количественные показатели, состояние популяции и динамика численности батрахо- и герпетокомплексов, влияние антропогенного пресса на численность и морфометрические показатели амфибий и рептилий.

С 2006 г. в Зоологическом институте РАН выполняется кандидатская диссертация по комплексному изучению герпетофауны (*sensu lato*) региона. В рамках исследований устанавливается видовой состав

амфибий и рептилий, их биотопическое распределение, ритмы годовой и суточной активности, особенности экологии и биологии развития отдельных видов. При этом используются современные методы как полевых исследований, так и видовой диагностики, в том числе проточной ДНК-цитометрии, что позволяет наиболее точно определять подвидовую принадлежность представителей герпетофауны. К настоящему времени в Приднестровье обнаружено 11 видов амфибий и 9 видов рептилий, 3 из которых (прыткая лягушка, съедобная лягушка и эскулапов полоз) впервые достоверно зарегистрированы для региона.

**Орнитологическое направление.** За последнее десятилетие в Приднестровье были выполнены первичные учеты качественного и количественного состава орнитофауны урбанизированного ландшафта ПМР на основе оригинальной классификации урболандшафта: городов (Каменка, Рыбница, Дубоссары, Григориополь), сельских населенных пунктов, урбоагротерриторий (фермы, бригады, полевые станы и т. п.), рекреационных урбанизированных территорий, микроурботерриторий. Установлено, что в биотопах, относящихся непосредственно к урбанизированному ландшафту ПМР, гнездятся птицы 72 видов.

Проведен мониторинг различных сезонных аспектов структуры орнитофауны в г. Тирасполе, на территориях садовогороднических товариществ ПМР, в заповеднике «Ягорлык»; на Кучурганском водохранилище, на территории Петрофильного комплекса «Рашков», в лесополосах Южного Приднестровья и в других биотопах региона.

К настоящему времени в ПМР зарегистрировано 252 вида птиц: достоверно гнездятся 130 видов, репродукция 9 видов предполагается, исключительно в периоды миграций и кочевков встречаются 38 видов, 107 видов птиц зимуют, 18 видов можно

относительно к залетным. Характер пребывания 4 видов (стрепета, филина, пестрого каменного дрозда и канареечного вьюрка) неясен: возможно, они исчезли из фауны региона; 4 вида (огарь, красный коршун, степной орел, черный гриф) можно считать исчезнувшими из состава орнитофауны ПМР.

Различные аспекты обитания птиц в регионе были рассмотрены в 72 научных публикациях (за 2000–2009 гг.). В работе научных конференций, проведенных естественно-географическим факультетом в 2000–2009 гг., приняли участие 37 орнитологов из ПМР, Молдовы, Украины, России, Болгарии и США.

В перспективе планируется продолжение мониторинговых исследований орнитофауны различных биотопов Приднестровья, проведение инвентаризационного учета авифауны ключевых природных территорий ПМР (Колосово, долина «Томашлык», Белочи (Ержовский лес), лесной массив «Молокиш–Окна», урочище «Сетишко» и др.).

**Териологическое направление.** Исследования млекопитающих состоят в определении качественного и количественного состава териофауны региона, состояния популяций отдельных видов, мониторинге численности, а также выявлении уровня антропогенной нагрузки на естественные комплексы. Отдельное направление териологических исследований – изучение основы формирования поведенческого акта, в частности на примере ольфакторного поведения. На основании изучения популяций городских животных и их роли в городах разработана и экономически обоснована программа регуляции численности безнадзорных животных в условиях города. Результаты териологических исследований опубликованы более чем в 30 статьях.

Проводятся исследования паразитофауны диких животных (резервантов

опасных инвазий и инфекций и прокормителей-переносчиков), а также животных города в целях выявления возбудителей многих трансмиссивных заболеваний. Направление имеет огромное практическое значение как в эпидемиологическом, так и в просветительском отношении. Предполагается проведение экологической и эпидемиологической оценки потенциала фауны эктопаразитов некоторых представителей териофауны ПМР.

Активно изучается фауна летучих мышей региона. В период с 2003 по 2006 г. на территории Приднестровья проведены исследования синантропных, пещерных и лесных видов летучих мышей. В 2003 г. был обнаружен новый для данной местности вид летучей мыши – нетопырь средиземноморский, который ранее не регистрировался на территории Молдовы и Приднестровья. Исследовано пространственное расположение и численность позднего кожана в штольнях села Бычок Григориопольского района. Систематически изучается фауна летучих мышей Кицканского леса. В результате исследований было выявлено 9 видов летучих мышей, из которых самым многочисленным и распространенным видом является вечерница рыжая, а наиболее редким – ночница прудовая, включенная в Красный список МСОП и Красную книгу ПМР.

Дальнейшие исследования рукокрылых Приднестровья будут направлены на изучение лесных видов летучих мышей, в первую очередь на территории Государственного заповедника «Ягорлык», с использованием ультразвуковых детекторов, а также методов радиотелеметрии и кольцевания.

В научные исследования активно вовлекаются студенты Естественно-географического факультета в рамках студенческих научных кружков и специализации по кафедре. До 2008 г. кафедра генетики и зоо-



логии готовила специалистов-биологов со специализацией «Зоология», в настоящее время – со специализацией «Гидробиология и ихтиология». Ежегодно на кафедре генетики и зоологии защищается порядка десяти дипломных работ зоологической направленности. Уровень выполненных работ высоко оценивается Государственной аттестационной комиссией. Лучшие выпускники кафедры рекомендуются к поступлению в аспирантуру при кафедре генетики и зоологии.

Важную роль в популяризации фаунистических исследований и экологическом воспитании студентов и школьников республики играет Зоологический музей. Музей, образованный в 1993 г. на основе коллекций и материалов, собиравшихся на кафедре с 1978 г., является структурным учебно-научным и культурно-просветительным подразделением кафедры генетики и зоологии естественно-географического факультета. Основные функции музея – накопление, изучение и демонстрация подлинных предметов естественной истории. Большое значение имеет сохранение и развитие коллекций музея.

Экспозиция и фонды музея служат базой для учебной и научно-исследовательской работы студентов, аспирантов, учащихся средних специальных учебных заведений, школьников, слушателей курсов повышения квалификации учителей.

Ежегодно зоологический музей посещают около тысячи человек, не считая студентов естественно-географического факультета, которые регулярно работают с экспонатами во время занятий по различным зоологическим и экологическим дисциплинам. Зоомузей посещают гости университета и республики из научных учреждений и вузов России, Украины и других стран.

Культурно-просветительная деятельность музея заключается в пропаганде и популяризации научных знаний на базе

музейных материалов; организации экскурсий со школьниками и другими категориями посетителей; оказании консультативной и практической помощи в создании и пополнении краеведческих и тематических музеев, уголков природы всех форм собственности.

Сегодня экспозиционный и научный фонды музея включают свыше 1370 экземпляров животных, относящихся к 740 видам.

Зоологический музей ПГУ поддерживает научные связи с зоологическими музеями Одесского, Московского, Харьковского университетов, отделом природы Тираспольского городского объединенного музея и другими музеями и профильными научными организациями.

Коллекции музея неуклонно и поступательно развиваются и совершенствуются. Большинство экспонатов изготавливаются руками сотрудников музея и студентов-биологов естественно-географического факультета.

Зоологи кафедры генетики и зоологии принимали активное участие в подготовке и проведении на естественно-географическом факультете ПГУ трех международных научно-практических конференций «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья» в 2001, 2005 и 2009 гг., последняя из которых посвящена 80-летию ПГУ. В 2010 г. на базе факультета будет проведена международная научно-практическая конференция «Бассейн реки Днестра: экологические проблемы и управление трансграничными природными ресурсами».

Зоологи Приднестровья активно участвовали в подготовке Атласа Приднестровской Молдавской Республики и Энциклопедии ПМР. Неоценим вклад ученых в издание Красной книги ПМР. Ими описаны 157 включенных в это издание видов беспозвоночных и позвоночных животных.

## Выборочные публикации зоологов Приднестровья

**Антюхова О. В.** Новый вредитель каштана конского в Приднестровье // Защита и карантин растений. – М., 2009. – № 2. – С. 48.

**Антюхова О. В.** Распространение каштановой минирующей моли в различных районах Тирасполя // Известия СПб. лесотехнической академии. – СПб., 2009. – Вып. 187. – С. 20–25.

**Антюхова О. В.** Сезонное развитие каштановой минирующей моли в Приднестровье // Вестник защиты растений. – Санкт-Петербург; Пушкин, 2008. – № 4. – С. 57–61.

**Безман-Мосейко О.С.** О видовом составе герпетофауны Приднестровья (предварительные данные) // Труды Украинского герпетологического общества. – Киев: Зоомузей ННПМ НАН Украины, 2008. – № 1. – С. 43–46.

**Безман-Мосейко О.С.** Видовое разнообразие герпетофауны заповедника «Ягорлык»: краткий обзор // Региональные проблемы охраны окружающей природной среды, рационального природопользования и пути их решения: Материалы международной научно-практической конференции. – Тирасполь, 2009. – С. 112–115.

**Бондаренко А.М.** Пространственное расположение и численность позднего кожана *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774) в штольнях села Бычок (Молдова, Приднестровье) // *Plecotus et al.* – 2005. – 8. – С. 3–7.

**Бондаренко А.М.** Фауна рукокрылых Кицканского леса (Молдова, Приднестровье) // *Plecotus et al.* – 2006. – 9. – С. 18–24.

**Гусева Т.Г., Бондаренко А.М.** Средиземноморский нетопырь – новый вид териофауны Молдавии // Териофауна России и сопредельных территорий: Материалы Международного совещания 6–7 февраля 2003 г. – М.: РАН, 2003. – С. 83.

**Коваленко Д.А.** Первая находка ленточницы голубой в Приднестровье // За-

повідна справа в Україні. – Канів, 2003. – Т. 9, вып. 1. – С. 72.

**Коваленко Д.А.** Особенности биологии развития поликсены (*Zeryntia polyxena*) в лабораторных и природных условиях // Управление бассейном трансграничной реки Днестр и Водная рамочная директива Европейского Союза: Материалы Международной конференции – Кишинев: Есо-TIRAS, 2008. – С. 180–181.

**Мацюк В.А., Верещагина Т.К.** Жужелицы (*Coleoptera, Carabidae*) пойменных экосистем Нижнего Приднестровья // Роль природно-заповідних територій у підтриманні біорізноманіття: Матеріали наукової конференції, присвяченої 80-річчю Канівського природного заповідника. – Канів, 2003. – С. 241–242.

**Мацюк В.А., Медведев В.В.** Особенности фауны жужелиц (*Coleoptera, Carabidae*) степного заказника «Ново-Андрияшевка» // Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья: Материалы II Международной конференции. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2005. – С. 42–43.

**Мацюк В.А., Медведев В.В.** Фауна жужелиц (*Coleoptera, Carabidae*) степного заказника «Ново-Андрияшевка» // Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья: Материалы III Международной научно-практической конференции. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2009. – С. 124–125.

**Мосейко А.Г., Котомина Л.В.** Жуки-листоеды подсемейства *Chrysomelinae* (*Coleoptera, Chrysomelidae*) Южного Приднестровья // Чтения памяти А.А. Браунера. – Одесса, 2000. – С. 53–58.

**Мосейко А.Г.** К познанию фауны жуков-листоедов (*Coleoptera, Chrysomelidae*) заповедника «Ягорлык» // Заповедник «Ягорлык». – Тирасполь: Есо-TIRAS, 2006. – С. 145–146.

**Стругуля О.В.** Распространение бобырца (*Cyprinidae*) в Кучурганском

водохранилище // Геоэкологические и биоэкологические проблемы северного Причерноморья: Материалы III международной научно-практической конференции. – Тирасполь, 2009. – С. 188–189.

**Тищенко А.А.** О классификации урбанизированного ландшафта применительно к зоогеографическим целям // Поволжский экологический журнал. – Саратов, 2006. – № 1. – С. 95–103.

**Тищенко А.А.** Гнездовая орнитофауна рекреационных урбанизированных территорий Приднестровья // Зоологический журнал. – 2006. – Т. 85, № 7. – С. 878–885.

**Тищенко А.А.** Фауна и население птиц, гнездящихся в урбанизированном ландшафте Приднестровья // Орнитологические исследования в Северной Евразии: Тезисы XII Международной орнитологической конференции Северной Евразии. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2006. – С. 518–519.

**Филипенко С.И.** Высшие ракообразные Кучурганского водохранилища-охладителя в условиях нестабильного режима работы Молдавской ГРЭС // Биология внутренних вод: проблемы экологии и био-разнообразия. – Борок, 2002. – С. 214–226.

**Филипенко С.И.** Зообентос Кучурганского водохранилища: динамические процессы и использование в биологическом мониторинге. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2005. – 160 с.

**Филипенко С.И.** Динамические процессы в развитии популяции дрейссены (*Dreissena polymorpha*) в Кучурганском водохранилище – охладителе Молдавской ГРЭС // Перифитон и обрастание: теория и практика. – СПб., 2008. – С. 106–108.

**Филипенко С.И., Лейдерман А.И., Филипенко Е.Н.** Проблема антропогенного вселения чужеродных организмов в водные экосистемы бассейна Днестра // Вестник Приднестровского университета. – 2009. – № 2 (34). – С. 137–142.

**Чур С.В.** Состояние фауны ветвистых ракообразных (*Crustacea, Cladocera*) р. Днестр // Геоэкологические и биоэко-

логические проблемы северного Причерноморья: Материалы международной научно-практической конференции. – Тирасполь, 2001. – С. 345–346.

**Чур С.В.** Зоопланктон Ягорлыкской заводи заповедника «Ягорлык» в 2004–2008 гг. // Региональные проблемы охраны окружающей природной среды, рационального природопользования и пути их решения: Материалы международной научно-практической конференции. – Тирасполь, 2009. – С. 98–109.

**Чур С.В.** Зоопланктон Кучурганского водохранилища 2004–2008 гг. // Геоэкологические и биоэкологические проблемы северного Причерноморья: Материалы III международной научно-практической конференции. – Тирасполь, 2009. – С. 241–243.

**Шарапановская Т.Д., Яворский В.И., Петров В.И.** Видовое разнообразие и морфометрические характеристики рыб Ягорлыкской заводи // Заповедник «Ягорлык». – Тирасполь: Есо-TIRAS, 2006. – С. 156–164.

**Шарапановская Т.Д.** Сравнительный анализ состояния ихтиофауны реки Днестр под воздействием глобального антропогенного воздействия // Управление бассейном трансграничной реки Днестр и Водная рамочная директива Европейского союза: Материалы Международной конференции. – Кишинев: Есо-TIRAS, 2008. – С. 280–285.

**Шарапановская Т.Д., Петров В.И.** Ихтиофауна Ягорлыкской заводи заповедника «Ягорлык» // Региональные проблемы охраны окружающей природной среды, рационального природопользования и пути их решения: Материалы международной научно-практической конференции. – Тирасполь, 2009. – С. 79–98.

**Шарапановская Т.Д.** Современное состояние русла и ихтиофауны Днестра // Региональные проблемы охраны окружающей природной среды, рационального природопользования и пути их решения: Материалы международной научно-практической конференции. – Тирасполь, 2009. – С. 121–151.

УДК 612.332.2+616-008.615

В.А. Шенцицкий, д-р биол. наук, проф.

## ПИЩЕВАРИТЕЛЬНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТОНКОЙ КИШКЕ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ СТРЕССЕ

*В опытах in vivo и in vitro на белых лабораторных крысах-самцах выявлены закономерности динамики мембранного пищеварения и транспорта углеводов и белков в тонкой кишке на протяжении хронического эмоционального стресса, вызванного периодической жесткой иммобилизацией. Определено значение различных транспортных систем в возникновении стрессовых нарушений всасывания глюкозы. Установлена роль  $\alpha$ - и  $\beta$ -адренорецепторов, дофаминовых ( $D_2$ ) рецепторов,  $Ca^{2+}$ -зависимых процессов в кишечной клетке, а также роль перекисного окисления липидов в развитии стрессовых нарушений пищеварительно-транспортных процессов в тонкой кишке.*

В настоящее время доказана важная роль хронического стресса в нарушении деятельности различных систем организма: чрезмерный хронический стресс является патогенетической основой многих заболеваний, а относительно щадящий хронический стресс приводит к преждевременному угасанию функций [1]. Не вызывает сомнений огромное значение хронического стресса в развитии патологических изменений деятельности пищеварительной системы, в том числе переваривания и транспорта пищевых веществ в тонкой кишке, что может стать причиной нарушения метаболизма, состава кишечной микрофлоры, деятельности различных органов и систем человеческого организма [2–4].

Исследователями основных характеристик и закономерностей пищеварения и всасывания в кишечнике была выявлена высокая чувствительность обоих этих процессов к воздействию различных стрессовых факторов, что предопределяется чрезвычайной сложностью центральной и периферической нейрогуморальной регуляции, значительной лабильностью пищеварительно-транспортных процессов при изменении условий функционирования [5–16]. При этом было обнаружено, что направленность и степень изменений актив-

ности пищеварительных и транспортных систем тонкой кишки зависят от природы и силы стрессора, продолжительности его действия. Ранее нами были обнаружены разнонаправленные изменения пищеварительно-транспортных процессов в тонкой кишке при кратковременном чрезмерном и щадящем стрессе, выявлены основные механизмы быстрых перестроек мембранного гидролиза и всасывания пищевых веществ в условиях кратковременного стрессирования [8, 9, 17, 18]. В то же время особенности и закономерности развития нарушений пищеварительной и транспортной функций тонкой кишки в условиях хронического психоэмоционального стресса, который особенно характерен для современного человека [19], остаются недостаточно изученными, что существенно затрудняет разработку методов их целенаправленной профилактики и коррекции. До настоящего времени остро дискутируется вопрос о направленности и интенсивности изменений мембранного гидролиза и всасывания нутриентов в разные периоды действия хронического стрессирования, о роли различных ферментных и транспортных систем тонкой кишки в развитии стрессовых нарушений; мало изучены физиологические механизмы, лежащие в основе этих процессов [11, 15, 20–22].

Целью данной работы является исследование пищеварительно-транспортных процессов в тонкой кишке (на примере мембранного пищеварения и всасывания углеводов и белков) в условиях хронического прерывистого воздействия жесткой иммобилизации (модель эмоционального стресса) и выяснение механизмов стрессовых нарушений.

### Материал и методы

Исследования выполнены на белых лабораторных крысах-самцах массой 180–220 г, содержащихся в условиях вивария на стандартном рационе питания. Для исследования процессов пищеварения и всасывания крыс предварительно оперировали под нембуталовым наркозом по методу Тири-Велла в модификации А.М. Уголева [23]. После вскрытия брюшной полости изолировали отрезок проксимальной части тонкой кишки длиной около 20 см на расстоянии 15 см дистальнее двенадцатиперстной кишки. В оба конца изолированной петли вставляли металлические (титановые или дюралюминиевые) фистульные трубки, которые крепили специальным способом. Перфузию проводили с помощью многоканального перистальтического насоса «Zalimp» (Польша), обеспечивающего стабильную, близкую к физиологической скорость перфузии (около 0,5 мл/мин). Для перфузии изолированного участка тонкой кишки использовали растворы моносахаридов (глюкозы или фруктозы) с инициальной концентрацией 50 мМ, дисахаридов (мальтозы или сахарозы) с эквивалентной исходной концентрацией (25 мМ), глицина (50 мМ) или глицилглицина (25 мМ). Субстраты готовили на растворе Рингера (рН 7,4) с таким расчетом, чтобы осмотичность перфузионного раствора составляла около 300 мОсм [24].

Активность пищеварительных ферментов определяли в опытах *in vitro* в различные сроки хронического стрессирования в гомогенатах слизистой оболочки участка тонкой кишки длиной 20 см, расположенного на 15 см дистальнее двенадцатиперстной кишки (что соответствует перфузируемому в опытах *in vivo* изолированному участку). Для этого вскрывали брюшную полость, извлекали отрезок тонкой кишки, промывали охлажденным раствором Рингера (рН 7,4). Слизистую оболочку соскабливали на холоду после предварительного просушивания фильтровальной бумагой. Взвешенную слизистую гомогенизировали при 4°C в растворе Рингера в гомогенизаторе с тефлоновым поршнем (2000 об/мин) в течение 3 минут [25].

В качестве стрессора использовали жесткую иммобилизацию животных, которая является общепринятой моделью чрезмерного эмоционального стресса. Хроническое стрессирование проводили в течение 3 часов ежедневно на протяжении 45 суток. Пробы перфузата собирали спустя 5 часов после окончания каждого 3-часового стрессирования. Контролем служили находившиеся в обычных условиях прооперированные животные, которые ежедневно подвергались перфузии изолированной петли тонкой кишки.

Фармакологические препараты ежедневно вводили либо внутрибрюшинно за 30 мин до стрессирования (фентоламин, пропранолол, сульпирид), либо с перфузатом в полость изолированного участка тонкой кишки (верапамил, флоридзин, флоретин). Токоферола ацетат ежедневно вводили внутрибрюшинно 7 дней до начала эксперимента и в течение всего периода хронического стрессирования.

Для определения концентрации фруктозы, а также суммарной концентрации гексоз, образующихся при мембранном гидролизе сахарозы, использовали колориметрический мышьяково-молибдено-



вый метод Нельсона в модификации А.М. Уголева и Н.Н. Иезуитовой [26]. Концентрацию глюкозы в перфузионных растворах определяли с помощью современных наборов «Bio-Test» (Чехия). В основу определения содержания глюкозы положен модифицированный глюкозооксидазный метод [27]. Для определения суммарной концентрации мальтозы и глюкозы, а также сахарозы, фруктозы и глюкозы в полученных перфузионных растворах использовали антроновый метод [28]. Совместное применение глюкозооксидазного, антронового и мышьяково-молибденового методов давало возможность рассчитать скорость гидролиза дисахаридов и всасывания свободных и образующихся в результате гидролиза моносахаридов. Концентрацию глицина и глицилглицина определяли глициновым методом [26], активность глицилглициндипептидазы – по приросту образующегося глицина [26]. Активность ферментов определяли в линейной зоне и выражали в микромолях продуктов гидролиза, образовавшихся за одну минуту, в расчете на 1 г ткани. Ста-

тистический анализ полученных данных производили с применением **t-критерия** Стьюдента.

### Собственные результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований нами была выявлена динамика развития нарушений пищеварительной и транспортной функций тонкой кишки в условиях хронического иммобилизационного стрессирования (модель эмоционального стресса). Обнаружено, что на 3-и и 7-е сутки стрессирования скорость мембранного гидролиза мальтозы возрастает, на 15-е – не отличается от значений контроля, а на заключительном этапе стрессирования (30–45-е сутки) – существенно снижается (рис.1). Всасывание глюкозы, образующейся при мембранном гидролизе мальтозы, изменяется однонаправленно – на протяжении 7–45-х суток стрессирования происходит его поступательное снижение (рис. 1).

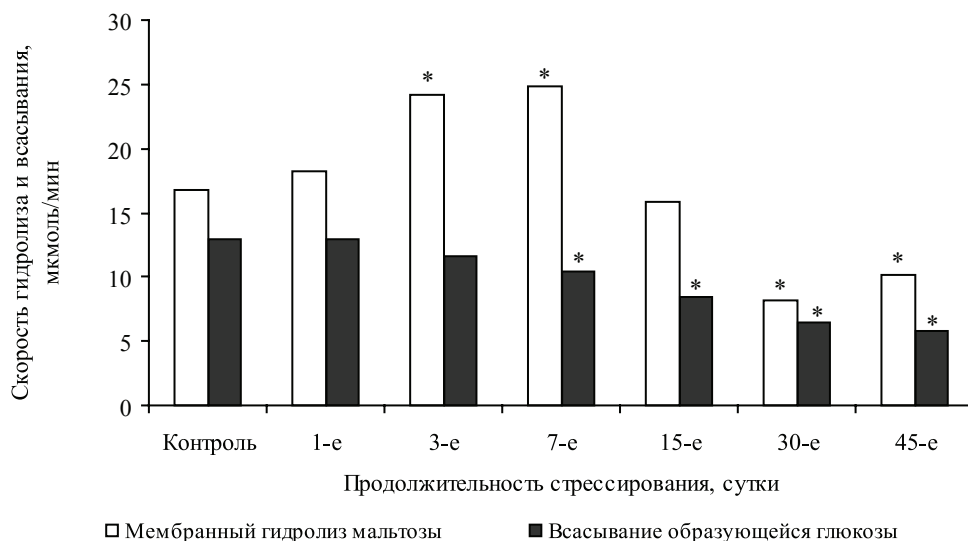


Рис.1. Мембранный гидролиз мальтозы (25 мМ) и всасывание образующейся глюкозы в условиях хронического стрессирования. \* Достоверные различия по сравнению с контролем ( $P < 0,05$ )

В отличие от мальтозы гидролиз сахарозы в условиях хронического стрессирования отвечает достоверными изменениями на действие стрессора лишь на 7-е (стимуляция) и 45-е (подавление) сутки, однако динамика изменений гидролиза обоих дисахаридов носит сходный характер (рис. 1, 2). Скорость всасывания глюкозы, образующейся при гидролизе сахарозы, ингибируется начиная с 7-х суток стрессирования, что сходно с изменением транспорта глюкозы, образующейся при мембранном гидролизе мальтозы. Всасывание фруктозы, образующейся при мембранном гидролизе сахарозы, стимулируется на 15-е сутки стрессирования. В то же время не обнаружено торможения всасывания фруктозы, образующейся при гидролизе сахарозы на заключительном этапе стрессирования, которое было нами выявлено позднее в отношении свободной фруктозы (рис. 3). Можно предположить,

что при столь низких концентрациях фруктозы в этих условиях большая ее часть транспортируется парацеллюлярно.

Исследование активности глицилглициндипептидазы, осуществляющей мембранный гидролиз дипептида глицилглицина, в гомогенатах участка тонкой кишки крыс, подвергнутых хроническому стрессированию различной продолжительности, свидетельствует о фазности ее изменений при стрессе (рис. 3). Если на начальном этапе стрессирования происходит увеличение активности этого фермента (достоверное на 7-е сутки), то впоследствии активность глицилглициндипептидазы существенно снижается (почти вдвое). Следует отметить, что динамика активности глицилглициндипептидазы в условиях эксперимента *in vitro* при стрессе в целом характеризуется такой же последовательностью модификаций, как и динамика гидролиза мальтозы и сахарозы

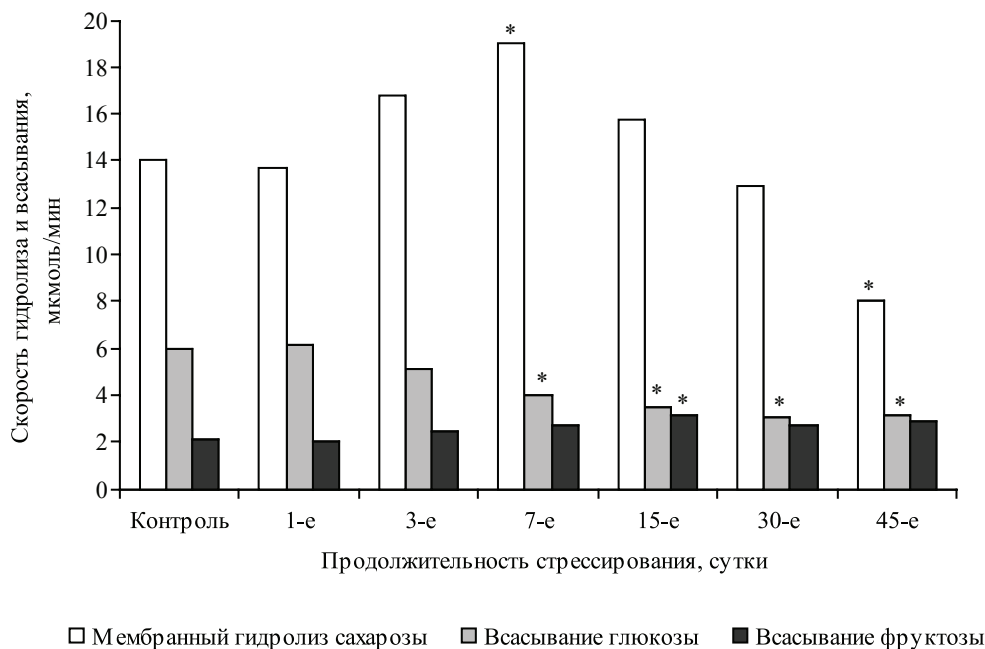


Рис. 2. Мембранный гидролиз сахарозы (25 мМ) и всасывание образующихся гексоз в тонкой кишке в условиях хронического стрессирования. \* Достоверные различия по сравнению с контролем ( $P < 0,05$ )



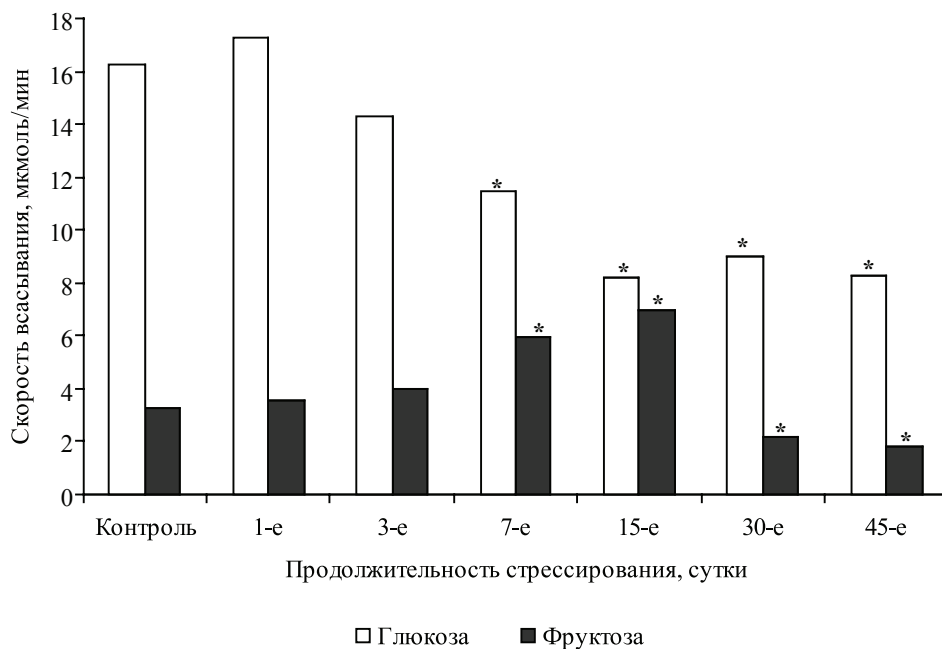


Рис. 4. Всасывание глюкозы (50 мМ) и фруктозы (50 мМ) в тонкой кишке в условиях хронического стрессирования. \* Достоверные различия по сравнению с контролем ( $P < 0,05$ )

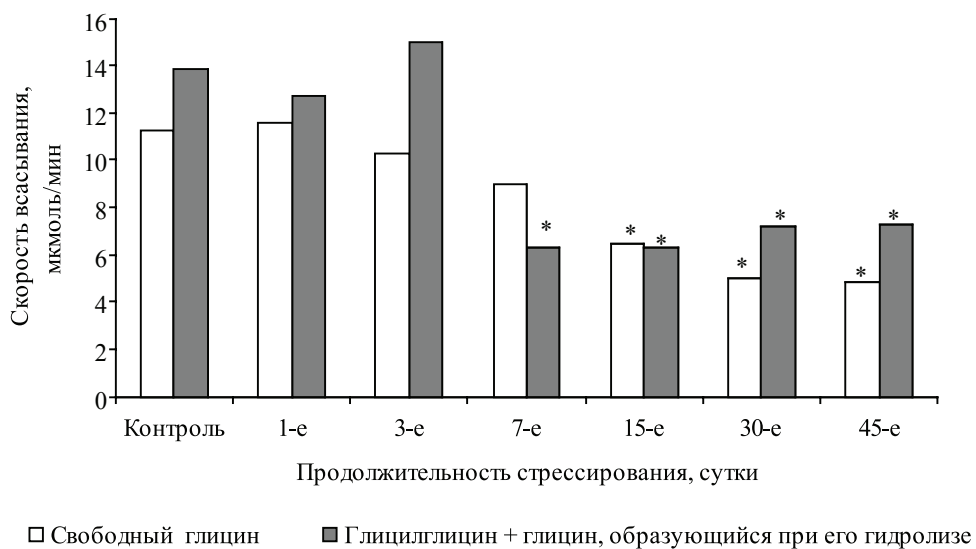


Рис. 5. Всасывание свободного глицина (50 мМ), глицилглицина (25 мМ) и глицина, образующегося при его гидролизе, в условиях хронического стрессирования.

\* Достоверные различия по сравнению с контролем ( $P < 0,05$ )

глицина и дипептидов. На начальном этапе хронического стрессирования всасывание глицилглицина снижается в большей степени, чем всасывание свободного глицина, в то время как на заключительном этапе (30–45-е сутки) в большей степени подавляется транспорт свободного глицина (более чем в 2 раза по сравнению с контролем) (рис. 5). Возможно, это связано с тем, что в условиях стрессирования больше образующегося при мембранном гидролизе глицина переносится в составе глицилглицина по парацеллюлярному пути.

Введение с перфузионным раствором блокатора  $\text{Na}^+$ -зависимого транспорта глюкозы (опосредованного переносчиком SGLT1) – флоридзина (2 мМ) продемонстрировало, что в обычных условиях флоридзин резко (более чем на 81%) ингибирует скорость всасывания глюкозы, а это свидетельствует о ее преимущественно активном транспорте в данных экспери-

ментальных условиях (рис. 6). При стрессировании (начиная с 7-х суток) скорость всасывания глюкозы под влиянием флоридзина снижается в гораздо меньшей степени, чем в обычных условиях, причем ингибиторный эффект флоридзина снижается параллельно с редукцией скорости всасывания. Так, на заключительном этапе стрессирования (45-е сутки) введение флоридзина ингибирует интенсивность транспорта глюкозы менее чем на 27% (рис. 6). Следовательно, нарушение всасывания глюкозы при стрессе в основном связано с подавлением активного  $\text{Na}^+$ -зависимого компонента транспорта, опосредованного переносчиком SGLT1. Это наглядно продемонстрировано на рис. 7, где на основании полученных результатов показан вклад различных систем транспорта глюкозы в результирующую скорость всасывания.

Применение блокатора  $\text{Na}^+$ -независимой облегченной диффузии глюкозы (опосредуемой переносчиком GLUT2) – флоре-

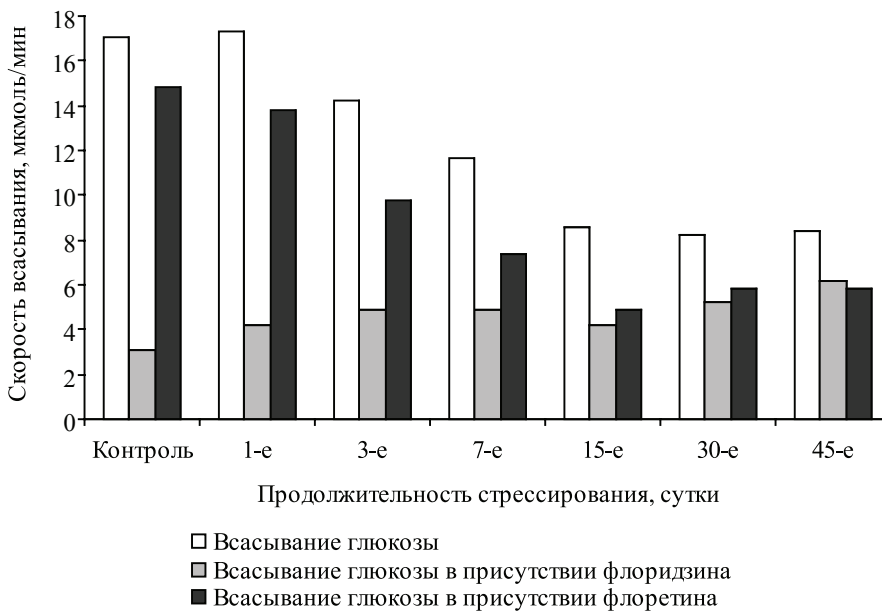


Рис. 6. Всасывание глюкозы (50 мМ) в тонкой кишке в условиях хронического стрессирования в присутствии флоридзина и флоретина ( $P < 0,05$ )



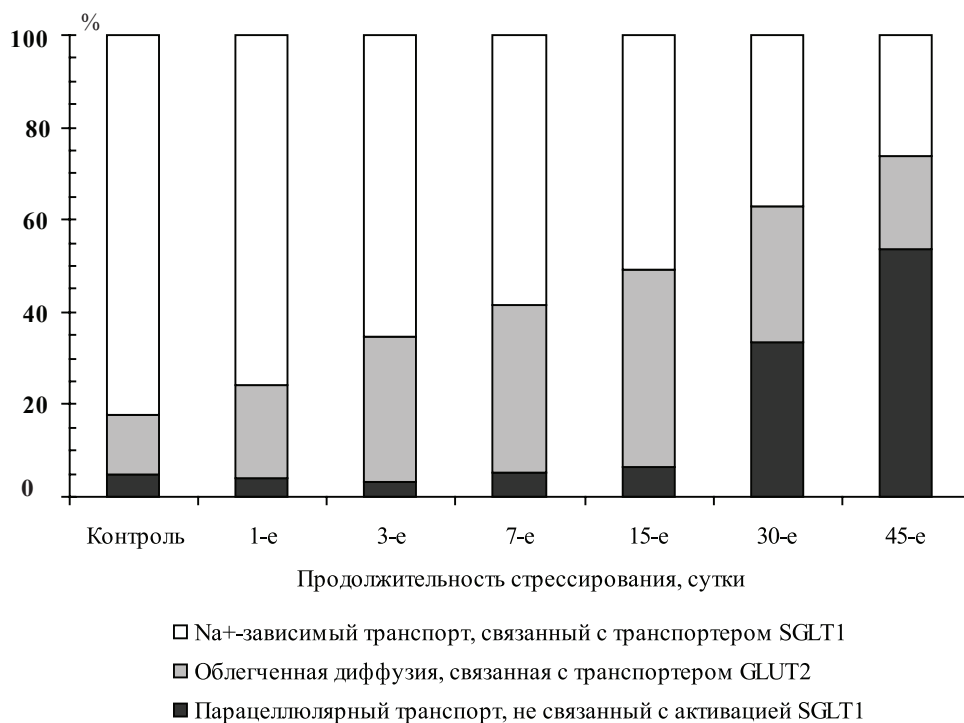


Рис. 7. Соотношение различных компонентов транспорта глюкозы в условиях хронического стрессирования

тина (2 мМ) свидетельствует об увеличении вклада этого компонента транспорта во всасывание глюкозы на начальной стадии стрессирования (7–15-е сутки) и последующем уменьшении на заключительном этапе стрессирования (30–45-е сутки) (рис. 6, 7).

В то же время полученные результаты показывают, что на заключительном этапе стрессирования резко возрастает вклад в результирующую всасывания глюкозы компонента транспорта, не связанного с SGLT1 и облегченной диффузией, – парацеллюлярного (рис. 7). Очевидно, за счет увеличения этого компонента транспорта всасывание глюкозы стабилизируется примерно на одинаковом уровне на 30–45-е сутки стрессирования.

При исследовании механизмов стрессовых нарушений пищеварительно-транспортных функций тонкой кишки обнару-

жено, что в условиях предварительного ежедневного введения блокатора  $\alpha$ -адренорецепторов – фентоламина скорость мембранного гидролиза мальтозы частично нормализуется на 7-е сутки стрессирования. Селективный блокатор дофаминовых ( $D_2$ ) рецепторов – сульпирид нормализует скорость гидролиза мальтозы на 3-и сутки стрессирования (табл.1). В отличие от этого блокатор  $\beta$ -адренорецепторов – пропранолол и блокатор  $Ca^{2+}$ -каналов базолатеральной мембраны энтероцита – верапамил не вызывают достоверных изменений мембранного гидролиза мальтозы в обычных условиях и при стрессе. Следует отметить, что при ведении пропранолола наблюдается тенденция к нормализации гидролиза мальтозы, ингибированного в условиях продолжительного стрессирования (30-е и 45-е сутки). Таким образом,

$\alpha$ -адренорецепторы и  $D_2$ -рецепторы участвуют в стимуляции мембранного гидролиза мальтозы на начальном этапе стрессирования. Блокада  $\alpha$ -адренорецепторов также обеспечивает нормализацию активности глицилглициндипептидазы, повышенной на 3-и сутки стрессирования, а блокада  $D_2$ -рецепторов лишь способствует появлению тенденции к ее нормализации. Фентоламин, пропранолол и сульпирид частично нормализуют всасывание свободной

глюкозы, ингибированное в условиях 7- и 15-суточного стрессирования, но не влияют на эффект 45-суточного стрессирования в отношении всасывания глюкозы. В отличие от этого блокатор  $Ca^{2+}$ -каналов – верапамил снижает скорость всасывания глюкозы в обычных условиях и частично нормализует всасывание свободной и образующейся в результате гидролиза глюкозы в условиях 15- и 45-суточного стрессирования (табл. 1).

Таблица 1

**Пищеварительно-транспортные процессы в тонкой кишке  
в условиях хронического стрессирования при введении блокаторов  
адренорецепторов, дофаминовых рецепторов и кальциевых каналов**

Субстрат / фермент	Продолжительность стрессирования, сутки	В отсутствие блокатора	Блокаторы			
			Фентоламин (1 мг/кг)	Пропранолол (2 мг/кг)	Сульпирид (4 мг/кг)	Верапамил (0,1мМ) / (1,2 мг/кг)
Мальтоза (гидролиз, мкмоль/мин)	0	16,85±0,55	17,30±0,53	18,15±0,50	17,82±0,79	15,02±0,71
	3	24,23±0,73	20,15±0,75	25,37±0,72	17,52±0,71*	20,35±0,99
	7	24,85±0,81	20,63±0,61*	23,10±1,03	21,48±1,32	22,75±1,02
	15	15,81±0,72	16,37±0,51	17,23±0,88	15,07±0,42	14,37±0,82
	45	10,22±0,37	9,38±0,23	12,14±0,47	9,98±0,27	10,80±0,53
Глюкоза, образующаяся из мальтозы (всасывание, мкмоль/мин)	0	12,92±0,42	13,06±0,53	12,35±0,38	14,57±0,65	9,28±0,32*
	3	11,57±0,34	11,98±0,47	12,33±0,67	12,03±0,53	10,34±0,29
	7	10,48±0,41	11,33±0,22	11,45±0,91	12,02±0,51	10,05±0,35
	15	8,46±0,53	10,46±0,35	9,34±0,34	9,66±0,37	11,24±0,43*
	45	5,88±0,47	8,53±0,29*	6,97±0,21	7,38±0,41	8,52±0,48*
Свободная глюкоза (всасывание, мкмоль/мин)	0	16,24±0,43	15,47±0,45	18,93±0,90	17,62±0,75	10,12±0,42*
	3	14,32±0,42	14,53±0,37	15,07±0,53	16,35±0,69	14,13±0,37
	7	11,47±0,27	13,33±0,21	14,93±0,31*	13,48±0,47*	13,92±0,39
	15	8,20±0,15	11,58±0,51*	12,05±0,25*	10,36±0,57	11,65±0,61*
	45	8,35±0,32	10,27±0,36	9,17±0,34	9,34±0,23	11,58±0,58*
Глицилглициндипептидаза (активность, мкмоль/мин <sup>-1</sup> /г)	0	22,8±5,2	20,3±4,3	27,5±5,5	19,3±11,6	17,6±9,3
	3	34,5±4,5	24,8±3,8*	33,8±4,8	31,4±0,8	35,6±5,8
	7	16,8±3,8	20,1±5,2	20,2±5,7	20,0±5,6	18,3±4,7
	15	12,8±2,7	13,8±5,0	10,5±0,8	14,2±7,3	10,5±3,8
	45	11,2±2,2	10,2±3,7	11,8±4,8	10,8±2,2	12,6±4,2
Глицилглицин и образующийся глицин (всасывание, мкмоль/мин)	0	13,87±0,45	15,16±1,14	13,65±0,78	12,53±0,73	10,58±0,48*
	3	14,98±0,83	15,46±0,78	12,57±0,54	14,83±0,55	14,82±1,08
	7	6,38±0,43	10,15±0,34*	9,17±0,28*	12,14±0,82*	7,46±0,53
	15	6,27±0,27	8,37±0,35	8,05±0,20	8,56±0,34*	8,48±0,48*
	45	7,28±0,42	8,08±0,28	7,56±0,44	7,48±0,52	8,18±0,48*
Свободный глицин (всасывание, мкмоль/мин)	0	11,28±0,27	12,07±0,38	12,53±0,50	11,03±0,33	9,07±0,18*
	3	14,87±0,29	12,05±0,53	12,14±0,51	12,54±0,47	12,54±0,48
	7	6,25±0,33	9,54±0,37*	10,11±0,73*	12,38±0,42*	8,45±0,37*
	15	6,17±0,30	7,35±0,58	6,54±0,32	6,30±0,54	8,60±0,29*
	45	4,83±0,18	7,18±0,28*	6,75±0,67	6,47±0,42	7,35±0,16*

\* Достоверные изменения под влиянием блокаторов (P&lt;0,05).

Блокада  $\alpha$ -,  $\beta$ -адрено- и  $D_2$ -рецепторов оказывает нормализующее влияние на процесс всасывания свободного глицина и глицилглицина на 7-е и в некоторых случаях на 15-е сутки стрессирования, что сходно с эффектами блокаторов в отношении всасывания глюкозы (табл. 1). Следует отметить, что фентоламин способствует частичной нормализации всасывания свободного глицина и на 45-е сутки стрессирования. Выраженный нормализующий эффект дает и введение с перфузионным раствором блокатора  $Ca^{2+}$ -каналов – верапамилла, который способствует частичной нормализации скорости всасывания свободного глицина и глицилглицина на заключительном этапе стрессирования.

При исследовании роли процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в стрессовых нарушениях всасывания глюкозы в тонкой кишке было установлено, что предварительное (в течение 7 суток) введение  $\alpha$ -токоферола не вызывает изменений скорости всасывания у животных контрольной группы. В то же время на 15, 30 и 45-е сутки стрессирования у животных, которым ежедневно вводили  $\alpha$ -токоферол, скорость всасывания глюкозы выше, чем у стрессированных животных без введения  $\alpha$ -токоферола (достоверно на 15-е и 30-е сутки) (табл. 2).

Следовательно, введение  $\alpha$ -токоферола приводит к частичной коррекции стрессовых нарушений всасывания глюкозы. Исходя из наших результатов и данных о

том, что продукты ПОЛ снижают скорость всасывания глюкозы [29] и нарушают другие функции тонкой кишки [30], а также из широко известного факта о резкой активизации ПОЛ в различных тканях организма, в том числе в эпителии кишечника, на фоне угнетения антиоксидантной защиты в условиях стрессирования [31, 32], можно сделать вывод об участии процессов перекисного окисления липидов в развитии нарушений всасывания глюкозы в тонкой кишке в условиях хронического стресса.

Таким образом, хроническое эмоциональное стрессирование приводит к фазным изменениям активности ферментов, участвующих в кишечном пищеварении углеводов и белков: на начальном этапе стрессирования (3-и или 3-и–7-е сутки) скорость мембранного пищеварения мальтозы и сахарозы в условиях *in vivo*, а также активность глицилглициндипептидазы в условиях *in vitro* повышается; на заключительном этапе (15–45-е или 30–45-е сутки) – существенно репрессируется. Следует отметить, что разнонаправленные изменения интенсивности гидролиза пищевых веществ и всасывания продуктов этого гидролиза, которые имеют место на начальном этапе хронического стрессирования, свидетельствуют не только об уменьшении поступления питательных веществ во внутреннюю среду организма при увеличении затрат на их ассимиляцию, но и об увеличении выхода неупи-

Таблица 2

**Влияние  $\alpha$ -токоферола на скорость всасывания глюкозы (мкмоль/мин) в тонкой кишке в условиях хронического стрессирования**

Воздействие	Продолжительность стрессирования, сутки						
	0	1	3	7	15	30	45
Стресс	16,24± 0,43	17,22± 0,54	14,32± 0,42	11,47± 0,27	8,20± 0,15	8,96± 0,45	8,35± 0,39
Стресс+ $\alpha$ -токоферол (10 мг/кг)	16,05± 0,52	16,36± 0,71	14,73± 0,38	12,45± 0,37	11,53± 0,44*	11,48± 0,38*	10,08± 0,52

\* Достоверные различия скорости всасывания под влиянием  $\alpha$ -токоферола.

лизированного продукта в нижележащие отделы кишечника, что является одним из факторов, способствующих нарушению состава кишечного бактериоценоза.

В условиях хронического эмоционального стрессирования развиваются стойкие нарушения всасывания аминокислот, пептидов и моносахаридов: всасывание свободных и образующихся при гидролизе глюкозы, глицина, а также глицилглицина поступательно снижается, что в конечном итоге приводит к редуции поступления этих пищевых веществ во внутреннюю среду организма в 2 раза и более; всасывание фруктозы на начальном этапе (7–15-е сутки) стимулируется, а на заключительном (30–45-е сутки) подавляется. Нарушение всасывания глюкозы в условиях хронического стрессирования обусловлено резким подавлением активного компонента транспорта, опосредованного SGLT1, а также – на заключительном этапе – редуцией пассивного компонента транспорта, опосредованного переносчиком GLUT2, и одновременно стимуляцией парацеллюлярного транспорта, что частично компенсирует снижение всасывания по  $\text{Na}^+$ -зависимому механизму и механизму облегченной диффузии.

Современные представления о регуляции транспорта глюкозы в тонкой кишке предполагают наличие на уровне кишечной клетки четырех параметров, изменения которых могут повлечь за собой сдвиги интенсивности абсорбции. Это число  $\text{Na}^+$ -зависимых и  $\text{Na}^+$ -независимых транспортеров глюкозы, локализованных на мембране щеточной каймы; активность  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФазы базолатеральной мембраны, обеспечивающей энергией транспортный процесс; активность  $\text{Na}^+$ -независимых транспортеров и, наконец, парацеллюлярный транспорт, регулируемый проницаемостью плотных контактов [33]. Исходя из современных данных о хорошей корреляции физиологических

показателей активного транспорта глюкозы и молекулярного анализа содержания SGLT1 в мембране щеточной каймы [34], можно предположить, что сдвиги в скорости всасывания глюкозы при хроническом стрессе обусловлены, в частности, редуцией числа  $\text{Na}^+$ -зависимых транспортеров на апикальной мембране кишечной клетки. Показано, что изменения количества SGLT1 в мембране щеточной каймы могут происходить в связи с изменением внутриклеточного уровня цАМФ и протеинкиназ за счет модификации процессов фосфорилирования–дефосфорилирования [35], либо посредством регуляции эндо- и экзоцитоза [36]. Наряду с этим установлено, что активация протеинкиназ А в кишечных клетках крыс приводит к увеличению числа SGLT1 в мембране щеточной каймы, а активация протеинкиназ С, напротив, значительно редуцирует количество  $\text{Na}^+$ -зависимых транспортеров в апикальной мембране [36]. В то же время хорошо показано понижение фосфорилирования одних протеинкиназ (протеинкиназ А) и индукция фосфорилирования других (стресс-киназ) в условиях стресса, в том числе иммобилизационного [37].

Исходя из современных представлений, основную роль во всасывании фруктозы в тонкой кишке играет транспортер GLUT5, в большом количестве присутствующий в апикальной мембране кишечной клетки [38, 39]. Возможно, на начальном этапе стрессирования активность этого переносчика, как и GLUT2, в отличие от SGLT1, повышается. Регуляция активности переносчиков GLUT2 и GLUT5, работающих по механизму облегченной диффузии, не зависит от ряда факторов, оказывающих самое непосредственное влияние на SGLT1, и в частности от уровня  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -АТФазы.

Согласно полученным нами результатам на заключительном этапе стрессирования наряду с угнетением систем

транспорта глюкозы, опосредованных транспортерами SGLT1 и GLUT2, наблюдается существенная стимуляция парацеллюлярного переноса этого моносахарида. Имеются данные о том, что при изменении функционального состояния системы, в частности при стрессе и определенной патологии, парацеллюлярный перенос нутриентов может значительно активизироваться [40]. Показано также, что состояние плотных контактов между кишечными клетками зависит не только от сопряженного с ионами  $\text{Na}^+$  транспорта глюкозы, но и от ряда других факторов, подверженных существенным флуктуациям при стрессе. Так, в частности, повышение концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и активности протеинкиназ С в кишечной клетке способствуют увеличению проницаемости плотных контактов между энтероцитами [41]. Следовательно, парацеллюлярный транспорт может играть важную роль в модификации всасывания моносахаридов в тонкой кишке при хроническом стрессе.

Полученные результаты свидетельствуют об участии  $\alpha$ -адренорецепторов и дофаминовых ( $\text{D}_2$ ) рецепторов в стимуляции активности пищеварительных ферментов на начальном этапе стрессирования. Через посредство этих рецепторов, а также  $\beta$ -адренорецепторов реализуется ингибиторный эффект хронического стресса в отношении всасывания активно транспортируемых моносахаридов, аминокислот и пептидов. Важную роль в развитии нарушений всасывания пищевых веществ при хроническом стрессе играют стрессовые модификации  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимых процессов, а также интенсификация процессов перекисного окисления липидов в кишечной клетке.

Полученные данные об избирательной модификации деятельности различных систем всасывания пищевых веществ, о неоднозначных ответных реакциях со стороны абсорбции активно и пассивно

транспортируемых субстратов, а также со стороны пищеварительных и транспортных систем, об эффектах блокаторов адрено- и дофаминовых рецепторов,  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимых каналов и  $\alpha$ -токоферола в условиях хронического стресса открывают новые перспективы для разработки методов целенаправленной профилактики и коррекции стрессовых нарушений пищеварительных и транспортных функций тонкой кишки и кишечной эндоэкологии с помощью как фармакологических, так и диетических средств.

### Цитированная литература

1. **Фурдуй Ф.И.** Проблемы стресса и преждевременной биологической деградации человека. Санокреатология. Их настоящее и будущее // Современные проблемы физиологии и санокреатологии. – Кишинев, 2005. – С. 16–36.
2. **Дегтярева И.И.** Клиническая гастроэнтерология. Руководство для врачей. – М.: МИА, 2004. – 613 с.
3. **Смирнов К.В.** Пищеварение и гипокинезия. – М.: Медицина, 1990. – 224 с.
4. **Филимонов Р.М.** Гастродуоденальная патология и проблемы восстановительного лечения. – М.: МИА, 2005. – 391 с.
5. **Гуска Н.И., Разлован Т.А., Шептицкий В.А.** Особенности мембранного и внутриклеточного гидролиза и транспорта в тонкой кишке при иммобилизации // Физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 1992. – Т. 72, № 8. – С. 117–123.
6. **Рахимов К.Р., Демидова А.И., Махмудов А.А.** Возрастные особенности изменения активности ферментов, реализующих полостной и мембранный гидролиз углеводов при стрессе // Физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 1996. – Т. 82, № 3. – С. 89–94.
7. **Уголев А.М., Зарипов Б.З., Иезуитова Н.Н. и др.** На пути к исследованию мембранного гидролиза и транспорта при физио-



логических условиях // Мембранный гидролиз и транспорт. Новые данные и гипотезы. – Л.: Наука, 1986. – С. 139–166.

8. **Шептицкий В.А.** Роль катехоламинов в перестройках мембранного гидролиза и всасывания углеводов в тонкой кишке при кратковременном стрессе и пути реализации их эффектов // Известия АНМ. – 2003. – № 2 (291). – С. 54–69.

9. **Шептицкий В.А.** Мембранное пищеварение и всасывание углеводов в тонкой кишке при стрессе // Бюллетень ассоциации традиционной медицины. – 2004. – № 8. – С. 22–30.

10. **Шептицкий В.А., Гуска Н.И.** Ca<sup>2+</sup>-зависимая регуляция всасывания глюкозы при антиортостатическом стрессе // Физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 1996. – Т. 82, № 3. – С. 125–130.

11. **Boudry G., Cheeseman C.I., Perdue M.H.** Psychological stress impairs Na<sup>+</sup>-dependent glucose absorption in the rat jejunal brush-border membrane // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. – 2007. – Vol. 292, № 2. – P. 850–861.

12. **Helliwell P.A., Kellett G.L.** The active and passive components of glucose absorption in rat jejunum under low and high perfusion stress // J. Physiol. – 2002. – Vol. 544, № 2. – P. 579–589.

13. **Kellett G.L., Brot-Laroche E., Mace O.J., Leturque A.** Sugar absorption in the intestine: the role of GLUT2 // Annu. Rev. Nutr. – 2008. – № 28. – P. 35–54.

14. **Saunders P.R., Kosecka U., McKay D.M. et al.** Stress effects on intestinal epithelial physiology // Clin. and Invest. Med. – 1993. – Vol. 16, № 4 (suppl.). – P. 48.

15. **Shepherd E.J., Helliwell P.A., Mace E.L. et al.** Stress and glucocorticoid inhibit apical GLUT2-traffic and intestinal glucose absorption in rat small intestine // J. Physiol. – 2004. – Vol. 560, № 1. – P. 281–290.

16. **Trahair J.F., Sangild P.T.** Systemic and luminal influences on the perinatal development of the gut // Equine Vet. J. Suppl. – 1997. – Vol. 24. – P. 40–50.

17. **Шептицкий В.А., Гуска Н.И., Былич Л.Г.** Особенности интестинальной абсорбции глюкозы и фруктозы при кратковременном стрессе // Парентеральное и энтеральное питание: Тезисы IV Международного конгресса. – М., 2002. – С. 58.

18. **Sheptitskii V., Namolovan L.** Stress-induced rapid changes of glucose and fructose intestinal absorption in rats. XIV United European Gastroenterology Week. – Vienna (Austria), 2008. – P. 585.

19. **Фурдуй Ф.И.** Санокреатология – новая отрасль биомедицины, призванная приостановить биологическую деградацию человека // Стресс, адаптация, функциональные нарушения и санокреатология. – Кишинев, 1999. – С. 36–43.

20. **Kellett G.L.** Stress and intestinal sugar absorption // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. – 2007. – Vol. 292, № 2. – P. 862–867.

21. **Шептицкий В.А.** Роль катехоламинов в перестройках мембранного гидролиза и всасывания углеводов в тонкой кишке при кратковременном стрессе и пути реализации их эффектов // Известия АНМ. Серия биол. и хим. наук. – 2003. – № 2. – С. 54–69.

22. **Goda T.** Regulation of the expression of carbohydrate digestion/absorption-related genes // Br. J. Nutr. – 2000. – Vol. 84, suppl. 2. – P. S245–248.

23. **Уголев А.М., Зарипов Б.З., Иезуитова Н.Н. и др.** Особенности мембранного гидролиза и транспорта в тонкой кишке в условиях, близких к физиологическим (ревизия существующих данных и представлений) // Биол. мембраны. – 1984. – Т.1, № 10. – С. 997–1018.

24. **Громова Л.В., Егорова В.В., Иезуитова Н.Н. и др.** Исследование ферментативной и транспортной систем тонкой кишки крыс после кратковременных субстратных нагрузок // Физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 1996. – Т. 82, № 3. – С. 19–26.

25. **Тимофеева Н.М., Гордова Л.А., Егорова В.В. и др.** Мембранная и растворимая формы кишечных ферментов в онтогенезе //

- Рос. журн. гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии. – 1999. – Т. 6, № 4. – С. 69.
26. **Уголев А.М., Пезуитова Н.Н.** Исследование пищеварительного аппарата у человека (обзор современных методов). – Л.: Наука, 1969. – С. 192–194.
27. **Fischer J., Chromy V., Voznicek J.** // *Biochem. clin. bohemoslov.* – 1981. – Vol.10, № 41.
28. **Scott T.A., Melvin E.H.** The determination of hexoses with antrone // *Analyt. Chem.* – 1953. – Vol. 25. – P. 1656–1658.
29. **Welsch K., Lachance P., Wasserman B.** Dietary phenolic compounds: inhibition of Na<sup>+</sup>-dependent D-glucose uptake in rat intestinal brush-border membrane vesicles // *J. Nutr.* – 1989. – Vol. 119, № 11. – P. 1689–1704.
30. **Lindley K., Muller D., Milla P.** Vitamin E deficiency, lipidperoxydation and rat small intestinal functions in vitro // *J. Physiol.* – 1992. – Vol. 452. – P. 331.
31. **Толстухина Т.И., Ракицкая В.В., Флеров М.А.** Перекисное окисление липидов в гиппокампе крыс после введения кортизона в условиях стресса // *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова.* – 1999. – Т. 85, № 3. – С. 436–441.
32. **Якубовский М.М., Пентюк А.А., Хмельницкий О.К. и др.** Активность процессов перекисного окисления липидов в слизистой оболочке тонкой кишки крыс и ее морфофункциональное состояние в условиях острого облучения и введения комбинированных препаратов, созданных на основе высокодисперсного кремнезема // *Радиац. биол. Радиоэкол.* – 1997. – Т. 37, № 3. – С. 366–371.
33. **Turner J.R.** Show me the pathway! Regulation of paracellular permeability by Na<sup>+</sup>-glucose cotransport // *Adv Drug Deliv Rev.* – 2000. – Vol. 41, № 3. – P. 265–281.
34. **Sanchez-Aguayo I., Torreblanca J., de La Hermosa M.L. et al.** Ultra structural and functional changes in the jejunal epithelium of spontaneously hypertensive rats // *Life. Sci.* – 2001. – Vol. 68, № 18. – P. 2105–2113.
35. **Scholtka B., Stumpel F., Jungermann K.** Acute increase, stimulated by prostaglandin E<sub>2</sub>, in glucose absorption via the sodium dependent glucose transporter-1 in rat intestine // *Gut.* – 1999. – Vol. 44, № 4. – P. 490–496.
36. **Wright E.M., Hirsch J.R., Loo D.D., Zampighi G.A.** Regulation of Na<sup>+</sup>-glucose cotransporters // *Journal of Experimental Biology.* – 1997. – Vol. 200, № 2. – P. 287–293.
37. **Hatanaka K., Ikegaya H., Takase I. et al.** Immobilization stress induced apoptosis in rats // *Life Sci.* – 2001. – Vol. 69, № 2. – P. 155–165.
38. **Douard V., Cui X.L., Soteropoulos P., Ferraris R.P.** Dexamethasone sensitizes the intestine to fructose induction of intestinal fructose transporter function // *Endocrinology.* – 2008. – Vol. 149, № 1. – P. 409–423.
39. **Jiang L., Ferraris R.P.** Developmental reprogram-ming of rat GLUT5 requires de novo mRNA and protein synthesis // *Amer. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* – 2001. – Vol. 280, № 1. – P. G113–120.
40. **Perez M., Berjo'n A., Barber A. et al.** Hypertonic solutions, cytoskeletal inhibitors and intracellular mediators affect intestinal paracellular permeability in vitro // *J. Physiol. Proc.* – 1996. – № 4. – P. 103.
41. **Ballard S.T., Hunter J.H., Taylor A.E.** Regulation of tight-junction permeability during nutrient absorption across the intestinal epithelium // *Annu. Rev. Nutr.* – 1995. – Vol. 15. – P. 35–55.
-

УДК 574.42 + 911.52(478.9)

И.П. Капитальчук, канд. геогр. наук

## АНАЛИЗ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ДНЕСТРОВСКО-ПРУТСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИСТРУКТУРНОЙ КОНЦЕПЦИИ

*Обосновывается концептуальная геоэкологическая модель природного комплекса для изучения полиструктурности ландшафтной организации геопространства субрегионального масштаба. Обсуждается роль гидротермических и геолого-геоморфологических факторов в формировании ландшафтной структуры территории Днестровско-Прутского междуречья. Приведены результаты количественной оценки взаимосвязей между компонентами геосистем.*

### Введение

Около трех десятилетий назад, анализируя развитие физико-географической науки, В. Н. Солнцева [1] выделил в современной географии четыре основные парадигмы: геокомпонентную, геокомплексную, экологическую и геоструктурную (геосистемную). Главное содержание геоструктурной парадигмы состоит в стремлении к преодолению присущей другим парадигмам неполноты отражения реальной сложности ландшафтной организации. Тематическим ядром геосистемной физико-географической парадигмы, по мнению В.Н. Солнцева [1], является разработка проблем полиструктурности ландшафтной организации.

Представления о пространственной полиструктурности возникают в рамках геокомплексной парадигмы [2, 3 и др.]. Дальнейшее развитие идеи полиструктурности географического пространства получили в работах В.Н. Солнцева [1], К.Г. Рамана [4], В.Б. Сочавы [5], Г. Хаазе [6], Ю.Г. Пузаченко [7], В.С. Преображенского [8] и др. Становление идеи полиструктурности географического пространства можно определить как «развитие феноменологических представлений о многоуровневых способах интеграции одних и тех же геокомпонентов в природные комплексы разного ранга и об иерархическом

устройстве географической оболочки как необходимом условии ее устойчивости» [9, с. 9]. Наряду с пространственной полиструктурностью существуют представления о временной полиструктурности геосистем, которая выражается в совокупности процессов регулирования разной длительности [1]. Следует также отметить, что с точки зрения полиструктурных представлений пространственные и временные структуры природных и социально-экономических геосистем отличаются друг от друга, но образованы они из одних и тех же компонентов [1]. В связи с этим геоструктурный подход является эффективным при анализе взаимоотношений ландшафтных и социально-экономических систем.

Своеобразным прорывом на пути превращения идеи полиструктурности в обоснованную концепцию, на наш взгляд, явилась монография Э.Г. Коломыца [9], в которой автор на примере конкретного регионального анализа эмпирически устанавливает реальные формы проявления полиструктурности ландшафтов.

Методологической основой этого исследования является концептуальная кибернетическая модель природного комплекса, реализованная на региональном уровне организации географической оболочки [9].

Настоящая работа представляет собой попытку реализовать предложенную Э.Г. Коломыцем концептуальную кибернетическую модель природного комплекса для территории субрегионального масштаба на примере природно-территориальной организации геопространства Днестровско-Прутского междуречья.

### **Концепция, структура и параметры модели**

В основу разработанной нами модели [10, 11] положена концептуальная модель ландшафта, реализованная Э.Г. Коломыцем [9] для Русской равнины. Эта модель исходит из представлений о фоновых и пространственно дифференцированных одних и тех же геокомпонентах – в зависимости от иерархического уровня рассматриваемой геоэкосистемы и от соответствующего территориального механизма проявления свойств того или иного компонента. Фон характеризует общий веществоно-энергетический уровень природно-территориальной организации, отражая непрерывное распределение признака без резко выраженных скачков. Второй элемент системы структурных уровней геоэкосистемной организации территории – каркас – проявляется при достижении критического территориального масштаба свойств геокомпонента, когда его фоновое значение становится пространственно дифференцированным. Каркас определяет соответствующую масштабу данной геоэкосистемы относительно замкнутую сеть переноса вещества и энергии, а также узловые точки линий переломов геопотоков. Система геополей и потоков, работающая в граничных условиях фона и данного каркаса, образует процессор – обменно-транзитную часть геоэкосистемы. Геопотоки, в свою очередь, формируют узор – овеященное отображение процессов прошлых

и настоящих, приведших геоэкосистему в определенное состояние в пределах данного каркаса [9].

В характере природной организации любой территории проявляются континуальные и дискретные свойства. Общеизвестно, что закономерное изменение с севера на юг фоновых значений гидротермических факторов проявляется в формировании широтной зональности почв, растительности и других компонентов ландшафтов. Однако для определенных территорий субрегионального уровня, сравнимых с размерами Днестровско-Прутского междуречья Молдавии, в результате взаимодействия с геолого-геоморфологическим каркасом территории непрерывное распределение параметров гидротермического фона может нарушаться. Эти параметры становятся пространственно дифференцированными, образуя местный климат в пределах определенного мезорельефа и микроклимат на отдельных элементах мезоформы рельефа. Обособление экологических условий приводит к формированию на локальных уровнях различных растительных сообществ, зооценозов, типов и подтипов почв, увеличивая биоразнообразие и усложняя природно-территориальную организацию геоэкосистем.

В качестве структурных единиц территории субрегионального масштаба могут рассматриваться природные комплексы ранга ландшафтных районов, местностей, урочищ. Предполагается, что именно этим рангам присуща наибольшая теснота межкомпонентных связей [12]. Мезо- и микроклиматические условия, созданные рельефом и геологическим субстратом, определяют почвенно-эдафические условия, т. е. экологические ниши топологического уровня, которые могут быть количественно охарактеризованы гидротермическими параметрами [9]. Система местных экотопов находит свое выражение в структуре

коренных растительных ассоциаций, являющихся совместно с сопутствующими почвами индикаторами типов геоэкосистем топологических структурных уровней.

Переход от регионального к субрегиональному и локальному уровню анализа ландшафтной организации определяет также специфику подбора параметров состояния геопространства соответствующего масштаба. При этом параметры каркаса и ландшафтного узора субрегионального геопространства могут быть более детальными по сравнению со своими региональными аналогами. И наоборот, вследствие уменьшения зональной компоненты в природно-территориальной дифференциации субрегионального геопространства можно отказаться, на наш взгляд, от ряда фоновых параметров.

С учетом изложенных соображений предлагается следующая система исходных параметров модели субрегионального природного комплекса:

1. Виды геоэкосистем.
2. Группы видов геоэкосистем.
3. Коренные растительные ассоциации.
4. Соотношение площадей почвообразующих пород ( $P_s i$ ).
5. Соотношение площадей типов (подтипов) почв ( $P_i$ ).
6. Годовая суммарная радиация ( $F$ ).
7. Годовой радиационный баланс ( $R$ ).
8. Среднегодовая температура ( $T_g$ ).
9. Средняя температура января ( $T_j$ ).
10. Средняя температура июля ( $T_{ii}$ ).
11. Сумма биологически активных температур,  $\sum t \geq 10^\circ$ .
12. Продолжительность периода с температурой  $t \geq 10^\circ$  ( $P_t$ ).
13. Среднегодовое количество осадков ( $Q_g$ ).
14. Сумма осадков холодного периода ( $Q_x$ ).
15. Сумма осадков за период с температурой  $t \geq 10^\circ$  ( $Q_t$ ).

16. Коэффициент увлажнения Высоцкого–Иванова ( $K_w$ ).

17. Средний годовой сток.

18. Весенний сток.

19. Ливневый сток.

20. Максимальная абсолютная высота территории ( $K_1$ ).

21. Минимальная абсолютная высота территории ( $K_2$ ).

22. Средняя приподнятость территории ( $K_3$ ).

23. Средняя протяженность склонов.

24. Соотношение площадей со склонами различной крутизны.

25. Густота расчленения рельефа.

26. Глубина расчленения рельефа.

27. Пораженность территории оврагами.

28. Глубина залегания карбонатов в почве.

29. Химический состав грунтовых вод.

30. Почвенно-геохимические комплексы.

31. Бонитет почв по свойствам и урожайности.

32. Параметры антропогенной нагрузки.

Представленный перечень параметров модели можно рассматривать как стартовый. Количество и вид параметров модели могут изменяться в зависимости от содержания решаемой конкретной задачи и масштаба изучаемой геоэкосистемы.

Согласно концепции Э.Г. Коломыца [9] параметры состояния рассматриваемого нами субрегионального геопространства были распределены в блоки – гидроклиматический, геолого-геоморфологический, биотический и геоэкосистемный. Эти блоки, в свою очередь, образуют элементы системы структурных уровней «фон–каркас–узор», соответствующие функциональным блокам кибернетической модели «условие–процесс–структура».



Разделение параметров по блокам фона, каркаса и процессора в некоторых случаях является условным. Отнесение параметра к тому или иному блоку модели зависит, во-первых, от понимания модельером роли параметра и его места в процессе формирования «узора». Во-вторых, соотношение параметров с различными блоками модели во многих случаях зависит от масштаба рассматриваемой геоэкологической структуры. В связи с этим потребовалась привязка (адаптация) параметров моделей к рассматриваемому масштабу геоэкоосистем.

### Адаптация модели к масштабу субрегионального геопространства

На территории Днестровско-Прутского междуречья в результате интенсивного хозяйственного освоения земель коренная растительность сохранилась лишь в виде отдельных фрагментов. Поэтому основным индикатором для определения природного геоэкоосистемного узора

этого пространства остается структура почвенного покрова. Почвенно-экологическое районирование доведено здесь до уровня микрорайонов, для которых не только имеется подробное описание структуры почвенного покрова, но и получены количественные характеристики рельефа, климатических факторов, соотношения площадей почвообразующих пород и основных видов сельскохозяйственных угодий. Наиболее системно эти данные представлены в монографиях А.Ф. Урсу [13, 14], которые стали основным источником исходной информации. Для получения недостающих сведений использовались дополнительные источники [15–17 и др.].

Следующей, после определения количественных характеристик состояния изучаемого геопространства, решалась задача о разделении исходных параметров по блокам геоэкологической модели (табл. 1). Отправной точкой решения этой задачи является определение параметров фона, отражающих непрерывное распределение признака без резко выраженных

Таблица 1

Распределение параметров состояния субрегионального геопространства по блокам геоэкологической модели

Геокомпонентные блоки	Блоки кибернетической модели природного комплекса		
	Фон и каркас («вход»)	Процессор (внутренние геопотоки)	Геоэкоосистемный узор («выход»)
Обменно-транзитный (гидроклиматический)	Годовая суммарная радиация (6)	Годовой радиационный баланс (7); средняя температура января (9), июля (10); сумма активных температур (11); период активных температур (12); сумма осадков (13–15); коэффициент увлажнения (16); параметры стока (17–19)	Пораженность территории оврагами (27); глубина залегания карбонатов в почве (28); химический состав грунтовых вод (29); почвенно-геохимические комплексы (30)
Консервативный (геолого-геоморфологический)	Почвообразующие породы (4); параметры рельефа (20–26)		
Биотический		Продуктивность геоэкоосистем (31)	Растительность (3); типы (подтипы) почв (5)
Комплексный (геоэкоосистемный)			Виды и группы геоэкоосистем (1, 2); параметры антропогенной нагрузки (32)

скачков. Анализ тематических карт [15] пространственного распределения гидроклиматических факторов показал, что для территории Молдавии, протяженность которой с севера на юг составляет всего 350 км, они становятся пространственно дифференцированными. По нашим оценкам [18, 19], в качестве фонового параметра для рассматриваемого геопространства наиболее приемлемым является только один фактор – годовая суммарная радиация. Во-первых, этот параметр характеризуется непрерывным распределением по территории без резко выраженных скачков, за исключением района Кодр [15, с. 38]. Во-вторых, годовая суммарная радиация – первичный фактор, который в суперпозиции с каркасом территории определяет величину пространственно дифференцированных по территории температурных факторов и условий влагообеспеченности.

Действительно, как следует из рис. 1, для равнинных районов Днестровско-Прутского междуречья происходит постепенное увеличение годовой суммарной радиации в направлении с севера на юг.

На этих равнинных территориях в направлении с севера на юг в связи с изменением экологических условий наблюдается закономерная смена лесостепных ландшафтов степными, а в пределах степных ландшафтов – переход от богаторазнотравных к бедноразнотравным растительным ассоциациям [13, 15, 17]. То есть в данном случае налицо проявление зональной закономерности смены растительных сообществ и сопутствующих им типов и подтипов почв. Вместе с тем территория Днестровско-Прутского междуречья в целом имеет уклон к югу. Поэтому возникает закономерный вопрос о соотношении зональной и азональной компонент в ландшафтной организации геопространства Молдавии.

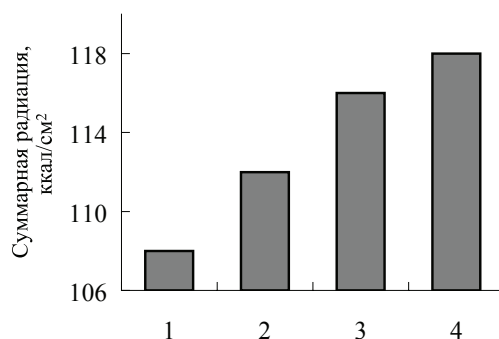


Рис. 1. Средние значения годовой суммарной радиации для равнинных районов Молдавии: 1 – Северо-Молдавское плато; 2 – Бельцкая равнина; 3 – Южномолдавская равнина; 4 – Южнобессарабская равнина

Чтобы исключить влияние геолого-геоморфологического каркаса на проводимые оценки, мы провели анализ гидротермических факторов для микрорайонов со средней приподнятостью территории 100–150 м, находящихся в различных фоновых условиях [18, 19] (табл. 2).

Оказалось, что средние значения гидротермических параметров для данного интервала высот в разных фоновых условиях солнечной радиации различаются незначительно. Коэффициенты вариации для этих выборок не превышают 3%. Проведенные статистические расчеты также подтвердили, что на уровне значимости  $p = 0,01$  расхождения между средними значениями гидротермических параметров являются случайными, т. е. статистически недостоверными [18, 19].

Отсюда следует вывод о том, что в узком интервале значений фоновых параметров пространственная дифференциация ландшафтообразующих условий Днестровско-Прутского междуречья главным образом должна определяться параметрами геолого-геоморфологического каркаса. Впрочем, наши расчеты подтверждают давно известную особенность формирования природных условий рассматрива-

Статистические характеристики гидротермических факторов территорий со средней приподнятостью 100–150 м для различных фоновых значений годовой суммарной радиации ( $F$ , ккал/см<sup>2</sup>)

Статистические характеристики	Гидротермические факторы					
	T <sub>г</sub> , град.	Q <sub>г</sub> , мм	Q <sub>t</sub> , мм	$\sum t \geq 10^\circ$ , град.	P <sub>t</sub> , дни	K <sub>w</sub>
<b>F ≤ 112</b>						
Объем выборки	6	6	6	6	6	6
Среднее значение	8,92	466,0	357,5	3072,5	177,0	0,580
Стандарт. отклон.	0,13	7,4	6,6	30,3	1,1	0,023
<b>112 &lt; F ≤ 114</b>						
Объем выборки	11	11	11	11	11	11
Среднее значение	8,78	474,8	365,1	3036,8	175,7	0,589
Стандарт. отклон.	0,09	5,5	5,0	23,9	0,8	0,011
<b>114 &lt; F ≤ 116</b>						
Объем выборки	5	5	5	5	5	5
Среднее значение	8,88	468,6	359,6	3064,0	176,4	0,578
Стандарт. отклон.	0,13	6,5	5,5	24,1	0,9	0,015
<b>F &gt; 116</b>						
Объем выборки	10	10	10	10	10	10
Среднее значение	8,86	469,9	369,7	3057,5	176,3	0,580
Стандарт. отклон.	0,17	9,7	8,6	40,3	1,3	0,019
<b>Общая выборка</b>						
Объем выборки	32	32	32	32	32	32
Среднее значение	8,84	470,9	361,7	3053,2	176,2	0,583
Стандарт. отклон.	0,14	8,1	7,2	33,5	1,1	0,017
Коеф. вариации, %	1,6	1,7	2,0	1,1	0,6	2,9

емого геопространства. Как справедливо отмечает А.Ф. Урсу [13], для территории Молдавии геоморфологические уровни являются рубежами смены или высотной дифференциации многих ландшафтных компонентов.

### Оценка влияния высотных характеристик рельефа на формирование почвенного узора Днестровско-Прутского междуречья

В качестве параметров геоморфологического каркаса рассматриваются три показателя рельефа почвенных микрорайонов: **K1** – максимальная абсолютная высота; **K2** – минимальная абсолютная

высота; **K3** – средняя приподнятость территории. Узор почвенного покрова представлен соотношением площадей ( $P_i$ , %) различных типов почв для соответствующих микрорайонов.

По данным описания почвенных микрорайонов [13, 14] нами рассчитаны статистические характеристики для параметров геоморфологического каркаса рассматриваемых структурных единиц, а также для относительной площади ареалов распространения соответствующих типов почв ( $P_i$ , %) (табл. 3).

Из анализа этих данных следует, что один и тот же тип почв может встречаться в районах, у которых параметры геоморфологического каркаса существенно различаются. Однако для средних значений высотных характеристик рельефа наблюдается тенденция к уменьшению

**Статистические характеристики параметров геоморфологического каркаса почвенных микрорайонов, содержащих различные типы и подтипы почв**

Статистические характеристики	Параметры каркаса, м			Площадь ареала $P_i$ , %
	K1	K2	K3	
1 – бурые лесные почвы (n = 1)				
Среднее значение	430	80	239	28,7
2 – серые лесные почвы (n = 37)				
Диапазон изменения	239,0–430,0	12,0–230,0	130,0–278,0	0,5–99,2
Среднее значение	303,3±41,2	124,1±43,7	210,8±33,5	43,9±29,2
Коеф. вариации	0,14	0,35	0,16	0,66
3 – черноземы оподзоленные (n = 41)				
Диапазон изменения	145,0–400,0	12,0–230,0	73,0–278,0	0,2–71,9
Среднее значение	293,3±51,1	106,6±44,3	196,9±41,1	10,6±16,9
Коеф. вариации	0,17	0,42	0,21	1,59
4 – черноземы выщелоченные (n = 60)				
Диапазон изменения	145,0–430,0	12,0–230,0	73,0–278,0	0,2–47,8
Среднее значение	267,5±59,5	83,5±45,8	172,3±46,3	11,1±11,7
Коеф. вариации	0,22	0,55	0,27	1,05
5 – черноземы типичные (n = 41)				
Диапазон изменения	112,0–430,0	12,0–179,0	44,0–24,2	0,1–48,6
Среднее значение	266,6±63,2	60,1±32,0	151,6±39,5	11,2±13,4
Коеф. вариации	0,24	0,53	0,26	1,20
6 – черноземы обыкновенные (n = 74)				
Диапазон изменения	112,0–430,0	5,0–230,0	35,0–25,2	0,2–62,3
Среднее значение	237,7±62,0	54,3±32,8	136,2±45,4	18,7±15,6
Коеф. вариации	0,26	0,60	0,33	0,84
7 – черноземы карбонатные (n = 70)				
Диапазон изменения	112,0–430,0	5,0–100,0	35,0–239,0	0,2–88,2
Среднее значение	231,3±58,3	47,5±23,2	127,2±38,4	20,3±21,7
Коеф. вариации	0,25	0,49	0,30	1,07
8 – черноземно-луговые намывные почвы (n = 70)				
Диапазон изменения	15,0–430,0	2,0–230,0	5,0–278,0	0,1–100
Среднее значение	232,5±77,6	72,7±46,2	146,0±60,5	15,6±21,5
Коеф. вариации	0,33	0,64	0,61	1,38
9 – черноземы слитые и солонцеватые (n = 60)				
Диапазон изменения	145,0–430,0	10,0–220,0	44,0–277,0	0,1–45,3
Среднее значение	257,9±64,8	66,5±46,2	155,0±45,9	4,7±8,2
Коеф. вариации	0,25	0,70	0,30	1,75
10 – перегнойно-карбонатные почвы (n = 26)				
Диапазон изменения	112,0–349,0	12,0–210,0	68,0–250,0	0,1–68,9
Среднее значение	250,7±61,5	75,4±61,1	160,3±55,6	6,8±15,3
Коеф. вариации	0,25	0,81	0,35	2,25
11 – ксерофитно-лесные почвы (n = 4)				
Диапазон изменения	180,0–300,0	20,0–40,0	112,0–183,0	0,6–11,7
Среднее значение	250,0±52,9	30,0±11,5	138,8±20,8	3,4±5,5
Коеф. вариации	0,24	0,38	0,15	1,63

всех рассматриваемых параметров геоморфологического каркаса при переходе от микрорайонов, содержащих бурые и серые лесные почвы, к микрорайонам с ареалами распространения оподзоленных, а также выщелоченных, типичных, обыкновенных, карбонатных и, наконец, южных черноземов [20].

Закономерность высотной дифференциации типов и подтипов почв была количественно описана [20] с помощью:

1) распределения средних значений параметров геоморфологического каркаса для микрорайонов с ареалами распространения соответствующих типов и подтипов почв;

2) относительных частот распределения типов почв для различных интервалов значений параметров геоморфологического каркаса территории;

3) соотношения площадей различных типов почв для различных интервалов значений параметров геоморфологического каркаса территории.

В качестве примера на рис. 2 приведен график соотношения площадей, занятых различными почвами, в зависимости от средней приподнятости территории.

Как видно из рис. 2, по мере понижения высотных параметров рельефа характер распределения типов почв существенно изменяется. При этом как для относительных частот, так и для соотношения площадей происходит постепенный переход доминирующего положения от почв верхнего высотного уровня (лесные почвы) к почвам среднего высотного уровня (выщелоченные и типичные черноземы), а затем к почвам нижнего высотного уровня (обыкновенные и карбонатные черноземы). Для крупных понижений рельефа со средней приподнятостью территории менее 50 м доминирующими становятся черноземно-луговые намывные почвы, доля которых составляет здесь 81,5 % [20].

С целью оценки степени взаимосвязи между высотными характеристиками

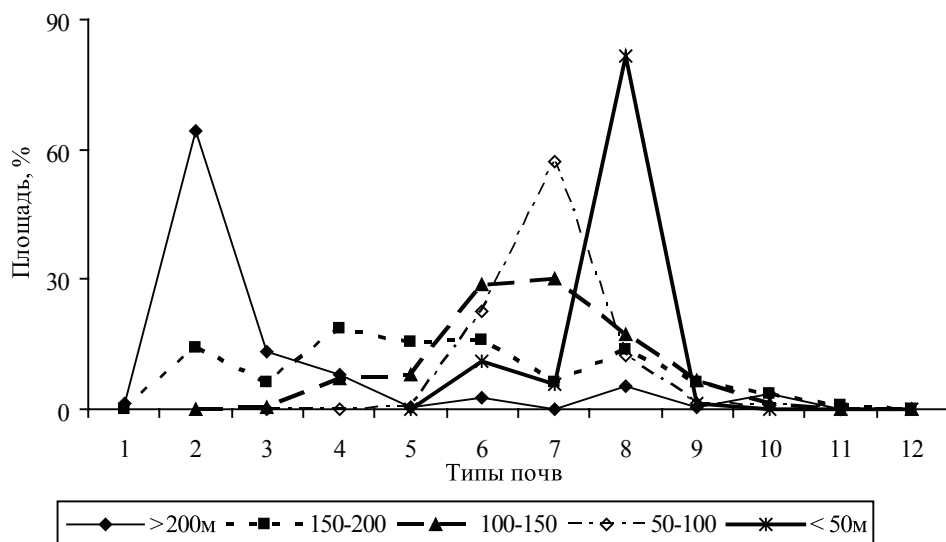


Рис. 2. Среднее соотношение площадей (%); занятых различными типами и подтипами почв в зависимости от средней приподнятости территории (К3): 1 – бурые лесные почвы; 2 – серые лесные почвы; 3 – черноземы оподзоленные; 4 – черноземы выщелоченные; 5 – черноземы типичные; 6 – черноземы обыкновенные; 7 – черноземы карбонатные; 8 – черноземно-луговые намывные почвы; 9 – черноземы слитые и солонцеватые; 10 – перегнойно-карбонатные почвы; 11 – ксерофитно-лесные почвы; 12 – черноземы южные



геоморфологического каркаса территории и величиной площади ( $P_i$ ), занимаемой различными типами почв, нами были рассчитаны парные коэффициенты корреляции для этих параметров. Результаты оценки для случаев, где парные коэффициенты корреляции оказались отличными относительно нуля при уровне значимости  $p = 0,05$ , приведены на рис. 3 в виде графа взаимосвязи между параметрами геоморфологического каркаса и относительной площадью для различных типов почв.

Анализ представленных на рис. 3 результатов показывает, что для параметров каркаса **К2**, **К3** имеет место положительная корреляция с величиной относительной площади серых лесных почв, оподзоленных черноземов и ксерофитно-лесных почв. Причем сравнительно тесная корреляционная взаимосвязь параметров **К2**

и **К3** наблюдается лишь с величиной относительной площади распространения серых лесных почв, где парные коэффициенты корреляции равны  $+0,569$  и  $+0,567$  соответственно. В остальных случаях величина коэффициента корреляции не превышает значения  $+0,500$ .

Отмечается отрицательная корреляционная взаимосвязь всех параметров геоморфологического каркаса с величиной относительной площади обыкновенных и карбонатных черноземов, а также черноземно-луговых намывных почв. Однако и здесь корреляционная взаимосвязь в подавляющем большинстве случаев очень слабая. Лишь для параметра **К3** парный коэффициент корреляции достигает значения  $-0,521$  во взаимосвязи с относительной площадью карбонатного чернозема и  $-0,571$  в случае черноземно-луговых намывных почв.

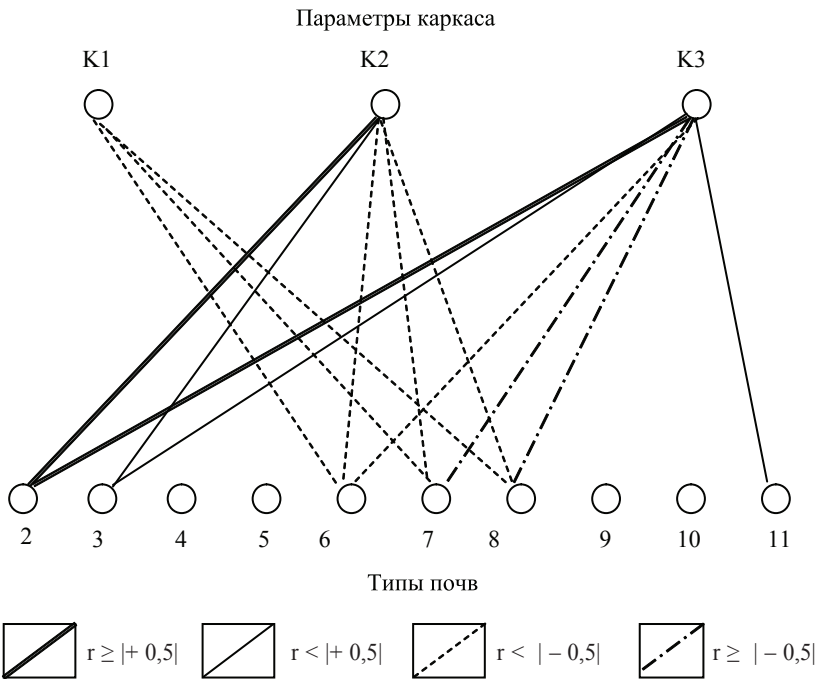


Рис. 3. Корреляционная взаимосвязь между параметрами каркаса и относительной площадью почвенных ареалов (усл. обозначения типов почв см. на рис. 2)

Таким образом, можно констатировать, что, несмотря на проявление тенденции к доминированию определенных типов почв на разных геоморфологических уровнях (см. рис. 2), тесной корреляционной зависимости между рассматриваемыми высотными характеристиками рельефа и площадью распространения конкретных типов и подтипов почв в целом не наблюдается (см. рис. 3). Однако при интерпретации полученных результатов следует иметь в виду, что рассматриваемые параметры **K1**, **K2** и **K3** не представляют собой в полном смысле высотные рубежи распространения конкретных типов почв. Эти параметры характеризуют геоморфологические особенности почвенных районов и микрорайонов, где наряду с доминирующим типом присутствуют и другие типы почв.

### Оценка взаимосвязи узора почвенного покрова со структурой геологического субстрата

В качестве параметров пространственной структуры почвообразующего геологического субстрата микрорайонов мы

рассматривали относительные площади, занимаемые следующими группировками пород [20]:  $P_s 1$  – коренные иловатые глины,  $P_s 2$  – элювиальные и элювиально-делювиальные легкие глины, тяжелые иловатые суглинки, средние и легкие суглинки, супеси и пески,  $P_s 3$  – лёссовидные суглинки,  $P_s 4$  – аллювиальные и аллювиально-делювиальные наносы,  $P_s 5$  – известняки и галечники. Узор почвенного покрова представлен соотношением площадей ( $P_i$ , %) различных типов (подтипов): P2 – серые лесные почвы, P3 – черноземы оподзоленные, P4 – черноземы выщелоченные, P5 – черноземы типичные, P6 – черноземы обыкновенные, P7 – черноземы карбонатные, P8 – черноземно-луговые намытые почвы, P9 – черноземы слитые и солонцеватые, P10 – перегнойно-карбонатные почвы, P11 – **ксерофитно-лесные почвы**.

Нами получены парные коэффициенты корреляции ( $r$ ) для параметров почвообразующих пород и типов (подтипов) почв Днестровско-Прутского междуречья (табл. 4).

Как следует из анализа табл. 4, практически функциональная зависимость наблюдается между соотношением площадей

Таблица 4

Коэффициенты парной корреляции ( $r$ ) для параметров каркаса ( $P_s i$ ) и типов почв ( $P_i$ )

Почва	Параметры каркаса				
	$P_s 1$	$P_s 2$	$P_s 3$	$P_s 4$	$P_s 5$
P2	0,005	<b>0,454</b>	-0,106	<b>-0,370</b>	<b>-0,345</b>
P3	-0,167	<b>0,322</b>	0,300	0,080	-0,127
P4	-0,025	0,218	<b>-0,264</b>	0,171	0,100
P5	0,010	0,263	-0,207	-0,254	0,065
P6	-0,154	<b>-0,549</b>	<b>0,537</b>	0,122	<b>-0,268</b>
P7	<b>-0,410</b>	<b>-0,470</b>	<b>0,629</b>	-0,132	<b>0,297</b>
P8	-0,133	<b>-0,340</b>	-0,224	<b>0,983</b>	-0,177
P9	<b>0,697</b>	-0,163	-0,145	-0,080	-0,155
P10	0,104	-0,028	-0,206	-0,288	<b>0,966</b>
P11	-0,497	0,856	-0,646	-0,467	0

*Примечание.* Выделенные значения коэффициента корреляции значимы относительно нуля при уровне значимости  $p = 0,05$ .

черноземно-луговых намывных почв, формирующихся на аллювиальных и аллювиально-делювиальных наносах ( $r = +0,983$ ), и перегнойно-карбонатных почв, которые образуются в местах выхода на дневную поверхность известняков ( $r = +0,966$ ).

Статистически значимая положительная корреляция ( $r = +0,697$ ) отмечается для параметров  $P_9$  и  $P_5$ . Это означает, что с увеличением площади иловатых глин проявляется тенденция к возрастанию площади распространения черноземов слитых и солонцеватых.

Для черноземов обыкновенных и карбонатных обнаруживается положительная корреляционная взаимосвязь с лёссовидными суглинками, служащими для них основными почвообразующими породами, коэффициенты корреляции которых равны  $+0,537$  и  $+0,629$  соответственно.

Достаточно высокое значение коэффициента корреляции ( $r = +0,856$ ) между параметрами  $P_{11}$  и  $P_2$  статистически не обеспечено на уровне значимости  $p = 0,05$  вследствие малого объема выборки для этого типа почв. К тому же ксерофитно-лесные почвы распространены в южной части Днестровско-Прутского междуречья, где основными почвообразующими породами являются лёссовидные суглинки. Для других типов почв статистически значимой взаимосвязи (при значении  $r > 0,500$ ) не наблюдается.

Таким образом, тесная корреляционная взаимосвязь с почвообразующими породами проявляется только для двух типов почв – черноземно-луговых намывных и перегнойно-карбонатных, формирование которых однозначно предопределено типом геологического почвообразующего субстрата. В других случаях эта взаимосвязь либо достаточно слабая (черноземы слитые и солонцеватые, черноземы обыкновенные и карбонатные), либо она в данном виде вообще не обнаруживается. Отсюда следует вывод, что большинст-

во типов (подтипов) почв на территории Днестровско-Прутского междуречья могут формироваться на различных литолого-генетических типах почвообразующих пород под воздействием мезо- и микроклиматических условий, созданных рельефом.

### **Модель высотной дифференциации гидротермических факторов, растительности и типов почв**

Проведенные выше оценки обобщены в табл. 5, которая является своеобразной моделью, отражающей закономерность высотного распространения ареалов различных типов и подтипов почв, сопутствующих им коренных растительных сообществ и условий тепло- и влагообеспеченности.

Эта модель отображает природный облик различных высотных уровней Молдавии при отсутствии хозяйственного освоения территории [21, 22].

Анализ представленных в табл. 5 данных показывает, что гипсометрическое строение территории Днестровско-Прутского междуречья охватывает интервал от 0 до 430 метров над уровнем моря. С уменьшением высоты улучшаются условия теплообеспеченности, но при этом уменьшается среднегодовое количество осадков и изменяются условия увлажнения территории. Это обуславливает высотную дифференциацию растительных ассоциаций, типов и подтипов почв. Вследствие различия в условиях тепло- и влагообеспеченности на склонах разной экспозиции на одной и той же высоте могут располагаться различные типы почв и растительных ассоциаций. Данный эффект проявляется в модели взаимным перекрытием высотных интервалов распространения различных типов почв и фитоценозов.

**Высотная дифференциация экологических факторов, типов почв  
и коренных растительных ассоциаций на территории Молдовы**

Высота, м	Kw	Растительные ассоциации / типы почв			Q <sub>г</sub> , мм	Σt ≥ 10°, град.
		Верхняя граница ареала	Промежуточный уровень	Нижняя граница ареала		
430	1,01	<u>Б</u>	<u>Б</u>	<u>Б</u>	637	2359
400	0,97	Бло	Бло	Бло	621	2428
370	0,93	<u>Б + Г</u> Бл	<u>Б + Г</u> Бл		604	2497
350	0,90	<u>Дс+Дч+Г</u> Слс + Сл	<u>Б+Г+Дс+Дч</u> Бл + Слс + Сл	<u>Б + Г</u> Бл	593	2543
300	0,83				566	2658
280	0,80	<u>Дч+Лгл</u> Слт	<u>Дс+Дч+Г+Лгл</u> Слс + Сл + Слт		555	2704
250	0,76	<u>Дч+К+Лгл+Лс</u>	<u>Дс+Дч+Лгл+Лгс</u>	<u>Дс + Дч + Г</u>	538	2773
240	0,74	Чо + Чв	Слс+Сл+Слт+Чо+Чв	Слс	533	2796
220	0,72	<u>Дп + Лгл</u> Чкс	<u>Дс+Дч+Дп+Лгл+Лгс+Ст</u>	<u>Дс+Дч+Г+Лгл</u>	522	2842
200	0,69	<u>Стк</u> Чт	Сл+Слт+Чо+Чв+Чкс+Чт	Сл + Слт + Чо	511	2888
180	0,66		<u>Дп+Лгл+Лгс + Стк</u> Чв + Чкс + Чт	<u>Лгс</u> Чв	500	2935
150	0,62	<u>Сткб</u> Чк	<u>Дп + Лгл + Ст-к + Сткб</u> Чт + Чкс + Чк	<u>Стк</u> Чт	483	3003
130	0,59	<u>Сткб</u> Чоб	<u>Дп + Лгл + Сткб</u> Чоб + Чкс + Чк	<u>Сткб</u> Чоб	472	3049
120	0,58			<u>Дп + Лгл / Чкс</u>	466	3072
100	0,55				456	3118
50	0,48		<u>Сткб</u> Чк + Чю	<u>Сткб</u>	428	3233
10	0,42			Чк + Чю	406	3325

### Выводы

Природно-территориальная организация субрегионального геопространства Днестровско-Прутского междуречья формируется в узком интервале значений фоновых гидротермических параметров. Поэтому наблюдающаяся на равнинных территориях континуальная зональная смена лесостепных ландшафтов степными, происходящая на фоне постепенного

увеличения притока солнечной радиации, обусловлена главным образом снижением в направлении с севера на юг абсолютных отметок рельефа. В результате преломления гидротермического фона геолого-геоморфологическим каркасом формируются дискретные мезо- и микроклиматические условия, которые совместно с геологическим субстратом создают геоэкосистемный узор рассматриваемого субрегионального пространства. При этом рассмотренные

нами межкомпонентные связи в подавляющем большинстве оказались слабыми.

Этот результат не является неожиданным. Он подтверждает вывод о слабой общей тесноте межкомпонентных связей в ландшафте, сделанный Э.Г. Коломычем на основе регионального ландшафтного анализа [2].

### Цитированная литература

1. Солнцев В.Н. Системная организация ландшафтов (Проблемы методологии и теории). – М.: Мысль, 1981. – 239 с.
2. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – 231 с.
3. Исаченко А.Г. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. – М.: Высшая школа, 1965. – 327 с.
4. Раман К. Опыт понимания геокомплекса как пространственно-полиструктурного единства // Международная география – 76. Общая физическая география: Международный географический конгресс. Москва, 1976. – М., 1976. – С. 18–22.
5. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978. – 319 с.
6. Хаазе Г. Изучение топических и хорических структур, их динамики и развития в ландшафтных системах // Структура, динамика и развитие ландшафтов. – М.: Институт географии АН СССР, 1980. – С. 57–81.
7. Пузаченко Ю.Г. Пространственно-временная иерархия геосистем с позиции теории колебаний // Вопросы географии. – Сб. № 127: Моделирование геосистем. – М.: Мысль, 1985. – С. 96–111.
8. Преображенский В.С. Организация, организованность ландшафтов (препринт). – М.: Институт географии АН СССР, 1986. – 20 с.
9. Коломыц Э.Г. Полиморфизм ландшафтно-зональных систем. – Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. – 311 с.
10. Капитальчук И.П. Ландшафтная организация геопространства Молдавии как кибернетическая модель // Математическое моделирование в образовании, науке и производстве: Тезисы V Международной конференции. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2007. – С. 42–43.
11. Капитальчук И.П. Кибернетический подход к изучению полиструктурности геосистем бассейна Днестра // Управление бассейном трансграничной реки Днестр и Водная рамочная директива Европейского Союза: Материалы Международной конференции. Кишинев, 2–3 окт. 2008 г. – Кишинев: Eco-TIRAS, 2008. – С. 148–151.
12. Арманд А.Д. Информационные модели природных комплексов. – М.: Наука, 1975. – 126 с.
13. Урсу А.Ф. Почвенно-экологическое микрорайонирование Молдавии / Отв. ред. И.А. Крупеников. – Кишинев: Штиинца, 1980. – 208 с.
14. Ursu A. Raioanele pedogeografice și particularitățile regionale de utilizare și protejare a solurilor. – Chișinău: Tipogr. Acad. de șt., 2006. – 232 p.
15. Атлас Молдавской ССР. – М.: ГУГК, 1978. – 131 с.
16. Атлас почв Молдавии / Отв. ред. И.А. Крупеников. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 176 с.
17. Рымбу Н.Л. Природные условия и ресурсы Молдавской ССР. – Кишинев: Штиинца, 1985. – 192 с.
18. Капитальчук И.П. Оценка влияния фона солнечной радиации на распределение абиотических экологических условий на территории Молдовы // Bioetica, Filosofia și Medicina on strategia de asigurare a securității umane: Materiale Conf. a XIV-a Științifice Internaționale. Chișinău, 10–11 aprilie 2009. – Chișinău, 2009. – P. 148–152.
19. Капитальчук И.П. Адаптация параметров гидроклиматического блока модели природно-территориальной организации Молдавии // Вестник Приднестровского универ-



ситета. Сер.: Медико-биологические и химические науки – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та. – 2009. – № 2 (34). – С. 149–154.

20. **Капитальчук И.П.** Оценка влияния геоморфологического каркаса на дифференциацию почвенного покрова территории Молдовы // *Bulletin of the Institute of geology and seismology of Moldavian Academy of Sciences.* – 2009. – № 1. – Р. 41–51.

21. **Капитальчук И.П.** Модельная оценка дифференциации экологических факторов на территории Молдовы // *Вісник Одеської*

державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2009. – Вип. № 36. – С. 194–200.

22. **Капитальчук И.П., Кочуров Б.И.** Влияние гидротермических и геоморфологических факторов на формирование природных условий Молдавии // *Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья: Материалы III Международной научно-практической конференции.* Тирасполь, 22–23 окт. 2009 г. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2009. – С. 81–84.

УДК 551.782.12:564 (1- 924.7/.9)

*А.Н. Янакевич*, канд. геол.-минерал. наук, проф.

## НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ МАЛАКОБЕНТОСА СРЕДНЕМИОЦЕНОВЫХ (БАДЕНСКИХ) МОРЕЙ ЮГО-ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

*На основании анализа этолого-трофических группировок Bivalvia и Gastropoda выявлены некоторые основные закономерности развития малакобентоса среднемиоценовых (баденских) морей юго-запада Восточно-Европейской платформы.*

Среднемиоценовые (баденские) моря юго-запада Восточно-Европейской платформы занимали обширные территории в пределах восточной части Западного Паратетиса. Каждая из этих акваторий весьма условно отражала приуроченность данной части Западного Паратетиса к таким тектоническим элементам, как Волыно-Подольская и Молдавская плиты.

Под влиянием тектонических причин, обусловленных развитием Карпатско-Балканских горных сооружений, а также климатического фактора эти бассейны неоднократно изменяли свои очертания, величину, соленость температуру. Они, как правило, характеризовались наличием богатого и разнообразного животного мира. Среди населения этих морей преобладали моллюски, бентонные и планк-

тонные фораминиферы, кораллы, мшанки, морские ежи, крабы, черви, а также известковые водоросли (багрянки). Значительно реже в среднемиоценовых отложениях встречаются остатки брахиопод, остракод, губок, морских лилий, костистых и хрящевых рыб и других недостаточно изученных организмов.

Анализ развития донных сообществ малакофауны среднемиоценовых (баденских) морей юго-запада Восточно-Европейской платформы [1–3] позволил выделить два основных этапа истории их населения. Каждый из этих этапов отличается своей спецификой биотической и абиотической составляющей экологических систем прошлого и определенной стадийностью развития донных сообществ малакофауны, тесно связанной с историей развития аква-

тории. На основании приоритета тектонических процессов, определяющего направление формирования морских бассейнов и опосредованно влияющего на развитие биологических процессов в океане, мы, как и многие другие авторы [4–9], считаем, что важнейшую роль в развитии донных сообществ играют следующие факторы: длительность существования сообщества, характер трофических взаимоотношений между отдельными его членами, экологическая валентность и толерантность членов сообщества. Принимая во внимание все указанные факторы, можно объяснить особенности становления сообществ на каждом этапе, в том числе и на стадии формирования населения изучаемой акватории геологического прошлого.

Прежде всего, следует охарактеризовать основные этапы и стадии развития малакобентоса среднемиоценовых (баденских) морей юго-запада Восточно-Европейской платформы.

#### **Первый, или раннебаденский, этап**

В тектоническом развитии раннебаденских бассейнов можно выделить три стадии, обусловившие специфику распределения донных осадков морского бассейна.

1. Трансгрессирующая барановско-николаевская стадия, в ходе которой в условиях мелководной наступающей на восток акватории сложилась структура распределения сублиторальных осадков.

2. Кратковременная нараевская стадия относительной стабилизации глубоководных условий, обусловившая накопление карбонатно-песчаных осадков.

3. Росточинско-кривчицкая стадия сравнительно-регрессивного развития акватории, когда местами происходило ее обмеление.

Начало трансгрессирующей стадии (барановское время), которой было свойственно наличие обширной сублиторали с неоднородностью глубин и разнообраз-

ностью осадков, отмечено многообразием биоценологических группировок донных ассоциаций двустворок и гастропод. Однако этолого-трофические группировки бентоса на данный момент развития сообществ разнообразием не отличались. Так, все обнаруженные в барановское время группировки *Bivalvia* в этолого-трофическом отношении принадлежали к сестонофагам, среди которых преобладали свободные и глубокозарывающиеся с выводным сифоном и передней вводной слизистой трубкой. Помимо них в равной степени были распространены и такие этолого-трофические группировки, как зарывающиеся в различной степени с двумя сифонами и прикрепляющиеся биссусом сестонофаги. Однообразным был и систематический состав *Gastropoda*. Так, среди мергелистых пород, являющихся, очевидно, осадками нижней части сублиторали или псевдоабиссали, выявлены остатки представителей семейств *Aporrhaidae*, *Ficidae* и *Cassididae*. Это значит, что в пределах данных биомических зон акватории в составе эпибиоса, состоящего из ассоциации брюхоногих моллюсков, преобладали детритофаги, в меньшей степени хищники и сестонофаги.

Во второй половине трансгрессирующей стадии (никалаевское время) степень биоценологической дифференции не изменилась. По нашим данным [1], в никалаевское время также зафиксировано существование 9 видов двустворчатых моллюсков, размещение которых на дне бассейна было весьма неравномерным и зависело от распределения различных типов субстрата. В этолого-трофическом отношении абсолютное большинство двустворок составляли сестонофаги, среди которых выделялись свободные (лежащие, плавающие, ползающие), а неподвижно прикрепленным и зарывающимся в различной степени с двумя сифонами и глубокозарывающимся с выводным сифоном и передней вводной слизистой трубкой в равной сте-

пени отводилась подчиненная роль среди этолого-трофических группировок николаевской акватории. Второе место занимали сортирующие детритофаги, способные селиться на песчаных субстратах. Из ассоциации гастропод в составе бентоса преобладали в основном представители семейства *Turritellidae*, которые относятся к зарывающимся сестонофагам.

Кратковременную стадию относительной стабилизации сравнительно глубоководных условий отличала максимальная дифференциация систематического состава (17 видов двустворок) биотических группировок нараевской акватории. Основная роль в этих ассоциациях принадлежала сестонофагам, большая часть которых представлена лежащими, плавающими и ползающими формами, заселяющими обычно разнообразные субстраты. Нечасто встречаются также неподвижно прикрепленные к так называемым вторичным субстратам и очень редко – подвижно прикрепленные биссусом сестонофаги.

Сравнительно регрессивная росто-чинско-кривчицкая стадия развития раннебаденской акватории характеризовалась уменьшением разнообразия систематического состава этолого-трофических группировок.

Наименее разнообразный систематический состав и малочисленность этолого-трофических группировок отмечались в начале этой стадии, точнее в росто-чинское время, когда на песчано-глинистых осадках акватории обитали единичные представители *Nuculidae*, *Glycymeridae*, *Osreidae* и *Hiatellidae* – неподвижно прикрепленные и зарывающиеся неглубоко без сифонов сестонофаги, а также сортирующие детритофаги. К концу этой стадии в кривчицкое время развитие ассоциаций двустворчатых моллюсков акватории Волыно-Подольской плиты характеризовалось отчетливо выраженным обеднением систематического состава. В этолого-трофическом от-

ношении основную массу составляли сестонофаги, большинство которых являлись свободными (лежащие, плавающие, ползающие) и зарывающимися в различной степени с двумя сифонами формами. Второе место разделили подвижно прикрепленные биссусом и глубокозарывающиеся с выводным сифоном и передней вводной слизистой трубкой сестонофаги.

#### **Второй, или позднебаденский, этап**

В тектоническом развитии позднебаденских акваторий условно выделяются две регрессирующие и одна трансгрессирующая стадии.

В течение кратковременной (тирасской) регрессирующей стадии терригенные осадки акватории играли подчиненную роль и концентрировались в основном на территории Росто-чья. Здесь разнообразие видового состава двустворчатых моллюсков было почти таким же, как и в кривчицкой акватории. Основную их массу в равной степени составляли представители *Pectinidae*, *Gryphaeidae*, *Hiatellidae*, среди которых преобладали прикрепленные биссусом и зарывающиеся в различной степени с двумя сифонами сестонофаги. Подчиненная роль отводилась свободным сестонофагам. Из гастропод наиболее распространенными были представители *Hydrobiidae*, *Trochidae* и *Skeneidae*, которые в основном относятся к детритофагам и фитофагам. На остальной территории тирасской акватории в связи с высоким содержанием солей развитие фаунистических ассоциаций исключалось, хотя в ратинских известняках попадаются мелкие ядра *Ervila pussilia Phil.* и единичные – мелкорослых эврибатных фораминифер.

Продолжительную подгорско-тернопольскую трансгрессирующую стадию позднебаденского бассейна отмечало новое ощутимое увеличение биономической дифференциации бентоса, расширение его систематического состава и возрастание числа этолого-трофических группировок.

Уже в начале этой стадии (подгорское время) систематический состав бентоса подгорской акватории стал значительно разнообразнее. Здесь в пределах мелководной зоны в подвижной среде при хорошей освещенности обитали довольно богатые ассоциации двустворок (представители 24 семейств) и гастропод (представители 41 семейства). В этолого-трофическом отношении абсолютное большинство двустворок составляли сестонофаги и плотоядные. Среди систематических группировок гастропод преобладали детритофаги, фитофаги, в меньшей степени сестонофаги и хищники.

Во второй половине трансгрессирующей стадии (тернопольское время) произошло стремительное обогащение систематического состава этолого-трофических группировок малакофауны. В мелководных зонах акваторий, охватывающих территории Волыно-Подольской и Молдавской плит, обитало около 100 видов двустворчатых и около 70 видов брюхоногих моллюсков [10–13]. Основную массу *Bivalvia* составляли представители *Pectinidae*, *Mytilidae*. Некоторые группы (*Nuculidae*, *Arcidae*, *Plicatulidae*, *Cardiidae*, *Mactridae*, *Mesodesmatidae*, *Telinidae*, *Corbulidae*) состояли из немногочисленных видов. Остальные группы двустворчатых моллюсков были сравнительно редкими, массовых скоплений как таковых не образовывали, хотя некоторые из них (*Limidae*, *Ostreidae*, *Chamidae*, *Gastrochaenidae*, *Teredinidae*), селясь на предпочитаемых субстратах, могли резко увеличить плотность популяции, формируя таким образом массовые скопления.

Основную массу *Gastropoda* составляли представители семейств *Potamidae*, *Cerithiidae*, *Trochidae*, *Gibbulidae*, *Turitellidae*, *Conidae*, *Naticidae*, *Cypraeidae*, *Muricidae*, *Vermetidae*, *Fissurilidae*.

Распределение групп малакофауны в пределах тернопольской акватории было

неравномерным и зависело главным образом от характера субстрата: максимальная плотность популяции и наибольшее разнообразие видового состава наблюдается в той части бассейна, где интенсивно развивались органогенные постройки водорослевого (рифового) барьера. В этих зонах особенно широко были распространены рифолюбивые формы, в частности представители семейств двустворчатых *Pectinidae*, *Mytilidae*, *Arcidae*, *Limidae*, *Gastrochaenidae*, а некоторые *Ostreidae*, *Plicatulidae* образовывали даже небольшие банки. Из гастропод преобладали в основном *Conidae*, *Cypraeidae*, *Muricidae*, *Vermetidae*.

На востоке вне пределов водорослевого (рифового) барьера отмечалось разнообразие песков и песчаных отложений, где изобиловали представители таких семейств, как *Pectinidae*, *Cardiidae*, *Arcidae*, *Telinidae*, *Lucinidae*. Из гастропод превалировали *Naticidae*, *Turitellidae* и *Nassidae*.

Наименьшей плотностью заселения отличались карбонатно-глинистые тонкозернистые образования, распространенные к западу от водорослевого (рифового) барьера, где основная масса цементно-прикрепляющихся форм двустворчатых и гастропод была связана с вторичным субстратом.

Весьма разнообразной была и этолого-трофическая структура ассоциации малакофауны. Среди изученных двустворок наиболее распространенными оказались зарывающиеся в различной степени сестонофаги. Примерно в равных соотношениях находились подвижно прикрепленные, неподвижно прикрепленные, свободные, а также глубокозарывающиеся и сверлящие сестонофаги. Самыми немногочисленными были прикрепляющиеся биссусом и живущие в щелях или в норках сестонофаги. Гастроподы представлены эпи- и эндобионтными фитофагами, детритофагами, хищниками и сестонофагами (в последовательности преобладания).

Заключительная регрессивная (бугловская) стадия развития позднебаденских акваторий характеризовалась значительным уменьшением разнообразия систематического состава этолого-трофических группировок двустворок и гастропод. Согласно литературным источникам [10, 11], в бугловское время основную массу двустворчатых моллюсков составляли представители *Nuculidae*, *Dreissenidae*, *Veneridae*. Остальные семейства *Bivalvia* были, очевидно, представлены единичными экземплярами. Встречались такие этолого-трофические группировки двустворчатых, как свободные, глубокозарывающиеся сестонофаги и сортирующие детритофаги. Из гастропод в основном были распространены представители *Acteocinidae*, *Potamidae*, *Nassidae*, которые относятся к эндобионтным хищникам, а также эпибионтным фитофагам и некрофагам.

Таким образом, на основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Основная особенность среднемиоценовых (баденских) акваторий юго-запада Восточно-Европейской платформы состоит в том, что некоторые из них характеризовались кардинальной нестабильностью гидрохимического режима при сравнительно небольших изменениях других факторов (гидродинамики, глубин и температуры воды, газового обмена). Климатические условия отдельных времен бадена, судя по органическим остаткам, также были чрезвычайно сходными.

2. История развития донного населения среднемиоценовых (баденских) акваторий юго-запада Восточно-Европейской платформы самым тесным образом переплеталась с геологической историей бассейна и отражала как отдельные этапы, так и стадии его развития.

3. Формирование структуры донных сообществ среднемиоценовых (баденских) морей юго-запада Восточно-

Европейской платформы определялось соотношением между свободными экологическими нишами и потенциальными иммигрантами, способными к их освоению. При этом роль руководящих форм палеоценозов выполняли представители наиболее конкурентоспособных эвритопных этолого-трофических группировок бентоса. К таковым, в частности, принадлежали *Bivalvia* и *Gastropoda*, являвшиеся руководящими группировками самых разных по своей биономической принадлежности палеобиоценозов изученной территории.

4. Развитие биоценотической дифференциации бентоса, систематический состав группировок ассоциаций малакофауны тесно взаимосвязаны с направленностью тектонических движений дна, общей палеогеографической обстановкой и характером осадконакопления. Максимальная дифференциация биотических характеристик среды присуща трансгрессивным стадиям развития акватории, минимальная – регрессивным.

## Цитированная литература

1. Янакевич А.Н. Ассоциации *Bivalvia* среднемиоценовых (баденских) морей юго-запада Восточно-Европейской платформы // Вестник Приднестровского университета. – 2003. – № 2 (18). – С. 88–95.

2. Янакевич А.Н. Ассоциации *Gastropoda* среднемиоценовых морей юго-запада Восточно-Европейской платформы // Вестник Приднестровского университета. – 2004. – № 2 (20). – С. 208–221.

3. Янакевич А.Н. Пути формирования и стадийность развития ассоциации малакофауны баденских морей юго-запада Восточно-Европейской платформы // Материалы чтений памяти доктора биологических наук В.А. Собецкого. – Тирасполь, 2005. – С. 26–31.



4. **Зенкевич Л.А.** Фауна и биологическая продуктивность моря. – В 2 т. – М.: Сов. наука, 1947–1951.
5. **Турпаева Е.П.** Пищевые взаимоотношения между доминирующими видами в морских донных биоценозах // Тр. ИОАН СССР. – 1957. – Т. 20.
6. **Нейман А.А.** О распределении трофических группировок донного населения на шельфе в разных географических зонах (на примере Берингова и Восточно-Китайского морей) // Тр. ВНИРО. – 1969. – Т. 65.
7. **Кузнецов А.П.** Трофическая структура морского донного населения как система экологической организации // Донная фауна краевых морей СССР. – М.: Наука, 1976.
8. **Собецкий В.А.** Донные сообщества и биогеография позднемиоценовых платформенных морей Юго-Запада СССР // Тр. ПИН АН СССР. – 1978. – Т. 166.
9. **Собецкий В.А. и др.** Биономия позднемиоценовых морей востока Прикаспийской впадины. – М.: Наука, 1985.
10. **Кудрин Л.Н.** Стратиграфия, фауны и экологический анализ фауны палеогеновых и неогеновых отложений Предкарпатя. – Львов, 1966.
11. **Венглинский И.В., Горецкий В.А.** Стратотипы миоценовых отложений Вольно-Подольской плиты, Предкарпатского и Закарпатского прогибов. – Киев: Наукова думка, 1970. – С. 53–65.
12. **Янакевич А.Н.** Среднемиоценовые брюхоногие моллюски Молдавии и условия их существования. – Кишинев: Штиинца, 1987.
13. **Янакевич А.Н.** Фауна среднемиоценовых морей юго-западного склона Восточно-Европейской платформы (*Bivalvia*). – Тирасполь, 1993. – 213 с.

УДК 632.9:581.5+502.62/.23

*Н.И. Шульман*, канд. биол. наук, доц.

*Н.А. Куниченко*, канд. с.-х. наук, доц.

*В.В. Власов*, канд. биол. наук, доц.

*Л.Н. Соколова*, ст. преп.

*О.В. Антюхова*, ст. преп.

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТ ОСНОВНЫХ БОЛЕЗНЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ

*Дан анализ спектра основных возбудителей болезней зерновых колосовых культур. Предложена модель важнейших этапов мониторинга, их последовательности и цели. Она позволяет реализовывать оптимальную технологию формирования тактики защиты озимой пшеницы. Представлено заключение о стабильности спектра фитопатологических объектов, о достаточности предпосевной обработки семян как основного звена системы защиты.*

### Введение

В настоящее время в научной периодической печати широко дискутируется вопрос перехода к адаптивно-ландшафтному земледелию, предполагающему учет

специфики агроклиматических, биологических условий фитоценозов и планомерное их улучшение (Helenius, 1995; Petzold, 1997; Browning, 1998; Katan, 1999; Ishida, Imai, 1999; Крюкова, Белицкая, 1999; Лебедев, Юсупов, Назарова и др., 2000; Чул-

кина, Торопова, Чулкин, Стецов, 2000; Kühne, 2000; Захаренко, 2003, 2004) (цит. по [1]). Анализ отечественной и зарубежной научной литературы по рассматриваемой проблеме позволяет заключить, что экологизированные технологии защиты растений оказывают положительное влияние не только на культурные растения, но и на популяции всех живых организмов, включая так называемые «вредные», в том числе возбудителей болезней, определяющих инфекционные процессы на конкретных территориях.

Проведенные с 2003 г. исследования распространенности и вредоносности болезней основных зерновых культур, возделываемых в Приднестровье, позволяют нам перейти к решению новых задач, направленных на оптимизацию системы защитных мероприятий и определение ее экономической обоснованности.

Актуальность данной темы состоит в том, что на современном этапе основным направлением развития растениеводства в целом и защиты растений в частности является их биологизация, гарантирующая не только получение хозяйственной и экономической выгоды, но и сохранение и приумножение всего природного потенциала: почвы, растительного и животного мира. При таком подходе более регламентированным становится воздействие человека на природу: как на ландшафты в целом, так и на отдельные их компоненты.

Новизна данного направления научного исследования заключается в обеспечении комплексного системного подхода к реализации технологии ведения системы защитных мероприятий с учетом всех биологических и антропогенных факторов.

### **Краткая методика исследований**

При изучении качественных показателей семенного материала, его инфи-

цированности, а также при проведении полевых исследований по установлению видового состава возбудителей болезней, определению вредоносности и распространенности болезней руководствовались общепринятыми методиками. Математическую обработку полученных данных проводили по стандартной методике определения коэффициента вариации.

Использовали семенной материал сортов пшеницы и ячменя, полученный из Слободзейской семенной инспекции. Полевые исследования осуществляли на посевах зерновых культур во всех районах Приднестровской Молдавской Республики.

### **Результаты исследований**

Несмотря на утверждение в теории защиты растений экологической концепции как продолжения развития интегрированного подхода, ее реализация на практике встречает значительные трудности. Анализ фитосанитарной ситуации и ее регулированию противопоставляется наиболее простой способ вмешательства – использование средств химической защиты без учета результатов мониторинга фитосанитарного состояния культур и прогноза последствий уровня и динамики заболеваний. Сложность практического внедрения экологических принципов обусловлена, прежде всего, отсутствием четкой концепции фитосанитарного мониторинга, его роли в разработке комплексной системы защиты, а также определения возможных сфер его применения. На наш взгляд, при разработке этой концепции следует включить в нее следующее:

- Фитосанитарный мониторинг (оценку состояния агроценоза), при этом особое внимание следует уделить изменчивости и варьированию в годы проявления основных патогенных объектов. Обеспечивается сбором агроклиматической и фитопатоло-

гической информации в динамике по сезонам и фазам вегетации культур.

- Фитопатологическую экспертизу (детальное изучение комплекса патогенов, выделение приоритетных и отслеживание появления новых). Обеспечивается микробиологическими исследованиями комплекса патогенов, преимущественно на ранних этапах онтогенеза хозяев (покоящаяся и ювенильная стадии).

- Экономический анализ значимости (вредоносности) отдельных патогенных организмов и их комплекса в целом (учитывая возможный синергизм) применительно к конкретным типам агроценозов. Обеспечивается созданием логических моделей прогноза потерь при реальном уровне инфицирования и состоянии агроландшафта.

Сочетание перечисленных мероприятий позволит сделать заключение о необходимости, требуемых объемах и сроках применения защитных мер, а также ре-

комендовать их интенсивность согласно принципу экологизации, не исключая при этом использование химических средств защиты. На основании предложенной концепции создана модель основных этапов фитосанитарного мониторинга (рис. 1).

Собранный нами за годы исследований фактический материал позволяет проводить анализ во всех представленных направлениях, при этом сбор первичной информации необходимо продолжать, отслеживая возможные качественные и количественные изменения в структуре «паразит–хозяин» в искусственно созданных экологических системах.

Патогенные микроорганизмы, поражающие зерновые культуры, по экологической специализации можно объединить в следующие группы:

1. Семенные (возбудители пыльной головни, твердой головни, фузариозной, гельминтоспориозной и других корневых гнилей, плесневения семян, спорыньи).



Рис. 1. Основные этапы мониторинга, их последовательность и цель

2. Почвенные (возбудители офиоболезной, фузариозной, гельминтоспориозной и других гнилей).

3. Наземно-воздушные: (возбудители мучнистой росы, бурой листовой ржавчины, септориоза, фузариозно-гельминтоспориозных заболеваний, поражающих корневую систему).

4. Трансмиссивные (мозаика озимой пшеницы, полосатая мозаика, заукливание овса).

Они могут поражать растения на разных стадиях онтогенеза, приводя к различным хозяйственным последствиям (табл. 1). Это необходимо учитывать при разработке системы защиты.

При этом видовой перечень возбудителей болезней на протяжении последних 10 лет оставался практически стабиль-

ным, существенных изменений нет даже в соотношении видов в популяциях возбудителей болезней [2]. Существенным остается только степень проявления того или иного заболевания, которая варьирует в зависимости от агроэкологических условий, климатических факторов. Именно они играют определяющую роль в степени распространенности и вредности конкретного заболевания в конкретном году, оптимально отражаемой в таком показателе, как коэффициент заражения. Варьирование в проявлении минимального и максимального значения коэффициента заражения может колебаться в значительных пределах. Например, отмеченное минимальное значение коэффициента заражения озимого ячменя ринхоспориозом составило 0,2, а максимальное – 64. Отно-

Таблица 1

**Экологические группы патогенных организмов, нарушающие формирование основных элементов структуры урожая озимой пшеницы**

Фаза развития культуры	Элемент структуры урожая	Группы патогенных организмов
Осенний период: фаза «прорастание семян – кущение»	Густота всходов	1. Семенные: – возбудители пыльной головки; – возбудители твердой головки; – возбудители фузариозной, гельминтоспориозной, корневых гнилей; – возбудители плесневения семян. 2. Почвенные: – возбудители офиоболезной, фузариозной, гельминтоспориозной гнилей
Возобновление вегетации весной: фаза «кущение – цветение»	Продуктивная кустистость; число зерен в колосе	1. Почвенные: – возбудители вышеперечисленных гнилей. 2. Наземно-воздушные: – возбудители мучнистой росы, бурой листовой ржавчины, септориоза. 3. Трансмиссивные: – мозаика озимой пшеницы; – полосатая мозаика. 4. Семенные; – возбудители пыльной и твердой головки; – возбудители спорыньи
Фаза «начало налива – полная спелость»	Масса 100 зерен	1. Наземно-воздушные: – возбудитель септориоза. 2. Почвенные: – возбудители фузариозно-гельминтоспориозных заболеваний, поражающих корневую систему

сительно стабильно проявляется на озимой пшенице и озимом ячмене пыльная головня и твердая головня, причем экономический порог вредоносности для этих заболеваний достигнут, что определяет необходимость использования системных защитных мероприятий против этих крайне опасных возбудителей болезней.

Необходимость тщательной экспертизы патоконтекста зерновых культур обусловлена расширением сортимента ежегодно интродуцируемых в Приднестровье культур. Это может повлечь за собой изменения в видовом составе патогенов и в расстановке приоритетов.

В 2009 г. нами были исследованы семена сортов ячменя и пшеницы, завезенные в Слободзейский район из Украины (Одесская и Киевская обл.) и России (Краснодарский край). Экспертиза проводилась осенью 2008 г., весной и осенью 2009 г. Анализируя семена ячменя и пшеницы, помещенные во влажную камеру, обнаружили, что пораженные семена различаются симптомами. К бактериальной инфекции мы отнесли ослизнение, следующее за потемнением, к грибной – наличие налета.

На семенах ячменя и пшеницы различных сортов проявлялись симптомы разной этиологии, т. е. присутствовала как грибная, так и бактериальная инфекция. В большей степени зараженными грибной инфекцией оказались такие сорта ячменя, как Основа и Достойный. Бактериальной инфекции было значительно меньше, в основном симптомы ослизнения встречались на сортах Приазовский, Мастер, Михайло, Вакула и Дерибас. Смешанная инфекция наблюдалась на семенах сортов Михайло и Дерибас.

После поверхностной стерилизации 1% раствором  $KMnO_4$  картина существенно изменилась (табл. 2, 3).

Поражение грибной инфекцией семян таких сортов, как Мастер и Дерибас, составило 26–54%, в среднем – 38,3% при коэффициенте вариации, равном 28%. Поражение бактериальной инфекцией сортов Мастер и Основа составило 4–26%, в среднем 12% при коэффициенте вариации 66%. Таким образом, семена ячменя поражены внутренней инфекцией в различной степени (рис. 2, 3).

Основные грибные патогены, определяющие микрофлору семян ячменя

Таблица 2

**Выявление инфекции семян ячменя  
после поверхностной стерилизации (учет на 7-е сутки)**

Сорт	Проросшие семена		В том числе пораженные			
	Число	%	грибной инфекцией		бактериальной инфекцией	
			Число	%	Число	%
Достойный	47	94	15	30	9	18
Михайло	47	94	15	30	3	6
Приазовский	50	100	21	42	5	10
Основа	48	96	18	36	13	26
Вакула	48	96	25	50	3	6
Мастер	49	98	13	26	2	4
Дерибас	41	82	27	54	7	14
Среднее	47,14	94,3	19,14	38,3	6	12
$\bar{X}$	2,91	–	3,37	–	0,76	–
CV,%	6,17	–	28,03	–	65,97	–



**Выявление инфекции семян пшеницы  
после поверхностной стерилизации (учет на 7-е сутки)**

Сорт	Проросшие семена		В том числе пораженные			
	Число	%	грибной инфекцией		бактериальной инфекцией	
			Число	%	Число	%
Шарада	48	96	13	26	7	14
Одесская застава	48	96	6	12	2	4
Бомбона	50	100	50	100	4	8
Коллективная-3	45	90	15	30	4	8
Колумбия	49	98	12	24	5	10
Пана	46	92	15	30	4	8
Куяльник	48	96	10	20	2	4
Таня	49	98	14	28	1	2
Нота	50	100	8	16	2	4
$\bar{X}$	$48,11 \pm 1,69$	–	$15,88 \pm 2,35$	–	$3,44 \pm 0,44$	–
CV,%	3,51	–	82,86	–	54,53	–

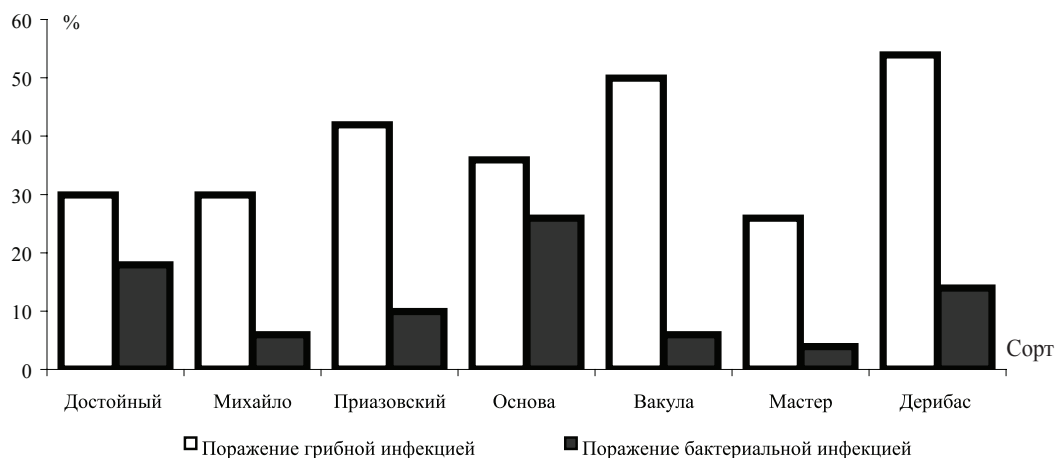


Рис. 2. Характеристика патокомплекса семян ячменя различных сортов

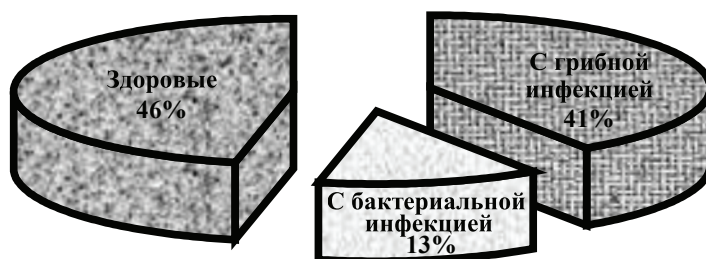


Рис. 3. Зараженность семян ячменя (средние значения), 2008–2009 гг.

и пшеницы, постоянно были представлены факультативными паразитами – родами *Alternaria*, *Helminthosporium* и условно патогенными родами *Mucor* и *Penicillium*.

Комплекс основных патогенов в осенне-зимний период сохранился, однако кроме выявленных весной были обнаружены грибы рода *Fusarium*. Визуальная полевая оценка показала, что на единичных растениях проявились корневые гнили, возбудитель которых идентифицирован как грибы рода *Helminthosporium*.

Таким образом, осеннее-весенний комплекс патогенов зерновых, поражающих растения в состоянии покоя и в ювенильную фазу, остается постоянным, причем наличие факультативных паразитов и условно патогенных грибов на посевные качества семян не влияет. Следовательно, протравливание, если оно проведено качественно, является необходимым и достаточным профилактическим мероприятием, предупреждающим болезни всходов.

Осенняя оценка пшеницы показала, что из листовых инфекций в следующем сезоне следует ожидать массового проявления септориоза, поскольку обнаружено большое количество пикнид на осенних листьях. Прогнозировать вредоносность болезни трудно. По нашим предположениям, она будет минимальной, поскольку пораженные листья к весне отомрут.

Изучение патоконспекса семян ячменя и пшеницы методом микроскопирования показало, что встречались представители родов *Alternaria*, *Helminthosporium*, но в основном во внутренней инфекции преобладали такие условно патогенные роды, как *Penicillium* и *Mucor*.

В условиях современной экономической и экологической ситуации необходим тщательный экономический анализ применения системы защиты. Он должен складываться из следующих звеньев:

- оценка уровня зараженности;
- анализ вредоносности в соответствии с ЭПВ;
- экономический анализ возможных мероприятий;
- обоснование необходимости их проведения.

Болезни с наиболее высокими показателями коэффициента заражения представлены в табл. 4.

При сплошном (100%) распространении болезней процент развития совпадает с коэффициентом заражения. Для расчета потерь урожая от листовых пятнистостей используем метод интерполяции [3] (табл. 5).

При предполагаемой реальной урожайности 40 ц/га процент потерь рассчитываем по следующей формуле:

$$a = 100 - v,$$

где  $a$  – бункерный урожай,  $v$  – процент потерь.

Например: процент потерь составил 2,3, следовательно,  $100 - 2,3 = 97,7\%$ , что составляет 40 ц/га, а  $2,3 - x$  ц/га. Отсюда

$$X = \frac{2,3 \times 40}{97,7} = 0,92 \text{ ц/га.}$$

Считаем таким же образом потери при 5,4% и 1% развития болезни:

$$X = \frac{5,4 \times 40}{100} = 2,16 \text{ ц/га;}$$

$$X = \frac{1 \times 40}{100} = 0,4 \text{ ц/га.}$$

Попробуем выразить это в денежном эквиваленте, учитывая, что стоимость фуражного зерна в 2009 г. составила от 70 до 100 у.е./т, в среднем – 85 у.е./т, или 8,5 у.е./ц. Таким образом, потери в деньгах составят от **3,4** до **18,4** у.е./га.

**Перечень заболеваний зерновых культур  
с максимальными коэффициентами заражения**

Культура	Фаза развития культуры	Заболевание	Коэффициент заражения		
			min	max	$x_{cp}$
Озимая пшеница	Всходы (осень)	Корневые гнили	1,6	14,6	8,1
	Кущение (осень)	Мучнистая роса	0,3	7,2	3,8
	Кущение (весна) – выход в трубку	Мучнистая роса	6,3	21,4	13,9
	Выход в трубку – колошение	Септориоз	0	5,4	2,7
		Корневые гнили	4,2	7,1	5,7
	Цветение – молочная спелость	Бурая листовая ржавчина	0,1	45,0	<b>22,6</b>
		Корневые гнили	3,3	5,5	4,4
Молочно-восковая спелость – полная спелость	Пыльная головня	0,1	0,3	0,2	
Озимый ячмень	Всходы–кущение (весна)	Корневые гнили	0,8	7,2	4,0
	Кущение–выход в трубку	Мучнистая роса	12,7	45,7	<b>29,2</b>
	Выход в трубку – полное созревание	Гельминтоспориозная пятнистость листьев (ринхоспориоз)	0,2	64,0	<b>32,1</b>
		Мучнистая роса	4,2	7,1	5,7
Яровая пшеница	Выход в трубку – цветение	Септориоз	0,6	2,6	1,6
		Бурая листовая ржавчина	0,3	20,1	<b>10,2</b>
Яровой ячмень	Выход в трубку – налив зерна	Гельминтоспориозная пятнистость (ринхоспориоз)	0,9	23,8	12,4

С другой стороны, проверим, каковы в современных экономических условиях минимальные затраты на обработку (без учета ее кратности).

Состав и оснащенность бригады, вносящей пестициды:

а) количество специалистов:

– механизатор – 3 чел.,

– сигнальщик (радиорабочий) – 1 чел.,

– оператор по приготовлению рабочего раствора – 1 чел.;

б) количество агрегатов:

– трактор МТЗ-82 – 2 ед.,

– бочка РЖТ-6 – 2 ед. (либо растворный узел – 1 ед.),

– опрыскиватель Vorters – 1 ед.

Расход ГСМ на 1 га:  $4 \text{ л} \times 0,70 \text{ \$} = 2,8 \text{ \$/га}$ . ООТ на 1 га с учетом ЕСН:

$1,7 + 24\% = 2,4$ . Всего на 1 га предполагается затратить 4,91 \$.

При минимальной стоимости рекомендуемого препарата (Импакт) 15 у.е. с учетом стоимости внесения (приблизительно 5 у.е.) затраты составят 20 у.е./га, что превысит даже максимальную стоимость потерь (18,4 у.е.).

Таким образом, применение обработок по вегетации против листовых инфекций считаем нерентабельным.

Немецкие исследователи в результате длительного фитопатологического мониторинга зерновых получили в последние годы следующие данные по ЭПВ: мучнистая роса – 60%; септориоз – 40%; бурая ржавчина – 30% [4]. Такие высокие значения свидетельствуют о мировой тенденции к минимизации внесения фунгицидов

## Потери урожая как следствие болезней

Культура	Фаза развития	Заболевание	x <sub>ср</sub>	Потери	
				%	ц/га
Озимая пшеница	Всходы (осень)	Корневые гнили	8,1		
	Кущение (осень)	Мучнистая роса	3,8		
	Кущение (весна) – выход в трубку	Мучнистая роса	<b>13,9</b>	2,3	0,92
	Выход в трубку – колошение	Септориоз	2,7		
		Корневые гнили	5,7		
	Цветение – молочная спелость	Бурая листовая ржавчина	<b>22,6</b>	2,3	0,92
		Корневые гнили	4,4		
	Пыльная головня	0,2			
Озимый ячмень	Молочно-восковая спелость – полная спелость	Твердая головня	0,1		
	Всходы–кущение (весна)	Корневые гнили	4,0		
		Кущение – выход в трубку	Мучнистая роса	<b>29,2</b>	5,4
	Выход в трубку – полное созревание	Гельминтоспориозная пятнистость листьев (ринхоспориоз)	<b>32,1</b>	5,4	2,16
Мучнистая роса		5,7			
Яровая пшеница	Выход в трубку – цветение	Септориоз	1,6		
		Бурая листовая ржавчина	<b>10,2</b>	1,0	0,4
Яровой ячмень	Выход в трубку – налив зерна	Гельминтоспориозная пятнистость (ринхоспориоз)	12,4		

в связи с их высокой стоимостью и другими затратами.

При проведении мониторинга фитопатологического состояния зерновых культур, включающего фитопатологический мониторинг, фитопатологическую экспертизу и экономический анализ, предлагаем сделать акцент на экологизированной системе, обязательным элементом которой является качественная предпосевная обработка семян. Это прием, позволяющий повлиять на будущее растение посредством проникновения в семя необходимых веществ для снижения его будущей восприимчивости к патогенам, а иногда даже и к вредителям. Кроме того, проведение обработки семян осуществляется под строгим контролем, когда можно практически полностью исключить передозировку пре-

парата, влияние климатических условий, человеческий фактор, так как протравливание сегодня проводится в изолированных помещениях с помощью современной техники, позволяющей осуществлять компьютерное управление процессом. Наконец, наиболее важным моментом является минимизация влияния химических средств защиты на окружающую среду, поскольку препарат попадает в почву только в незначительном количестве непосредственно на семя и его влияние на микрофлору почвы, а тем более на почвенную фауну сводится к минимуму.

Современные технологии позволяют оптимизировать систему мероприятий по защите озимой пшеницы в наших условиях с учетом конкретной фитопатологической ситуации (табл. 6).

**Фитосанитарные технологии, влияющие на снижение вредоносности  
основных болезней озимой пшеницы в условиях Приднестровья**

Прием фитосанитарной технологии	Агроприем	Основные болезни	Отзывчивость растений
<b>Формирование оптимального стеблестоя</b>			
Создание фонда здоровых и качественных семян: 1 класс – 95% всхожести, 2 класс – 92% , 3 класс – 90% всхожести	Очистка и сортировка семян (масса 1000 семян – 37 г)	–	Повышение зимостойкости
	Протравливание семян препаратами раксил, байтан универсал – 2 кг/т	Плесневение семян. Корневые гнили. Септориоз. Твердая головня	Снижение развития болезни на 85–90%
	Применение при обработке семян микроэлементов (бора, меди, марганца, цинка)	Грибные и бактериальные болезни	Повышение устойчивости к болезням
Оптимальная норма высева 4,5–5 млн всхожих зерен на 1 га	Оптимальная густота всходов, продуктивная кустистость на богаре – 80–90%	Корневые гнили. Мучнистая роса. Листовые пятнистости	Снижение заражения болезнями за счет создания оптимального микроклимата в агроценозе
Создание эффективного ложа для семян	Выравнивание участка, глубина заделки 6 см, глубина залегания узла кущения 2,6 см	Плесневение семян. Корневые гнили	Полевая всхожесть. 90–92% развития здоровой корневой системы до фазы кущения
Посев в оптимальные сроки: III декада сентября – I декада октября	Период до ухода в зимовку должен составлять 40–50 дней, в течение которых формируются 3–4 побега кущения	Мучнистая роса. Снежная плесень. Полосатая мозаика	Повышение зимостойкости. Снижение распространения болезней при посеве в октябре. Повышение урожайности на 8–10 ц/га
<b>Формирование числа зерен в колосе</b>			
Севооборот, предшественники	Снижение севооборота зернового клина. Лучшие предшественники – черный пар, бобовые, картофель ранний, кукуруза на силос, озимый рапс	Корневые гнили. Мучнистая роса. Ржавчина. Септориоз	Фитосанитарный эффект в отношении возбудителей корневых гнилей. Урожайность по лучшим предшественникам 50–58 ц/га
Система основного минерального удобрения	Учет агрохимических картограмм полей, выноса питательных веществ предшественником. Сбалансированные дозы NPK (избыток азота опасен)	Корневые гнили. Снежная плесень	P-удобрение способствует оздоровлению корневой системы, увеличению размера и объема корней, K-удобрение – смягчению зимних стрессов, PK-удобрение – накоплению в тканях сахаров (это элемент устойчивости к снежной плесени)
Система обработки почвы	Основная обработка почвы зависит от предшественника. В засушливых условиях степной зоны рекомендована безотвальная (плоскорезная) обработка, при достаточном увлажнении – вспашка с боронованием	Мучнистая роса. Ржавчина. Септориоз. Вирусные мозаики	Заделка растительных остатков предшественника (особенно стержневого) на 60–70% снижает степень заражения болезнями, передающимися через растительные остатки и сорняки
<b>Формирование массы 1000 зерен</b>			
Мероприятия, повышающие синтезирующую способность фотосинтетической поверхности листьев (τ = 0,96)	Фитосанитарный контроль посевов в периоды кущения, цветения, налива зерна. Опрыскивание фунгицидами при появлении начальных признаков болезни (Спортан – 1 л/га, Тилт премиум – 0,3 л/га)	Мучнистая роса. Септориоз. Ржавчина	Сохранение листовых пластинок, влагалищ флаговых листьев и верхних междоузлий обеспечивает постоянное поступление метаболитов из биомассы вегетативных органов к зернам – конечному результату урожая



## **Заключение**

Предлагаемая система позволяет реализовать оптимальную технологию формирования тактики защиты озимой пшеницы. Основным элементом системы защитных мероприятий для зерновых колосовых культур в условиях Приднестровья является подготовка семян к посеву: подбор наиболее современных протравителей и проведение обработки семян в строго контролируемых условиях.

Поражение листовыми пятнистостями до уровня 40–50% развития болезни не является экономическим порогом вредности и не требует дополнительных затрат на защитные мероприятия.

Таким образом, сохраняется экологическая стабильность агроландшафтов, оптимизируется экономическая составляющая возделывания зерновых культур, по-

вышается рентабельность сельскохозяйственного производства.

## **Цитированная литература**

1. **Попов Ю.В.** Экологизированная защита зерновых культур от болезней в условиях центрального Черноземья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Воронеж, 2006.
2. **Соколова Л.Н., Антюхова О.В., Куниченко Н.А.** Мониторинг основных болезней зерновых колосовых культур в Приднестровье // Вестник Приднестровского университета. – 2009. – № 2 (34). – С. 194–203.
3. **Поляков И.Я., Персов М.П., Смирнов В.А.** Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. – Л.: Колос, 1984.
4. ([www.roglernet.de/aserbaidshan/Weizen.pdf](http://www.roglernet.de/aserbaidshan/Weizen.pdf)).

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. ЭКОНОМИКА

УДК 53

*С.И. Берил*, д-р физ.-мат. наук, проф.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

*В статье представлены наиболее актуальные проблемы макро-, микрофизики и физики Вселенной, их значение и последствия для развития науки, техники и технологий, а также роль в построении современной физической картины мира.*

Вопрос, из чего состоит вещество, т. е. вопрос о структуре материи, возник в результате наблюдения за происходящими в природе процессами. Еще в древних цивилизациях ученые пришли к пониманию, что бесконечное разнообразие физического мира можно свести к небольшому числу «сущностей». Эта мысль стала стержневой в развитии физики и других естественных наук, так или иначе связанных с ней, и привела к необратимому прогрессу в понимании сущностей и первопричин мироздания, положенных в основу современной физики фундаментальной структуры материи.

Основной концепцией современной физики является существование трех миров: макро-, микро- и мегамира, или Вселенной.

Выдающийся российский физик, лауреат Нобелевской премии В.Л. Гинзбург каждые 10 лет на протяжении 40 лет составлял «список» проблем макро-, микромира и астрофизики, которые представля-

лись особенно важными и интересными для человечества. Эти работы академика В.Л. Гинзбурга получили мировое признание не только потому, что они решают сложнейшие проблемы, над которыми бьются выдающиеся умы планеты, но и потому, что достаточно емко характеризуют современную физическую картину мира.

Предваряя перечень наиболее актуальных проблем физики, В.Л. Гинзбург обратил внимание на поразительно высокие темпы развития науки в наше время. За последнее столетие произошли гигантские изменения в физике, астрономии, химии, биологии, хотя сто лет ничтожно мало в сравнении не только со временем существования жизни на Земле (около 3 млрд лет), но даже с возрастом современного вида людей (приблизительно 50 тыс. лет).

Зародившись в древних цивилизациях, основной свой путь наука прошла всего за последние 300–400 лет. Развитие физики не было безоблачным. За открытия

новых законов и истин отлучали от науки, сажали в тюрьмы и даже сжигали на кострах инквизиции. Прогрессу науки всегда мешала лженаука, которая существовала во все времена. Не составляет исключение и наше время. Не случайно в Российской академии наук уже создана авторитетная комиссия известных ученых для борьбы с лженаукой.

Стремительное развитие науки способствовало возникновению нетривиальной проблемы, связанной с гигантским увеличением накопленного материала и объема информации, с его хранением, использованием при передаче знаний в процессе обучения и в практической деятельности.

Очевидным является тот факт, что в XXI столетии физика развивается не менее быстро, чем в XX. Несмотря на огромное число направлений и ответвлений, стержнем современной физики остаются фундаментальные понятия и законы теоретической физики, действия которых отражаются в явлениях макро-, микромира и Вселенной.

Перечислим основные актуальные проблемы, относящиеся к макрофизике.

1. **Проблема управляемого термоядерного синтеза** (или, как ее называют на научном жаргоне, проблема «термояда»), решение которой определит энергетическое будущее человечества. Оценки, проведенные известными учеными-экспертами Римского клуба, а также группой нобелевских лауреатов, показали, что всех видов топлива, добываемых на Земле и относящихся к невозобновляемым источникам энергии, при достигнутом темпе энергопотребления (сегодня в мире действует закон: каждые 10 лет энергопотребление удваивается) хватит примерно на 100–150 лет. Поэтому проблема поиска новых источников энергии стоит перед человечеством очень остро. В течение последних 60 лет выдающиеся ученые, научные коллективы физиков и инженеров развитых госу-

дарств пытаются решить этот вопрос, но пока на промышленном уровне он остается открытым. Созданы экспериментальные термоядерные реакторы, представляющие собой тороидальные камеры, так называемые токамаки, в которых при температуре примерно 100 млн градусов Кельвина ядра легкого (дейтерия) и тяжелого (третия) изотопов водорода, находясь в «горячей» плазме, сливаются в ядро атома гелия. Выделяемая в ходе синтеза энергия в десятки раз превосходит энергию, выделяемую в процессе реакции ядерного распада на современных атомных электростанциях. По подсчетам ученых, запасов изотопов легкого и тяжелого водорода в Мировом океане хватит на несколько миллионов лет. Специалисты полагают, что за это время человечество решит проблему заселения планет Солнечной системы и колонизации Космоса, если, конечно, оно не погибнет и на Земле будет обеспечено устойчивое развитие. Кроме термоядерного синтеза на токамаках физики предложили другой способ получения термоядерной энергии – на основе лазерного термоядерного синтеза с использованием сверхмощных лазеров. Однако более перспективными на сегодня являются термоядерные установки с магнитным удержанием «горячей» плазмы.

2. **Следующая актуальная проблема** связана с получением высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) или, как ее еще называют, ВТСП при комнатной температуре. Известно, что явление сверхпроводимости (СП), заключающееся в исчезновении электрического сопротивления у металлов при их охлаждении до сверхнизких температур, было открыто Г. Камерлинг-Оннесом в 1911 г. Оказалось, что при температуре  $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$  электрическое сопротивление ртути снижается до бесконечно малой величины и электрический ток протекает через такой СП без затухания (т. е. без выделения тепла). Важность этого открытия очевидна, поскольку самый

распространенный вид энергии – электрический – транспортируется по ЛЭП с потерями на джоулево нагревание. В случае если ЛЭП будут изготовлены из ВТСП-материалов, эти потери исчезнут.

Долгое время физики работали над проблемой повышения критической температуры, при которой проводник переходит в СП-состояние. В 1986 г. были открыты так называемые керамики, имеющие критическую температуру 92 К, т. е. выше температуры кипения жидкого азота (77 К). Затем были синтезированы новые химические соединения, в которых критическая температура приближалась к 130–140 К. В настоящее время физики занимаются проблемой повышения критической температуры до комнатной. Что это даст человечеству? Во-первых, это позволит получаемую с таким трудом электроэнергию транспортировать без потерь; во-вторых, принципиально по-новому ее хранить и, в-третьих, грамотно расходовать. Решение этой задачи, имеющей не только большое техническое приложение, но и фундаментальное значение для самой науки, связанное с необычной природой этого уникального физического явления, революционизирует современную микроэлектронику, и можно с оптимизмом сказать, что ученые уже близки к ее разгадке.

3. К актуальным проблемам современной физики следует также отнести получение новых веществ и в первую очередь металлического водорода. Это не совсем обычный металл. Помимо того, что он будет самым легким металлом в природе, он вдобавок будет сверхпроводником с критической температурой, более чем в 3 раза превышающей комнатную. Однако получить такой металл из газа непросто. Для этого водород нужно превратить в жидкость, а затем подвергнуть ее высокому давлению – **в несколько миллионов атмосфер**. При таких давлениях обычный металл, из которого будет сделан резерву-

ар, становится текучим, поэтому необходимо решать еще исключительно сложные инженерные проблемы. Тем не менее игра стоит свеч. Выигрыш многократно перекроет все затраты.

4. Следующая проблема связана с физикой поверхности и физикой систем пониженной размерности, которые называют еще квазидвумерными, квазиодномерными и квазинульмерными системами или структурами с квантовыми ямами, квантовыми нитями и квантовыми точками. Все они относятся к бурно развивающемуся сегодня разделу современной физики твердого тела – нанофизике. Это рукотворные объекты, отсутствующие в природе в естественном виде. Они были созданы физиками-экспериментаторами в лабораториях после того, как их придумали физики-теоретики, которые предсказали их необычные физические свойства. Оказалось, что, используя наноструктуры, можно моделировать параметры вещества в процессе их создания и управлять их свойствами. То, чего невозможно было достигнуть в массивных кристаллах, стало возможным в наносистемах с помощью изоциренных технологий.

Сегодня цивилизованные государства мира строят целые национальные стратегии и проекты развития нанофизики и нанотехнологий, достижения которых затронут большинство областей современной науки и многие сферы жизни человечества. Ожидается колоссальный прогресс, прежде всего в создании новой элементной базы современной микро- и оптоэлектроники. Маленькие размеры элементов ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ) позволят достигнуть высочайшей степени интеграции (более 1 млн элементов на поверхности в  $1 \text{ см}^2$ ), а наноструктуры на основе графита – так называемые фуллерены, или углеродные нанотрубки, – решить фантастически сложные технические проблемы на Земле и в Космосе.

Благодаря прогрессу в разработке экспериментальной техники и технологий стало возможным получение и глубокое исследование свойств сверхчистых поверхностей. Создание вакуумных туннельных микроскопов позволило физикам «иметь дело» с отдельными атомами в процессе конструирования структур пониженной размерности и наносистем, например, выложить в линейку из атомов или написать из отдельных атомов текст на поверхности кристалла.

На современную физику поверхности ученые возлагают большие надежды, так как с ее помощью они рассчитывают решить целый ряд сложных проблем, не поддававшихся разгадке в течение столетий (например, установление физической природы гетерогенного катализа и др.).

5. Важнейшей проблемой современной физики является исследование поведения вещества в экстремальных условиях, недостижимых на Земле, но существующих в объектах Вселенной. Речь идет о сверхсильных полях, которые образуются в оболочках нейтронных звезд. При этих полях, в миллиарды раз превышающих созданные в современных физических лабораториях, вещество может менять свою структуру и свойства, что представляет большой интерес для науки (например, обычное железо становится полимерным, а термоядерный синтез будет происходить при «обычных» температурах).

6. В макрофизике к актуальным относятся также проблемы нелинейной физики. Эта область сегодня быстро развивается, что связано как с достижениями математики, так и с использованием современной вычислительной техники и компьютерного моделирования. Современные суперкомпьютеры сделали возможным решение ряда нелинейных задач – моделирование физических процессов в атмосфере, климата Земли и др. Важнейшим приложением новых знаний в этой области станет

исследование биологических и социальных систем, в частности человеческого общества. Несомненно, наука поможет по-настоящему разобраться и понять природу революций, войн, общественных потрясений, прогресса и главное – законы развития человеческого общества.

7. К наиболее актуальным проблемам, над которыми сегодня работают физики, следует отнести и создание новых лазеров. XX столетие справедливо назвали атомным. Но в этом веке были созданы и лазеры. В нынешнем столетии ученые будут заниматься не только их совершенствованием и расширением области применимости, но и созданием, а также использованием их аналогов – разеров и гразеров, соответствующих рентгеновскому и гамма-диапазонам. В нашумевшей американской программе СОИ (Стратегическая оборонная инициатива) созданные устройства должны были играть роль грозного оружия. И все-таки эти достижения важны в первую очередь для самой науки и для широкого их гражданского использования. Лазеры, как и атомная энергия, являются необходимыми средствами для решения важнейших проблем человечества.

8. Создание новых химических элементов также можно отнести к проблемам макрофизики. Самым тяжелым из элементов является уран с атомным номером  $Z = 92$  и атомной массой 238. С 1946 г. ученые начали искусственно создавать на ускорителях трансурановые элементы путем облучения тяжелых ядер нейтронами и различными ядрами. Первым был создан нептуний с номером 93, затем – плутоний с номером 94, позже появились америций – 95, кюрий – 96, берклий – 97, калифорний – 98, эйнштейний – 99, фермий – 100, менделевий – 101.

Наиболее известные трансурановые элементы живут секунды или доли секунды. Их ядра нестабильны и подвержены  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадам, т. е. оказываются естест-



венно радиоактивными и подверженными спонтанному делению.

Однако свойства трансуранов не меняются монотонно с ростом номера  $Z$ . Ученые установили, что возможно существование сравнительно долгоживущих изотопов с  $Z \geq 114$ . Совсем недавно были получены сообщения о создании в России ядер элементов с  $Z = 116$ ;  $Z = 118$ ;  $Z = 120$ . Наряду с синтезом новые химические элементы ученые ищут на Земле, в осколках метеоритов, в космических лучах. Таким образом, получение далеких трансуранов ведется по всем направлениям и относится к фундаментальным проблемам современной физики. В настоящее время особенно активно проводятся исследования свойств ядерной материи, присутствующей в различных объектах Вселенной (нейтронных звездах, «черных дырах» и др.), и то, что не может существовать на Земле, вполне вероятно, существует в недрах галактик современной Вселенной.

Это были наиболее важные проблемы макрофизики.

Прежде чем говорить о проблемах микрофизики, нужно определить, что мы под ней понимаем. В соответствии с современными представлениями – это передний фронт физики в изучении строения материи. Сначала в центре внимания микрофизики находились молекулы, атомы и атомные ядра, а область микромира определялась как область действия квантовых законов, в то время как в макромире господствуют классические закономерности. Такой подход, однако, условен, поскольку, с одной стороны, классические законы применимы при описании движения нуклонов, а с другой – квантовые законы определяют поведение микроскопических систем, таких как, например, явление сверхпроводимости в проводниках.

К микрофизике можно отнести область физики элементарных частиц и законы, которые управляют их взаимодействием,

т. е. законы, определяемые релятивистской квантовой теорией. Объектами микрофизики являются кварки и глюоны, строение протонов, нейтронов и других барионов, а также фотонов, мезонов, лептонов.

Рассмотрим проблемы, связанные с микрофизикой.

9. На одной из них следует остановиться подробнее. Вернемся снова к вопросу, из каких простейших элементов состоит вещество. Сначала это были молекулы и атомы, потом – электроны, протоны, нейтроны, фотоны и еще достаточно большой класс элементарных частиц. Когда этих частиц стало так много, что из них была составлена таблица, подобная таблице Менделеева, вновь встал вопрос о поиске «еще более простых» элементарных частиц (этот процесс физики назвали унификацией).

В 1963–1964 гг. выдающийся американский физик М. Гелл-Манн выдвинул гипотезу кварков, из которых слеплены протоны, нейтроны и другие «тяжелые» частицы, переставшие в этом смысле быть элементарными (все барионы и мезоны). Вначале было введено три кварка, затем – еще три кварка и соответственно шесть антикварков. Позже у кварков появился цвет. Таким образом, число кварков стремительно росло. Тем не менее кварковая модель строения элементарных частиц, несмотря на противоречивое к себе отношение, в настоящее время считается общепринятой и никто не подвергает ее сомнению. К самым необычным свойствам кварков по сравнению, например, с электроном и протоном следует отнести их дробные заряды ( $\pm 1/3 |e|$  и  $\pm 2/3 |e|$ , где  $|e|$  – заряд электрона) и необычный закон взаимодействия: чем дальше друг от друга находятся кварки, тем сильнее они взаимодействуют (именно этот закон объясняет, почему не встречаются изолированные кварки). Кроме того, во всех известных физических явлениях проявляется элемен-

тарный заряд  $|e|$ . Взаимодействие кварков осуществляется с помощью квантов глюонного поля, существование которого также подтверждено в экспериментах.

Так имеет ли смысл говорить о кварках, если они не наблюдаются в свободном состоянии? Эксперименты на современных ускорителях однозначно подтвердили кварковую модель строения материи. Однако теперь возникает новый вопрос: действительно ли элементарные частицы «состоят» из чего-то? Например, можно ли считать, что нейтрон «состоит» из протона, электрона и антинейтрино, потому что распадается на них, или что протон состоит из нейтрона, позитрона и нейтрино?

Здесь мы сталкиваемся с ограниченностью понятия «состоит из», а ситуация с кварками аналогична. Один из создателей квантовой механики В. Гейзенберг высказал гипотезу о том, что кварки являются лишь вспомогательными образами. Однако теория кварковой модели и построенная на ее основе теория сильных или ядерных взаимодействий, получившая название «квантовая хромодинамика», оказались исключительно плодотворными и стали новыми завоеваниями в физике, лежащими в основе современного естествознания.

Проблемы квантовой хромодинамики относятся к наиболее актуальным проблемам современной микрофизики. Вопрос об «элементарных кирпичиках», который в Древней Греции привел к понятию «атом», сегодня подвел к матрешке, в которой может находиться нечто. Являются ли кварки последней матрешкой или будут открыты новые частицы, а дробление продлится до бесконечности – эти вопросы пока остаются для науки открытыми.

10. Фундаментальной проблемой микрофизики и всего современного естествознания является создание единой теории поля, над которым последние 30 лет своей жизни работал Альберт Эйнштейн (тогда

он поставил цель объединить два из четырех известных к тому времени взаимодействия: электромагнитное и гравитационное). В дальнейшем были открыты слабое и сильное, или ядерное, взаимодействия. И хотя Эйнштейну не удалось решить поставленную задачу, высказанные им идеи оказались исключительно плодотворными.

В 1973–1979 гг. была создана теория, в которой электромагнитное и слабое взаимодействия были объединены в единое электрослабое взаимодействие. За эту теорию трем физикам – Вайнбергу, Саламу и Глэшоу была присуждена Нобелевская премия. Теория имела впечатляющий успех, получила блестящее экспериментальное подтверждение и стимулировала создание единой теории трех взаимодействий (включая сильное), которая была названа «великое объединение». В основу новой теории положены представления о кварках и лептонах. Наиболее удивительным ее выводом является возможность распада протона. До появления теории трех взаимодействий считался справедливым закон о сохранении барионного числа (числа всех протонов и нейтронов Вселенной), который запрещал распад протона. Имеющиеся экспериментальные данные дают для времени жизни протона  $> 10^{30}$  лет (возраст Вселенной приблизительно  $10^{10}$  лет).

В настоящее время проводятся эксперименты по проверке этого вывода теории «великого объединения». Если распад протона обнаружится, то это станет торжеством теории. Сама идея распада протона была выдвинута выдающимся физиком А.Д. Сахаровым. Энергии, при которых эти три вида взаимодействия сливаются в один, составляют  $\sim 10^{15}$ – $10^{16}$  ГэВ. Им соответствует масса  $10^{-9}$ – $10^{-8}$  г (что составляет  $1,7(10^{15} \div 10^{16})m_p$ , где  $m_p$  – масса протона). Такое большое значение энергии и массы означает малую вероятность распада протона.

Наконец, последним шагом после «великого объединения» будет объединение всех взаимодействий, включая гравитационное. Все известные четыре вида взаимодействия – электромагнитное, слабое, сильное и гравитационное – объединяются (так называемое суперобъединение, или супергравитация) при энергиях  $10^{19}$  ГэВ, масштабах  $10^{-33}$  см, массах  $10^{-5}$  г и чудовищной плотности вещества, составляющей приблизительно  $10^{94}$  г/см<sup>3</sup>.

В октябре 2007 г. в Интернете появилась теория молодого американского физика Гаррета Лизи под названием «Теория всего сущего». Эта работа, объединяющая все известные виды взаимодействий, произвела сенсацию в мире, и если она окажется верной, то будет реализовано научное завещание Альберта Эйнштейна по созданию единой теории поля. Основное уравнение новой единой теории поля Г. Лизи содержит в себе три фундаментальные константы:  $C$  – скорость света;  $h$  – постоянная Планка;  $G$  – гравитационная постоянная. Парадоксальным является тот факт, что эта теория оказалась тесно связанной с ранней Вселенной непосредственно в момент после Большого Взрыва, что говорит о тесной связи физики элементарных частиц, космологии и происхождения Вселенной.

11. К актуальным проблемам современной микрофизики относится также вопрос фундаментальной длины, т. е. масштаба, на котором «работает» известная физика. Исходя из достигнутых на ускорителях энергий эта фундаментальная длина равна  $\sim 10^{-17}$  см, а соответствующее ей время  $\sim 10^{-27}$  с. На этих пространственных и временных масштабах остаются справедливыми существующие пространственно-временные представления. А что же происходит на меньших масштабах? Должна ли появиться «новая физика» с необычными пространственно-временными представлениями,

соответствующими «зернистому пространству – времени»? Пока этот вопрос не решен.

Известная в современной физике планковская, или гравитационная, длина  $\sim 1,6 \times 10^{-33}$  см, соответствующие ей время  $\sim 10^{-43}$  с, энергия  $\sim 10^{19}$  ГэВ и масса  $10^{-5}$  г ограничивают области использования классической релятивистской теории гравитации и Общей теории относительности. В этом случае необходимо пользоваться квантовой теорией гравитации, которая пока не создана в окончательном виде.

Обобщая перечень проблем микрофизики, можно сказать, что перед современной теоретической физикой стоят не менее сложные задачи, чем те, с которыми столкнулась теоретическая физика в начале XX столетия и решение которых привело к созданию квантовой механики и Общей теории относительности.

Важнейшими проблемами астрофизики являются следующие.

12. Экспериментальная проверка Общей теории относительности Эйнштейна, которая обобщает ньютоновскую теорию гравитации и Специальную теорию относительности. Эти эксперименты проводятся в самой большой современной физической лаборатории – во Вселенной. Как известно, одним из выводов Общей теории относительности является существование гравитационных волн. Для их наблюдения на Земле, в Солнечной системе и во Вселенной проводились изощреннейшие, но пока безрезультатные эксперименты, поэтому вопрос о детектировании гравитационных волн остается в современной физике актуальным. Одновременно это будет и проверкой справедливости Общей теории относительности.

Следует отметить, что наиболее известные предсказания Общей теории относительности связаны с отклонением световых лучей в гравитационном поле

Солнца, измеренном экспериментально с большой точностью и находящимся в согласии с теорией Эйнштейна, а также с линзоподобным действием масс (звезд, галактик) на проходящие вблизи них электромагнитные волны (радиоволны, свет), – так называемые гравитационные линзы, предсказанные Эйнштейном. Они были экспериментально подтверждены с высокой точностью (роль гравитационной линзы играет эллиптическая галактика, находящаяся на половине пути между наблюдаемым с Земли квазаром).

13. За 40 лет исследований, благодаря превращению оптической астрономии во всеволновую, в наблюдаемой части Вселенной были открыты удивительные объекты, такие, как нейтронные звезды (предсказанные выдающимся физиком XX столетия Л.Д. Ландау), пульсары, а также совершенно экзотические объекты – «черные дыры» и др. Эти открытия позволили продвинуться в решении другой актуальной проблемы физики – космологической, которая заключается в изучении структуры пространства на больших масштабах и установлении закона эволюции Вселенной во времени, в выяснении ее топологии и соответствия известным моделям, в которых Вселенная рассматривается как однородная и изотропная (модель А. Фридмана).

Вывод в космос оптического телескопа Хаббла дал возможность получить уникальную информацию о процессах, протекающих во Вселенной и ее самых удаленных частях, о происхождении галактик и их исчезновении. Например, установлено, что значительная часть массы Вселенной (до 95%) связана с так называемой «темной материей», которая на сегодняшний день остается совершенно неизученной. Априори не ясно, будет ли «темная материя» подчиняться установ-

ленным законам современной физики или нужно будет искать новые законы.

И все же, несмотря на достигнутое глубокое проникновение в тайны Природы, микро- и макрокосмоса, без ответа по-прежнему остается вопрос, который всегда будет волновать ученых: как возникли законы Природы? В давние времена люди считали, что эти законы придуманы Богом. Сегодня ученый мир полагает, что они являются теми инструментами, с помощью которых мы пытаемся постичь объективную реальность во всей ее сложности и единстве. Как заметил А. Эйнштейн, «самое непостижимое во Вселенной – это то, что она все-таки постижима». Однако «совсем не обязательно быть физиком, чтобы оценить значение открытий, сделанных теми, кто исследует свойства материи, – считает Р. Фейнман. – Ведь наслаждаются же многие квартетами Бетховена, даже не умея прочесть партитуру или сыграть хотя бы одну ноту».

Достижения науки подобны великим творениям в музыке, литературе, живописи. Они знаменуют собой триумф человеческого разума и, в конечном счете, становятся частью культурного наследия человечества.

### Цитированная литература

1. Гинзбург В.Л. Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными (десять лет спустя)? // УФН. – 1981. – Т. 134, вып. 3. – С. 469–517.

2. Гинзбург В.Л. Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными (тридцать лет спустя, причем уже на пороге XXI века)? // УФН. – 1999. – Т. 169, вып. 3. – С. 419–440.

УДК 537.632

*П.И. Хаджи*, д-р физ.-мат. наук, проф.*О.Ф. Васильева*, аспирантка

## ОСОБЕННОСТИ ВРЕМЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ КОГЕРЕНТНЫХ БОЗЕ-КОНДЕНСИРОВАННЫХ АТОМОВ В ДВУХЪЯМНОЙ ЛОВУШКЕ

*С помощью уравнения Гросса–Питаевского изучена динамика туннелирования бозе-конденсированных атомов через барьер между двумя ямами с учетом упругих межчастичных взаимодействий. Получены аналитические решения системы нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих временную эволюцию атомов в ямах в зависимости от начальных плотностей атомов, начальной разности фаз и расстройки резонанса. Показано, что временная эволюция системы существенно определяется начальными условиями и представляет собой как периодическое, так и аperiodическое изменение плотности атомов либо покой при отличных от нуля начальных плотностях атомов в ямах. Найденные особенности временной эволюции плотности атомов в зависимости от начальной разности фаз свидетельствуют о возможности фазового контроля системы.*

### Введение

Первые эксперименты, в которых наблюдалась бозе-эйнштейновская конденсация (БЭК) разреженных паров щелочных металлов [1–3] при сверхнизких температурах, стимулировали дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования этого явления. Полученные результаты представляют огромный научный интерес с точки зрения углубления представлений о макроскопическом квантовом явлении. Современное состояние достижений в этой области можно найти в обзорах [4–8].

Одной из важных физических проблем является исследование временной эволюции бозе-конденсата – изменение его параметров в пространстве и времени. Динамику волновой функции БЭК можно описать эффективным уравнением среднего поля, известным в литературе как уравнение Гросса–Питаевского, в которое включаются также члены межчастичного взаимодействия.

В связи с повышенным научным интересом к особенностям проявления БЭК

актуальным является более глубокое и детальное исследование ее динамики в двухъямных ловушках, результаты которого представлены ниже. Показано, что имеют место периодический и аperiodический режимы эволюции системы, а также режим покоя при отличных от нуля начальных заселенностях ям.

### 1. Основные уравнения

На рис. 1 схематически представлен график потенциала ловушки, в двух ямах которой могут локализоваться бозе-кон-

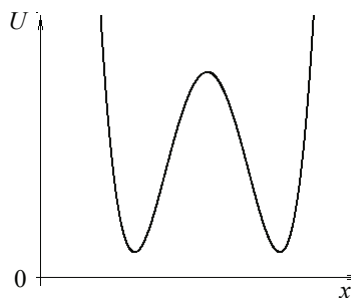


Рис. 1. Модель двухъямного потенциала

денсированные атомы. Ямы разделены потенциальным барьером, допускающим возможность туннелирования атомов из одной ямы в другую. Изучим динамику процесса туннелирования нейтральных бозе-конденсированных атомов между двумя ямами.

Конденсатная волновая функция  $\Psi(\mathbf{r}, t)$ , описывающая основное состояние разреженного бозе-газа, удовлетворяет нелинейному уравнению Шредингера [4–8]:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi(\mathbf{r}, t)}{\partial t} = \left( -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + U(\mathbf{r}) + N_0 U_0 |\Psi(\mathbf{r}, t)|^2 \right) \Psi(\mathbf{r}, t), \quad (1)$$

где  $U(\mathbf{r})$  – потенциал ловушки;  $N_0$  – полное число атомов в ловушке;  $U_0 = 4\pi\hbar^2 a/m$  – потенциал межатомного взаимодействия,  $a$  – атомная длина рассеяния,  $m$  – масса атома. Конденсатная волновая функция связана с плотностью атомов соотношением  $N(\mathbf{r}, t) = N_0 |\Psi(\mathbf{r}, t)|^2$ .

Рассмотрим туннелирование атомов при нулевой температуре, когда можно пренебречь их кинетической энергией по сравнению с энергией межатомного взаимодействия  $N_0 U_0$ . Будем считать, что межатомное взаимодействие не влияет на основное состояние атомов в каждой отдельно взятой яме. Кроме того, будем полагать, что энергия межатомного взаимодействия намного меньше энергии возбуждения атома на первом возбужденном уровне. В этом случае волновая функция двухъямной системы может быть представлена в виде суперпозиции индивидуальных волновых функций в каждой отдельно взятой яме. Используя двухмодовое приближение, запишем

$$\Psi(\mathbf{r}, t) = b_1(t) \cdot u_1(\mathbf{r}) + b_2(t) \cdot u_2(\mathbf{r}),$$

где  $u_{1,2}(\mathbf{r})$  – локальные модовые волновые функции стационарного уравнения

Шредингера для атомов в каждой отдельно взятой яме, а  $b_1(t)$  и  $b_2(t)$  – коэффициенты разложения, зависящие от времени.

Подставляя это разложение в (1) и проводя интегрирование по координатам, получаем два связанных нелинейных дифференциальных уравнения для определения функций  $b_{1,2}(t)$  [9–12]:

$$\begin{cases} i\dot{b}_1 = \omega_1 b_1 + \nu |b_1|^2 b_1 - \kappa \cdot b_2, & (2) \\ i\dot{b}_2 = \omega_2 b_2 + \nu |b_2|^2 b_2 - \kappa \cdot b_1, & (3) \end{cases}$$

где  $\hbar\omega_{1,2}$  – энергия атома в соответствующей яме;  $\nu = N_0 U_0 / \hbar$ ,  $\kappa = K / \hbar$ ,  $K$  – константа туннелирования (или константа связи).

Из (2)–(3) видно, что процесс квантового туннелирования атомов между двумя ямами является существенно нелинейным. Числа атомов в каждой яме определяются выражениями  $N_{1,2} = N_0 |b_{1,2}|^2$ . В (2)–(3) включены слагаемые нелинейного межатомного взаимодействия только между атомами в пределах каждой ямы. Взаимодействие между атомами первой и второй ям не учитываем, так как они разделены потенциальным барьером.

Систему уравнений (2)–(3) следует дополнить начальными условиями, которые можно записать в виде

$$\begin{aligned} b_{1|t=0} &= b_{10} \exp(i\varphi_{10}), \\ b_{2|t=0} &= b_{20} \exp(i\varphi_{20}), \end{aligned} \quad (4)$$

где каждая из функций характеризуется своей начальной амплитудой и фазой.

Введем в рассмотрение нормированные плотности частиц в ямах  $n_1 = b_1^* b_1$ ,  $n_2 = b_2^* b_2$  и две компоненты «поляризации»:  $Q = i(b_1^* b_2 - b_2^* b_1)$  и  $R = b_1^* b_2 + b_2^* b_1$ . Используя (2)–(3), приходим к следующей системе нелинейных дифференциальных уравнений:



$$\begin{cases} \dot{n}_1 = \kappa \cdot Q, \quad \dot{n}_2 = -\kappa \cdot Q, & (5) \\ \dot{Q} = (\Delta + \nu(n_2 - n_1))R + 2\kappa(n_2 - n_1), & (6) \\ \dot{R} = -(\Delta + \nu(n_2 - n_1))Q, & (7) \end{cases}$$

где  $\Delta = \omega_2 - \omega_1$  – расстройка между ближайшими уровнями энергии атомов в ямах.

Используя (4), запишем начальные условия для плотностей частиц и компонент «поляризации»:

$$n_{1|t=0} \equiv n_{10} = |b_{10}|^2, \quad n_{2|t=0} \equiv n_{20} = |b_{20}|^2,$$

$$Q_{t=0} \equiv Q_0 = 2\sqrt{n_{10}n_{20}} \sin \Psi_0, \quad (8)$$

$$R_{t=0} \equiv R_0 = 2\sqrt{n_{10}n_{20}} \cos \Psi_0,$$

где  $\Psi_0 = \varphi_{10} - \varphi_{20}$  – начальная разность фаз атомных амплитуд в обеих ямах. В общем случае мы полагаем, что в начальный момент времени атомы имеются в обеих ямах.

Из (5) следует интеграл движения  $n_1 + n_2 = n_{10} + n_{20} = 1$ , который выражает собой закон сохранения полного числа атомов в системе. Из (5)–(7) нетрудно получить выражение для  $R$ , а затем и для  $Q$  через  $n_2$ , которое определяется формулой

$$Q^2 = 4n_2(1 - n_2) - 4\left[\frac{\beta}{2}(n_{20} - n_2) + \frac{\alpha}{2}n_2(1 - n_2) - C_0\right]^2, \quad (9)$$

где

$$C_0 = \sqrt{n_{10}n_{20}} \left( \cos \Psi_0 + \frac{\alpha}{2} \sqrt{n_{10}n_{20}} \right),$$

$$\alpha = \frac{\nu}{\kappa}, \quad \beta = \frac{\Delta}{\kappa}, \quad (10)$$

$\alpha$  – нормированный параметр нелинейности, а  $\beta$  – нормированная расстройка резонанса.

Используя далее уравнение  $\dot{n}_2 = -\kappa \cdot Q$  из (5) и выражение (9) для  $Q$ , можно получить формальное решение в квадратурах для плотности атомов  $n_2(t)$  во второй яме в зависимости от времени. Вычислив  $n_2(t)$ , с помощью интеграла движения можно найти и  $n_1(t)$ .

Уравнение для определения функции  $n_2(t)$ , как следует из (5) и (9), можно представить в более удобном для исследования виде:

$$(dn_2/dt)^2 + W(n_2) = 0, \quad (11)$$

где  $(dn_2/dt)^2$  и  $W(n_2)$  играют роль соответственно кинетической и потенциальной энергий нелинейного осциллятора, причем полная энергия осциллятора равна нулю. Здесь  $W(n_2) = -Q^2(n_2)$ . Движение осциллятора возможно в той области значений  $n_2$ , которым соответствует отрицательная потенциальная энергия ( $W(n_2) < 0$ ).

Из (9)–(10) видно, что если в начальный момент времени плотность атомов в одной из ям ловушки равна нулю, то динамика процесса туннелирования между ямами не зависит от начальной разности фаз  $\Psi_0$ .

## 2. Эволюция в случае $n_{20} = 0$ и $\Delta = 0$

Прежде чем перейти к исследованию особенностей временной эволюции атомов в ямах ловушки, рассмотрим случай, когда в начальный момент времени заселена только одна из ям, например первая ( $n_{10} = 1, n_{20} = 0$ ). При этом потенциальная энергия нелинейного осциллятора  $W(n_2)$  выражается формулой

$$W = -4n_2(1 - n_2) + \alpha^2 n_2^2(1 - n_2)^2. \quad (12)$$

В этом случае отсутствует зависимость динамики населенностей ям от на-

чальной разности фаз  $\Psi_0$ . Единственным параметром, определяющим особенности временной эволюции системы, является параметр нелинейности  $\alpha$ . Остановимся сначала на исследовании более простого варианта – идентичных ям, для которых  $\Delta = 0$ .

На рис. 2, а представлены графики потенциальной энергии  $W(n_2)$  и фазовые траектории на плоскости переменных  $(n_2, \dot{n}_2)$ . Форма кривой потенциальной энергии нелинейного осциллятора определяется параметром  $\alpha$ . Независимо от величины этого параметра уравнение  $W(n_2)=0$  имеет два корня:  $n_2 = 0$  и  $n_2 = 1$ , являющихся точками поворота классической траектории. При  $\alpha = 0$  кривая  $W(n_2)$  (кривая а на рис. 2, а) представляет собой квадратичную параболу,

которая пересекает ось  $n_2$  в точках  $n_2 = 0$  и  $n_2 = 1$  и имеет минимум при  $n_2 = 1/2$ . С ростом параметра  $\alpha$  кривая  $W(n_2)$  деформируется, ее середина постепенно поднимается вверх, при  $\alpha = 2\sqrt{2}$  минимум в точке  $n_2 = 1/2$  превращается в максимум (кривая б на рис. 2, а). При  $\alpha > 2\sqrt{2}$  возникают два новых минимума в точках  $n_2 = \left(1 \pm \sqrt{1 - 8/\alpha^2}\right)/2$ . При  $\alpha = 4$  центральный максимум принимает значение  $W = 0$  (кривая с на рис. 2, а) и далее, с ростом  $\alpha$ , возникают два новых действительных корня уравнения  $W(n_2)=0$ , которые располагаются симметрично относительно центра кривой ( $n_2 = 1/2$ ) в точках

$$n_{\pm} = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 16/\alpha^2}}{2}. \quad (13)$$

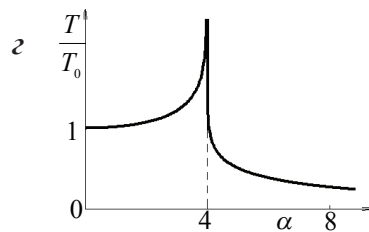
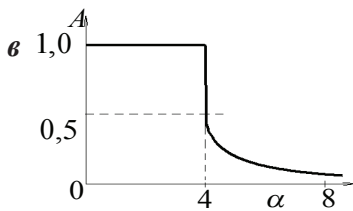
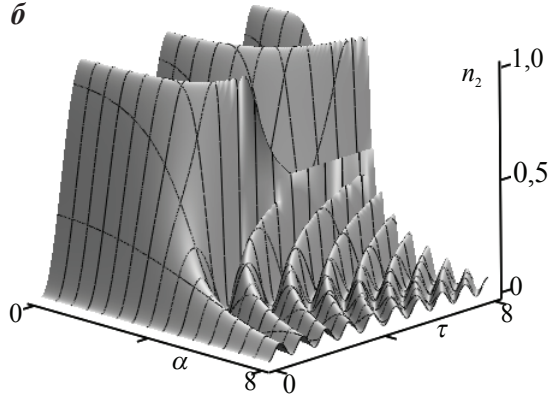
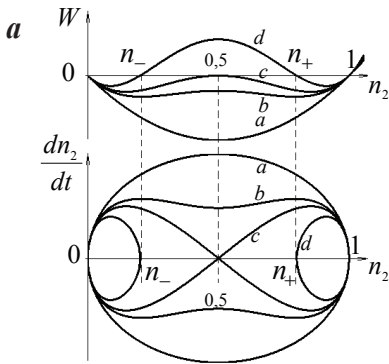


Рис. 2. а – Потенциальная энергия  $W$  нелинейного осциллятора и соответствующие фазовые траектории при значениях параметра  $\alpha$ , равных 0 (а), 3,5 (б), 4 (с), 5 (д), и расстройке  $\Delta = 0$ ; б – временная эволюция плотности атомов во второй яме при различных значениях параметра  $\alpha$ ; в – амплитуда и з – период колебаний плотности атомов во второй яме в зависимости от параметра нелинейности  $\alpha$  в случае  $n_{20} = 0$ . Здесь и далее на всех рисунках переменная  $\tau = \kappa t$

Следовательно, значение параметра нелинейности  $\alpha = 4$  является бифуркационным. Из рис. 2, а видно, что движение изображающей точки на фазовых траекториях при  $\alpha < 4$  происходит вдоль большого эллипса, при  $\alpha = 4$  – вдоль сепаратрисы, а при  $\alpha > 4$  – вдоль дуги малого эллипса. При  $\alpha < 4$  плотность атомов  $n_2$  во второй яме изменяется периодически в пределах от нуля до единицы, тогда как при  $\alpha > 4$  функция  $n_2(t)$  также изменяется периодически, но в пределах от нуля до  $n_2 = n_-$  (см. рис. 2, а и б). С ростом параметра  $\alpha$  амплитуда колебаний функции  $n_2(t)$  изменяется: она равна единице при  $\alpha < 4$  и  $n_-$  при  $\alpha > 4$ , причем уменьшается с ростом  $\alpha$  (см. рис. 2, в). При  $\alpha = 4$  имеет место скачкообразное изменение амплитуды колебаний функции  $n_2(t)$  на величину, равную  $1/2$  (см. рис. 2, б, в). Это означает, что при  $\alpha < 4$  все атомы из первой ямы переходят во вторую и обратно за период, тогда как при  $\alpha = 4$  резко изменяются свойства туннелирования и при  $\alpha > 4$  во вторую яму переходит менее половины атомов из первой ямы (см. рис. 2, б, в).

Легко получить аналитические решения уравнения  $\dot{n}_2 = -\kappa \cdot Q$ . При  $\alpha < 4$  получаем

$$n_2 = \frac{1 - cn2kt}{2}, \quad n_1 = \frac{1 + cn2kt}{2}, \quad (14)$$

где функция  $cnx$  является эллиптической функцией Якоби [13–15] с модулем  $k = \alpha/4$ . Период колебаний функций  $n_2(t)$  и  $n_1(t)$  равен

$$T = 2K(k)/\kappa, \quad (15)$$

где  $K(k)$  – полный эллиптический интеграл первого рода с модулем  $k$  [13–15]. В линейном пределе ( $\alpha \rightarrow 0$ ) из (14) получаем  $n_2 = \sin^2 \kappa t$ ,  $n_1 = \cos^2 \kappa t$ , а период колебаний  $T$  оказывается равным  $T_0 = \pi/\kappa$ . С другой стороны, при  $\alpha > 4$  решения имеют вид

$$n_2 = \frac{1 - dn(v \cdot t/2)}{2}, \quad (16)$$

$$n_1 = \frac{1 + dn(v \cdot t/2)}{2},$$

где  $dnx$  – эллиптическая функция Якоби [13–15] с модулем  $k = 4/\alpha$ . Период колебаний в этом случае выражается формулой

$$T = 4K(k)/v. \quad (17)$$

Из (14) и (17) при  $\alpha = 4$  получаем

$$n_2 = \frac{1 - \operatorname{sech}2\kappa t}{2}, \quad n_1 = \frac{1 + \operatorname{sech}2\kappa t}{2}. \quad (18)$$

Из решений (14)–(18) и рис. 2, а, б, в следует, что при  $v = 0$  все атомы полностью переходят из первой ямы во вторую и обратно за время, равное периоду. С ростом  $\alpha$  период колебаний  $T$  монотонно растет (см. рис. 2, з), по-прежнему все атомы периодически переходят из первой ямы во вторую и обратно. При  $\alpha = 4$  период колебаний населенностей ям обращается в бесконечность (см. рис. 2, з), т. е. процесс перехода атомов из одной ямы в другую становится аperiodическим: плотность атомов во второй яме со временем монотонно растет, асимптотически приближаясь к значению  $1/2$ , чем процесс эволюции и завершается (см. рис. 2, б). Далее, с ростом параметра  $\alpha$  снова восстанавливается периодичность процесса эволюции атомов, период колебаний  $T$  плотностей атомов в ямах монотонно убывает и имеет место только частичный перенос атомов из первой ямы во вторую (см. рис. 2, б, в). Максимальное число атомов  $n_{\max} = n_-$ , которые переходят во вторую яму, монотонно убывает с ростом параметра нелинейности  $\alpha$  (см. рис. 2, з). При этом минимальное число атомов, остающихся в первой яме в процессе колебаний, равно  $n_+$  и растет с ростом  $\alpha$ .

### 3. Эволюция в случае $\Psi_0 = 2k\pi$

Рассмотрим сначала случай  $\psi_0 = 0$  ( $\psi_0 = 2k\pi, k = 0, 1, 2, \dots$ ). При изменении параметра нелинейности  $\alpha$  профиль кривой потенциальной энергии  $W(n_2)$  непрерывно изменяется. При любых значениях параметра  $\alpha$  уравнение  $W(n_2) = 0$  имеет два действительных корня:  $n_2 = n_{20}$  и  $n_2 = n_{10}$ , а также два комплексно-сопряженных корня

$$n_{3,4} = \frac{1}{2}(1 \pm iy),$$

$$y = \sqrt{4\left(\frac{2}{\alpha} + \sqrt{n_{10}n_{20}}\right)^2 - 1} \quad (19)$$

при  $\alpha_- < \alpha < \alpha_+$ , где

$$\alpha_{\pm} = \pm 4(\sqrt{n_{10}} \mp \sqrt{n_{20}})^{-2}, \quad (20)$$

которые превращаются в два действительных корня

$$n_{\pm} = \frac{1}{2}\left(1 \pm \sqrt{1 - 4\left(\frac{2}{\alpha} + \sqrt{n_{10}n_{20}}\right)^2}\right) \quad (21)$$

при  $\alpha < \alpha_-$  и  $\alpha > \alpha_+$  (рис. 3). Легко видеть, что при  $\alpha < \alpha_-$  и  $n_{20} \neq 0$  имеет место пересечение действительных корней:  $n_+ = n_{10}, n_- = n_{20}$  при  $\alpha = -1/\sqrt{n_{10}n_{20}}$ . Кроме того,  $n_+ = 1, n_- = 0$  при  $\alpha = -2/\sqrt{n_{10}n_{20}}$

(см. рис. 3, б, в). Здесь мы расширяем значения параметра нелинейности  $\alpha$  на отрицательную область, когда имеет место притяжение между атомами ( $v < 0$ ). Из (19) и рис. 3 видно, что действительные части комплексно-сопряженных корней не зависят от  $\alpha$  и от величины  $n_{20}$  и равны  $1/2$ , тогда как мнимые части существенно зависят от  $\alpha$ , равны нулю при  $\alpha = \alpha_{\pm}$  и обращаются в бесконечность при  $\alpha \rightarrow 0$  ( $v \rightarrow 0$ ). Таким образом, при  $\alpha = \alpha_{\pm}$  происходит превращение двух действительных корней в комплексно-сопряженные и наоборот (см. рис. 3). Значения параметров  $\alpha = \alpha_{\pm}$ , при которых касательная к графику оказывается вертикальной, являются бифуркационными, так как при  $\alpha = \alpha_{\pm}$  имеет место радикальное изменение временной эволюции системы и, в частности, резкое изменение амплитуды и периода колебаний. При этом параметры  $\alpha_{\pm}$  определяются только начальными концентрациями атомов в ямах:  $\alpha_{\pm} = 4$  при  $n_{20} = 0$ , с ростом  $n_{20}$  от нуля до  $1/2$  параметр  $\alpha_-$  монотонно убывает от 4 до 2, тогда как параметр  $\alpha_+$  растет и обращается в бесконечность при  $n_{20} \rightarrow 1/2$ . Что касается действительных положительных корней, то они существенно зависят от  $\alpha$  и  $n_{20}$ .

Без решения дифференциального уравнения для  $\dot{n}_2$  из рис. 3 уже можно сделать качественные выводы о пове-

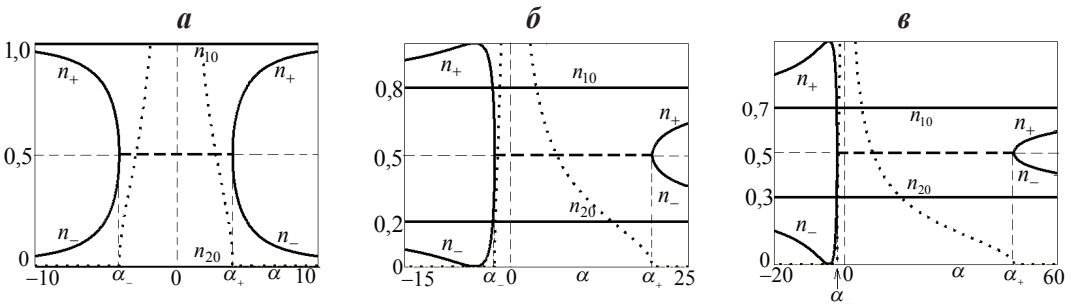


Рис. 3. Зависимость корней уравнения  $W(n_2) = 0$  от параметра нелинейности  $\alpha$

при  $\Delta = 0, \Psi_0 = 0$  и различных значениях  $n_{20}$ , равных 0 (а), 0,2 (б) и 0,3 (в).

Сплошные линии – действительные положительные корни, штриховая и пунктирная (жирные) – действительная и мнимая части комплексно-сопряженного корня

дении амплитуды колебаний плотности атомов во второй яме в зависимости от параметров  $\alpha$  и  $n_{20}$ . Амплитуда колебаний определяется только действительными корнями уравнения  $W(n_2) = 0$ . Если таких корней четыре, то модуль разности двух наименьших действительных корней определяет амплитуду колебаний функции  $n_2(t)$ , а модуль разности двух наибольших корней, в свою очередь, определяет амплитуду колебаний функции  $n_1(t)$ . В случае, когда действительных корней только два, амплитуды колебаний функций  $n_1(t)$  и  $n_2(t)$  оказываются одинаковыми и равными разности этих двух действительных корней. Что касается периода колебаний, то он определяется как действительными, так и комплексными корнями уравнения  $W(n_2) = 0$ .

Найдем теперь решение для плотности атомов во второй яме  $n_2(t)$  в зависимости от времени. В случае, когда параметр нелинейности  $\alpha$  удовлетворяет условию  $\alpha_- < \alpha < \alpha_+$ , получаем

$$n_2(t) = \frac{1}{2} \left( 1 - (n_{10} - n_{20}) \times \right. \\ \left. \times \operatorname{cn} \left( 2\kappa \sqrt{1 + \alpha \sqrt{n_{10} n_{20}}} t \right) \right), \quad (22)$$

где модуль эллиптической функции  $k$ , амплитуда  $A$  и период  $T$  колебаний функции  $n_2(t)$  определяются выражениями:

$$k = \frac{|\alpha|}{4} \frac{|n_{10} - n_{20}|}{\sqrt{1 + \alpha \sqrt{n_{10} n_{20}}}}, \quad A = n_{10} - n_{20}, \quad (23)$$

$$T = \frac{2K(k)}{\kappa \sqrt{1 + \alpha \sqrt{n_{10} n_{20}}}}.$$

Отсюда видно, что при  $\alpha_- < \alpha < \alpha_+$  плотность атомов во второй яме  $n_2(t)$  периодически изменяется в пределах  $n_{20} \leq n_2(t) \leq n_{10}$  (рис. 4, а, б, в). Амплитуда колебаний  $A$  определяется только на-

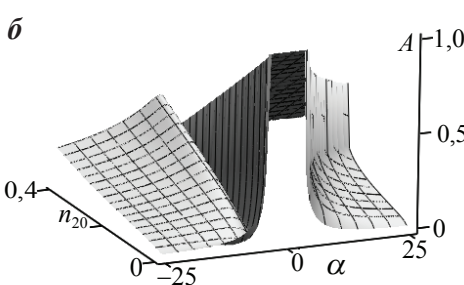
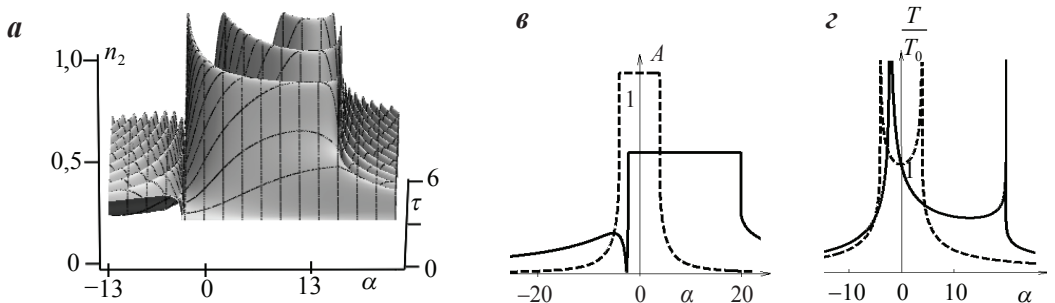


Рис. 4. а – Временная эволюция плотности атомов  $n_2(t)$  при  $n_{20} = 0,2, \Delta = 0, \Psi_0 = 0$  и различных значениях параметра нелинейности  $\alpha$ ; б – зависимость амплитуды колебаний  $A$  плотности атомов  $n_2(t)$  от параметра  $\alpha$  и  $n_{20}$ ; в – два сечения с рис. б) при  $n_{20} = 0$  (штриховая кривая) и  $n_{20} = 0,2$  (сплошная кривая) и  $n_{20} = 0,2$  (сплошная кривая) от параметра нелинейности  $\alpha$

чальными значениями атомов в ямах  $n_{20}$  и  $n_{10}$  и не зависит от параметра  $\alpha$ . Модуль эллиптической функции  $k$  равен единице при  $\alpha = \alpha_{\pm}$ . Поэтому на концах интервала значений  $\alpha$ , т. е. при  $\alpha = \alpha_{\pm}$

$$n_2(t) = \frac{1}{2} \left( 1 - (n_{10} - n_{20}) \times \operatorname{sech} \left( 2\kappa \sqrt{1 + \alpha \sqrt{n_{10} n_{20}}} t \right) \right). \quad (24)$$

Таким образом, при  $\alpha = \alpha_+$  и  $\alpha = \alpha_-$  плотность атомов во второй яме изменяется со временем аperiodически в пределах от начального значения  $n_2 = n_{20}$  до  $n_2 = 1/2$ . Формулы (22)–(24) при  $n_{10} = 1$  и  $n_{20} = 0$  сводятся к (14)–(15) и (18).

Если параметр нелинейности  $\alpha > \alpha_+$  либо  $\alpha < \alpha_-$ , то решение для  $n_2(t)$  представляется в виде

$$n_2(t) = \left( n_{20}(n_{10} - n_-) + n_{10}(n_- - n_{20}) \times \operatorname{sn}^2 \left( \frac{1}{2} v \sqrt{(n_{10} - n_-)(n_+ - n_{20})} t \right) \times \left( n_{10} - n_- + (n_- - n_{20}) \times \operatorname{sn}^2 \left( \frac{1}{2} v \sqrt{(n_{10} - n_-)(n_+ - n_{20})} t \right) \right)^{-1} \right), \quad (25)$$

где модуль  $k$ , амплитуда  $A$  и период  $T$  колебаний соответственно равны:

$$k^2 = \frac{n_- - n_{20}}{n_+ - n_{20}} \frac{n_{10} - n_+}{n_{10} - n_-}, \quad A = n_- - n_{20}, \quad (26)$$

$$T = \frac{4K(k)}{v \sqrt{(n_{10} - n_-)(n_+ - n_{20})}},$$

а  $n_{\pm}$  определяются выражениями (21). В этих областях изменения параметра  $\alpha$  плотность атомов во второй яме периоди-

чески изменяется со временем в пределах  $n_{20} \leq n_2(t) \leq n_-$  (см. рис. 4, а, б, в). Амплитуда и период колебаний монотонно убывают с ростом  $|\alpha|$ . На концах интервалов значений параметра  $\alpha$  получаем выражение

$$n_2 = \frac{1}{2} (1 - (n_{10} - n_{20}) \operatorname{sech} \frac{v}{2} (n_{10} - n_{20}) t), \quad (27)$$

которое совпадает с (24).

Если положить  $\alpha = -2/\sqrt{n_{10} n_{20}}$ , то

$$n_2 = \frac{n_{20} c n^2 \left( \frac{1}{2} v n_{10} t \right)}{1 - \frac{n_{20}}{n_{10}} \operatorname{sn}^2 \left( \frac{1}{2} v n_{10} t \right)}, \quad (28)$$

где

$$k = \frac{n_{20}}{n_{10}}, \quad A = n_{20}, \quad T = \frac{4K(k)}{v n_{10}}. \quad (29)$$

Если же  $\alpha = -1/\sqrt{n_{10} n_{20}}$ , то

$$n_2(t) = n_{20} = \operatorname{const}, \quad A = 0,$$

$$T = \frac{2\pi}{v(n_{10} - n_{20})}.$$

Из решений (22) и (25), а также из рис. 4, а видно, что в трех областях значений параметра нелинейности  $\alpha$ , а именно при  $\alpha < \alpha_-$ ,  $\alpha_- < \alpha < \alpha_+$  и  $\alpha > \alpha_+$ , временная эволюция плотности атомов  $n_2(t)$  во второй яме представляет собой периодические колебания, а при  $\alpha = \alpha_{\pm}$  имеет место аperiodический режим эволюции. Из (23) и (26) следует, что амплитуда  $A$  и период  $T$  колебаний существенно зависят от параметров  $\alpha$  и  $n_{20}$  (см. рис. 4, а, б, в). Видно, что при  $n_{20} = 0$  амплитуда колебаний  $A$  равна единице при  $-4 < \alpha < 4$ , скачкообразно уменьшается от 1 до 1/2 при  $|\alpha| = 4$ , после чего быстро убывает с ростом  $|\alpha|$  (см. рис. 4, б, в).



При  $n_{20} \neq 0$  поведение амплитуды  $A(\alpha)$  усложняется. В области  $\alpha_- < \alpha < \alpha_+$  амплитуда колебаний  $A$  не зависит от величины параметра  $\alpha$  и определяется только начальными плотностями атомов в ямах:  $A = n_{10} - n_{20} = 1 - 2n_{20}$ . Таким образом, с ростом  $n_{20}$  она убывает по линейному закону, формируя область плато на рис. 4, б, ширина которого по параметру  $\alpha$  растет с ростом  $n_{20}$ . При  $\alpha = \alpha_{\pm}$  амплитуда скачком убывает от значения  $1 - 2n_{20}$  до значения  $(1 - 2n_{20})/2$ . Далее с ростом  $\alpha$  при  $\alpha > \alpha_+$  амплитуда колебаний монотонно убывает, асимптотически стремясь к нулю при больших значениях параметра  $\alpha$ . При  $\alpha < \alpha_-$  возникает дополнительная особенность (см. рис. 4, б, в). При уменьшении параметра нелинейности от  $\alpha = \alpha_-$  до  $\alpha = -1/\sqrt{n_{10}n_{20}}$  амплитуда колебаний быстро убывает от значения  $(1 - 2n_{20})/2$  до нуля. Следовательно, при  $\alpha = -1/\sqrt{n_{10}n_{20}}$  система находится в покое: колебания плотностей атомов в ямах отсутствуют, хотя обе ямы частично заполнены. Далее, при изменении параметра  $\alpha$  от  $-1/\sqrt{n_{10}n_{20}}$  до  $-2/\sqrt{n_{10}n_{20}}$  амплитуда колебаний быстро растет, достигает своего максимального значения  $A = n_{20}$  при  $\alpha = -2/\sqrt{n_{10}n_{20}}$  и затем монотонно убывает (см. рис. 4, б, в). Таким образом, при  $\alpha < \alpha_-$  поведение амплитуды колебаний в зависимости от величины параметра нелинейности более сложное, немонотонное: она обращается в нуль при  $\alpha = -1/\sqrt{n_{10}n_{20}}$  и имеет горб при  $\alpha = -2/\sqrt{n_{10}n_{20}}$ . С ростом  $n_{20}$  расширяется область существования плато, положение горба смещается, а его высота растет. Особенности поведения амплитуды колебаний обусловлены поведением действительных корней уравнения  $W(n_2) = 0$  при изменении параметров  $\alpha$  и  $n_{20}$  (см. рис. 3), т. е. изменением профиля потенциальной энергии осциллятора.

Отметим еще одно важное обстоятельство. Из рис. 3, б, в видно, что, хотя плотность атомов во второй яме в начальный

момент времени меньше, чем в первой яме ( $n_{20} < n_{10}$ ), тем не менее в динамическом (колебательном) режиме при  $\alpha < \alpha_-$  амплитуда колебаний растет с ростом  $\alpha$  из-за уменьшения минимального значения плотности атомов во второй яме. Таким образом, в динамическом режиме имеет место периодический переход некоторого количества атомов из второй ямы в первую и обратно, т. е. из ямы с меньшей плотностью в яму с большей плотностью. При этом максимальная плотность атомов во второй яме не изменяется и равна начальной плотности  $n_{20}$ . Соответственно плотность атомов в первой яме в этой области значений  $\alpha$  также осциллирует со временем, причем минимальное количество их равно  $n_{10}$ , а максимальное количество растет с ростом  $\alpha$  за счет их переходов из второй ямы. Это явление мы называем явлением самозапираания атомов в той яме, в которой их было больше в начальный момент времени.

При  $\alpha_- < \alpha < \alpha_+$  минимальная и максимальная плотности атомов как в первой, так и во второй яме равны  $n_{20}$  и  $n_{10}$  соответственно. При  $\alpha > \alpha_+$  имеет место уменьшение амплитуды колебаний с ростом  $\alpha$ , которое связано с уменьшением максимальной плотности атомов во второй яме, тогда как их минимальная плотность остается постоянной и равной  $n_{20}$ . Следовательно, в этом случае (при  $\alpha > \alpha_+$ ) колебания плотности атомов во второй яме происходят над фоновой плотностью, равной  $n_{20}$ , благодаря частичному переходу их из первой ямы. При этом чем больше  $\alpha$ , тем меньше количество перешедших атомов. В динамическом режиме плотность атомов в первой яме слабо изменяется. Это явление в нелинейной оптике и в теории БЭК известно как явление самозахвата. Таким образом, в условиях самозахвата небольшая часть атомов переходит из ямы с большей плотностью в яму с меньшей плотностью, тогда как в условиях самозапираания имеет

место частичный перенос атомов из ямы с меньшей начальной плотностью в яму с большей начальной плотностью.

Отметим еще раз, что из (23)–(26) и из рис. 3, а, б, в вытекает, что амплитуда колебаний плотности атомов обращается в нуль при определенном значении параметра нелинейности. Хотя в начальный момент времени плотности  $n_{10}, n_{20}$  и отличны от нуля, тем не менее колебания в системе отсутствуют, т. е. система находится в покое. Из анализа выражения для потенциальной энергии следует, что это явление имеет место только при  $\psi_0 = \pm k\pi$  ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ). Оказывается, что в данном случае потенциальная и кинетическая энергии осциллятора равны нулю. Следовательно, в начальный момент времени осциллятор находится в положении равновесия на дне потенциальной ямы и имеет нулевую начальную скорость, поэтому он не может сдвинуться с этого положения, колебания отсутствуют и система находится в покое.

Что касается периода колебаний  $T$ , то при  $\alpha = \alpha_{\pm}$  он расходится, в области  $\alpha < \alpha_{-}$  растет с ростом  $\alpha$ , в промежуточной области ( $\alpha_{-} < \alpha < \alpha_{+}$ ) сначала быстро убывает, достигает минимума, затем растет. Наконец, при  $\alpha > \alpha_{+}$  период монотонно убывает с ростом  $\alpha$  (см. рис. 4, з).

#### 4. Эволюция в случае $\Psi_0 = (2k + 1)\pi/2$

Ситуация существенно иная, когда начальная разность фаз  $\psi_0 = (2k + 1)\pi/2$  ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ). В этом случае корни  $n_2 = n_{20}$  и  $n_2 = n_{10}$  отсутствуют. Однако при  $|\alpha| < \alpha_c$ , где  $\alpha_c < 4/(n_{10} - n_{20})^2$ , уравнение  $W(n_2) = 0$  имеет два действительных

$$n_{\pm} = \frac{1}{2} \left( 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4}{\alpha^2} (\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} - 1)^2} \right) \quad (30)$$

и два комплексно-сопряженных корня

$$n_{3,4} = \frac{1}{2} (1 \pm iy),$$

$$y = \sqrt{\frac{4}{\alpha^2} (\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} + 1)^2 - 1}. \quad (31)$$

При  $\alpha = \pm \alpha_c$  параметр  $y$  обращается в нуль и  $n_{3,4} = 1/2$ , а при  $|\alpha| > \alpha_c$  уравнение  $W(n_2) = 0$  имеет четыре действительных положительных корня (рис. 5), которые в порядке уменьшения их значений  $c_1 > c_2 > c_3 > c_4$  представляются выражениями:

$$c_1 = n_+, \quad c_4 = n_-,$$

$$c_{2,3} = \frac{1}{2} \left( 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4}{\alpha^2} (\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} + 1)^2} \right), \quad (32)$$

где  $n_{\pm}$  определены в (30).

Из (30)–(32) и рис. 5 видно, что действительные корни являются четными функциями параметра нелинейности  $\alpha$  и симметрично расположены относительно прямой  $n_2 = 1/2$ . Точки бифуркации

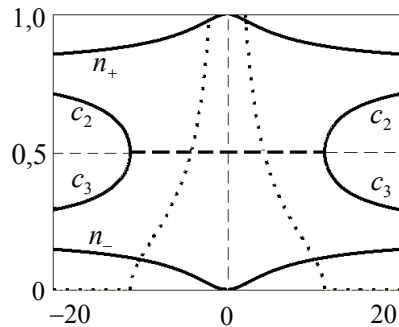


Рис. 5. Зависимость корней уравнения  $W(n_2) = 0$  от параметра нелинейности  $\alpha$  при  $\psi_0 = \pi/2$ ,  $n_{20} = 0,2$  и  $\Delta = 0$ . Сплошные линии – действительные корни, штриховая и пунктирная – соответствуют действительной и мнимой компонентам комплексно-сопряженного корня

$\alpha = \pm\alpha_c$  все дальше удаляются от центра  $\alpha = 0$  с ростом  $n_{20}$ , так что при  $n_{20} = 1/2$  уравнение  $W(n_2) = 0$  имеет только два действительных корня при любых  $\alpha$ . Действительные части комплексно-сопряженных корней равны  $1/2$  (не зависят от  $\alpha$ ), а мнимые части существенно зависят от  $\alpha$ , обращаются в нуль при  $\alpha = \pm\alpha_c$  и стремятся к бесконечности при  $\alpha \rightarrow 0$  (см. рис. 5).

Решение для функции  $n_2(t)$  при  $|\alpha| < \alpha_c$  имеет вид

$$n_2 = \frac{1}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\alpha^2} (\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} - 1)^2} \right) \times \\ \times \operatorname{cn}(\pm 2\kappa^4 \sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} t + F(\varphi_0, k)), \quad (33)$$

где

$$k^2 = \frac{\alpha^2 - 4(\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} - 1)^2}{16\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}}}; \quad (34)$$

$$\varphi_0 = \arccos \frac{n_{10} - n_{20}}{\sqrt{1 - \frac{4}{\alpha^2} (\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} - 1)^2}};$$

$F(\varphi_0, k)$  – неполный эллиптический интеграл первого рода [13–15].

Амплитуда  $A$  и период  $T$  колебаний соответственно равны

$$A = \sqrt{1 - \frac{4}{\alpha^2} (\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} - 1)^2}; \quad (35)$$

$$T = \frac{2K(k)}{\kappa^4 \sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}}}.$$

Плотность атомов  $n_2(t)$  при  $|\alpha| > \alpha_c$  определяется выражением

$$n_2 = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{\sqrt{1 - \frac{4}{\alpha^2} (\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} + 1)^2}}{\sqrt{1 - \frac{4}{\alpha^2} (\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} - 1)^2 t + F(\varphi_0, k)}} \right), \quad (36)$$

где

$$k^2 = \frac{16\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}}}{\alpha^2 - 4(\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} - 1)^2}; \quad (37)$$

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{2\sqrt{\frac{2}{\alpha^2} (\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} + 1)}}{k(n_{10} - n_{20})}.$$

Теперь амплитуда и период колебаний будут соответственно равны:

$$A = c_3 - c_4; \quad (38)$$

$$T = \frac{4K(k)}{\nu \sqrt{1 - \frac{4}{\alpha^2} (\sqrt{1 + \alpha^2 n_{10} n_{20}} - 1)^2}}.$$

Поскольку амплитуда и период колебаний являются четными функциями параметра нелинейности  $\alpha$ , то на рис. 6 результаты представлены только для значений  $\alpha \geq 0$ . Из (38) и рис. 6, а, б, в видно, что при фиксированном  $n_{20}$  амплитуда колебаний  $A$  монотонно убывает от единицы до  $A = |n_{10} - n_{20}| \sqrt{1 + 4n_{10} n_{20}}$  при увеличении параметра  $\alpha$  от нуля до  $\alpha = \alpha_c$ . При  $\alpha = \alpha_c$  происходит скачкообразное уменьшение амплитуды колебаний наполовину, после чего снова наблюдается монотонное уменьшение ее с ростом  $\alpha$ . Отметим, что уменьшение амплитуды колебаний плотности атомов во второй яме обусловлено уменьшением максимальной и увеличением минимальной плотности атомов в яме с ростом  $\alpha$ . При фиксированном  $\alpha \leq 4$  имеет место медленное

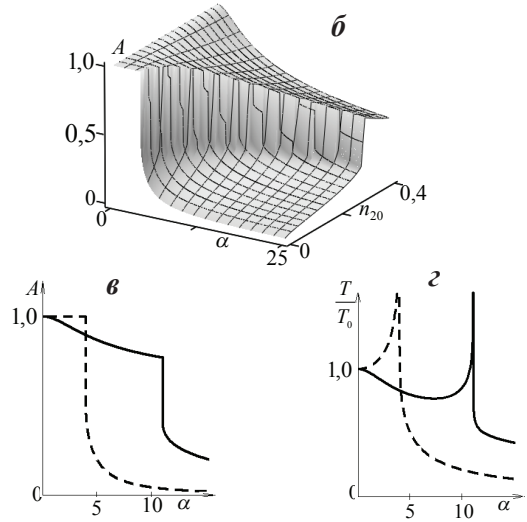
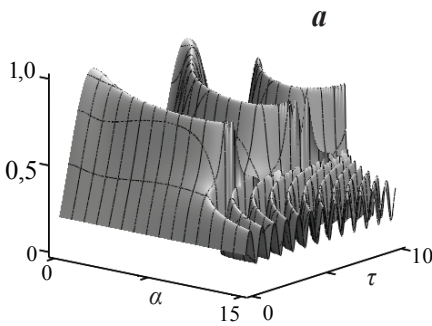


Рис. 6. То же, что и на рис. 4, но для  $\psi_0 = \pi/2$

уменьшение амплитуды колебаний с ростом  $n_{20}$  (см. рис. 6, б). При  $\alpha \geq 4$  с ростом  $n_{20}$  от нуля до  $n_{20} = 1/2 - 1/\sqrt{\alpha}$  амплитуда колебаний сначала медленно растет, затем происходит скачкообразное ее увеличение вдвое, после чего она монотонно убывает (см. рис. 6, б).

Что касается периода колебаний  $T$ , то он существенно зависит от параметров  $\alpha$  и  $n_{20}$  (см. рис. 6, з). При малых значениях  $n_{20}$  период колебаний с ростом  $\alpha$  сначала медленно растет, при приближении  $\alpha$  к  $\alpha_c$  скорость роста периода резко увеличивается и период обращается в бесконечность при  $\alpha \rightarrow \alpha_c$ . При увеличении  $n_{20}$  возникает новая особенность, а именно: период колебаний сначала убывает с ростом  $\alpha$ , достигает своего минимума при  $\alpha \leq \alpha_c$  и затем быстро растет при  $\alpha \rightarrow \alpha_c$  (рис. 6, з). С ростом  $n_{20}$  минимум периода колебаний в зависимости от  $\alpha$  смещается в сторону больших  $\alpha$  и при  $n_{20} \rightarrow 1/2$  имеет место только монотонное уменьшение периода колебаний с ростом  $\alpha$ . При  $\alpha > \alpha_c$  период колебаний сначала быстро убывает с ростом  $\alpha$ , а затем скорость убывания периода существенно замедляется.

Поскольку корни уравнения  $W(n_2) = 0$  определяют характер временной эволюции

системы, то из рассмотренных случаев  $\psi_0 = k\pi(2k + 1)\pi/2$  ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ) следует, что временная эволюция плотностей атомов в ямах существенно определяется начальной разностью фаз, что, в свою очередь, свидетельствует о возможности фазового контроля системы.

### 5. Эволюция в случае произвольных $\psi_0$

Рассмотрим теперь решения при произвольных значениях параметров  $\alpha$ ,  $n_{20}$  и  $\psi_0$ . В этом случае также существуют два бифуркационных значения параметра  $\alpha$ , равных  $\alpha_{\pm}$ , которые зависят от  $n_{20}$  и  $\psi_0$  и определяются соотношениями

$$\alpha_{\pm} = 4 \frac{\pm 1 + 2\sqrt{n_{10}n_{20}} \cos\psi_0}{(n_{10} - n_{20})^2}. \quad (39)$$

При  $\psi_0 = 0$  и  $\pi/2$  приходим к полученным ранее выражениям для  $\alpha_{\pm}$ . Видно, что  $\alpha_+ \geq 0$ , а  $\alpha_- \leq 0$  при любых значениях параметров  $n_{20}$  и  $\psi_0$ . В окрестности  $n_{20} = 1/2$  поверхности  $\alpha_{\pm}$  резко изменяются, так что при  $n_{20} = 1/2$  поверхность  $\alpha_+$  ( $\alpha_-$ ) стремится к  $+\infty$  ( $-\infty$ )

при любых  $\Psi_0$ , кроме  $\Psi_0 = \pi (\Psi_0 = 0)$ , где  $\alpha_+ = 2(\alpha_- = -2)$ . Поведение потенциальной энергии  $W(n_2)$  существенно определяется параметрами  $\alpha$ ,  $n_{20}$  и  $\Psi_0$ . Кривая  $W(n_2)$  симметрична относительно  $n_2 = 1/2$ , где она имеет максимум. Значения  $n_2 = 0$  и  $1$  не являются корнями уравнения  $W(n_2) = 0$ . Это означает, что в процессе эволюции невозможен переход полностью всех атомов из одной ямы в другую.

Уравнение  $W(n_2) = 0$  имеет два действительных положительных корня  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  и два комплексно-сопряженных корня  $\alpha_{3,4}$ , которые определяются выражениями:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \frac{1 + \sqrt{1 - 4\chi_-}}{2}; \\ \alpha_2 &= \frac{1 - \sqrt{1 - 4\chi_-}}{2}; \\ \alpha_{3,4} &= \frac{1 \pm i\sqrt{4\chi_+ - 1}}{2},\end{aligned}\quad (40)$$

где

$$\chi_{\pm} = \frac{(\sqrt{2\alpha C_0 + 1} \pm 1)^2}{\alpha^2}.\quad (41)$$

Тогда решение уравнения (5) для  $n_2(t)$  имеет вид

$$\begin{aligned}n_2 &= \frac{1}{2}(1 - \sqrt{1 - 4\chi_-}) \times \\ &\times cn(v\sqrt{\chi_+ - \chi_-}t \pm F(k, \varphi_0)),\end{aligned}\quad (42)$$

где

$$\begin{aligned}k &= \frac{1}{2}\sqrt{(1 - 4\chi_-)/(\chi_+ - \chi_-)}; \\ \varphi_0 &= \arccos \frac{n_{10} - n_{20}}{\sqrt{1 - 4\chi_-}}.\end{aligned}\quad (43)$$

Решения со знаком (+) и (-) в аргументе эллиптического косинуса связаны

со знаками начальной скорости  $\dot{n}_2|_{t=0}$  и сдвинуты по фазе на величину, равную  $F(k, \varphi_0)$ . Период  $T$  и амплитуда  $A$  колебаний определяются выражениями:

$$T = \frac{4K(k)}{v\sqrt{\chi_+ - \chi_-}}, \quad A = \sqrt{1 - 4\chi_-}.\quad (44)$$

Если в (42)–(44) положить  $n_{20} = 0$ , то приходим к решениям (14)–(15).

Если параметры таковы, что  $\alpha > \alpha_+$  либо  $\alpha < \alpha_-$ , то в пространстве  $(\alpha, n_{20}, \Psi_0)$  выше поверхности значений  $\alpha_+$  либо ниже поверхности  $\alpha_-$  уравнение  $W(n_2) = 0$  имеет четыре действительных положительных корня, которые в порядке убывания их значений выражаются формулами:

$$\begin{aligned}c_1 &= \frac{1 + \sqrt{1 - 4\chi_-}}{2}; \quad c_2 = \frac{1 + \sqrt{1 - 4\chi_+}}{2}; \\ c_3 &= \frac{1 - \sqrt{1 - 4\chi_+}}{2}; \quad c_4 = \frac{1 - \sqrt{1 - 4\chi_-}}{2},\end{aligned}\quad (45)$$

где  $\chi_{\pm}$  определены в (41). В этом случае функция  $n_2(t)$  будет изменяться периодически в пределах  $c_4 \leq n_2 \leq c_3$ , если  $n_{20} < 1/2$ .

Тогда решение для  $n_2(t)$  имеет вид

$$\begin{aligned}n_2 &= \frac{1}{2} \left( (1 - \sqrt{1 - 4\chi_-}) (\sqrt{1 - 4\chi_-} + \sqrt{1 - 4\chi_+}) + \right. \\ &+ \left. (1 + \sqrt{1 - 4\chi_-}) (\sqrt{1 - 4\chi_-} - \sqrt{1 - 4\chi_+}) sn^2 \varphi \right) \times \\ &\times \left( \sqrt{1 - 4\chi_-} + \sqrt{1 - 4\chi_+} + \right. \\ &+ \left. (\sqrt{1 - 4\chi_-} - \sqrt{1 - 4\chi_+}) sn^2 \varphi \right)^{-1},\end{aligned}\quad (46)$$

где

$$\varphi = \frac{1}{2}v\sqrt{\chi_+ - \chi_-}t \pm F(k, \varphi_0),\quad (47)$$

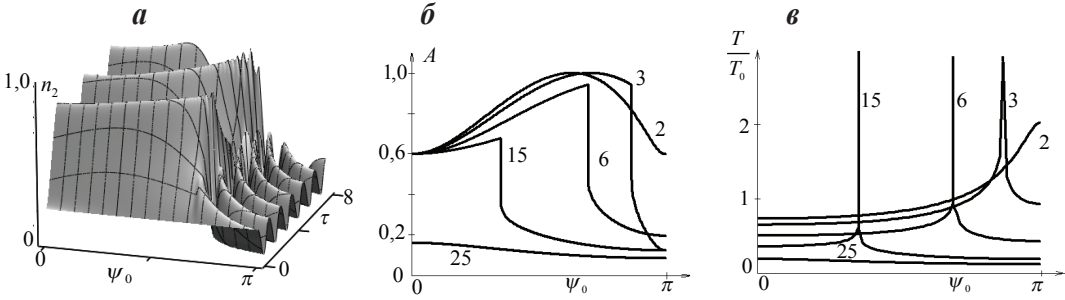


Рис. 7. Временная эволюция плотности атомов  $n_2(t)$  в зависимости от начальной разности фаз  $\Psi_0$  (а) при  $\alpha = 6$ ,  $n_{20} = 0,2$  и  $\Delta = 0$ . Амплитуда (б) и период (в) колебаний функции  $n_2(t)$  в зависимости от  $\Psi_0$  при различных значениях  $\alpha$  (указаны на кривых)

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{(\sqrt{1-4\chi_-} + \sqrt{1-4\chi_+}) |1-2n_{10} + \sqrt{1-4\chi_-}|}{2\sqrt{(\chi_+ - \chi_-)(n_{10}n_{20} - \chi_-)}}; \quad (48)$$

$$k = \frac{\sqrt{1-4\chi_-} - \sqrt{1-4\chi_+}}{\sqrt{1-4\chi_-} + \sqrt{1-4\chi_+}}. \quad (49)$$

При этом амплитуда  $A_2$  и период колебаний  $T$  определяются формулами:

$$A_2 = \frac{\sqrt{1-4\chi_-} - \sqrt{1-4\chi_+}}{2}; \quad (50)$$

$$T = \frac{4K(k)}{v\sqrt{\chi_+ - \chi_-}}.$$

На рис. 7 представлена временная эволюция плотности атомов  $n_2(t)$  в зависимости от начальной разности фаз  $\Psi_0$  при различных значениях параметра  $\alpha$ . Видно, что изменение  $\alpha$  и  $\Psi_0$  приводит не только к количественному, но и к качественному изменению поведения функции  $n_2(t)$ . Как видно из данного рисунка, при  $\alpha = 3, 6$  и  $15$  возникает расходимость периода и скачкообразное изменение амплитуды колебаний при значениях параметра  $\Psi_0$ , даваемых уравнением (39). Из рис. 7 и выражения (39) следует, что чем больше  $\alpha$ , тем при меньшем значении  $\Psi_0$  воз-

никает аperiодический режим эволюции. Эти результаты ярко демонстрируют возможность фазового контроля динамики бозе-конденсата в двухъямных ловушках.

### 6. Эволюция при ненулевой расстройке $\Delta \neq 0$

Рассмотрим теперь особенности временной эволюции атомов в ямах ловушки в нелинейном режиме в случае, когда в начальный момент времени заселена только первая яма ( $n_{10} = 1, n_{20} = 0$ ) при отличной от нуля расстройке  $\Delta$ . Потенциальная энергия нелинейного осциллятора  $W$  в этом случае имеет вид

$$W = -n_2 \{ 4(1 - n_2) - n_2(\alpha - \beta - \alpha n_2) \}^2. \quad (51)$$

Параметрами системы, определяющими особенности ее временной эволюции, являются  $\alpha$  и  $\beta$ , вычисленные в (11). Динамика населенностей ям не зависит от начальной разности фаз  $\Psi_0$ . Одним из корней уравнения  $W(n_2) = 0$  является  $n_2 = 0$ , совпадающий с начальным условием  $n_{20} = 0$ . Кроме того, вне зависимости от значений параметров уравнение  $W(n_2) = 0$  имеет, по крайней мере, еще один действительный положительный корень, который обозначим через  $n_m$ . Легко видеть, что  $n_m < 1$  при  $\Delta \neq 0$ . В зависимости от



значений параметров  $\alpha, \beta$  кривая потенциальной энергии  $W(n_2)$  изменяется и уравнение  $W(n_2)=0$  может иметь еще два действительных положительных либо два комплексно-сопряженных корня. Если  $L=0$ , где

$$L \equiv L(\alpha, \beta) = \left( 4 + \beta^2 + \frac{5}{2} \cdot \alpha\beta - \frac{1}{8} \cdot \alpha^2 \right)^2 - \alpha \left( 2\beta + \frac{\alpha}{4} \right)^3, \quad (52)$$

то максимум кривой потенциальной энергии в средней области достигает значения  $W(n_2)=0$ , т. е. в уравнении  $W(n_2)=0$  возникает два вырожденных корня. При  $L > 0$  уравнение  $W(n_2)=0$  имеет два действительных положительных и два комплексно-сопряженных корня, а при  $L < 0$  – четыре действительных положительных корня. Уравнение  $L(\alpha, \beta)=0$  является бифуркационным: оно определяет кривую в параметрическом пространстве  $(\alpha, \beta)$ , отделяющую область, в которой уравнение  $W(n_2)=0$  имеет четыре действительных положительных корня, от области, где действительных корней только два. Поскольку одним из корней уравнения  $W(n_2)=0$  является нуль, то амплитуда колебаний  $A$  функции  $n_2(t)$  численно равна наименьшему, отличному от нуля, действительному корню этого уравнения.

Действительный корень  $n_m$  и два других комплексно-сопряженных корня уравнения  $W(n_2)=0$  выражаются формулами:

$$n_m = \frac{2}{3} \left( 1 - \frac{\beta}{\alpha} \right) + A + B; \\ n_{3,4} = r \pm is, \quad (53)$$

где

$$r = \frac{2}{3} \left( 1 - \frac{\beta}{\alpha} \right) - \frac{1}{2} (A + B);$$

$$s = \frac{\sqrt{3}}{2} (A - B); \quad A = \left( -\frac{q}{2} + \sqrt{z} \right)^{1/3},$$

$$B = -\left( \frac{q}{2} + \sqrt{z} \right)^{1/3}; \quad z = \left( \frac{p}{3} \right)^3 + \left( \frac{q}{2} \right)^2; \\ p = \frac{12 - (\alpha - \beta)^2}{3\alpha^2}; \\ q = \frac{2 \left[ (\alpha - \beta)^3 / 9 - 2(\alpha + 2\beta) \right]}{3\alpha^2}. \quad (54)$$

Тогда решение уравнения для  $n_2(t)$  примет вид

$$n_2 = \frac{n_m n'' (1 - cnv\sqrt{mt})}{n' + n'' + (n' - n'') cnv\sqrt{mt}}. \quad (55)$$

Модуль  $k$  эллиптической функции Якоби  $cnv\sqrt{mt}$  и период  $T$  колебаний плотности атомов определяются выражениями:

$$k^2 = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{r(r - n_m) + s^2}{\sqrt{[r(r - n_m) + s^2]^2 + s^2 n_m^2}} \right); \quad (56)$$

$$T = \frac{4K(k)}{v\sqrt{m}}. \quad (57)$$

Здесь

$$n' = \sqrt{(r - n_m)^2 + s^2}, \quad n'' = \sqrt{r^2 + s^2}, \\ m = \sqrt{[r(r - n_m) + s^2]^2 + s^2 n_m^2}. \quad (58)$$

При  $L < 0$  уравнение  $W(n_2)=0$  имеет четыре действительных корня, которые в порядке убывания их значений обозначим через  $n_m > n_+ > n_- > 0$ , где

$$n_m = \frac{2}{3} \left( 1 - \frac{\beta}{\alpha} \right) + 2\sqrt{-\frac{p}{3}} \cos \frac{\varphi}{3};$$

$$n_+ = \frac{2}{3} \left( 1 - \frac{\beta}{\alpha} \right) - 2\sqrt{-\frac{p}{3}} \cos \frac{\varphi + 2\pi}{3};$$

$$n_- = \frac{2}{3} \left( 1 - \frac{\beta}{\alpha} \right) - 2 \sqrt{-\frac{p}{3}} \cos \frac{\varphi + 4\pi}{3}; \quad (59)$$

$$\cos \varphi = -\frac{q}{2} \sqrt{-\left(\frac{3}{p}\right)^3}.$$

Плотность атомов во второй яме  $n_2(t)$  периодически изменяется в пределах от нуля до  $n_-$ . Решение уравнения для  $n_2(t)$  имеет вид

$$n_2 = \frac{n_m n_- \cdot \operatorname{sn}^2 \left( \frac{1}{2} v \sqrt{n_+ (n_m - n_-)} t \right)}{n_m - n_- \cdot \operatorname{cn}^2 \left( \frac{1}{2} v \sqrt{n_+ (n_m - n_-)} t \right)}, \quad (60)$$

где модуль  $k$  и период колебаний  $T$  выражаются формулами:

$$k^2 = \frac{n_- \cdot (n_m - n_+)}{n_+ \cdot (n_m - n_-)}; \quad (61)$$

$$T = \frac{4K(k)}{v \sqrt{n_+ (n_m - n_-)}}.$$

В вырожденном случае, когда  $n_+ = n_-$  (при этом  $L = 0$ ), из (59) получаем

$$n_2 = \frac{n_- (\operatorname{ch}(v \sqrt{n_- (n_m - n_-)} t) - 1)}{\operatorname{ch}(v \sqrt{n_- (n_m - n_-)} t) + 1 - 2n_- / n_m}. \quad (62)$$

Если теперь положить  $n_- = 1/2$ ,  $n_m = 1$  (что имеет место при  $\Delta = 0$ ), то (62) приводится к выражению для  $n_2(t)$  из (18). Функция  $n_2(t)$  в этом случае изменяется аperiodически. Начиная с нуля, она монотонно растет со временем, асимптотически приближаясь к предельному значению  $n_2 = n_-$ . На рис. 8, а, б представлена временная эволюция плотности атомов  $n_2(t)$  при различных значениях параметра нелинейности  $\alpha$  для двух значений расстройки  $\beta$ . С ростом  $\alpha$  (при  $\alpha < 0$ ) имеет место увеличение амплитуды и периода колебаний. При определен-

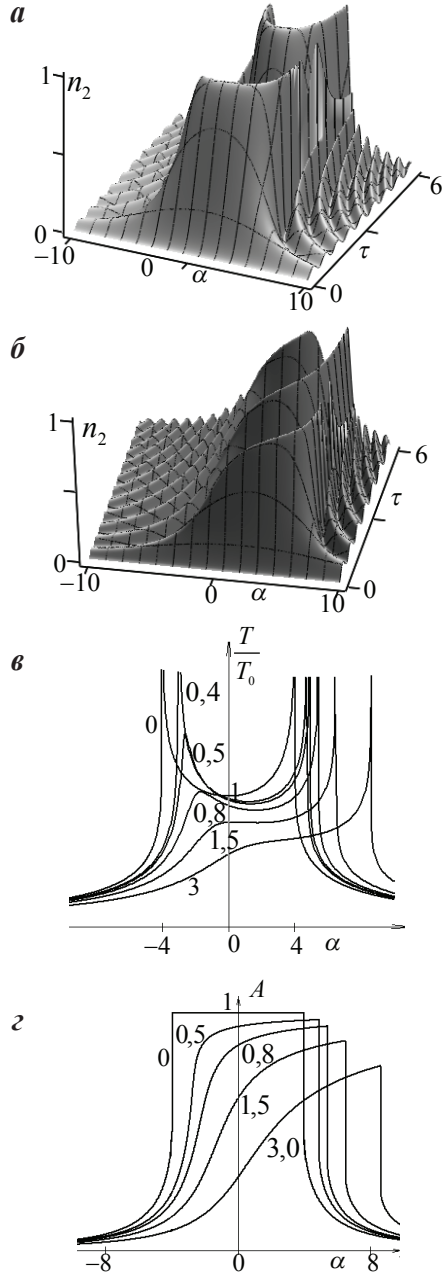


Рис. 8. Временная эволюция плотности атомов  $n_2(t)$  при различных значениях параметра  $\alpha$  для расстройки  $\beta = 0,5$  (а) и  $\beta = 2$  (б) и  $n_{20} = 0$ ; период  $T$  (в) и амплитуда  $A$  (г) колебаний функции  $n_2(t)$  в зависимости от параметра нелинейности  $\alpha$  для ряда значений расстройки  $\beta$ , указанных на кривых, и  $n_{20} = 0$

ном бифуркационном значении параметра  $\alpha$  возникает аperiодический режим эволюции. Затем происходит резкое, скачкообразное уменьшение как амплитуды, так и периода колебаний плотности. Из рис. 8, *в* видно, что при малых  $\beta$  период колебаний обращается в бесконечность при двух значениях параметра  $\alpha$  (при  $\alpha < 0$  и  $\alpha > 0$ ), тогда как при больших  $\beta$  имеет место только одна расходимость периода при  $\alpha > 0$ . Обращению периода колебаний в бесконечность соответствует аperiодическая эволюция плотности  $n_2(t)$ . Изменение амплитуды колебаний  $A$  плотности атомов во второй яме в зависимости от параметра нелинейности  $\alpha$  показано на рис. 8, *г*, где хорошо видны скачки амплитуды при  $\alpha > 0$ . При больших  $\beta$  максимальная плотность атомов во второй яме меньше единицы, причем она быстро убывает с ростом  $\beta$ .

### Заключение

В приближении среднего поля изучена динамика переходов бозе-конденсированных атомов через барьер между двумя ямами с учетом упругих межчастичных взаимодействий. Получены аналитические решения системы нелинейных дифференциальных уравнений через эллиптические функции Якоби, описывающие временную эволюцию плотностей атомов в ямах в зависимости от начальных плотностей атомов, начальной разности фаз и расстройки резонанса. Показано, что амплитуда колебаний атомов в яме определяется разностью двух наименьших действительных корней полиномиального алгебраического уравнения четвертой степени. Найдены бифуркационные значения параметров системы, определяющие переходы от одного периодического режима эволюции к другому через аperiодический режим. Получен критерий существования режи-

ма покоя системы с отличными от нуля начальными плотностями атомов в обеих ямах. Обоснована возможность фазового контроля эволюции системы.

### Цитированная литература

1. Bradley C.C., Sackett C.A., Tollett J.J., Hulet R.G. // Phys. Rev. Lett. – 1995. – Vol. 75. – P. 1687.
2. Mewes M.O., Andrews M.R., N.J. van Druten et al. // Phys. Rev. Lett. – 1996. – Vol. 77. – P. 416.
3. Ensher J.R., Jin D.S., Matthews M.R. et al. // Phys. Rev. Lett. – 1996. – Vol. 77. – P. 4984.
4. Корнелл Э.А., Виман К.Э. // УФН. – 2003. – Т. 173. – С. 1320.
5. Кетгерле В. // УФН. – 2003. – Т. 173. – С. 1339.
6. Dalfovo F., Giorgini S., Pitaevskii L., Stringari S. // Rev. Mod. Phys. – 1999. – Vol. 71. – P. 463.
7. Кадомцев Б.Б., Кадомцев М.Б. // УФН. – 1997. – Т. 167. – С. 649.
8. Питаевский Л.П. // УФН. – 1998. – Т. 168. – С. 641; 2006. – Т. 176. – С. 345.
9. Milburn G.J., Corney J., Wright E.M., Walls D.F. // Phys. Rev. – 1997. – Vol. A55. – P. 4318.
10. Milburn G.J., Corney J., Harris D. et al. // Proc. SPIE. – 1997. – Vol. 29952. – P. 232.
11. Smerzi A., Raghavan S. // Phys. Rev. – 2000. – Vol. A61. – P. 063601.
12. Raghavan S., Smerzi A., Fantoni S., Shenoy S.R. // Phys. Rev. – 1999. – Vol. A59. – P. 620.
13. Журавский А.М. Справочник по эллиптическим функциям. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1941.
14. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Физматгиз, 1963.
15. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. – М.: Наука, 1968.

УДК 535.215

Т.И. Гоглидзе, ст. преп.

И.В. Дементьев, канд. физ.-мат. наук

Т.Д. Гуцул, преп.

Н.И. Мацкова, ст. преп.

Э.А. Сенокосов, д-р физ.-мат. наук, проф.

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ СУЛЬФИДА КАДМИЯ В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ

*В работе приведена технология получения и некоторые спектральные характеристики композиций, содержащих ультрадисперсные частицы CdS и совмещающих свойства полимера и полупроводника.*

В настоящее время большое внимание уделяется получению и исследованию свойств наноразмерных объектов с целью создания на их основе новых материалов, уникальные свойства которых определяются присутствием в их составе наночастиц, обладающих развитыми межфазными границами и избыточной по сравнению с массивными материалами поверхностной энергией.

Анализ литературных данных показывает, что в основном исследуются наночастицы, стабилизированные в растворах. Такие материалы исследовать проще, однако жидкая среда ограничивает возможность их практического применения. Введение нанокристаллов в оптически прозрачную полимерную матрицу решает эту проблему и позволяет получить новый технологический материал, который может найти применение в оптоэлектронике.

Сульфид кадмия как полупроводниковый материал широко используется в электронике. В частности, он является активной средой в полупроводниковых лазерах, материалом для изготовления фотоэлементов, солнечных батарей, фото- и светодиодов. В связи с этим следует ожидать, что создание композитных материалов, представляющих собой полимерную матрицу, содержащую наночастицы сульфида кад-

мия, позволит изготовить технологичные материалы, которые найдут применение для создания оптических устройств последнего поколения. Подобные материалы должны обладать новыми свойствами, среди которых – проявление размерного эффекта в оптическом диапазоне.

Известны способы получения полимерных композиций, содержащих сульфид кадмия в таких полимерных матрицах, как полистирол, полиметилметакрилат, поливинилпирролидон и поливиниловый спирт [1]. При синтезе CdS в матрице полистирола использовалась соль  $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ , а в качестве прекурсора серы – предварительно синтезированный тиолат кадмия  $Cd(SR)_2$ ,  $R=(CH_2)CH_3$ . Последующий термический отжиг в атмосфере азота или аргона приводил к разложению тиолата кадмия с выделением сульфида кадмия. Однако такой синтез CdS является достаточно сложным процессом.

В [2] описывается двухэтапный вариант получения нанокompозитных пленок CdS на основе полиэтилена высокого давления. На первом этапе методом химического синтеза «класпол», основанного на термораспаде металлоорганических соединений в растворе – расплаве полимера [3–5], получали нанокompозитный порошкообразный материал с заданным

соотношением наночастиц и полимеров. При этом использовался модифицированный полиэтилен высокого давления марки ПЭВД–10803–020. Технология модифицированного полиэтилена позволяла получать порошок с высокодисперсной структурой (плотность составляет  $960 \text{ кг/м}^3$ ), способной формоваться при механическом воздействии. Размер частиц сульфида кадмия составлял от 1 до 70 мкм.

На втором этапе полученный порошкообразный материал загружали в пресс, состоящий из фторопластового цилиндра и поршня, которые помещали в муфельную печь и выдерживали при определенной температуре в течение 1 ч. Тем не менее, несмотря на достаточно высокую дисперсность частиц сульфида кадмия, двухэтапный способ их получения является весьма трудоемким процессом из-за необходимости проведения технологии модифицирования полиэтилена.

В сообщении [6] описывается возможность упрощения метода получения нанокомпозитного материала, не снижающего уровень дисперсности частиц CdS. В этом случае получение композитного материала осуществляется путем размещения раствора-расплава в стакане шприц-пресса, оснащенного печкой, которая обеспечивает нагрев реакционной смеси в интервале температур  $20\text{--}300 \text{ }^\circ\text{C}$ . Максимальное давление, развиваемое поршнем пресса, составляет 100 атм. Исходными компонентами для проведения синтеза служили СЭВИЛЕН (сополимер этилена с винилацетатом), ацетат кадмия и тиомочевина, предварительно высушенная при температуре  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ . Доля полимера в общей смеси составляла 82 %. Ацетат кадмия и тиомочевина брались в соотношении 2:1.

Состав и количественные соотношения полимерной смеси:

– сополимер этилена с винилацетатом – 100 г;

– ацетат кадмия  $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 12 г;

– тиомочевина  $\text{SCN}_2\text{H}_4$  – 6 г.

Все компоненты смеси тщательно перемешивали и загружали в стакан шприц-пресса, после чего включали его подогрев. При достижении температуры смеси  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  устанавливали давление 50 атм., которое сохранялось до окончания синтеза. При температурах, близких к  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , полимер и тиомочевина начинали плавиться, что приводило к реакции обмена между ацетатом кадмия и тиомочевинной. Затем расплав нагревали до температуры  $T_{\text{max}} = 180 \text{ }^\circ\text{C}$  и выдерживали в течение 10 мин. В этих условиях происходил процесс образования сульфида кадмия, встраивавшегося в полимерную сетку. Для полного завершения процесса образования CdS расплав выдерживали в том же режиме еще около 20 мин. После этого полученный раствор-расплав заливали в пресс-формы и охлаждали на воздухе до комнатной температуры. Синтезированные образцы были окрашены в ярко-оранжевый цвет, характерный для CdS. При этом разработанная методика позволяла получать композиционный материал в виде объемных образцов разнообразной формы: пластин, брусков, нитей, а также пленок.

Полученный после синтеза материал исследовали методом рентгеновской дифракции на дифрактометре ДРОН-3 (рис. 1). Наблюдались дифракционные пики для  $2\theta = 31; 32,5; 51; 61$  град., что соответствует кубической фазе наночастиц CdS [3–6]. Размер  $d$  частиц CdS определяли по ширине  $\beta$  наиболее интенсивного пика, используя формулу [5]:

$$d = k\lambda/(\beta \cdot \cos \theta), \quad (1)$$

где  $k$  – константа;  $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$  – длина волны рентгеновского излучения;  $\beta$  – полная ширина половины максимума (FWHM);  $\theta$  – угол дифракции.

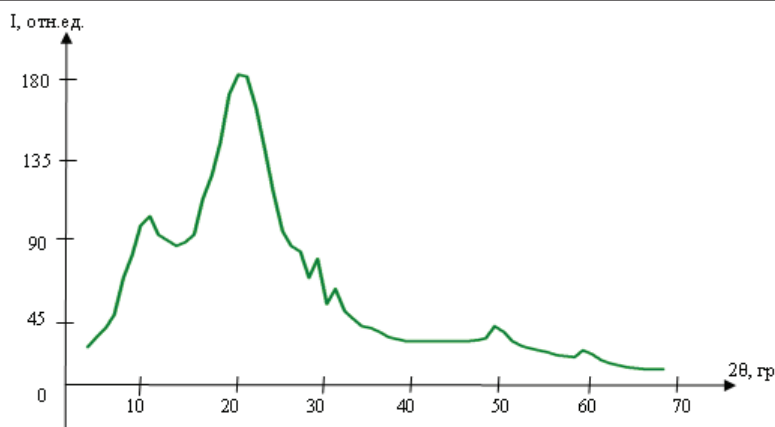


Рис. 1. Дифракционный рентгеновский спектр наночастиц CdS в полимерной матрице СЭВИЛЕНА

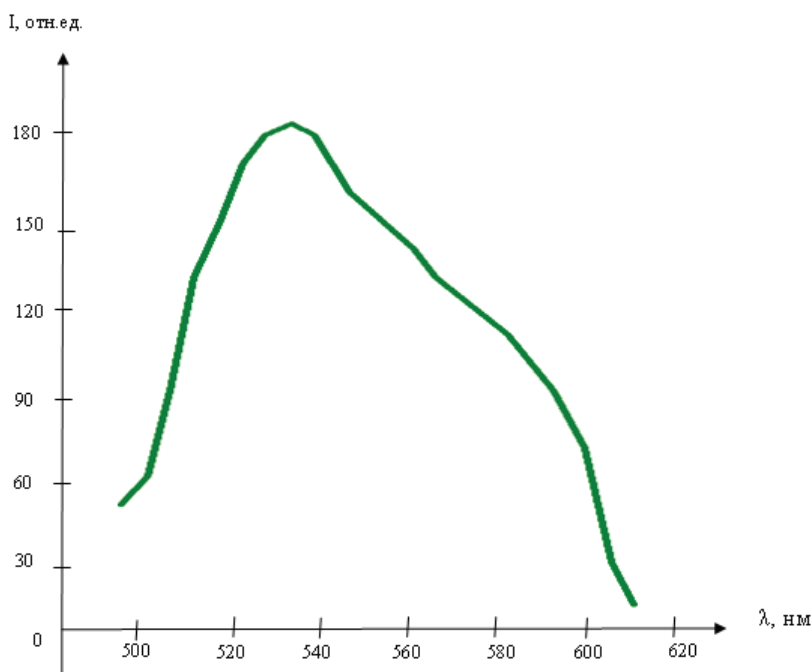


Рис. 2. Спектр фотолюминесценции наночастиц CdS в полимерной матрице СЭВИЛЕНА, снятый при температуре 300 К

На основании формулы (1) и данных рис. 1 получено, что средний размер частиц CdS составляет величину  $d = 5-10$  нм.

Спектр фотолюминесценции нанокompозитного материала (рис. 2), снятый при 300 К, представляет собой полосу полушириной 90 нм с максимумом интен-

сивности, лежащим в области 520–530 нм. Она соответствует краевому зеленому излучению «макроскопических» кристаллов CdS [7].

Таким образом, разработанная технология позволяет получать полимерные композиции с наполнителями в виде ульт-



радисперсных частиц размерами  $\sim 10$  нм полупроводниковых соединений группы  $A_2B_6$ . Подобные нанокompозитные материалы являются перспективными для новых фотоэлектронных элементов и устройств, использующих совмещенные свойства полимера и полупроводника. В частности, данная технология позволит решить задачу получения тонкопленочных и монокристаллических форм композитных материалов, на основе которых можно будет создать ряд новых устройств записи и обработки информации в рентгеновском и оптическом диапазонах, а также сенсорных устройств для экологического мониторинга.

### Цитированная литература

1. **Marzia Pentimali, Francesco Antolini, Elvira Maria Bauer et al.** A solid state nuclear magnetic resonance study on the thermolitic synthesis of CdS nanoparticles in polystyrene matrix // *Materials Letters*. – 2006. – P. 2657–2661.

2. **Зайцев Б.Д., Кузнецова И.Е., Шихабудинов Ф.М., Разумов К.А.** Влияние температуры формования на свойства нанокompозитных пленок на основе полиэтилена высокого давления // *Письма в ЖТФ*. – 2008. – Т. 34, вып. 12. – С. 67–73.

3. **Кособудский И.Д., Кошкина Л.В., Губин С.П. и др.** Металлические кластеры в полимерных матрицах // *Высокомолекулярные соединения*. Сер. А. – 1983. – Т. 27, № 4. – С. 689–694.

4. **Козинкик А.В., Власенко В.Г., Губин С.П. и др.** Кластеры в полимерной матрице. 2. Исследование состава и строения железосодержащих кластеров в полиэтиленовой матрице // *Неорганические материалы*. – 1996. – Т. 32, № 4. – С. 422–428.

5. **Manjunatha Pattaby, Sarasuathi Amma V., Manzoor K.** Photoluminescence of PVP capped CdS nanoparticles embedded in PVA matrix // *Materials Research Bulletin*. – 2007. – Vol. 42. – P. 828–835.

6. А. с. 20080281 от 17.11.2008. МД. Способ получения нанокompозитного сульфида кадмия в полимерной матрице.

7. *Физика и химия соединений  $A_2B_6$*  / Под ред. С.А. Медведева. – М.: Мир, 1970. – 624 с.

УДК 538.935, 538.971, 538.975

*Э.П. Синявский*, д-р физ.-мат. наук, проф.  
*С.А. Карапетян*, преп. (г. Кишинев)

### ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В НИЗКОРАЗМЕРНЫХ КВАНТОВЫХ СИСТЕМАХ

*Обсуждается влияние рассеяния носителей на шероховатой поверхности на кинетические свойства квантовых систем. В частности показано, что внешнее однородное магнитное поле различной ориентации относительно поверхности размерно-ограниченной системы заметным образом уменьшает величину времени релаксации носителей, что принципиально важно при исследовании кинетических явлений в системах пониженной размерности.*

Исследования кинетических явлений (процессов переноса, оптических свойств) в квантовых системах с пониженной размерностью продолжают привлекать

внимание как теоретиков, так и экспериментаторов. Это связано с тем, что энергетический спектр электронов и дырок в таких системах из-за размерного квантова-

ния принципиальным образом отличается от объемного материала. Именно появление размерно-квантованных зон проводимости (как и валентных зон) создает новые каналы поглощения и люминесценции, определяемые, например, с переходом заряженной частицы между размерно-квантованными зонами проводимости (межподзонами переходами). При этом, что очень важно, из-за локализации носителей сила осциллятора при таких переходах велика, что приводит к большим, порядка  $10^3 \text{ см}^{-1}$ , значениям коэффициента поглощения слабой электромагнитной волны в далекой инфракрасной области спектра.

Если в объемных полупроводниковых материалах электронные явления переноса определяются в основном рассеянием носителей на колебаниях кристаллической решетки при низких температурах и рассеянием на легированной примеси, то в размерно-ограниченных системах (квантовых ямах, гетероструктурах, квантовых проволоках и т. д.) возникает новый тип рассеяния – рассеяние носителей на шероховатой поверхности. Именно этот механизм рассеяния может определять величину электропроводности в области низких температур. При этом, естественно, чем меньше ширина размерно-квантованной системы, тем более активными становятся процессы рассеяния носителей на шероховатой поверхности. Эти процессы влияют на кинетические явления по-разному, в зависимости от ориентации напряженности внешнего однородного магнитного поля по отношению к оси пространственного квантования. Рассматриваемые процессы рассеяния важны в области низких температур  $T$ , потому что с ростом  $T$  сначала особую роль начинают играть процессы рассеяния носителей на длинноволновых (акустических) колебаниях кристаллической решетки, а потом включаются процессы, связанные с взаимодействием заряженных частиц с оптическими фононами.

Фактически впервые на важную роль взаимодействия носителей с шероховатой поверхностью на процессы переноса обратили внимание Н. Sakaki с соавт. [1] при исследовании подвижности в квантовой яме (КЯ) GaAs/AlAs малой толщины (40 Å, 60 Å). При этом подвижность оказалась очень чувствительной величиной, зависящей от ширины  $a$  квантовой ямы. При низких температурах ( $T = 4,2 \text{ К}$ ) подвижность при  $a < 60 \text{ Å}$  с ростом толщины увеличивалась как  $a^6$ . Для описания экспериментальных данных по величине и температурной зависимости подвижности в кремниевых инверсионных слоях (Si-SiO<sub>2</sub>) в области низких температур ( $T \leq 80 \text{ К}$ ) параметры флуктуирующей поверхности принимают значения  $\Delta \sim 6 \text{ Å}$ ,  $\Lambda \sim 13 \text{ Å}$  [2, 3].

Как показали теоретические и экспериментальные исследования в квантовой яме GaAs/AlAs [4], влияние рассеяния носителей на шероховатой поверхности на подвижность, полуширину линии при межподзонных оптических переходах существенно вплоть до комнатных температур (толщина  $a \sim 80 \text{ Å}$ ). В [5] при исследовании оптических свойств сверхрешеток с активной областью GaAs/AlGaAs показано, что в отсутствие магнитного поля рассеяние носителей на шероховатой поверхности всегда доминирует в области низких температур над другими механизмами рассеяния (рассеяние на длинноволновых акустических фононах, на примесях).

В работе [6] рассматривалось влияние рассеяния носителей на шероховатой поверхности на подвижность вырожденного электронного газа в квантовых проволоках цилиндрической формы с бесконечным потенциалом на границе  $r = R_0$ . Влияние рассеяния носителей на шероховатой поверхности на форму фотолюминесценции обсуждалось в [7]. Влияние электрического поля  $E$ , направленного перпендикулярно поверхности прямоугольной КЯ,

на рассеяние носителей на шероховатой поверхности (в случае гауссовской флуктуации поверхности) исследовалось в [8]. Показано, что вероятность рассеяния в единицу времени увеличивается с ростом  $E$  (при  $E > 3 \cdot 10^5$  В/см это увеличение для КЯ с шириной 60 Å составляет более чем 3 раза).

Теоретические расчеты времени релаксации (транспортного времени) с учетом рассеяния носителей на шероховатой поверхности (**surface roughness scattering**) для описания температурной зависимости подвижности в инверсионных слоях кремния проводились в [2].

В работе [9] обсуждалось влияние рассеяния носителей на шероховатой поверхности на подвижность в квантовых проволоках, когда электроны находятся в нижней подзоне. В [10] исследовалось поведение подвижности в области низких температур в Al–GaAs/GaAs  $V$ -подобной квантовой проволоки, когда учитывалось рассеяние на шероховатой поверхности. Авторы работы [10] также обратили внимание на влияние этого механизма на внутри- и межподзонные переходы ( $\Delta \sim 10$  Å,  $\Lambda \sim 30$  Å) для вырожденного электронного газа. В исследованиях [11] проводились расчеты транспортного времени релаксации в гетероструктурах для прямоугольной КЯ конечной высоты барьера на границе Al<sub>x</sub>Ge<sub>1-x</sub>N/GeN с малой плотностью носителей с учетом рассеяния и на шероховатой поверхности. В работе [12] теоретически исследовалось, в частности, влияние рассеяния электронов на шероховатой поверхности в транзисторной структуре на основе квантовой проволоки GaAs в матрице AlAs. Влияние рассеяния электронов на шероховатой поверхности на явления переноса в полупроводниковых графитовых нанопленках изучалось в [13]. В этой работе также обсуждался вопрос локализации носителей на шероховатой поверхности при  $\Delta \sim \Lambda$ . В [14] исследовалась

роль рассеяния носителей на поверхности на низкотемпературные явления переноса в Ni нанопроволоках (диаметр проволоки изменялся от 55 до 13 нм). С ростом диаметра квантовой проволоки при низких температурах влияние поверхности на удельное сопротивление, как показывают экспериментальные исследования, уменьшается. Влияние шероховатой поверхности с различной шириной шероховатости ( $\Lambda$  изменялось от 13 до 108 Å) на теплопроводность в нанопроволоках кремния экспериментально исследовалось в [15]. Было показано, что с увеличением неровностей поверхности исследуемой наноструктуры теплопроводность уменьшается.

Из-за неровности поверхности случайным образом меняется ширина  $a$  размерно-ограниченной квантованной системы, т. е. флуктуирует энергия размерного квантования  $E_n$  при движении носителя параллельно поверхности исследуемой системы. Следовательно, энергия взаимодействия электрона (дырки) с шероховатой поверхностью может быть записана в следующем виде [1]:

$$V(x, y) = \frac{\partial E_n}{\partial a} \Delta(x, y) \equiv V_n \Delta(x, y). \quad (1)$$

Например, для прямоугольной КЯ с бесконечными стенками для потенциала

$$E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2 n^2}{2ma^2}, \quad \text{т. е.} \quad V_n = -\frac{2}{a} E_n$$

( $m$  – эффективная масса носителя).

Для случая параболической КЯ

$$E_n = 2\hbar \left[ \frac{2\Delta E_c}{m} \right]^{\frac{1}{2}} \frac{1}{a} \left( n + \frac{1}{2} \right),$$

$$V_n = -\frac{1}{a} E_n,$$

где  $\Delta E_c$  – высота параболического потенциала на границе квантовой системы.

Часто в расчетах используется случай гауссовской флуктуации поверхности, когда автокорреляционная функция для разных точек поверхности определяется соотношением

$$\begin{aligned} \{\Delta(x, y)\Delta(x', y')\} &= \\ &= \Delta^2 \exp\left[-\frac{1}{\Lambda^2}((x-x')^2 + (y-y')^2)\right] \equiv \\ &\equiv F(|\mathbf{\rho} - \mathbf{\rho}'|). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь  $\Delta$ ,  $\Lambda$  – соответственно высота и ширина гауссовской флуктуации;  $\{\}$  – усреднение по реализации случайного процесса

$$\Delta(x, y), |\mathbf{\rho} - \mathbf{\rho}'| = \left[ (x-x')^2 + (y-y')^2 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Можно, естественно, рассматривать случай  $\delta$ -образной флуктуации поверхности, когда автокорреляционная функция для различных точек поверхности определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \{\Delta(x, y)\Delta(x', y')\} &= \gamma \delta(x-x')\delta(y-y') \equiv \\ &\equiv F(x-x', y-y'), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\gamma$  определяет высоту флуктуации.

Если исследовать квантовые проволоки, то для гауссовской флуктуации поверхности автокорреляционная функция для различных точек поверхности по аналогии с (2) может быть записана в виде

$$\begin{aligned} \{\Delta(x)\Delta(x')\} &= \\ &= \Delta^2 \exp\left[-\frac{1}{\Lambda^2}(x-x')^2\right] \equiv F(|x-x'|). \end{aligned} \quad (4)$$

В случае  $\delta$ -образной флуктуации поверхности естественно положить, что

$$\{\Delta(x)\Delta(x')\} = \gamma_0 \delta(x-x') \equiv F(|x-x'|). \quad (5)$$

Время релаксации носителей на шероховатой поверхности, связанное с кванто-

во-механической вероятностью рассеяния в нижайшем порядке теории возмущений, определяется соотношением

$$\frac{1}{\tau_\alpha} = \frac{2\pi}{\hbar} \sum_\beta V_\alpha V_\beta W_{\alpha\beta} \delta(\varepsilon_\alpha - \varepsilon_\beta); \quad (6)$$

$$\begin{aligned} W_{\alpha\beta} &= \\ &= \int d\mathbf{r} d\mathbf{r}_1 \Psi_\alpha^*(\mathbf{r}) \Psi_\beta^*(\mathbf{r}_1) V_\alpha V_\beta F(|\mathbf{\rho} - \mathbf{\rho}'|) \Psi_\alpha(\mathbf{r}_1) \Psi_\beta(\mathbf{r}), \end{aligned}$$

где  $\Psi_\alpha(\mathbf{r})$  – волновые функции носителей в состоянии  $\alpha$  в размерно-ограниченной системе.

Для квазидвумерных квантовых систем (КЯ, гетероструктуры) в случае гауссовской флуктуации поверхности

$$\begin{aligned} W_{\alpha\beta} &= S \delta_{n,n_1} \Delta^2 \Lambda^2 \times \\ &\times \exp\left\{-\frac{\Lambda^2}{4} \left[ (k_x - k'_x)^2 + (k_y - k'_y)^2 \right]\right\}, \end{aligned} \quad (7)$$

$k_x, k_y$  – волновые векторы электрона, параллельные поверхности (площадь которой  $S$ ) исследуемой системы.

В случае  $\delta$ -образной флуктуации поверхности

$$W_{\alpha\beta}^\delta = S \gamma_0 \delta_{n,n_1}. \quad (8)$$

В работах [1, 2, 16] при исследовании влияния рассеяния носителей на шероховатой поверхности на температурную зависимость подвижности носителей и на оптические свойства низкоразмерных систем рассчитывалось транспортное время релаксации  $\tau_{tr}$ , которое естественным образом возникает при решении классического кинетического уравнения Больцмана. Для гауссовской флуктуации поверхности (2) в случае прямоугольной КЯ с бесконечным потенциалом на поверхности при низких температурах

$$\left( k_0 T \ll \frac{\hbar^2}{m\Lambda^2} \right)$$

$\tau_{tr}$  определяется соотношением [16]:

$$\frac{1}{\tau_{tr}} = \frac{\pi m}{\hbar^3} (\Delta V_n)^2 e^{-\frac{k_{\perp}^2 \Lambda^2}{2}} \left[ I_0 \left( \frac{k_{\perp}^2 \Lambda^2}{2} \right) - I_1 \left( \frac{k_{\perp}^2 \Lambda^2}{2} \right) \right] \approx \frac{\pi m}{\hbar^3} (\Delta V_n)^2. \quad (9)$$

Здесь  $I_\nu(z)$  – модифицированная функция Бесселя  $\nu$  значка [17];  $k_{\perp}$  – волновой вектор частицы в плоскости, перпендикулярной оси размерного квантования.

При рассеянии на шероховатой поверхности в прямоугольных КЯ в случае  $\delta$ -образной флуктуации поверхности

$$\frac{1}{\tau_{tr}} = \frac{\pi m \gamma V_n^2}{\hbar^3}. \quad (10)$$

Для квантовых проволок с параболическим потенциалом транспортное время релаксации записывается в следующем виде:

– для гауссовской флуктуации поверхности при низких температурах

$$\frac{1}{\tau_{tr}} = \frac{2m(\Delta V_n)^2 \Lambda \sqrt{\pi}}{\hbar^3 |k_x|}; \quad (11)$$

– для  $\delta$ -образной флуктуации поверхности

$$\frac{1}{\tau_{tr}} = \frac{2mV_n^2 \gamma_0}{\hbar^3 |k_x|} \quad (12)$$

( $k_x$  – волновой вектор электрона вдоль оси квантовой проволоки).

Заметим, что транспортное время релаксации при низких температурах в точности совпадает при любых видах флуктуации поверхности с  $\tau_{\alpha}$  (6).

Однородное магнитное поле может заметным образом влиять на процессы рассеяния носителей на шероховатой поверхности наноструктуры, т. е. изменять процессы переноса в квантовых системах. Если напряженность магнитного поля  $\mathbf{H}$  направлена вдоль поверхности КЯ, то вре-

мя релаксации носителей, находящихся на низжайшем размерно-квантованном уровне для параболической КЯ в случае  $\delta$ -образной флуктуации поверхности определяется следующими соотношениями:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{m\gamma}{4a^2 \hbar^3} \frac{(\hbar\omega)^2}{(1+\delta)^{\frac{1}{2}}}; \quad (13)$$

$$\delta = \left( \frac{\omega_c}{\omega} \right)^2; \quad \omega_c = \frac{eH}{mc},$$

где  $\hbar\omega$  – шаг пространственного квантования;  $\omega_c$  – циклотронная частота.

Как непосредственно следует из (13), с ростом магнитного поля вероятность рассеяния носителей уменьшается, что связано с увеличением локализации электронов (дырок). Аналогичные эффекты могут наблюдаться и в квантовых проволоках. Для параболических нанопроволок время релаксации носителей, связанное с рассеянием на шероховатой поверхности, в случае гауссовской флуктуации поверхности может быть представлено в виде

$$\frac{1}{\tau_{\alpha}} = \frac{m\Delta^2 \Lambda}{\hbar^3} V_{\alpha}^2 \frac{\sqrt{\pi}}{|k_x|} \left[ 1 + e^{-(k_x \Lambda)^2} \right], \quad (14)$$

а для  $\delta$ -образной флуктуации поверхности –

$$\frac{1}{\tau_{\alpha}} = \frac{2mV_n^2 \gamma_0}{\hbar^3 |k_x|}. \quad (15)$$

Если однородное магнитное поле направлено вдоль поверхности нанопроволоки радиуса  $R_0$ , то

$$V_{\alpha} = -\frac{4\hbar\omega \left( n + \frac{1}{2} + \frac{|m|}{2} \right)}{R_0 (4 + \delta)^{\frac{1}{2}}}. \quad (16)$$

В случае поперечного магнитного поля ( $\mathbf{H}$  направлено перпендикулярно по-

верхности размерно-квантованной системы) имеем

$$V_\alpha \cong -\frac{\hbar\omega}{R_0} \left[ \left( n + \frac{1}{2} \right) + \left( n_1 + \frac{1}{2} \right) \frac{1}{\sqrt{1+\delta}} \right]. \quad (17)$$

Следовательно, с ростом  $\mathbf{H}$  время релаксации, как и в КЯ, увеличивается. Таким образом, рассеяние носителей на шероховатой поверхности в системах с пониженной размерностью является важным (особенно в области низких температур), и его необходимо учитывать при описании кинетических явлений в полупроводниковых наноструктурах.

### Цитированная литература

1. **Sakaki H., Noda T., Hirakawa K. et al.** Interface roughness scattering in GaAs/AlAs quantum wells. // *Appl. Phys. Lett.* – 1987. – Vol. 51, № 23. – P. 1934–1936.
2. **Stern F.** Calculated Temperature Dependence of Mobility in Silicon Inversion Layers // *Phys. Rev. Lett.* – 1980. – Vol. 44, № 22. – P. 1469–1472.
3. **Cham K.M., Wheeler R.G.** Temperature-Dependent Resistivities in Silicon Inversion Layers at Low Temperatures // *Phys. Rev. Lett.* – 1980. – Vol. 44, № 22. – P. 1472–1475.
4. **Unuma T., Takahashi T., Noda T. et al.** Effects of interface roughness and phonon scattering on intersubband absorption linewidth in a GaAs quantum well // *Appl. Phys. Lett.* – 2001. – Vol. 78, № 22. – P. 3448–3450.
5. **Leuliet A., Vasanelli A., Wade A. et al.** Electron scattering spectroscopy by a high magnetic field in quantum cascade lasers // *Phys. Rev. B.* – 2006. – Vol. 73, № 8. – P. 085311 [9 pages].
6. **Gold A., Ghazali A.** Analytical results for semiconductor quantum-well wire: Plasmons, shallow impurity states, and mobility // *Phys. Rev. B.* – 1990. – Vol. 41, № 11. – P. 7626–7640.
7. **Gurioli M., Vinattieri A., Colocci M. et al.** Optical investigation of interface roughness and defect incorporation in GaAs/AlGaAs quantum wells grown with and without growth interruption // *Appl. Phys. Lett.* – 1991. – Vol. 59, № 17. – P. 2150–2152.
8. **Ibragimov G.B.** Interface Roughness-Induced Intracascade Scattering in a Quantum Well Under an Electric Field // *Semiconductor Physics. Quantum Electronics. Optoelectronic.* – 2002. – Vol. 5, № 1. – P. 39–41.
9. **Motohisa J., Sakaki H.** Interface roughness scattering and electron mobility in quantum wires // *Appl. Phys. Lett.* – 1992. – Vol. 60, № 11. – P. 1315.
10. **Tsetseri M., Tribes G.P.** Mobility in V-shaped quantum wires due to interface roughness and alloy scattering // *Phys. Rev.* – 2004. – Vol. 69, № 7. – P. 075313 [8 pages].
11. **Doan Nhat Quang, Nguyen Huyen Tung, Vu Ngoc Tuoc et al.** Quantum and transport lifetimes due to roughness-induced scattering of a two-dimensional electron gas in wurtzite group-III-nitride heterostructures // *Phys. Rev.* – 2006. – Vol. 74, № 20. – P. 205312 [14 pages].
12. **Борздов А.В., Поздняков Д.В.** Рассеяние электронов в транзисторной структуре GaAs/AlAs // *ФТТ.* – 2007. – Вып. 49, № 5. – С. 913–916.
13. **Tian Fang, Aniruddha Konar, Huili Xing, Debdeep Jena.** Mobility in semiconducting graphene nanoribbons: Phonon, impurity, and edge roughness scattering // *Phys. Rev.* – 2008. – Vol. 78, № 20. – P. 205403 [8 pages].
14. **Venkata Kamalakar M., Raychaudhuri A.K.** Low temperature electrical transport in ferromagnetic Ni nanowires // *Phys. Rev. B.* – 2009. – Vol. 79, № 20. – P. 205417 [8 pages].
15. **Ling Liu, Xi Chen** // Effect of surface roughness on thermal conductivity of silicon nanowires // *J. Appl. Phys.* – 2010. – Vol. 107. – P. 033501.
16. **Vurgaftman I., Meyer J.R.** TE- and TM-polarized roughness-assisted free-carrier absorption in quantum wells at midinfrared and terahertz wavelengths // *Phys. Rev.* – 1999. – Vol. 60, № 20. – P. 14294–147301.
17. Справочник по специальным функциям / Под ред. М. Абрамовица, И. Стиган. – М.: Наука, 1979. – 828 с.



УДК 537.226

В.М. Ишимов, канд. физ.-мат. наук, доц.  
Э.А. Сенокосов, д-р физ.-мат. наук, проф.  
В.Г. Суринов, канд. физ.-мат. наук, доц.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТАКТА МЕТАЛЛ – ХАЛЬКОГЕНИДНЫЙ СТЕКЛООБРАЗНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК $(As_2Se_3)_{0,7}(Sb_2Se_3)_{0,3}$

*Исследована зависимость дифференциальной емкости  $C$  от приложенного напряжения  $U$  к контакту металлов (М: Cr, In, Al, Ag, Bi, Sb) с пленкой халькогенидного стеклообразного полупроводника состава  $(As_2Se_3)_{0,7}(Sb_2Se_3)_{0,3}$ . По экспериментальным данным зависимости  $C^{-2} = f(U)$  определена концентрация ионизированных центров, ширина обедненного слоя барьера, величина диффузионного потенциала. Полученные вольт-фарадные характеристики описываются моделью двух барьеров Шоттки, включенных навстречу друг другу.*

### Введение

Исследование зависимости дифференциальной емкости  $C$  от напряжения  $U$  контакта металла с пленкой халькогенидного стеклообразного полупроводника (ХСП) позволяет определить ряд параметров как полупроводникового слоя, так и самой структуры (концентрацию ионизированных локальных центров, диффузионную разность потенциалов, высоту контактного барьера, ширину области пространственного заряда). Знание этих параметров имеет не только научное, но и практическое значение при создании носителей оптической информации [1, 2]. Ранее отмечалось, что исследование емкости контакта металл–ХСП не обнаруживает ее зависимости от напряжения смещения в широком интервале частот [3]. Такое поведение емкости обусловлено тем, что времена установления стационарного барьера на границе металл–ХСП из-за низких значений дрейфовой подвижности носителей заряда в стеклах исчисляются десятками и сотнями секунд. Это накладывает определенные ограничения на спектр измерительных частот, которые должны иметь период колеба-

ния, соизмеримый с постоянной времени диэлектрической релаксации  $\tau_r = \epsilon\epsilon_0\rho$  исследуемых слоев, где  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость материала полупроводника;  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная;  $\rho$  – его удельное сопротивление.

Исследование контактных явлений на границе металл–ХСП системы  $As_2Se_3$ – $Sb_2Se_3$ , электродами для которых служили тонкие пленки Au, Al, Pt, Mg, Ni, Sb, Bi и Cr, показали существование контактных потенциальных барьеров типа барьеров Бардина, высота которых слабо зависела от материала электрода [4, 5].

В данной работе приведены результаты исследования вольт-фарадных характеристик (ВФХ) контакта металла с халькогенидной стеклообразной пленкой твердого раствора состава  $(As_2Se_3)_{0,7}(Sb_2Se_3)_{0,3}$ , где в качестве металлических электродов использовались слои Cr, In, Al, Ag, Bi, Sb. Нижним электродом во всех исследованных образцах служил Cr. Используемые металлы (М) верхних электродов структуры Cr–ХСП–М имеют различные работы выхода и образуют на контакте с ХСП барьеры для дырок.

## Экспериментальные результаты

ВФХ снимались на инфранизких частотах напряжений ( $10^{-3}$ – $10^{-1}$  Гц) по методике [6]. Образцы для исследования изготавливались в виде «сэндвич»-структур. Как уже отмечалось, нижним электродом служил Cr, а в качестве верхних электродов использовались металлы Cr, In, Al, Ag, Bi, Sb, нанесенные на слой ХСП методом термического напыления в вакууме.

На рис. 1 (кривые 1–3) представлены ВФХ пленочных структур Cr–ХСП–М с металлами Al, In, Ag, а на рис. 2 (кривые 1–3) – с металлами Bi, Cr, Sb, снятые при комнатной температуре с частотой колебания измерительного напряжения  $10^2$  Гц. Положительное значение смещения соответствует заборному направлению барьера на нижнем Cr-электроде, а отрицательное – заборному направлению барьера на верхних электродах. Для сравнения приведены световые ВФХ структуры Cr–ХСП–Al и Cr–ХСП–Bi (кривые 4 на рис. 1 и 2 соответственно) при их освещении со стороны подстилающего Cr-электрода. Видно, что ВФХ структур с разными материалами электродов имеют различный вид. Можно выделить два типа характеристик: ВФХ, имеющие два различных по величине максимума, и ВФХ, имеющие один максимум в области малых значений напряжения смещения. Освещение приводит к росту величины емкости и расширению кривой зависимости  $C = f(U)$  (ср. кривые 1 и 4 на рис. 1 и 2).

Представленные на рис. 1 и 2 зависимости описываются моделью двух барьеров Шоттки [7], включенных навстречу друг другу. При положительном смещении на нижнем электроде один барьер (Cr–ХСП) работает в заборном направлении, а другой – включен в пропускном направлении. При отрицательном смещении на нижнем электроде – наоборот. Эквивалентная схема такой модели (без учета

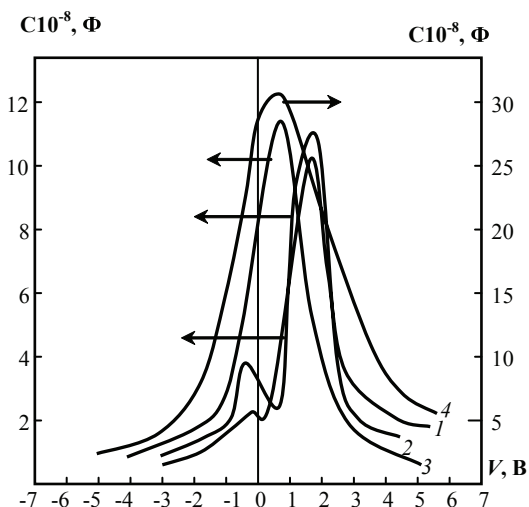


Рис. 1. Зависимость темновой емкости структуры Cr–ХСП–М от напряжения смещения для  $T = 300$  К и различных металлов: 1 – Al; 2 – In; 3 – Ag; 4 – световая ВФХ структуры Cr–ХСП–Al

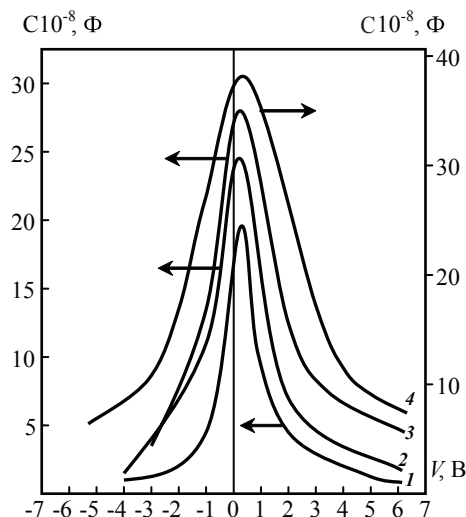


Рис. 2. Зависимость темновой емкости структуры Cr–ХСП–М от напряжения смещения для  $T = 300$  К и различных металлов: 1 – Bi; 2 – Cr; 3 – Sb; 4 – световая ВФХ структуры Cr–ХСП–Bi

последовательного сопротивления) может быть представлена в виде двух  $R$ - $C$  цепей (рис. 3). Здесь  $R_1, C_1$  и  $R_2, C_2$  – дифференциальные сопротивления и емкости соот-

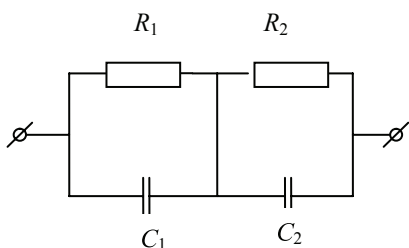


Рис. 3. Эквивалентная схема контактов металл-ХСП-металл

ветственно первого и второго диодов. При  $U \neq 0$  один переход М-ХСП находится в запиорном состоянии, а другой – в пропускном. В этом случае их емкости будут определяться следующими выражениями:

$$C_1 = S \left[ \frac{e \cdot N_1 \cdot \varepsilon_1}{2 \cdot (V_{D1} - V_1)} \right]^{\frac{1}{2}}; \quad (1)$$

$$C_2 = S \left[ \frac{e \cdot N_2 \cdot \varepsilon_2}{2 \cdot (V_{D2} - V_2)} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

где  $S$  – площадь электродов;  $e$  – заряд электрона;  $N_1$  и  $N_2$  – концентрации мелкой легирующей примеси;  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – диэлектрические постоянные полупроводниковых материалов;  $V_{D1}$  и  $V_{D2}$ ,  $V_1$  и  $V_2$  – части соответственно диффузионного потенциала и внешнего напряжения, приходящиеся на каждый из двух диодов пленочной структуры Сг-ХСП-М.

В области малых значений смещения, подаваемого на структуру, суммарная емкость определяется емкостями составляющих диодов, соединенных последовательно, и равна

$$C_0 = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}. \quad (3)$$

Она будет иметь тем более минимальное значение, чем ближе значения емкостей  $C_1$  и  $C_2$ .

Рост величины смещения приводит к тому, что при определенной полярности напряжения полная емкость определяется емкостью диода, находящегося в запиорном состоянии, и на графике  $C = f(U)$  наблюдаются два максимума при положительной и отрицательной полярностях на подстилающем электроде. Напряжение, соответствующее минимальному значению емкости, определяется выражением

$$V_{\min} = \frac{kT}{e} \lg \left( \frac{I_{S2}}{I_{S1}} \cdot \frac{C_1}{C_2} \right). \quad (4)$$

Итак, в области частот, где имеет место зависимость емкости от напряжения, на ВФХ структуры металл-ХСП-металл наблюдается минимум в точке с координатами  $(V_{\min}, C_{\min})$ . Максимумы на ВФХ по величине и положению различны для несимметричной структуры **Cr-As-Se-Sb-Al** (см. рис. 1, кривая 1). Большой максимум соответствует меньшему барьеру на границе Сг-ХСП, а меньший – барьеру на границе Al-ХСП.

Световые ВФХ описываются также моделью двух диодов, включенных навстречу друг другу [8]. Кривая зависимости емкости от напряжения смещения имеет максимум в области малых значений напряжения смещения, что связано с перераспределением напряжения на обедненных областях при освещении образца и с уменьшением сопротивления последовательно включенной базы, роль которой выполняет объем полупроводника (см. рис. 1, кривая 4). Емкость структуры возрастает, так как увеличивается емкость каждого перехода, что приводит к росту суммарной емкости. Перераспределение происходит таким образом, что доля напряжения, приходящегося на запиорный диод, уменьшается, а доля напряжения на открытом диоде растет. Это связано с тем, что при освещении полупроводникового

слоя из области основного поглощения происходит изменение положения уровня Ферми относительно краев разрешенных зон, что вызывает изменение контактной разности потенциалов и смену полярности запертого и пропускного направлений [8].

Для контакта металл – кристаллический полупроводник величина пространственного заряда на единицу площади поверхности определяется выражением [9]

$$Q = e \cdot N_D \cdot w = \sqrt{2e\epsilon\epsilon_0 \cdot N_D \cdot \left( V_{bi} - V - \frac{kT}{e} \right)}. \quad (5)$$

где  $V_{bi}$  – диффузионный потенциал;  $w$  – ширина обедненного слоя барьера металл-полупроводник, равная

$$w = \sqrt{\frac{2\epsilon\epsilon_0}{eN_D} \cdot \left( V_{bi} - V - \frac{kT}{e} \right)}. \quad (6)$$

Тогда удельная емкость обедненного слоя будет связана с приложенным напряжением соотношением

$$C = \sqrt{\frac{e\epsilon\epsilon_0 N_D}{2 \left( V_{bi} - V - \frac{kT}{e} \right)}} \quad (7)$$

или

$$\frac{1}{C^2} = \frac{2 \left( V_{bi} - V - \frac{kT}{e} \right)}{2\epsilon\epsilon_0 \cdot N_D}. \quad (8)$$

Если концентрация ионизированных центров  $N_D$  постоянна во всей области обедненного слоя, то на графике зависимости  $C^2 = f(U)$  должна наблюдаться прямая линия. Если же  $N_D$  непостоянна, то, измеряя дифференциальную емкость, можно определить концентрацию ионизированных центров по формуле

$$N_D = \frac{2}{e\epsilon\epsilon_0} \left[ - \frac{1}{d \left( \frac{1}{C^2} \right) / dV} \right]. \quad (9)$$

На рис. 4 представлены типичные зависимости  $C^2 = f(V)$  для исследуемых барьеров. Характерным для всех зависимостей является наличие линейного участка при больших напряжениях и отклонение от линейности при малых значениях смещения, а также существование минимума в области прямого смещения. Соответствующие минимумы напряжения зависят от материала электрода.

Экстраполяция прямого участка зависимости  $C^2 = f(V)$  для структуры Cr-XСП-M до пересечения с осью напряжений определяет величину напряжения

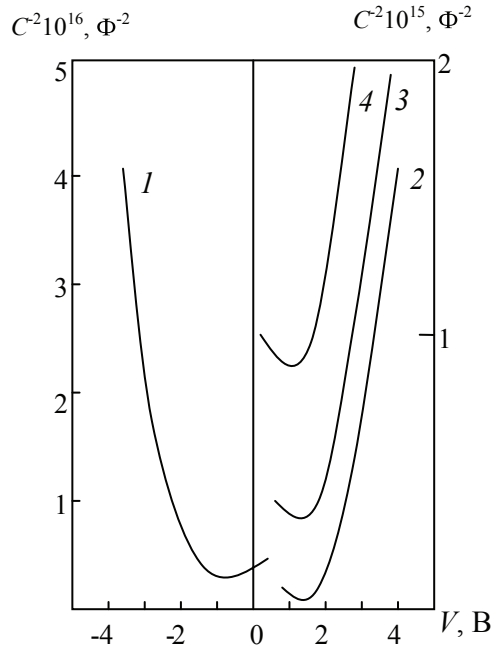


Рис. 4.  $C^2 = f(V)$  характеристики контакта металл-XСП-металл и при различных величинах последовательного со структурой сопротивления: 1 – In-XСП; 2 – Cr-XСП; 3 – Cr-XСП при  $r = 100$  МОм; 4 – Cr-XСП при  $r = 400$  МОм

отсечки, которая для всех барьеров больше соответствующих значений изгиба зон, определенных из измерений высоты контактного барьера фотоэлектрическим методом. Такое несоответствие может быть связано с влиянием на вид характеристик  $C = f(V)$  последовательного сопротивления объема полупроводника, глубоких локальных центров, емкости незапертого диода, на который падает часть приложенного напряжения.

Согласно [10] емкость запертого перехода равна

$$C_1^{-2} = \frac{2(V + V_{bi})}{e\epsilon\epsilon_0 N_D}. \quad (10)$$

Емкость же незапертого перехода определяется величиной

$$C_2^{-2} = \frac{2V_{bi}}{e\epsilon\epsilon_0 N_D}. \quad (11)$$

Общая емкость согласно формуле (3) равна

$$C^{-2} = \frac{4(V + 2V_{bi})}{e\epsilon\epsilon_0 N_D}. \quad (12)$$

Из формулы (12) следует, что экстраполяция прямого участка зависимости  $C^{-2} = f(V)$  к нулю дает удвоенное значение диффузионного потенциала  $V_{bi}$  с учетом емкости незапертого перехода. Для всех исследованных структур напряжение отсечки, определенное из рис. 4, намного больше, чем изгиб зон (см. таблицу).

В таблице приведены значения ширины области пространственного заряда  $W$ , определенные по формуле (6), концент-

рации заряженных центров  $N_D$ , рассчитанные по наклону  $C-V$ -характеристик и формуле (9) для структур Cr-ХСП-М с различными металлами, высоты контактных барьеров  $V_b$  и загибы зон  $D_p$ , взятые из работы [11].

## Цитированная литература

1. Несеребряные фотографические процессы / Под ред. А.Л. Картужанского. – Л.: Химия, 1984. – 374 с.
2. Панасюк Л.М. Фотографические среды на основе неорганических полупроводников // Новые регистрирующие среды для голографии. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – С. 45–50.
3. Симашкевич А.А., Шутов С.Д. Зависимость емкости контакта металл – стеклообразный полупроводник от напряжения смещения // Письма в ЖТФ. – 1986. – Т. 9, вып. 16. – С. 974–977.
4. Bardeen J. Surface States and rectification at a metal – Semiconductor contact // Phys. Rev. – 1947. – Vol. 71, № 10. – P. 717–727.
5. Крылов П.М. Физические модели термообработанного контакта металл–кремний // Вестник Удмурдского ун-та. – 2006. – № 4. – С. 125–135.
6. Воронков В.Б., Лебедев А.А., Соболев Н.А. Определение локального распределения глубоких центров с помощью фотоемкости // ФТП. – 1981. – Т. 15, вып. 4. – С. 778–779.
7. Simashkevich A.A., Sutov S.D. Evidence of Shottky barriers formation at contact of metal with chalcogenaid glassy semiconductor // Phys. Stat. Solidi (a). – 1984. – Vol. 84, № 1. – P. 343–352.
8. Панасюк Л.М., Дементьев И.В. Гетеропереходы в системах регистрации оптической информации // Фотоэлектрические свойства гетеропереходов. – Кишинев: Штиинца, 1980. – С. 69–76.
9. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов. Т. 1 / Пер. с англ.; Под ред. Р.А. Сурица. – М.: Мир, 1984. – 456 с.

### Характеристики барьеров металл–ХСП

Материал электрода	$V_b$ , В	$D_p$ , эВ	$W$ , мкм	$N_D$ , см <sup>-3</sup>
Al-ХСП	2,0	0,54	1,04	$1,4 \cdot 10^{15}$
In-ХСП	1,82	0,56	0,94	$1,3 \cdot 10^{15}$
Ag-ХСП	2,4–1,4	0,53	0,83	$2,8 \cdot 10^{15}$
Bi-ХСП	2,4	0,43	0,51	$7,2 \cdot 10^{15}$
Cr-ХСП	2,1	0,38	0,41	$2,6 \cdot 10^{16}$

10. Shiraishi T., Kurosu T., Jida M. Some properties of Shottky barriers formed on chalcogenide amorphous semiconductors // Jap. J. of Appl. Phys. – 1978. – Vol. 17, № 10. – P. 1883–1884.

11. Суринов В.Г. Электрические и фотоэлектрические свойства тройных халькогенидных стеклообразных слоев и структур на их основе: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Кишинев, 1987. – С. 125–138.

УДК 538.958

И.Г. Стамов, канд. физ.-мат. наук, доц.

Н.Н. Сырбу, д-р физ.-мат. наук, проф. (г. Кишинев)

В.В. Дороган, д-р техн. наук, проф. (г. Кишинев)

В.В. Урсаки, гл. науч. сотр. (г. Кишинев)

А.В. Дороган, ст. преп. (г. Кишинев)

## ЭКСИТОННЫЕ СПЕКТРЫ И СТРУКТУРА ЗОН КРИСТАЛЛОВ $\text{CuAlSe}_2$

Определены энергетические положения линий  $n = 1, 2$  экситонных серий  $\Gamma_4(A)$ ,  $\Gamma_5(B)$  и  $\Gamma_5(C)$ , основные параметры экситонов и более точные значения энергетических интервалов  $V_1(\Gamma_7) - C_1(\Gamma_6)$ ,  $V_2(\Gamma_6) - C_1(\Gamma_6)$  и  $V_3(\Gamma_7) - C_1(\Gamma_6)$ . Вычислены величины расщепления из-за кристаллического поля и спин-орбитального взаимодействия. Оценены эффективные массы электронов  $(m_{c1}^*)$  и дырок  $(m_{v1}^*, m_{v2}^*, m_{v3}^*)$ . Рассчитаны контуры спектров отражения в экситонной области на основе дисперсионных соотношений и в области  $E > E_g$  на основе соотношений Крамерса–Кронинга.

### Введение

Соединение  $\text{CuAlSe}_2$ , принадлежащее к группе I–III–VI<sub>2</sub>, кристаллизуется в халькопиритной структуре с пространственной группой I42d –  $D_{2d}^{12}$ . К материалам этой группы исследователи проявляют особый интерес, поскольку ожидают их применение в изделиях оптоэлектронной техники. На базе материалов группы I–III–VI<sub>2</sub> успешно разрабатываются преобразователи солнечной энергии [1–3]. Соединения  $\text{CuGaSe}_2$  и  $\text{CuInSe}_2$  занимают лидирующие позиции среди материалов, пригодных для создания высокоэффективных преобразователей солнечной энергии в электрическую.

Фотолюминесцентные свойства кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$ , легированных  $\text{Er}^{3+}$ , рассмотрены в [3], а фотоэлектрические свойства поверхностно-барьерных структур на основе  $\text{CuAlSe}_2$  – в [4–6]. Материалы этой группы обладают сильной анизотропией оптических свойств как в видимой, так и в инфракрасной области спектра. Некоторые транспортные и оптические свойства тонких пленок и монокристаллов  $\text{CuGaSe}_2$  изучены в [7–16]. Там же определены ширина запрещенной зоны и ее температурная зависимость, расщепление зон из-за кристаллического поля и спин-орбитального взаимодействия, параметры фононов и экситонов, а также возможная схема уровней дефектов в запрещенной



зоне. Энергетическая структура зон соединений I–III–VI<sub>2</sub> рассчитана в [17, 18].

В настоящей работе исследованы спектры экситонов и электронных переходов в широкой области энергий в кристаллах CuAlSe<sub>2</sub>. Получена новая информация о параметрах экситонов и зон. Электронные переходы интерпретированы на основе теоретических расчетов в расширенной области **k**-пространства.

### Методика эксперимента

Кристаллы CuAlSe<sub>2</sub>, выращенные газотранспортным методом (транспорт–иод), представляют собой пластины с зеркальными поверхностями 2,5 × 1,0 см и толщиной 300–400 мкм. Поверхности некоторых пластин содержат кристаллографическую ось **c**. Спектры отражения измерены на спектрометре MDR–2. Низкотемпературные оптические измерения проведены в замкнутой гелиевой криогенной системе LTS–22 C 330 Workshop.

### Экспериментальные результаты и их обсуждение

В кристаллах CuAlSe<sub>2</sub> согласно теоретическим расчетам зонной структуры [19, 20] минимум межзонного промежутка формируется прямыми электронными переходами в центре зоны Бриллюэна. Нижняя зона проводимости имеет симметрию  $\Gamma_6$ , а верхние валентные зоны  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  – соответственно симметрии  $\Gamma_7$ ,  $\Gamma_6$  и  $\Gamma_7$ . Взаимодействие электронов зоны проводимости  $\Gamma_6$  и дырок зоны  $\Gamma_7$  определяется произведением неприводимых представлений  $\Gamma_1 \times \Gamma_6 \times \Gamma_7 = \Gamma_3 + \Gamma_4 + \Gamma_5$ . В результате в длинноволновой области формируется экситон  $\Gamma_4$ , разрешенный в поляризации **E**||**c**,  $\Gamma_5$  – разрешенный в поляризации **E**⊥**c**, и  $\Gamma_3$ , запрещенный в обеих поляри-

зациях. Взаимодействие электронов зоны проводимости  $\Gamma_6$  и валентной зоны  $V_2$  с симметрией  $\Gamma_6$  обуславливает появление трех экситонных серий:  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$  и  $\Gamma_5$ . Согласно правилам отбора в поляризации **E**⊥**c** разрешенными являются экситоны  $\Gamma_5$ , а запрещенными – экситоны  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$  [12, 21].

В спектрах отражения в кристаллах CuAlSe<sub>2</sub> при температуре 10 К в поляризации **E**||**c** (**k**⊥**c**) обнаруживаются линии  $n = 1$  ( $\omega_l = 2,8212$  эВ,  $\omega_L = 2,8237$  эВ),  $n = 2$  (2,8390 эВ) и слабая линия 2,8442 эВ водородоподобной серии экситона  $\Gamma_4$  (рис. 1). Спектры отражения в области линии  $n = 1$  имеют традиционный для экситонов вид с максимумом и минимумом. Эти особенности обусловлены наличием поперечных и продольных экситонов. На основании приведенных данных оценена энергия продольно-поперечного расщепления экситонов  $\Gamma_4$ , равная 2,5 мэВ. Постоянная Ридберга для экситонной серии  $\Gamma_4$ , определенная из энергетического положения линий  $n = 1$  и 2, равна 24 мэВ. Энергия континуума ( $E_g$ ,  $n = \infty$ ) равна 2,845 эВ. Указанные выше значения энергий для основных состояний экситонов ( $n = 1$ ) удовлетворительно согласуются с величинами 2,737; 2,851 и 3,012 эВ, полученными соответственно для *A*-, *B*- и *C*-экситонов при 77 К в работах [22, 23].

Из данных по измерению коэффициента отражения в инфракрасной (ИК) (400 см<sup>-1</sup>) и ближней инфракрасной (12 000 см<sup>-1</sup>) областях спектра оценена фоновая диэлектрическая постоянная  $\epsilon_f$ . Для CuAlSe<sub>2</sub>, вдали от экситонных резонансов ( $\nu = 4000$ –3000 см<sup>-1</sup>),  $\epsilon_f$ (**E**||**c**) равно 6,67 и  $\epsilon_f$ (**E**⊥**c**) равно 8,28 [24]. В области экситонных резонансов коэффициент отражения *R* равен 0,24–0,25,  $\epsilon_f$  изменяется в интервале 7,4–8,2. В расчетах использовалось значение фоновой диэлектрической постоянной вблизи экситонного резонанса. При  $\epsilon_f = 7,6$  приведенная эффективная масса  $\Gamma_4$ -экситонов  $\mu = \epsilon_b^2 R_y / R_{yH} = 0,1m_0$ , где  $R_y$  (0,024 эВ) – постоянная Рид-

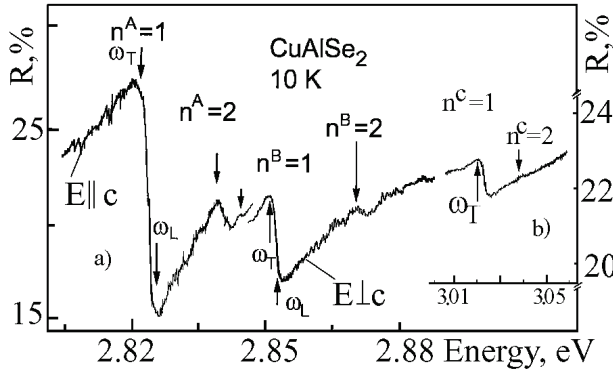


Рис. 1. Спектры отражения кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$

берга  $\Gamma_4$ -экситона и  $R_{\text{H}}$  – энергия Ридберга атома водорода (13,6 эВ). Радиус Бора ( $a_B$ )  $S$ -состояния  $\Gamma_4$ -экситона равен  $0,3 \times 10^{-6}$  см. В поляризации  $E \perp c$  обнаруживается максимум при 2,851 эВ (поперечный экситон) и минимум при 2,853 эВ (продольный экситон) экситонной серии  $\Gamma_5$ . Продольно-поперечное расщепление экситона  $\Gamma_5$  равно 2,0 мэВ. При энергии 2,868 эВ обнаруживается возбужденное состояние  $n = 2$ . Энергия связи экситонов  $\Gamma_5$  равна 22 мэВ, а предел сходимости серии – 2,873 эВ. В этой же поляризации обнаруживается экситон  $C$  при энергии 3,023 эВ ( $n = 1$ ) и 3,039 эВ ( $n = 2$ ). Форма линии основного состояния  $C$ -экситона приведена на рис. 1,  $b$ . Постоянная Ридберга равна 18 мэВ, а ширина запрещенной зоны – 3,038 эВ.

Контуры экситонных спектров отражения рассчитаны на основании дисперсионных соотношений с учетом «мертвого слоя» и пространственной дисперсии [25–29]. Коэффициент отражения при нормальном падении света в области основного состояния экситона равен

$$R = \left| \frac{\frac{1-n_0}{1+n_0} + \frac{n_0-n^*}{n_0+n^*} e^{i2km_0}}{1 + \left( \frac{1-n_0}{1+n_0} \right) \left( \frac{n_0-n^*}{n_0+n^*} \right) e^{i2km_0}} \right|^2, \quad (1)$$

где

$$n^* = \frac{n_1 n_2 + \epsilon_0}{n_1 + n_2};$$

$$n_{1,2}^2 = 0,5 \left\{ \left( \epsilon_f + \frac{2Mc^2(\omega - \omega_0)}{\hbar\omega_0^2} \right) \pm \right.$$

$$\left. \pm \left[ \left( \frac{2Mc^2(\omega - \omega_0)}{\hbar\omega_0^2} - \epsilon_f \right)^2 + \frac{8Mc^2\epsilon_f\omega_{LT}}{\hbar\omega_0^2} \right]^{1/2} \right\},$$

а диэлектрическая функция равна

$$\epsilon(\omega, k) = \epsilon_f + \frac{2\epsilon_0\omega_{LT}\omega_0}{\omega_0^2 - \omega^2 + \frac{\hbar^2 k^2}{2M}\omega_0 - i\gamma\omega}, \quad (2)$$

$n_0 = \sqrt{\epsilon_f}$ ,  $\epsilon_f$  – фоновая диэлектрическая постоянная;  $k$  – экситонный волновой вектор;  $n_1$  и  $n_2$  – продольная и поперечная составляющие показателя преломления.

Соответствие рассчитанных и измеренных контуров спектров отражения показано на рис. 2. Из этих расчетов получена величина трансляционной массы  $M$  для  $\Gamma_4$ - и  $\Gamma_5$ -экситонов, которая равна в кристаллах  $\text{CuAlSe}_2$   $1,3m_0$ . Величины приведенных эффективных масс для каждой экситонной серии определены из соотношения

$$\mu = \frac{\varepsilon_0^{\parallel} \varepsilon_0^{\perp} Ry_j}{Ry_{H_2}}, \quad (3)$$

где  $j$  – экситоны  $\Gamma_4, \Gamma_5$ ;  $Ry_j$  – энергия связи  $j$ -го экситона;  $\varepsilon_f^{\parallel}, \varepsilon_f^{\perp}$  – продольная и поперечная составляющие фоновой диэлектрической функции.

Исходя из этих данных и учитывая, что  $M = m_v^* + m_c^*$ , эффективная масса электронов  $m_c^* = 0,11m_0$ , а дырок –  $m_{v1}^* = 1,2m_0$ . Эффективные массы электронов ( $m_c^*$ ) и дырок ( $m_{v1}^*$ ), полученных для кристал-

лов  $\text{CuAlSe}_2$ , незначительно отличаются от масс электронов и дырок кристаллов  $\text{CuGaSe}_2$ . Параметры  $\Gamma_5$ -экситонов незначительно отличаются от параметров  $\Gamma_4$ -экситонов. При трансляционной массе  $M = (0,5-0,8)m_0$  и энергии связи  $B$ -экситона  $Ry_H = 22$  мэВ эффективная масса электронов равна  $0,11m_0$ , а эффективная масса легких дырок  $m_{v2}^*$  равна  $(0,4-0,7)m_0$ . Для экситонной серии  $C$  приведенная эффективная масса равна  $\mu = 0,076m_0$ , а масса дырок  $m_{v3}^*$  равна  $0,25 m_0^*$ . Параметры зон приведены на рис. 3. Определенные в на-

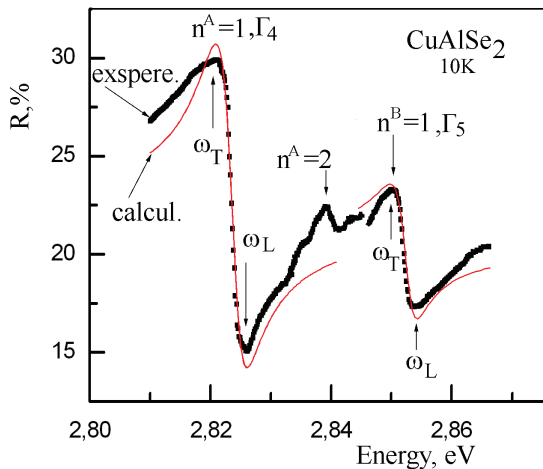


Рис. 2. Экспериментально измеренные и рассчитанные контуры спектров отражения кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$  при 10 К для экситонов  $\Gamma_4$  и  $\Gamma_5$

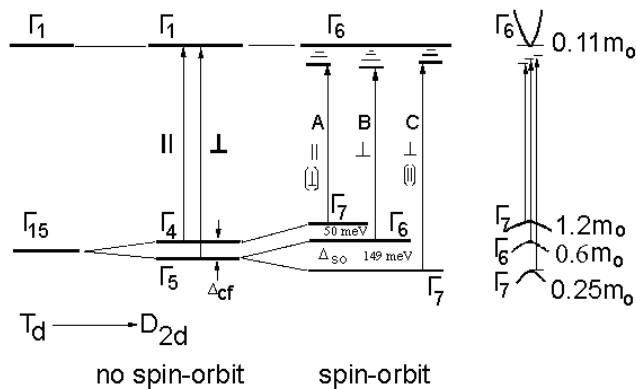


Рис. 3. Структура энергетических зон в точке  $\Gamma$  и переход от структуры цинковой обманки ( $T_d$ ) к структуре халькопирита ( $D_{2d}$ )

Таблица 1

Параметры экситонов  
кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$

Exciton state	A, эВ	B, эВ	C, эВ	$\Delta_{cf}$ , мэВ	$\Delta_{so}$ , мэВ
$n = 1$	2,821	2,851	3,023	-0,002	151
$n = 2$	2,839	2,868	3,039		
<i>Ry</i>	0,024	0,022	0,018		
$E_g (n = \infty)$	2,845	2,873	3,041	-49,6	149

стоящей работе параметры экситонных серий и их пределы сходимости  $E_g$  позволяют наиболее корректно определить величины расщеплений верхних валентных зон в центре зоны Бриллюэна из-за кристаллического поля ( $\Delta_{cf}$ ) и спин-орбитального взаимодействия ( $\Delta_{so}$ ).

Выше отмечалось, что структура энергетических зон кристаллов группы I–III–VI<sub>2</sub> рассчитана как ближайший аналог цинковой обманки [19, 20]. Обнаружено более сильное уменьшение ширины запрещенной зоны и величины спин-орбитального расщепления, чем ожидалось по отношению к их аналогам. В большинстве кристаллов этой группы, в том числе и в  $\text{CuAlSe}_2$ , по отношению к аналогу  $\text{ZnSe}$  ширина запрещенной зоны уменьшилась примерно на 1 эВ, а спин-орбитальное расщепление – от 0,45 до 0,23 эВ. Эти эффекты объясняются гибридизацией *p*- и *d*-состояний, определяющих верхние валентные зоны в центре зоны Бриллюэна [19, 20].

В структурах типа I–III–VI<sub>2</sub> при условии, что  $\Delta_{cf} < E_g$ , промежутки между уровнями  $\Gamma_7(V_1) - \Gamma_6^g(V_2)$  обозначены через  $E_1$ , а промежутки между уровнями  $\Gamma_6(V_2) - \Gamma_7(V_3)$  – через  $E_2$ . Данные величины выведены из матрицы гамильтониана и определяются соотношением

$$E_{1(2)} = \frac{1}{2}(\Delta_{so} + \Delta_{cf}) \pm \left[ \frac{1}{4}(\Delta_{so} + \Delta_{cf})^2 - \frac{2}{3}\Delta_{so}\Delta_{cf} \right]^{1/2}. \quad (4)$$

В известных до последнего времени работах величины расщепления из-за кристаллического поля и спин-орбитального взаимодействия рассчитаны по энергетическому положению линий  $n = 1$  *A*-, *B*- и *C*-экситонов. В табл. 1 приведены расчетные величины  $\Delta_{cf}$  и  $\Delta_{so}$ , получен-

ные нами из энергетических положений линий основных ( $n = 1$ ) состояний *A*-, *B*- и *C*-экситонов и из пороговых значений энергий ширин запрещенных зон ( $E_g (n = \infty)$ ).

В работах [19, 30] величина расщепления из-за кристаллического поля оценивается соотношением

$$\Delta_{cf} = -3/2b(2 - c/a),$$

где *b* – деформационный потенциал, который для соединений халькопиритов группы I–III–VI<sub>2</sub> равен 1,0; *c* и *a* – постоянные кристаллической решетки.

В соединениях группы I–III–VI<sub>2</sub> для оценки влияния *p*-*d*-гибридизации на спин-орбитальное расщепление применяется соотношение

$$\Delta_{so} = \beta\Delta_p + (1 - \beta)\Delta_d,$$

где для атомов  $\text{Cu}$   $\Delta_p = 0,43$  эВ – спин-орбитальное расщепление *p*-состояний, а  $\Delta_d = -0,13$  эВ – отрицательное спин-орбитальное расщепление *d*-уровней;  $\beta$  – процентное содержание *p*-состояний в самых верхних зонах [19, 30].

С использованием этого соотношения оценен вклад *p*- и *d*-состояний в верхних валентных зонах кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$ , который равен соответственно 23–30 и 77–70 %.

### Расчет оптических функций по спектрам отражения с использованием соотношений Крамерса–Кронига

Измерение коэффициента отражения, т. е. амплитуды френелевского коэффициента отражения, при нормальном угле падения в широкой области энергий позволяет определить фазу отраженного пучка излучения. Согласно [31, 32] коэффициент отражения можно представить в виде

$$r = \frac{n - ik - 1}{n - ik + 1} = \sqrt{R} e^{-i\varphi}, \quad (5)$$

где  $R$  – коэффициент отражения при нормальном угле падения;  $n$  – показатель преломления;  $k$  – коэффициент экстинкции;  $\varphi$  – фазовый угол.

Соотношения Крамерса–Кронига связывают амплитуду и фазу комплексного френелевского коэффициента отражения при нормальном угле падения [31, 32]:

$$\varphi(\omega_0) = \frac{\omega_0}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\ln R(\omega)}{\omega_0^2 - \omega^2} d\omega. \quad (6)$$

Расчет точной величины  $\varphi$  требует, чтобы спектр отражения был известен в бесконечной области частот, тогда как на практике измерения проводятся в ограниченной области  $a \leq \omega \leq b$ . В данной работе измерения спектров отражения кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$  проводились в области энергий от 2,5 до 6 эВ в поляризованном свете. В области энергий  $E > E_g$  при температуре 77 К в спектрах отражения кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$ , в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  обнаруживается структура максимумов ( $a_1 - a_{10}$ ,  $e_1 - e_9$ ), обусловленных межзонными переходами в актуальных точках зоны Бриллюэна.

В работе была использована апробированная методика [17, 18], когда в расчетах величины  $\varphi$  в высокоэнергетической области (где спектральная зависимость коэффициента отражения не измерена)

проводится экстраполяция этой зависимости некоторой функцией. При расчетах использовалась функция вида  $R(\omega) = c\omega^{-p}$  для  $b \leq \omega \leq \infty$ , в которой  $c$ ,  $p$  – константы, предложенные авторами [31, 32]. В области  $0 \leq \omega \leq a$  использовалось приближение  $R(\omega) = R(a)$ ; структурой  $R$ , вызванной колебаниями решетки, пренебрегалось, так как она при высоких энергиях не дает существенного вклада в величину  $\varphi$ . Вычисленное значение  $\varphi$  и экспериментальные значения  $R$  позволили определить оптические функции:

$$n = \frac{1 - R}{1 - 2\sqrt{R} \cos \varphi + R};$$

$$k = \frac{2\sqrt{R} \sin \varphi}{1 - 2\sqrt{R} \cos \varphi + R}; \quad (7)$$

$$\varepsilon_1 = n^2 - k^2 \quad \text{и} \quad \varepsilon_2 = 2nk.$$

На рис. 4 представлены спектры отражения в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$  и действительной части  $\varepsilon_1$  диэлектрической проницаемости. Для сопоставления особенностей спектров отражения и оптических функций на рис. 4 спектры отражения  $R$  и  $\varepsilon_1$  совмещены. Как и ожидалось, максимумы спектров отражения совпадают с коротковолновым спадом функции  $\varepsilon_1$ .

На рис. 5 представлены спектральные зависимости мнимой части  $\varepsilon_2$  диэлектрической проницаемости для обеих поляризаций, а на рис. 6 – спектральные зависимости показателя преломления  $n$  и коэффициента экстинкции  $k$ , вычисленные с помощью соотношений (5)–(7). По данной методике рассчитаны оптические функции в кристаллах  $\text{CuGaS}_2$ ,  $\text{CuInS}_2$  и  $\text{CuGaSe}_2$  [17, 18]. Результаты этих работ находятся в хорошем согласии с опубликованными ранее результатами по эллипсометрии в этих кристаллах [33–36].

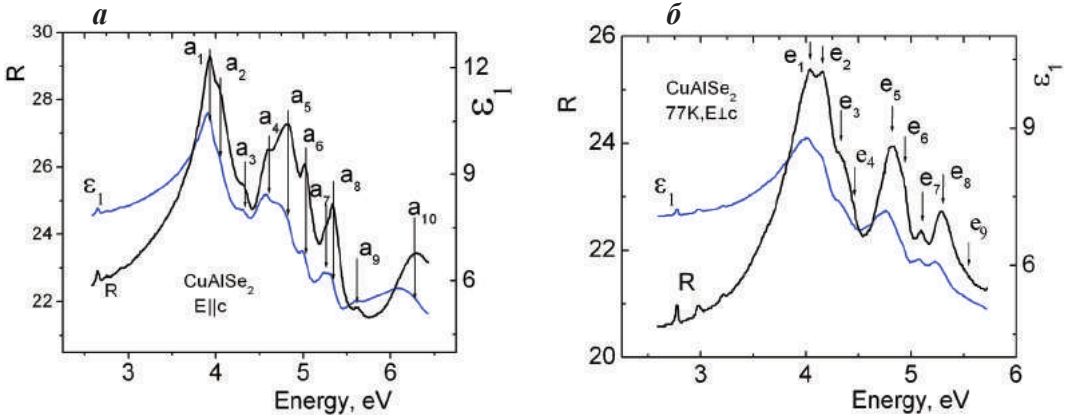


Рис. 4. Спектры отражения  $R$  и действительная часть диэлектрической проницаемости  $\varepsilon_1(\omega)$  для  $\text{CuAlSe}_2$ , полученные из расчетов спектров отражения по соотношениям Крамерса–Кронига и поляризаций  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  (а) и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  (б)

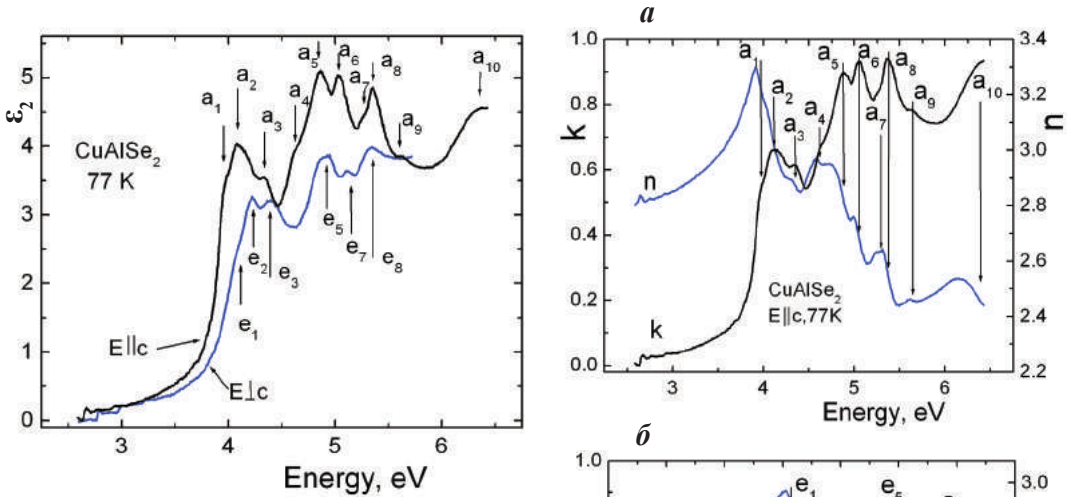


Рис. 5. Мнимая часть диэлектрической проницаемости  $\varepsilon_2(\omega)$  для  $\text{CuAlSe}_2$  в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$

В кристаллах  $\text{CuAlSe}_2$  в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  наблюдается анизотропия спектральных зависимостей  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$ ,  $n$  и  $k$ . Близкие значения для  $n$  (2,66–2,82 в интервале 1,9–2,5 эВ) получены для монокристаллов  $\text{CuGaS}_2$  [18, 33]. Величины показателя преломления при энергии 2,1 эВ для поляризаций  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  равны 2,720 и 2,724 соответственно [18]. Значения  $n$  и  $k$  для тонких пленок  $\text{CuInS}_2$  изме-

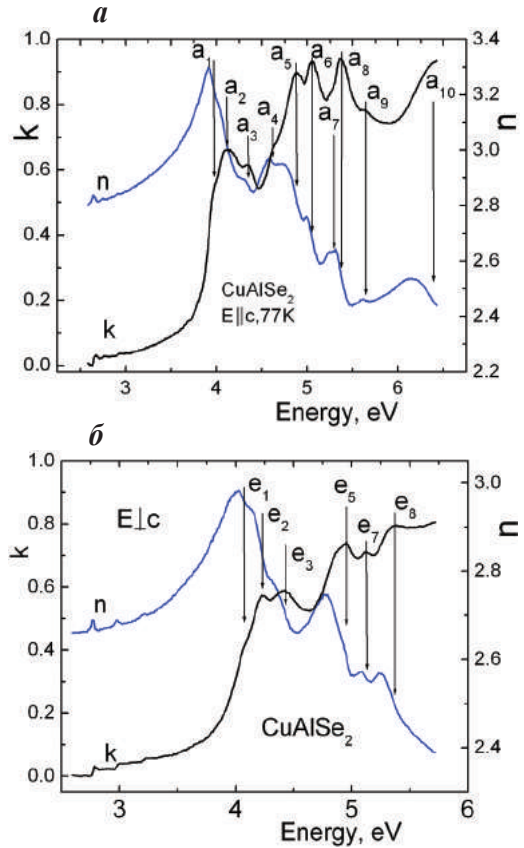


Рис. 6. Спектральные зависимости коэффициента преломления ( $n$ ) и коэффициента экстинкции ( $k$ ) для монокристаллов  $\text{CuAlSe}_2$  в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  (а) и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  (б)



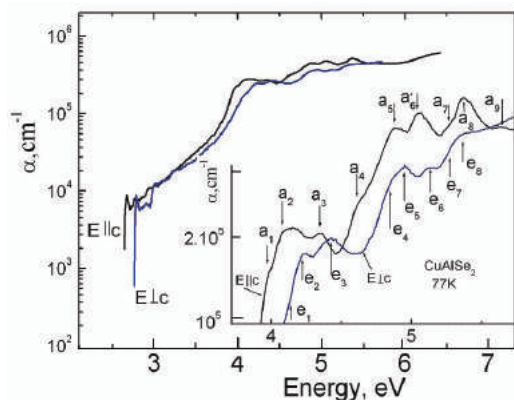


Рис. 7. Спектры коэффициента поглощения кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$  в поляризациях  $E||c$  и  $E \perp c$  при 77 К

няются в зависимости от способа их получения. Авторы [34] сообщают, что  $n = 2,65\text{--}3,05$  (0,5–3,0 эВ) и  $k = 0\text{--}1,18$  (1,35–3,0 эВ), в статье [35] приводятся значения  $n = 2,72\text{--}2,95$  (0,8–1,4 эВ),  $k = 0,22\text{--}0,42$  (1,7–1,9 эВ), а в [36] –  $n = 2,3\text{--}1,8$  и  $k = 0,45\text{--}0,8$  в интервале 1,5–4,0 эВ.

Для разработки солнечных элементов и оптоэлектронных фотодетектирующих приборов значительный интерес представляет спектральная зависимость величины коэффициента поглощения  $\alpha(\lambda) = \frac{4\pi}{\lambda} k(\lambda)$ . На рис. 7 представлены спектры поглощения в области  $E > E_g$ , полученные из расчетов для кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$ . В этих кристаллах наблюдается анизотропия коэффициента поглощения  $\alpha$  не только в экситонной области спектра, но и в глубине полосы поглощения.

### Электронные переходы и структура энергетических зон кристаллов $\text{CuAlSe}_2$

Для всех кристаллов группы I–III–VI<sub>2</sub> обнаруженные величины электронных переходов из экспериментальных данных

по спектрам отражения и эллипсометрии интерпретированы в рамках теоретических расчетов [19], т. е. в точках  $T$ ,  $\Gamma$  и  $N$  зоны Бриллюэна (ЗБ). В работе [20] в дополнение к указанным точкам выполнены теоретические расчеты зонной структуры в других актуальных точках ЗБ, а именно в  $Z$ ,  $X$  и  $P$ . Теоретические расчеты, как утверждают авторы [20], опираются на результаты работы [19]. Одновременно следует отметить, что полученные расчеты дают дополнительные возможности в рассмотрении и в интерпретации обнаруженных электронных переходов.

В кристаллах  $\text{CuInS}_2$ ,  $\text{CuGaS}_2$  [18] и  $\text{CuGaSe}_2$  [17] в экспериментальных спектрах отражения и расчетных спектрах мнимой  $\varepsilon_2(\omega)$  и действительной  $\varepsilon_1(\omega)$  частей диэлектрической проницаемости наблюдаются особенности, которые обусловлены прямыми переходами в актуальных точках ЗБ. Эти переходы интерпретированы на основе теоретических расчетов [20] структуры энергетических зон с учетом дополнительных точек  $Z$ ,  $X$  и  $P$  ЗБ [17, 18]. Численные значения экспериментально обнаруженных энергетических интервалов сопоставлялись с межзонными интервалами в точках  $\Gamma$ ,  $P$ ,  $X$ ,  $Z$  и  $N$ , полученных из теоретических расчетов зонной структуры [20].

Для интерпретации особенностей спектров отражения и диэлектрической проницаемости кристаллов  $\text{CuInS}_2$ ,  $\text{CuGaS}_2$  и  $\text{CuGaSe}_2$  на основе теоретически рассчитанной [20] диаграммы энергетических зон в работах [17, 18] проведено увеличение фрагмента зонной диаграммы в минимуме межзонного промежутка с сохранением масштаба увеличения для всех точек ЗБ. При этом предполагалось, что генезис зон во всех кристаллах-халькопиритах является таким же, как и в кристаллах  $\text{CuGaSe}_2$ ,  $\text{CuGaS}_2$  [17, 18]. Минимальный энергетический интервал  $\Gamma_7(V_1) - \Gamma_6(C_1)$  условно обозначен через  $E_0$ . Поскольку

вся зонная диаграмма увеличена в одном и том же масштабе, имеется возможность оценивать межзонные интервалы в других точках ЗБ в единицах  $E_0$ . В результате этих оценок оказалось, что межзонный интервал  $\Gamma_7(V_1) - \Gamma_7(C_2)$  равен  $1,87 E_0$ , т. е. он меньше, чем межзонные интервалы  $(V_1 - C_1)$  в точках  $Z, X, P$ , и тем более в точках  $N$  и  $T$ . Согласно последним теоретическим расчетам энергетический интервал в точке  $N$ , а именно  $N_1(V_2) - N_1(C_1)$ , в увеличенном масштабе ( $E_0$ ) равен  $2,43 E_0$ . Как видно, межзонный интервал в точке  $N$  значительно больше, чем в точке  $\Gamma(V_1 - C_2)$ . Следовательно, максимумы  $A_1, E_1$  в кристаллах  $\text{CuInS}_2, \text{CuGaSe}_2$  и  $\text{CuGaS}_2$  интерпретируются как переходы в точке  $\Gamma$  из зоны  $\Gamma_7(V_1)$  в зону  $\Gamma_7(C_2)$ .

Теоретические расчеты структуры энергетических зон в окрестности точек  $Z, X, P$  ЗБ выполнены без учета спин-орбитального взаимодействия и кристаллического поля. Валентные зоны в этих точках согласно приближениям, с которыми были произведены теоретические расчеты, также являются вырожденными. В реальных кристаллах эти зоны расщеплены и обуславливают большее количество поляризованных электронных переходов, которые проявляются в структурах спектров отражения. Например, в точке  $Z$  в зонной диаграмме выделены две верхние валентные зоны  $-V_1$  и  $V_2$ . Каждая из этих зон дважды вырождена, в результате чего в окрестности точки  $Z$  в узком интервале энергий являются вероятными четыре электронных перехода в зону  $C_1$ . Аналогичная ситуация имеет место и в других отмеченных точках ЗБ. При этом следует учесть, что снятие вырождения какой-либо зоны  $V_1$  в любой точке ЗБ приводит к проявлению в спектрах отражения максимумов  $A_r, E_r$ .

В кристаллах  $\text{CuAlSe}_2$  в области  $E > E_g$  наблюдаются интенсивные максимумы спектров отражения  $a_1 - a_{10}$  и  $e_1 - e_9$  в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  соответствен-

но (см. рис. 4). В этих же кристаллах при комнатной температуре методами эллипсометрии обнаружены некоторые особенности при 2,5; 3,5 и 4,5 эВ [37]. Понижение температуры приводит к более четкому выделению пиков отражения, поэтому нами обсуждаются спектры, полученные при низких температурах от неполированных поверхностей кристаллов. Структура спектров отражения для поляризаций  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  обладает сходством, поэтому особенности обозначены одинаковыми индексами  $-a_j(e_j)$ .

Особенности в спектрах отражения и диэлектрической проницаемости кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$  в поляризации  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$   $a_1(3,921/3,905$  эВ) и поляризации  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$   $e_1(4,045/4,045$  эВ) (табл. 2) являются аналогами переходов  $A_1, E_1$ , обнаруженных в кристаллах  $\text{CuInS}_2, \text{CuGaS}_2$  и  $\text{CuGaSe}_2$  в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$ , обусловленных переходами  $\Gamma_7(V_1) - \Gamma_6(C_1)$  [17, 18].

В коротковолновой области максимумов  $a_1, e_1$  наблюдаются пики  $a_2(4,045/4,045$  эВ) и  $e_2(4,157/4,157$  эВ) в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  соответственно. Максимумы  $a_2, e_2$  отстоят от максимумов  $a_1, e_1$  примерно на величину расщепления валентных зон в центре ЗБ (123–150 мэВ) из-за кристаллического поля и спин-орбитального взаимодействия. Учитывая это обстоятельство пики  $a_2, e_2$  можно интерпретировать переходами также в центре ЗБ из  $\Gamma_7(V_3)$  в зону проводимости  $\Gamma_7(C_2)$ .

Пики  $a_3(4,299/4,299$  эВ) и  $e_3(4,314/4,314$  эВ) наблюдаются в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  соответственно. В кристаллах  $\text{CuGaSe}_2$  в неполяризованном свете [17] отмечался максимум  $A_3(3,55)$ , являющийся аналогом  $a_3(e_3)$ , приписанный переходам  $N_1(V_3) - N_1(C_1)$ . Эти переходы обнаружены также в спектрах эллипсометрии при 300 К [38] ( $E_1(\Delta X)XT$ ) со значениями 3,50 эВ при  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$ , где предложена интерпретация этого перехода как  $\Gamma_5(V) - \Gamma_1(C)$ . По оценкам работы [17], энергетические

Значения энергий межзонных электронных переходов  
в кристаллах  $\text{CuAlSe}_2$  и их возможная интерпретация на основе расчетов  
энергетических зон халькопиритов [25]

$a_1$	R	3,921	$\Gamma_7(V_1)-\Gamma_7(C_2)$	$a_6$	R	5,017	$X(V_2)-X(C_1)$			
	$\varepsilon$	3,905			$\varepsilon$	5,008				
	$\gamma$	0,07(1)			$\gamma$	0,10(1)				
$e_1$	R	4,045		$a_7$	R	4,932		$N(V_1)-N(C_1)$		
	$\varepsilon$	4,045			$\varepsilon$	4,932				
	$\gamma$	0,06(1)			$\gamma$	0,05(2)				
$a_2$	R	4,045		$\Gamma_6(V_2)-\Gamma_7(C_2)$	$a_7$	R			5,261	$N(V_1)-N(C_1)$
	$\varepsilon$	4,045				$\varepsilon$			5,261	
	$\gamma$	0,07(1)				$\gamma$			0,10(2)	
$e_2$	R	4,157	$a_7$		R	5,104	$N(V_2)-N(C_1)$			
	$\varepsilon$	4,157			$\varepsilon$	5,104				
	$\gamma$	0,04(1)			$\gamma$	0,09(1)				
$a_3$	R	4,299	$Z(V_1)-Z(C_1)$ or $P(V_1)-P(C_1)$		$a_8$	R		5,331	$N(V_2)-N(C_1)$	
	$\varepsilon$	4,299				$\varepsilon$		5,331		
	$\gamma$	0,04(2)				$\gamma$		0,14(3)		
$e_3$	R	4,314		$a_8$	R	5,290		$N(V_3)-N(C_1)$		
	$\varepsilon$	4,314			$\varepsilon$	5,290				
	$\gamma$	0,04(1)			$\gamma$	0,1(1)				
$a_4$	R	4,596		$Z(V_2)-Z(C_1)$ or $P(V_2)-P(C_1)$	$a_9$	R	5,602			$N(V_3)-N(C_1)$
	$\varepsilon$	4,585				$\varepsilon$	5,602			
	$\gamma$	0,07(1)				$\gamma$	0,07(1)			
$e_4$	R	4,464	$a_9$		R	5,491	$N(V_3)-N(C_1)$			
	$\varepsilon$	4,464			$\varepsilon$	5,491				
	$\gamma$	0,05(2)			$\gamma$	0,06(2)				
$a_5$	R	4,797	$X(V_1)-X(C_2)$		$a_{10}$	R		6,276		
	$\varepsilon$	4,788				$\varepsilon$		6,234		
	$\gamma$	0,07(2)				$\gamma$				
$e_5$	R	4,821		$a_{10}$	R					
	$\varepsilon$	4,821			$\varepsilon$					
	$\gamma$	0,08(1)			$\gamma$					

интервалы в кристаллах  $\text{CuGaSe}_2$  между верхней валентной зоной и нижней зоной проводимости в окрестности точек  $P$  и  $Z$  равны  $2,04 E_0$ , а в точке  $N$  равны  $2,43 E_0$ . Оказалось, что энергетические межзонные интервалы в окрестности точек  $P$  и  $Z$  ЗБ ощутимо меньше энергетических интервалов в точке  $N$ . С учетом этих результатов максимумы спектров отражения  $A_3$ ,  $E_3$  и  $A_4$ ,  $E_4$ , присутствующие в поляризациях  $\mathbf{E}||\mathbf{c}$  и  $\mathbf{E}\perp\mathbf{c}$  соответственно в кристаллах  $\text{CuGaSe}_2$ ,

приписываются переходам в точке  $P$  или  $Z$ . В последнем случае расщепление зон  $V_1 - V_2$  в рассматриваемых точках равно  $0,21$  эВ. На основании этих данных пики  $a_3(4,299/4,299$  эВ) и  $e_3(4,314/4,314$  эВ), обнаруженные в кристаллах  $\text{CuAlSe}_2$  в поляризациях  $\mathbf{E}||\mathbf{c}$  и  $\mathbf{E}\perp\mathbf{c}$  соответственно, также обусловлены переходами  $Z(V_1) - Z(C_1)$  или  $P(V_1) - P(C_1)$ , а максимумы  $a_4(4,596/4,585$  эВ) и  $e_4(4,464/4,464$  эВ) – переходами  $Z(V_2) - Z(C_1)$  или  $P(V_2) - P(C_1)$ .

В области 4–4,2 эВ в кристаллах  $\text{CuGaSe}_2$  наблюдаются максимумы  $A_5(4,08/4,11 \text{ эВ})$  и  $E_5(4,08/4,10 \text{ эВ})$  в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  соответственно. В работе [17] обнаружен максимум в спектрах отражения  $A_5$  при 4,10 эВ (неполяризованный свет), который приписывался переходу  $\Gamma_7(V_1) - \Gamma_2(C_2)$ . Эти максимумы являются аналогами обнаруженных пиков в спектрах эллипсометрии при 300 К [8] ( $E_1(B)$ ) со значениями 4,05 эВ при  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и 4,03 эВ при  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$ , где предложена интерпретация перехода  $N_1(V_2) - N_1(C_1)$ .

Согласно последним теоретическим расчетам зон [20] оказалось, что межзональные интервалы в точке  $X$  больше, чем в точках  $P$  и  $Z$ , и меньше, чем в точках  $N$  и  $T$ . Поэтому в работе [17] максимумы  $A_5(4,11 \text{ эВ})$  и  $E_5(4,10 \text{ эВ})$  в кристаллах  $\text{CuGaSe}_2$  локализованы в точке  $X$  пере-

ходами из зоны  $V_1$  в зону  $C_1$ . Аналогами этих пиков в кристаллах  $\text{CuAlSe}_2$  являются пики  $a_5(4,797/4,788 \text{ эВ})$  и  $e_5(4,821/4,821 \text{ эВ})$ , которые можно приписать переходам  $X(V_1) - X(C_2)$ .

В кристаллах  $\text{CuAlSe}_2$  максимумы  $a_6(5,017/5,008 \text{ эВ})$  и  $e_6(4,932/4,932 \text{ эВ})$ , наблюдающиеся в поляризациях  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{c}$  и  $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$  соответственно, возможно, обусловлены переходами в точке  $X$  между зонами  $V_2 - C_1$  (рис. 8). В этом случае расщепление валентных зон в точке  $X$  равно 0,22 эВ. Вероятно, эти максимумы обусловлены переходами в точках  $T_3(V_1) - T_1(C_1)$ , как предложено в работе [8] для кристаллов  $\text{CuGaSe}_2$ . В [17] наблюдался максимум  $A_6$  при энергии 5,16 эВ. В спектрах эллипсометрии при 300 К [38] ( $E_1(B)$ ) обнаружен максимум при энергии 4,89 эВ ( $\mathbf{E} \perp \mathbf{c}$ ), который интерпретируется переходами в точке  $T$ .

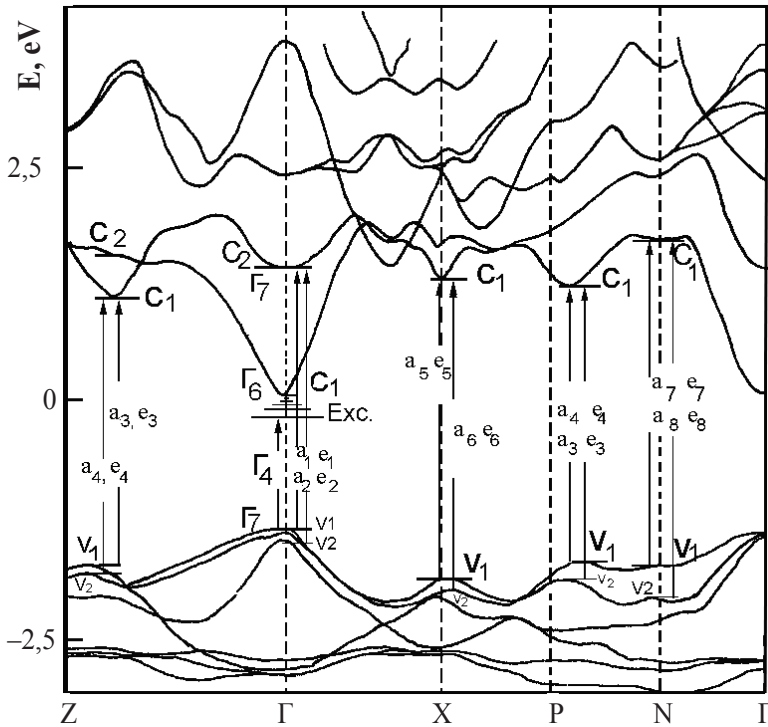


Рис. 8. Электронные переходы и структура энергетических зон кристаллов  $\text{CuAlSe}_2$  [25]

Согласно теоретическим расчетам [20] и результатам работ [17, 18] межзонный интервал в точке  $N$  больше, чем в точках  $X$ ,  $P$  и  $Z$ . Следовательно, можно считать, что пики  $a_7(5,261/5,261$  эВ) и  $e_7(5,104/5,104$  эВ), обнаруженные в поляризациях  $E||c$  и  $E\perp c$  соответственно, обусловлены переходами в точке  $N$  из зоны  $V_1$  в зону  $C_1$ . Пики  $a_8(5,331/5,331$  эВ) и  $e_8(5,290/5,290$  эВ), наблюдающиеся в поляризациях  $E||c$  и  $E\perp c$  соответственно, по видимому, также обусловлены переходами в точках  $N(V_2) - N(C_1)$ . В более коротковолновой области наблюдаются максимумы спектров отражения  $a_9(5,602/5,602$  эВ) в поляризации  $E||c$  и  $e_9(5,491/5,491$  эВ) в поляризации  $E\perp c$ . Эти особенности могут быть приписаны переходам  $N(V_3) - N(C_1)$ .

На рис. 8 представлены результаты расчетов энергетических зон халькопиритов [20] и возможная интерпретация экспериментально обнаруженных межзонных переходов для кристаллов  $CuAlSe_2$ . Численные значения пороговой энергии прямых межзонных переходов и параметр затухания для этих кристаллов представлены в табл. 2.

### Заключение

Теоретические расчеты в широкой области энергий, полученные в настоящей работе, дают дополнительные возможности в рассмотрении и интерпретации обнаруженных электронных переходов. Однако следует отметить, что для надежной интерпретации экспериментально обнаруженных электронных переходов необходимы теоретические расчеты зонной структуры во всех актуальных точках зоны Бриллюэна. Весьма ценными являются теоретические расчеты спектральной зависимости диэлектрической проницаемости, которые можно сопоставить с аналогичной зависимостью, полученной из эксперимента.

### Цитированная литература

1. **Shay J.L., Wernick J.H.** Ternary Chalcopyrite Semiconductors: Growth, Electronic Properties and Applications. – Oxford: Pergamon press, 1975.
2. **Birkmire R.W., Eser E.** // Annu. Rev. Mater. Sci. – 1997. – Vol. 27. – P. 625.
3. **Ramanathan K., Contreras M.A., Perkins C.L. et al.** // Prog. Photovoltaics. – 2003. – Vol. 11. – P. 225.
4. **Moon-Seog Jin, Chang-Sun Yoon, Wha-Tek Kim** // J. Phys. Chem. Solids. – 1996. – Vol. 57. – P. 1359.
5. **Боднарь И.В., Рудь В.Ю., Рудь Ю.В.** // ФТП. – 1994. – Т. 28, вып. 10. – С. 1755–1761.
6. **Zaretskaya E.P., Gremenok V.F., Rud Yu. et al.** // Book of Abstracts 16-th International Conf. on Ternary and Multinary Compounds. Sept. 15–19. 2008. – Berlin, 2008.
7. **Chichibu S., Mizutani T., Murakami K. et al.** // J. Appl. Phys. – 1998. – Vol. 83. – P. 3678.
8. **Alonso M.I., Wakita K., Pascual J. et al.** // Phys. Rev. B. – 2001. – Vol. 63. – P. 075203.
9. **Schuler S., Siebentritt S., Nishiwaki S. et al.** // Phys. Rev. B. – 2004. – Vol. 69. – P. 045210.
10. **Siebentritt S., Beckers I., Riemann T. et al.** // Appl. Phys. Lett. – 2005. – Vol. 86. – P. 091909.
11. **Durante Rincyn C.A., Hern6ndez E., Alonso M.I. et al.** // Materials Chemistry and Physics. – 2001. – Vol. 70. – P. 300.
12. **Kawashima T., Adachi S., Miyake H., Sugiyama K.** // J. Appl. Phys. – 1998. – Vol. 84. – P. 5202.
13. **Syrbu N.N., Tiginyanu I.M., Nemerenco L.L. et al.** // J. Phys. Chem. Sol. – 2005. – Vol. 66. – P. 1974.
14. **Syrbu N.N., Bogdanash M., Tezlevan V.E., Stamov I.G.** // J. Phys. Condens. Matter. – 1997. – Vol. 9. – P. 1217; **Syrbu N.N., Bogdanash M., Tezlevan V.E., Mushkutariu I.** // Physica B. – 1997. – Vol. 229. – P. 199.

- 
15. **Syrbu N.N., Tiginyanu I.M., Ursaki V.V. et al.** // *Physica B.* – 2005. – Vol. 365. – P. 43; **Syrbu N.N., Tiginyanu I.M., Zalamai V.V. et al.** // *Physica B.* – 2005. – Vol. 353. – P. 111.
16. **Arushanov E., Siebentritt S., Schedel-Niedrig T., Lux-Steiner M.Ch.** // *J. Appl. Phys.* – 2006. – Vol. 100. – P. 063715.
17. **Levcenko S., Syrbu N.N., Tezlevan V.E. et al.** // *J. Phys. D: Appl. Phys.* – 2008. – Vol. 41. – P. 0055403.
18. **Levcenko S., Syrbu N.N., Tezlevan V.E. et al.** // *J. Phys. Condes. Matter.* – 2007. – Vol. 19. – P. 456222.
19. **Jaffe J.E., Zunger A.** // *Phys. Rev. B.* – 1983. – Vol. 28. – P. 5822; 1984. – Vol. 29. – P. 1882.
20. **Ahuya R., Auluck S., Eriksson O. et al.** // *Sol. Energy Mater. Sol. Cells.* – 1998. – Vol. 53. – P. 357.
21. **Koster G.F., Dimmock J.O., Wheeler R.G., Statz H.** *Properties of Thirty-Two Point Groups.* Massachusetts Institute of Technology. – Cambridge, 1963.
22. **Betini M.** // *Solid St. Communic.* – 1973. – Vol. 13. – P. 599.
23. **Shirakata S., Ogawa A., Isomura S., Kariya T.** // *Jpn. J. Appl. Phys.* – 1993. – Vol. 32, Suppl. 32–3. – P. 94.
24. **Andriesch A.M., Syrbu N.N., Iovu M.S., Tezlevan V.E.** // *Phys. St. Sol. (b).* – 1995. – Vol. 187. – P. 83.
25. **Пекар С.И.** // *ЖЭТФ.* – 1958. – Т. 34, вып. 5. – С. 1176–1188.
26. **Агранович В.М., Гинзбург В.Л.** *Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теории экситонов.* – М.: Наука, 1965. – 374 с.
27. **Pikus G.E., Ivchenko E.L.** // *Excitons / Ed. by E.I. Rasba, M.D. Struge.* – North-Holland Publ. Comp. – 1982. – P. 205.
28. **Selkin A.** // *Phys. Status Solidi (b)* . – 1977. – Vol. 83. – P. 47.
29. **Пермагоров С.А., Травников В.В., Селькин А.В.** // *ФТТ.* – 1972. – Т. 14, вып. 12. – С. 3642–3649.
30. **Rife J.C., Dexter R.N., Bridenbaugh P.M., Veal B.W.** // *Phys. Rev. B.* – 1977. – Vol. 16. – P. 4491; **Shirakata S., Chichubu S.** // *J. Appl. Phys.* – 2000. – Vol. 87. – P. 3793.
31. **Lautenschlager P., Garriga M., Logothetidis S., Cardona M.** // *Phys. Rev. B.* – 1987. – Vol. 35. – P. 9174; **Cardona M.** *Modulation spectroscopy.* – New York: Academic, 1969.
32. **Kalugin A.I., Sobolev V.V.** // *Phys. Rev. B.* – 2005. – Vol. 71. – P. 115112.
33. **Honeyman W.N., Wilkinson K.H.** // *J. Phys. D: Appl. Phys.* – 1971. – Vol. 4. – P. 1182.
34. **El-Nahass M.M., Soliman H.S., Kadry N.El. et al.** // *Mater. Sci. Lett.* – 1988. – Vol. 7. – P. 1050.
35. **Zribi M., Kanzari M., Rezig B.** // *Mater. Sci. Lett.* – 2006. – Vol. 60. – P. 98.
36. **Kamoun M., Bennaceur R., Frigerio J.M.** // *J. Phys. III France.* – 1994. – Vol. 4. – P. 983.
37. **Alonso M.I., Garriga M., Durante Rincon C.A., Leon M.** // *J. Appl. Phys.* – 2000. – Vol. 88. – P. 5796.
-



УДК 513.83

Д.М. Инаме, д-р физ.-мат. наук, проф.

Р.К. Лулу, преп., аспирант

## ФАКТОРНЫЕ ОТОБРАЖЕНИЯ И РЕГУЛЯРНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ

*Теория непрерывных отображений является одним из мощных методов исследования топологических пространств. В статье ставится задача решить следующие проблемы:*

1) *если  $Z$  регулярно, то каковы те  $X \subset Z$ , что для любого факторного отображения  $f$  на  $Z$  ограничение  $f$  на  $f^{-1}X$  факторно? Псевдооткрыто?*

2) *каковы все те (вполне регулярные)  $X$ , что для любого вполне регулярного  $Z$ , содержащего  $X$ , и факторного отображения  $f$  на  $Z$  ограничение  $f$  на  $f^{-1}X$  факторно? Псевдооткрыто?*

Операция перехода к непрерывному образу и, в частности, к факторному пространству принадлежит к числу наиболее естественных операций в топологии. Теория непрерывных отображений является одним из мощных методов исследования топологических пространств. Основные направления исследования в этой области были сформулированы П.С. Александровым на Пражском симпозиуме в 1961 г. Они состояли, во-первых, в изучении поведения различных топологических свойств при операциях перехода к образу и прообразу при заданных типах непрерывных отображений и, во вторых, в исследовании влияния свойств пространств на свойства отображений, связывающих данные пространства.

После 1966 г. стали появляться работы, посвященные решению различных задач, относящихся к следующей общей проблеме А.В. Архангельского [1]: пусть дан  $K$ -класс топологических пространств и  $F$ -класс непрерывных отображений. Требуется описать минимальный класс пространств, содержащий все пространства класса  $K$ , и замкнутый класс относительно операции перехода к образу (или прообразу, или образу и прообразу) при отображениях из класса  $F$ .

Исследования начались с изучения задач, в которых роль основного класса  $K$  играют метрические пространства, а роль отображений – совершенные и открытые бикомпактные отображения [1].

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1.** Пусть  $X \subset Z$ ; скажем, что  $X$  регулярно вложено в  $Z$  и напишем  $X \subset_r Z$ , если множество  $A$  замкнуто в  $X$  в том и только в том случае, когда  $A \cap F$  замкнуто в  $X$  для всех замкнутых в  $Z$  подмножеств  $F$  множества  $X$ .

**ЛЕММА 1.** Если  $Z$  – хаусдорфово пространство,  $X \subset Z$  и  $X$  –  $\kappa$ -пространство, то  $X \subset_r Z$ .

Доказательство тривиально.

**ЛЕММА 2.** Если  $Z$  –  $\kappa$ -пространство и  $X \subset_r Z$ , то и  $X$  –  $\kappa$ -пространство.

Доказательство тривиально.

**ЛЕММА 3.** Пусть  $X \subset_r Z$  и  $f: Y \rightarrow Z$  – факторное отображение. Тогда  $f_X$  также факторно.

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Пусть  $A \subset X$ ,  $B = f^{-1}A$  замкнуто в  $f^{-1}X$ . Если  $A$  не замкнуто

то в  $X$ , то для некоторого  $F \subset X$ , замкнуто-го в  $Z$ , множество  $C = F \cap A$  не замкнуто в  $X$ . Но  $f^1F$  замкнуто в  $Y$ , поэтому  $B \cap f^1F$  замкнуто в  $Y$ . Однако  $B \cap f^1F = f^1C$  и так как  $f$  факторно, то  $C$  замкнуто в  $Z$  и тем более в  $X$ , что является противоречием. Лемма доказана.

**ЛЕММА 4.** Пусть  $Z$  – хаусдорфово  $\kappa$ -пространство с топологией  $\tau$ , а  $X \subset Z$  и  $X$  – не  $\kappa$ -пространство. Тогда существуют топологии  $\tau_1$  и  $\tau_2$  на  $Z$  такие, что  $\tau = \tau_1 \cap \tau_2$ , но  $\tau|_X \neq \tau_1|_X \cap \tau_2|_X$ . Если при этом топология  $\tau$  регулярна или вполне регулярна, то тому же условию удовлетворяют  $\tau_1$  и  $\tau_2$ .

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Зафиксируем  $A \subset X$  такое, что  $A$  не замкнуто в  $X$ , но для любого бикompакта  $F \subset X$  множество  $F \cap A$  бикompактно. Определим топологии  $\tau_1$  и  $\tau_2$  на  $Z$ . Пространство  $Z$ , взятое с топологией  $\tau_i$ , обозначим через  $Z^i$ ; аналогично, если  $C \subset Z$  или  $z \in Z$  рассматриваются как точка  $Z^i$ , то они обозначаются соответственно через  $C^i$  и  $Z^i$ . Оператор замыкания, соответствующий пространству  $Z^i$ , обозначим через  $[ ]_i, i = 1, 2$ . Примем следующие обозначения:  $R = X \cap ([A] \setminus A), G = Z \setminus X$ . Топология  $\tau_1$  определяется как слабейшая, удовлетворяющая двум условиям:

- 1а)  $\tau_1 \supset \tau$ ;
- 1б) если  $z \in R$ , то  $\{Z^1\} \in \tau_1$ .

Топология  $\tau_2$  определяется как слабейшая, удовлетворяющая трем условиям:

- 2а)  $\tau_2 \supset \tau$ ;
- 2б)  $A^2 \in \tau_2$ ;
- 2в)  $Z^2 \setminus A^2 \in \tau_2$ .

Ясно, что  $[A^i]_i \cap X^i = A^i$  при  $i = 1, 2$ , поэтому  $\tau_1|_X \cap \tau_2|_X \neq \tau|_X$ . Покажем, что  $\tau = \tau_1 \cap \tau_2$ . Доказательство проведем от противного, предположив, что существует  $C$ , не замкнутое в  $Z$ , такое, что  $C^i$  замкнуто в  $Z^i, i = 1, 2$ .

Предположим, что множество  $C$  удовлетворяет одновременно двум условиям:

$GrC = [C] \setminus C \subset R$  и  $(GrC) \cap [CA] = \emptyset$ . Положим:  $B = C \cap A, D^1 = [B^1]_1 \cap G_1$ . Так как  $D^2 \subset C^2$ , то надо лишь установить, что в наших предположениях для любой точки  $x \in GrC, x \in [D^2]_2$ ; это будет противоречить замкнутости  $C^2$  в  $Z^2$ . Пусть  $x^2 \notin [D^2]_2$  и  $x \in GrC$ . Тогда, поскольку топологии, индуцированные на  $G \cap R$  из  $Z$  и  $Z^2$ , совпадают, то найдется такое  $V \in \tau$ , что  $x \in V$  и  $V \cap D = \emptyset$ .

Рассмотрим множество  $K = V \cap B$ . Поскольку свойство быть  $\kappa$ -пространством наследуется в хаусдорфовых пространствах как по открытым, так и по замкнутым множествам, то  $K$  является  $\kappa$ -пространством. Далее, так как  $K \subset X$ , то, по выбору  $A$ , для любого бикompакта  $F \subset K$  множество  $A \cap K \cap F$  бикompактно и, следовательно,  $A \cap K$  замкнуто в  $K$ . С другой стороны, поскольку  $B \subset A$ , то  $V \cap B = V \cap B \cap A \subset K \cap A$ . Но  $x \in [V \cap B] \cap K$  и  $x \notin K \cap A$ . Приходим к противоречию.

Итак, либо  $(GrC) \setminus R \neq \emptyset$ , либо  $(GrC) \cap [C \setminus A] \neq \emptyset$ . Но если  $x \in (GrC) \cap [C \setminus A]$ , то очевидно, что  $x^2 \in [C^2]_2$ , а если  $x \in (GrC) \setminus R$ , то  $x^1 \in [C^1]_1$ . Оба случая состоят в противоречии с выбором  $C$ . Следовательно,  $\tau_1 \cap \tau_2 \subset \tau$ , обратное включение – следствие условий 1а) и 2а). Таким образом,  $\tau = \tau_1 \cap \tau_2$ .

Утверждение леммы, касающееся отделимости, тривиально. Лемма доказана.

Непосредственно из доказанных лемм вытекает

**ТЕОРЕМА 1.** Пусть  $X$  обладает хаусдорфовым  $\kappa$ -расширением. Тогда следующие условия эквивалентны:

- 1)  $X$  –  $\kappa$ -пространство;
- 2)  $X$  регулярно вложено в любое объемлющее хаусдорфово пространство;
- 3) для любого факторного отображения  $f$  на хаусдорфово пространство  $Z$ , содержащее  $X$ , ограничение отображения  $f$  на  $f^1X$  факторно;

4) для любого факторного двукратного отображения  $f$  на хаусдорфово пространство  $Z$ , содержащее  $X$ , ограничение отображения  $f$  на  $f^1X$  факторно;

5) существует хаусдорфово  $k$ -расширение  $Z$  пространства  $X$  такое, что для любого факторного двукратного отображения  $f$  хаусдорфова пространства на  $Z$  ограничение  $f$  на  $f^1X$  факторно.

Так как бикомпакты являются  $k$ -пространствами, то из второй теоремы Тихонова [2] вытекает

**СЛЕДСТВИЕ 1.** Вполне регулярное пространство  $X$  в том и только в том случае является  $k$ -пространством, когда для любого вполне регулярного пространства (эквивалентно, для любого бикомпакта)  $Z$ , содержащего  $X$ , и факторного отображения  $f$  на  $Z$  ограничение  $f$  на  $f^1X$  факторно.

Используя результат А.В. Архангельского [3], характеризующий хаусдорфовы наследственно  $k$ -пространства как пространства Фреше–вирУрысона, получаем

**СЛЕДСТВИЕ 2.** Хаусдорфово  $k$ -пространство  $X$  в том и только в том случае является пространством Фреше–вирУрысона, когда каждое факторное отображение на него псевдооткрыто.

В частности, имеет место

**СЛЕДСТВИЕ 3.** Бикомпакт в том и только в том случае является пространством Фреше–вирУрысона, когда каждое факторное отображение на него псевдооткрыто.

Аналогичный результат А.В. Архангельского из [3] позволяет сделать еще один вывод из теоремы 1:

**СЛЕДСТВИЕ 4.** Вполне регулярное пространство  $X$  в том и только в том случае является пространством Фреше–вирУрысона, когда для любого хаусдорфова пространства (эквивалентно, для любого бикомпакта)  $Z$ , содержащего  $X$ , и для любого факторного отображения  $f$  на  $Z$  ограничение  $f$  на  $f^1X$  псевдооткрыто.

Возвращаясь к лемме 3, выясним, является ли условие регулярной вложенности  $X$  в  $Z$  эквивалентом того, что  $f_X$  факторно для любого факторного отображения  $f$  на  $Z$ . Оказывается, что в классе хаусдорфовых пространств это условие не имеет места, однако в регулярном случае верен аналог леммы 4:

**ЛЕММА 5.** Пусть  $Z$  регулярно,  $\tau$  – топология  $Z$  и  $X \subset Z$ , но  $X$  не регулярно вложено в  $Z$ . Тогда существуют две регулярные топологии  $\tau_1$  и  $\tau_2$  на  $Z$  такие, что  $\tau = \tau_1 \cap \tau_2$ , но  $\tau|_X \neq \tau_1|_X \cap \tau_2|_X$ . При этом полная регулярность  $\tau$  обеспечивает полную регулярность  $\tau_1$  и  $\tau_2$ .

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Проводится аналогично доказательству леммы 4. Фиксируем  $A$ , не замкнутое в  $X$ , но такое, что для всех замкнутых в  $Z$  множеств  $F \subset X$  множество  $A \cap F$  замкнуто. Пусть  $R, G, \tau_1, \tau_2, C, B$  и  $D$  означают то же, что и в лемме 4. По-прежнему, если  $x \in (GrC) \setminus R$ , то  $x^1 \in [C^1]_1$ , а если  $x \in (GrC) \cap [C \setminus A]$ , то  $x^2 \in [C^2]_2$ . Остается рассмотреть случай, когда одновременно выполняются два условия:  $GrC \subset R$  и  $(GrC) \cap [C \setminus A] = \emptyset$ . Так как  $Z$  регулярно, то в случае, когда  $x \in GrC$ , но  $x^2 \notin [D^2]_2$ , найдется такое  $V \in \tau$ , что  $x \in V$  и  $[V] \cap D = \emptyset$ . Полагаем  $K = [V] \cap [B]$ ; так как  $x \in K \subset V$  и  $K$  замкнуто в  $Z$ , то и  $K \cap A$  замкнуто в  $Z$ . Но  $x \in [V \cap B]$  и  $V \cap B = V \cap B \cap A \subset K \cap A$  – противоречие. В остальном рассуждения те же, что и в лемме 4. Лемма доказана.

**ТЕОРЕМА 2.** Пусть  $Z$  – регулярно, тогда следующие условия эквивалентны для произвольного подпространства  $X$  пространства  $Z$ :

- 1)  $X$  регулярно вложено в  $Z$ ;
- 2) для любого факторного отображения  $f$  на  $Z$  ограничение  $f$  на  $f^{-1}X$  факторно;
- 3) для любого факторного двукратного отображения  $f$  регулярного пространства на  $Z$  ограничение  $f$  на  $f^{-1}X$  факторно.

**ЛЕММА 6.**  $X$  в том и только в том случае является  $L$ -пространством [3], когда каждое его пространство в него регулярно вложено.

Доказательство тривиально.

**СЛЕДСТВИЕ 5.** Пусть  $Z$  – регулярное пространство. Следующие условия эквивалентны для произвольного подпространства  $X$  пространства  $Z$ :

- 1) для любого факторного отображения  $f$  на  $Z$  ограничение  $f$  на  $f^{-1}X$  псевдооткрыто;
- 2) для любых  $A \subset X$  и  $x \in [A]_X$  существует такое множество  $B$ , лежащее в  $A$ , что  $[B] = B \cup \{x\}$ .

Таким образом, решены две задачи:

- 3) если  $Z$  регулярно, то каковы те  $X \subset Z$ , что для любого факторного отображения  $f$  на  $Z$  ограничение  $f$  на  $f^{-1}X$  факторно? Псевдооткрыто?
- 4) каковы все те (вполне регулярные)  $X$ , что для любого вполне регулярного  $Z$ , содержащего  $X$ , и факторного отображения  $f$  на  $Z$  ограничение  $f$  на  $f^{-1}X$  факторно? Псевдооткрыто?

### Цитированная литература

1. Архангельский А.В. Отображения и пространства // УМН. – 1966. – Т. 11, № 4. – С. 133–184.
2. Александров П.С., Введение в теорию множеств и общую топологию. – М.: Наука, 1977.
3. Arhangel'skii A.V. A characterization of very  $\kappa$ -spaces // Czech. Math. – 1968. – Vol. 18. – P. 392–395.
4. Ипате Д.М., Луну Р.К. Факторные отображения и вложения топологических пространств // Тезисы IV Международной научной конференции «Математика. Образование. Культура». 21–24 апреля 2009 г. – Тольятти: ТГУ, 2009. – С. 14–16.

УДК 512.546,512.565

*В.И. Арнаут*ов, д-р физ.-мат. наук, проф.  
*И.В. Вдовиченко*, преп.

## ОСНОВНЫЕ РЕШЕТКИ ГРУППОВЫХ ТОПОЛОГИЙ

*В работе доказано, что для произвольной группы  $G$  являются полными решетками следующие множества:*

- множество всех групповых топологий;
- множество всех групповых топологий, в которых группа обладает базисом окрестностей единицы, состоящим из подгрупп;
- множество всех групповых топологий, в которых группа обладает базисом окрестностей единицы, состоящим из нормальных подгрупп;
- множество всех групповых топологий, в которых топологическая группа является предкомпактной;
- множество всех групповых топологий, в которых совпадают правая и левая равномерные структуры.

### Введение

После того как была решена проблема существования неметризуемых хаусдорфовых топологий в бесконечных абелевых группах и некоторых бесконечных кольцах (см., например, [1, с. 351–390]) и доказано, что существует большое число групповых топологий в бесконечных абелевых группах, возник интерес к изучению различных подмножеств множества всех групповых топологий.

Так, в работе [2] было доказано, что множество всех групповых топологий абелевой группы является модулярной решеткой.

В настоящей работе доказано, что для произвольной группы  $G$  являются полными решетками следующие множества:

- множество  $\mathcal{M}$  всех групповых топологий на группе  $G$ ;
- множество  $\mathcal{M}_{gr}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из которых группа обладает базисом окрестностей единицы, состоящим из подгрупп;
- множество  $\mathcal{M}_{nd}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из которых

группа обладает базисом окрестностей единицы, состоящим из нормальных подгрупп;

- множество  $\mathcal{M}_{pk}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из которых топологическая группа является предкомпактной;

- множество  $\mathcal{M}_{rs}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из которых совпадают правая и левая равномерные структуры.

### 1. Обозначения

Если не оговорено другое, то будем придерживаться следующих обозначений:

**1.1.** Если  $G$  – группа,  $A \subseteq G$  и  $B \subseteq G$ , то положим:  $\langle A \rangle$  – подгруппа группы  $G$ , которая порождена множеством  $A$  и  $[A, B] = \{a \cdot b \cdot a^{-1} \cdot b^{-1} \mid a \in A, b \in B\}$ .

**1.2.** По индукции, для любого натурального числа  $k$  определим нормальную подгруппу  $G_{[k]}$  группы  $G$  следующим образом: положим  $G_{[0]} = G$  и возьмем в качестве  $G_{[k+1]}$  подгруппу, кото-

рая порождена множеством  $[G_{[k]}, G]$ , т. е.  $G_{[k+1]} = \langle [G_{[k]}, G] \rangle$ .

Индукцией по числу  $i$  легко проверяется, что  $G_{[i]}$  является нормальной подгруппой группы  $G$ .

**I.3.** Если  $\tau_1$  и  $\tau_2$  – топологии на множестве  $X$ , то будем считать, что  $\tau_1 \leq \tau_2$ , если  $\tau_1 \subseteq \tau_2$ .

**I.4.** Если  $(X, \leq)$  – частично упорядоченное множество,  $S \subseteq X$  и  $a, b \in X$ , то будем считать, что:

$a = \inf_X S$ , если  $a \leq x$  для любого элемента  $x \in S$ , и если  $d \in X$  – такой элемент, что  $d \leq x$  для всех  $x \in S$ , то  $d \leq a$ ;

$b = \sup_X S$ , если  $x \leq b$  для любого элемента  $x \in S$ , и если  $d \in X$  – такой элемент, что  $x \leq d$  для всех  $x \in S$ , то  $b \leq d$ .

## II. Основные результаты

**II.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ** (см. [3, 4]). Частично упорядоченное множество  $(X, \leq)$  называется:

– *решеткой*, если для любых двух элементов  $a, b \in X$  существуют  $\inf_X \{a, b\}$  и  $\sup_X \{a, b\}$ ;

– *полной решеткой*, если для любого непустого подмножества  $S \subseteq X$  существуют  $\inf_X S$  и  $\sup_X S$ .

**II.2. Замечание.** Если  $(G, \tau)$  – топологическая группа, то из определений правой и левой равномерных структур в топологической группе  $(G, \tau)$  (см. [3, с. 224, определение 1]) легко следует следующее утверждение:

В топологической группе  $(G, \tau)$  правая и левая равномерные структуры совпадают тогда и только тогда, когда для любой окрестности  $V$  единицы существует такая окрестность  $U$  единицы, что  $g \cdot U \cdot g^{-1} \subseteq V$  для любого элемента  $g \in G$ .

**II.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ:** [1, 5]. Топологическая группа  $(G, \tau)$  называется *предкомпактной*, если для любой окрестности  $V$  единицы в топологической группе  $(G, \tau)$  существует такое конечное подмножество  $S \subseteq G$ , что  $G = S \cdot V$ .

**II.4. Замечание.** Из того, что  $G = G^{-1}$  и  $(S \cdot V)^{-1} = V^{-1} \cdot S^{-1}$ , легко следует, что топологическая группа  $(G, \tau)$  является предкомпактной тогда и только тогда, когда для любой окрестности  $V$  единицы в топологической группе  $(G, \tau)$  существует такое конечное подмножество  $S \subseteq G$ , что  $G = V \cdot S$ .

**II.5. ПРЕДЛОЖЕНИЕ.** Если топологическая группа  $(G, \tau)$  является предкомпактной, то в ней совпадают правая и левая равномерные структуры.

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Пусть  $V$  – произвольная окрестность единицы в топологической группе  $(G, \tau)$  и  $U$  – такая окрестность единицы в топологической группе  $(G, \tau)$ , что  $U \cdot U \cdot U^{-1} \subseteq V$ .

Существует такое конечное подмножество  $S \subseteq G$ , что  $U \cdot S = G$ . Из конечности множества  $S$  следует существование такой окрестности  $W$  единицы в топологической группе  $(G, \tau)$ , что  $W \subseteq U$  и  $g \cdot W \cdot g^{-1} \subseteq U$  для любого  $g \in S$ .

Если теперь  $h \in G$ , то  $h = v \cdot g$  для некоторых  $v \in U$  и  $g \in S$ . Тогда

$$\begin{aligned} h \cdot W \cdot h^{-1} &= (v \cdot g) \cdot W \cdot (v \cdot g)^{-1} = \\ &= v \cdot (g \cdot W \cdot g^{-1}) \cdot v^{-1} \subseteq U \cdot U \cdot U^{-1} \subseteq V. \end{aligned}$$

**II.6. Замечание** (см. [5, с. 203, предложение 1]). Если  $\Omega$  – такая совокупность подмножеств группы  $G$ , что выполнены следующие условия:

**II.6.1.**  $e \in V$  для любого  $V \in \Omega$ ;

**II.6.2.** Для любых  $V$  и  $U$  из  $\Omega$  существует такое  $W \in \Omega$ , что  $W \subseteq V \cap U$ ;



**П.6.3.** Для любого  $V \in \Omega$  существует такое  $U \in \Omega$ , что  $U^{-1} \subseteq V$ ;

**П.6.4.** Для любого  $V \in \Omega$  существует такое  $U \in \Omega$ , что  $U \cdot U \subseteq V$ ;

**П.6.5.** Для любого  $V \in \Omega$  и произвольного элемента  $g \in G$  существует такое  $U \in \Omega$ , что  $g \cdot U \cdot g^{-1} \subseteq V$ ,

то на группе  $G$  существует и притом единственная групповая топология  $\tau$  такая, что  $\Omega$  является базисом окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \tau)$ .

**П.7. ТЕОРЕМА.** Для произвольной группы  $G$  верны следующие утверждения:

**П.7.1.** Множество  $\mathfrak{M}$  всех групповых топологий на группе  $G$  с порядком, который был определен в I.3, является полной решеткой;

**П.7.2.** Множество  $\mathfrak{M}_{\text{гр}}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из которых топологическая группа обладает базисом окрестностей единицы, состоящим из подгрупп, с порядком, который был определен в I.3, является полной решеткой;

**П.7.3.** Множество  $\mathfrak{M}_{\text{нд}}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из которых топологическая группа обладает базисом окрестностей единицы, состоящим из нормальных подгрупп, с порядком, который был определен в I.3, является полной решеткой;

**П.7.4.** Множество  $\mathfrak{M}_{\text{рс}}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из которых совпадают правая и левая равномерные структуры, с порядком, который определен в I.3, является полной решеткой;

**П.7.5.** Множество  $\mathfrak{M}_{\text{пк}}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из которых топологическая группа является предкомпактной группой, с порядком, который был определен в I.3, является полной решеткой.

## ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.

**П.7.1.** Покажем вначале, что в множестве  $\mathfrak{M}$  существует  $\sup_{\mathfrak{M}} S$  для любого непустого подмножества  $S \subseteq \mathfrak{M}$ .

Для каждой групповой топологии  $\tau \in \mathfrak{M}$  выберем некоторый базис  $\Omega_\tau$  окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \tau)$  и рассмотрим множество  $\Omega = \bigcup_{\tau \in S} \Omega_\tau$  и множество  $\tilde{\Omega}$  всех конечных подмножеств множества  $\Omega$ .

Для каждого  $\Delta \in \tilde{\Omega}$  возьмем  $\tilde{W}_\Delta = \bigcap_{V \in \Delta} V$  и проверим, что совокупность  $\theta = \{\tilde{W}_\Delta \mid \Delta \in \tilde{\Omega}\}$  удовлетворяет условиям П.6.1–П.6.5 замечания П.6.

Так как  $e \in V$  для любой окрестности единицы  $V \in \Omega$ , то  $e \in \tilde{W}_\Delta$  для любого множества  $\Delta \in \tilde{\Omega}$ , т. е. условие П.6.1 выполнено.

Пусть  $\Delta \in \tilde{\Omega}$  и  $\Delta_2 \in \tilde{\Omega}$ . Если  $\Delta = \Delta_1 \cup \Delta_2$ , то  $\Delta \in \tilde{\Omega}$ , причем  $\tilde{W}_\Delta = \tilde{W}_{\Delta_1} \cap \tilde{W}_{\Delta_2}$ , т. е. условие П.6.2 выполнено.

Пусть  $\Delta = \{V_1, \dots, V_s\} \in \tilde{\Omega}$ . Так как  $(G, \tau)$  является топологической группой для любой топологии  $\tau \in \mathfrak{M}$ , то для любого числа  $1 \leq i \leq s$  существует такая окрестность единицы  $U_i \in \Omega$ , что  $U_i^{-1} \subseteq V_i$ . Тогда  $\Delta' = \{U_1, \dots, U_s\} \in \tilde{\Omega}$ , причем

$$(\tilde{W}_{\Delta'})^{-1} = \left( \bigcap_{i=1}^s U_i \right)^{-1} \subseteq \bigcap_{i=1}^s U_i^{-1} \subseteq \bigcap_{i=1}^s V_i = \tilde{W}_\Delta,$$

т. е. условие П.6.3 выполнено.

Пусть  $\Delta = \{V_1, \dots, V_s\} \in \tilde{\Omega}$ . Так как  $(G, \tau)$  является топологической группой для любой топологии  $\tau \in \mathfrak{M}$ , то для произвольного числа  $1 \leq i \leq s$  существует такая окрестность единицы  $U_i \in \Omega$ , что  $U_i \cdot U_i \subseteq V_i$ . Тогда  $\Delta' = \{U_1, \dots, U_s\} \in \tilde{\Omega}$ , причем

$$\begin{aligned} \tilde{W}_{\Delta'} \cdot \tilde{W}_{\Delta'} &= \\ &= \left( \bigcap_{i=1}^s U_i \right) \cdot \left( \bigcap_{i=1}^s U_i \right) \subseteq \bigcap_{i=1}^s (U_i \cdot U_i) \subseteq \bigcap_{i=1}^s V_i = \tilde{W}_\Delta, \end{aligned}$$

т. е. условие П.6.4 выполнено.

Пусть  $\Delta = \{V_1, \dots, V_s\} \in \tilde{\Omega}$  и  $g \in G$ . Так как  $(G, \tau)$  является топологической группой для любой топологии  $\tau \in \mathfrak{M}$ , то для произвольного числа  $1 \leq i \leq s$  существует такая окрестность единицы  $U_i \in \Omega$ , что  $g \cdot U_i \cdot g^{-1} \subseteq V_i$ . Тогда  $\Delta' = \{U_1, \dots, U_s\} \in \Omega$ , причем

$$\begin{aligned} g \cdot \tilde{W}_{\Delta'} \cdot g^{-1} &= \\ &= g \cdot \left( \bigcap_{i=1}^s U_i \right) \cdot g^{-1} \subseteq \bigcap_{i=1}^s (g \cdot U_i \cdot g^{-1}) \subseteq \\ &\subseteq \bigcap_{i=1}^s V_i = \tilde{W}_{\Delta}, \end{aligned}$$

т. е. условие П.6.5 выполнено.

Согласно замечанию П.6 на группе  $G$  существует такая групповая топология  $\tau^* \in \tilde{\mathfrak{M}}$  в которой совокупность  $\theta = \{\tilde{W}_{\Delta} \mid \Delta \in \tilde{\Omega}\}$  является базисом окрестностей единицы.

Так как  $\Omega_{\tau} \subseteq \theta$  для любой топологии  $\tau \in S$ , то  $\tau \leq \tau^*$  для любой топологии  $\tau \in S$ .

Пусть теперь  $\tau' \in \mathfrak{M}$  – такая групповая топология на группе  $G$ , что  $\tau \leq \tau'$  для любой топологии  $\tau \in S$ . Тогда любое подмножество  $V \in \Omega$  является окрестностью единицы в топологической группе  $(G, \tau')$ .

Если  $\tilde{W}_{\Delta} \in \theta$ , то  $\tilde{W}_{\Delta}$  является пересечением конечного числа множеств из  $\Omega$  и, значит,  $\tilde{W}_{\Delta}$  является окрестностью единицы в топологической группе  $(G, \tau')$ . Это означает, что  $\tau^* \leq \tau'$ . Итак, мы доказали, что  $\tau^* = \sup_{\mathfrak{M}} S$ .

Покажем теперь, что в множестве  $\mathfrak{M}$  существует  $\inf_{\mathfrak{M}} S$  для любого непустого подмножества  $S \subseteq \mathfrak{M}$ .

Рассмотрим множество  $S' = \{\tau' \in \mathfrak{M} \mid \tau' \leq \tau \text{ для всех } \tau \in S\}$ . Так как совокупность  $S'$  содержит антидискретную топологию, то  $S' \neq \emptyset$ . Тогда, как было доказано выше, в множестве  $\mathfrak{M}$  существует  $\tilde{\tau} = \sup_{\mathfrak{M}} S'$ .

Покажем, что  $\tilde{\tau} = \inf_{\mathfrak{M}} S$ .

Если  $\tau \in S$ , то  $\tau' \leq \tau$  для всех  $\tau' \in S'$  и, значит (см. I.4),  $\tilde{\tau} = \sup_{\mathfrak{M}} S' \leq \tau$  для всех  $\tau \in S$ . Кроме того, если  $\tau'' \in \mathfrak{M}$  и  $\tau'' \leq \tau$  для всех  $\tau \in S$ , то  $\tau'' \in S'$  и тогда  $\tau'' \leq \sup_{\mathfrak{M}} S' = \tilde{\tau}$ . Следовательно,  $\tilde{\tau} = \inf_{\mathfrak{M}} S$ . Утверждение П.7.1 доказано.

**П.7.2.** Пусть  $\emptyset \neq S \subseteq \mathfrak{M}_{\text{гр}}$  и  $\tau^* = \sup_{\mathfrak{M}} S$  (см. П.7.1).

При доказательстве утверждения П.7.1 было показано, что совокупность  $\theta = \{\tilde{W}_{\Delta} \mid \Delta \in \tilde{\Omega}\}$  является базисом окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \tau^*)$ . Поскольку пересечение любого числа подгрупп группы  $G$  является подгруппой, то любое из подмножеств  $\tilde{W}_{\Delta}$  является подгруппой и, значит,  $\tau^* \in \mathfrak{M}_{\text{гр}}$ .

Так как  $\mathfrak{M}_{\text{гр}} \subseteq \mathfrak{M}$ , то  $\tau^* = \sup_{\mathfrak{M}_{\text{гр}}} S$ . Итак, мы доказали, что существует  $\sup_{\mathfrak{M}_{\text{гр}}} S$ .

Покажем теперь, что в  $\mathfrak{M}_{\text{гр}}$  существует  $\inf_{\mathfrak{M}_{\text{гр}}} S$  для любого непустого подмножества  $S \subseteq \mathfrak{M}_{\text{гр}}$ .

Рассмотрим совокупность  $S' = \{\tau' \in \mathfrak{M}_{\text{гр}} \mid \tau' \leq \tau \text{ для всех } \tau \in S\}$ . Поскольку антидискретная топология принадлежит  $S'$ , то  $S' \neq \emptyset$ . Выше было доказано, что существует  $\sup_{\mathfrak{M}_{\text{гр}}} S'$ . Как и при доказательстве утверждения П.7.1, доказывается, что  $\sup_{\mathfrak{M}_{\text{гр}}} S' = \inf_{\mathfrak{M}_{\text{гр}}} S$ . Утверждение П.7.2 доказано.

**П.7.3.** Доказательство утверждения П.7.3 проводится дословным повторением доказательства утверждения П.7.2.

**П.7.4.** Пусть  $\emptyset \neq S \subseteq \mathfrak{M}_{\text{рс}}$  и  $\tau^* = \sup_{\mathfrak{M}} S$  (см. П.7.1).

Покажем, что  $\tau^* \in \mathfrak{M}_{\text{рс}}$ . При доказательстве утверждения П.7.1 было доказано, что совокупность  $\theta = \{\tilde{W}_{\Delta} \mid \Delta \in \tilde{\Omega}\}$  является базисом окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \tau^*)$ .

Пусть  $\Delta = \{V_1, \dots, V_s\} \in \tilde{\Omega}$ . Так как для любой топологии  $\tau \in \mathfrak{M}_{\text{рс}}$  в топологической группе  $(G, \tau)$  левая и правая равномерные структуры совпадают,

то (см. замечание П.2) для любого числа  $1 \leq i \leq s$  существует такая окрестность единицы  $U_i \in \Omega$ , что  $g \cdot U_i \cdot g^{-1} \subseteq V_i$  для любого элемента  $g \in G$ . Тогда  $\Delta' = \{U_1, \dots, U_s\} \in \tilde{\Omega}$ , причем

$$\begin{aligned} g \cdot \tilde{W}_{\Delta'} \cdot g^{-1} &= g \cdot \left( \bigcap_{i=1}^s U_i \right) \cdot g^{-1} = \\ &= \bigcap_{i=1}^s (g \cdot U_i \cdot g^{-1}) \subseteq \bigcap_{i=1}^s V_i = \tilde{W}_{\Delta} \end{aligned}$$

для любого элемента  $g \in G$ , т. е.  $\tau^* \in \mathfrak{M}_{\text{прс}}$ . Так как  $\mathfrak{M}_{\text{прс}} \subseteq \mathfrak{M}$ , то  $\tau^* = \sup_{\mathfrak{M}_{\text{прс}}} S$ . Итак, мы доказали, что существует  $\sup_{\mathfrak{M}_{\text{прс}}} S$ .

Покажем теперь, что в множестве  $\mathfrak{M}_{\text{прс}}$  существует  $\inf_{\mathfrak{M}_{\text{прс}}} S$  для любого непустого подмножества  $S \subseteq \mathfrak{M}_{\text{прс}}$ .

Если  $S' = \{\tau' \in \mathfrak{M}_{\text{прс}} \mid \tau' \leq \tau \text{ для всех } \tau \in S\}$ , то антидискретная топология принадлежит  $S'$  и, значит,  $S' \neq \emptyset$ . Выше было доказано, что существует  $\sup_{\mathfrak{M}_{\text{прс}}} S'$ . Как и при доказательстве утверждения П.7.1, доказывается, что  $\sup_{\mathfrak{M}_{\text{прс}}} S' = \inf_{\mathfrak{M}_{\text{прс}}} S$ . Этим утверждение П.7.4 доказано.

**П.7.5.** Пусть  $\emptyset \neq S \subseteq \mathfrak{M}_{\text{пк}}$  и  $\tau^* = \sup_{\mathfrak{M}} S$  (см. П.7.1). Легко заметить, что при доказательстве предложения 3.4.11 в [1] требование коммутативности группы не является существенным и, значит, это доказательство с небольшим изменением можно применить для доказательства того, что топологическая группа  $(G, \tau^*)$  является предкомпактной, т. е. что  $\tau^* \in \mathfrak{M}_{\text{пк}}$ . Так как  $\mathfrak{M}_{\text{пк}} \subseteq \mathfrak{M}$ , то  $\tau^* = \sup_{\mathfrak{M}_{\text{пк}}} S$ .

Покажем теперь, что в  $\mathfrak{M}_{\text{пк}}$  существует  $\inf_{\mathfrak{M}_{\text{пк}}} S$  для любого непустого подмножества  $S \subseteq \mathfrak{M}_{\text{пк}}$ .

Рассмотрим множество  $S' = \{\tau' \in \mathfrak{M}_{\text{пк}} \mid \tau' \leq \tau \text{ для всех } \tau \in S\}$ . Как и при доказательстве утверждения П.7.1, доказывается, что  $\inf_{\mathfrak{M}_{\text{пк}}} S = \sup_{\mathfrak{M}_{\text{пк}}} S' \in \mathfrak{M}_{\text{пк}}$ . Этим утверждение П.7.5 доказано и, значит, теорема полностью доказана.

**П.8. ТЕОРЕМА.** Пусть  $G$  – произвольная группа,  $\tau_1$  и  $\tau_2$  – групповые топологии на группе  $G$ . Если  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  – некоторые базисы окрестностей единицы в топологических группах  $(G, \tau_1)$  и  $(G, \tau_2)$  соответственно, то следующие утверждения эквивалентны:

**П.8.1.** Для любых окрестностей единицы  $V_1 \in \Omega_1$  и  $U_1 \in \Omega_2$  существуют такие окрестности единицы  $V_2 \in \Omega_1$  и  $U_2 \in \Omega_2$ , что  $V_2 \cdot U_2 \subseteq U_1 \cdot V_1$ ;

**П.8.2.** Для любых окрестностей единицы  $V_1 \in \Omega_1$  и  $U_1 \in \Omega_2$  существуют такие окрестности единицы  $V_2 \in \Omega_1$  и  $U_2 \in \Omega_2$ , что  $U_2 \cdot V_2 \subseteq V_1 \cdot U_1$ ;

**П.8.3.** Совокупность  $\Omega_3 = \{V \cdot U \mid V \in \Omega_1, U \in \Omega_2\}$  является базисом окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \tau_3)$ , где  $\tau_3 = \inf_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\}$  в решетке  $\mathfrak{M}$  всех групповых топологий на группе  $G$ .

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Докажем вначале, что П.8.1  $\Rightarrow$  П.8.2.

Пусть выполнено утверждение П.8.1. Если  $V_0 \in \Omega_1$  и  $U_0 \in \Omega_2$ , то существуют такие  $V_1 \in \Omega_1$  и  $U_1 \in \Omega_2$ , что  $V_1^{-1} \subseteq V_0$  и  $U_1^{-1} \subseteq U_0$ . Так как утверждение П.8.1 выполнено, то существуют такие окрестности единицы  $V_2 \in \Omega_1$  и  $U_2 \in \Omega_2$ , что  $V_2 \cdot U_2 \subseteq U_1 \cdot V_1$ . Поскольку  $(G, \tau_1)$  и  $(G, \tau_2)$  являются топологическими группами, то существуют такие окрестности единицы  $V_3 \in \Omega_1$  и  $U_3 \in \Omega_2$ , что  $V_3^{-1} \subseteq V_2$  и  $U_3^{-1} \subseteq U_2$ . Тогда, поскольку  $(a \cdot b)^{-1} = b^{-1} \cdot a^{-1}$  для любых элементов  $a, b \in G$ , то

$$\begin{aligned} U_3 \cdot V_3 &= (U_3^{-1})^{-1} \cdot (V_3^{-1})^{-1} = \\ &= (V_3^{-1} \cdot U_3^{-1})^{-1} \subseteq (U_1 \cdot V_1)^{-1} = \\ &= V_1^{-1} \cdot U_1^{-1} \subseteq V_0 \cdot U_0, \end{aligned}$$

т. е. выполнено утверждение П.8.2. Итак, мы доказали, что П.8.1  $\Rightarrow$  П.8.2.

Дальнейшее доказательство теоремы аналогично доказательству теоремы 2.2 из [2]. Однако для полноты изложения приведем его.

Докажем, что П.8.2  $\Rightarrow$  П.8.3.

Пусть выполнено утверждение П.8.2. Проверим вначале, что совокупность  $\Omega_3 = \{V \cdot U \mid V \in \Omega_1, U \in \Omega_2\}$  удовлетворяет условиям П.6.1–П.6.5 **замечания П.6.**

Если  $V \in \Omega_1$  и  $U \in \Omega_2$ , то  $e = e \cdot e \in V \cdot U$  и, значит, условие П.6.1 выполняется. Пусть  $V_0, V_1 \in \Omega_1$  и  $U_0, U_1 \in \Omega_2$ . Существуют такие окрестности единицы  $V_2 \in \Omega_1$  и  $U_2 \in \Omega_2$ , что  $V_2 \subseteq V_0 \cap V_1$  и  $U_2 \subseteq U_0 \cap U_1$ . Тогда

$$\begin{aligned} V_2 \cdot U_2 &\subseteq (V_0 \cap V_1) \cdot (U_0 \cap U_1) \subseteq \\ &\subseteq (V_0 \cdot U_0) \cap (V_1 \cdot U_1) \end{aligned}$$

и, следовательно, условие П.6.2 выполняется.

Пусть  $V_0 \in \Omega_1$  и  $U_0 \in \Omega_2$ . Так как выполняется утверждение П.8.2, то существуют такие окрестности единицы  $V_1 \in \Omega_1$  и  $U_1 \in \Omega_2$ , что  $U_1 \cdot V_1 \subseteq V_0 \cdot U_0$ . Так как  $(G, \tau_1)$  и  $(G, \tau_2)$  являются топологическими группами, то существуют такие окрестности единицы  $V_2 \in \Omega_1$  и  $U_2 \in \Omega_2$ , что  $V_2^{-1} \subseteq V_1$  и  $U_2^{-1} \subseteq U_1$ . Тогда

$$\begin{aligned} (V_2 \cdot U_2)^{-1} &= (U_2^{-1}) \cdot (V_2^{-1}) \subseteq \\ &\subseteq U_1 \cdot V_1 \subseteq V_0 \cdot U_0 \end{aligned}$$

и, значит, условие П.6.3 выполняется.

Пусть  $V_0 \in \Omega_1$  и  $U_0 \in \Omega_2$ . Поскольку  $(G, \tau_1)$  и  $(G, \tau_2)$  являются топологическими группами, то существуют такие окрестности единицы  $V_1 \in \Omega_1$  и  $U_1 \in \Omega_2$ , что  $V_1 \cdot V_1 \subseteq V_0$  и  $U_1 \cdot U_1 \subseteq U_0$ . Так как выполняется утверждение

П.8.2, то существуют такие окрестности единицы  $V_2 \in \Omega_1$  и  $U_2 \in \Omega_2$ , что  $V_2 \subseteq V_1$ ,  $U_2 \subseteq U_1$  и  $U_2 \cdot V_2 \subseteq V_1 \cdot U_1$ . Тогда

$$\begin{aligned} (V_2 \cdot U_2) \cdot (V_2 \cdot U_2) &= \\ = V_2 \cdot (U_2 \cdot V_2) \cdot U_2 &\subseteq V_2 \cdot (U_1 \cdot V_1) \cdot U_2 \subseteq \\ &\subseteq (V_1 \cdot V_1) \cdot (U_1 \cdot U_1) \subseteq V_0 \cdot U_0 \end{aligned}$$

и, следовательно, условие П.6.4 выполняется.

Пусть  $V_0 \in \Omega_1$ ,  $U_0 \in \Omega_2$  и  $g \in G$ . Существуют такие окрестности единицы  $V_1 \in \Omega_1$  и  $U_1 \in \Omega_2$ , что  $g \cdot V_1 \cdot g^{-1} \subseteq V_0$  и  $g \cdot U_1 \cdot g^{-1} \subseteq U_0$ . Тогда

$$\begin{aligned} g \cdot (V_1 \cdot U_1) \cdot g^{-1} &= \\ = g \cdot V_1 \cdot g^{-1} \cdot g \cdot U_1 \cdot g^{-1} &= \\ = (g \cdot V_1 \cdot g^{-1}) \cdot (g \cdot U_1 \cdot g^{-1}) &\subseteq V_0 \cdot U_0 \end{aligned}$$

и, значит, условие П.6.5 выполняется.

Итак, мы проверили, что совокупность  $\Omega_3 = \{V \cdot U \mid V \in \Omega_1, U \in \Omega_2\}$  удовлетворяет условиям П.6.1–П.6.5 **замечания П.6.** и, значит, на группе  $G$  существует такая групповая топология  $\tau_3$ , что совокупность  $\Omega_3$  является базисом окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \tau_3)$ .

Так как  $V = V \cdot e \subseteq V \cdot U$  и  $U = e \cdot U \subseteq V \cdot U$  для любых  $V \in \Omega_1$  и  $U \in \Omega_2$ , то  $\tau_3 \leq \tau_1$  и  $\tau_3 \leq \tau_2$  и, значит (см. I.4),  $\tau_3 \leq \inf_{\text{мн}} \{\tau_1, \tau_2\}$ .

Пусть теперь  $W$  – произвольная окрестность единицы в топологической группе  $(G, \inf_{\text{мн}} \{\tau_1, \tau_2\})$  и  $W_1$  – такая окрестность единицы в топологической группе  $(G, \inf_{\text{мн}} \{\tau_1, \tau_2\})$ , что  $W_1 \cdot W_1 \subseteq W$ . Так как  $\inf_{\text{мн}} \{\tau_1, \tau_2\} \leq \tau_1$  и  $\inf_{\text{мн}} \{\tau_1, \tau_2\} \leq \tau_2$ , то существуют такие окрестности единицы  $V \in \Omega_1$  и  $U \in \Omega_2$ , что  $V \subseteq W_1$  и

$U \subseteq W_1$ . Тогда  $V \cdot U \subseteq W_1 \cdot W_1 \subseteq W$  и, значит,  $\inf_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\} \leq \tau_3$ .

Следовательно,  $\inf_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\} = \tau_3$ . Тогда совокупность  $\Omega_3 = \{V \cdot U \mid V \in \Omega_1, U \in \Omega_2\}$  является базисом окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \inf_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\})$  и, значит, П.8.2  $\Rightarrow$  П.8.3.

Проверим теперь, что П.8.3  $\Rightarrow$  П.8.1.

Если  $V_0 \in \Omega_1$  и  $U_0 \in \Omega_2$ , то существуют такие окрестности единицы  $V_1 \in \Omega_1$  и  $U_1 \in \Omega_2$ , что  $V_1^{-1} \subseteq V_0$  и  $U_1^{-1} \subseteq U_0$ . Так как совокупность  $\Omega_3 = \{V \cdot U \mid V \in \Omega_1, U \in \Omega_2\}$  является базисом окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \inf_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\})$ , то существуют такие окрестности единицы  $V_2 \in \Omega_1$  и  $U_2 \in \Omega_2$ , что  $(V_2 \cdot U_2)^{-1} \subseteq V_1 \cdot U_1$ . Тогда

$$\begin{aligned} V_2 \cdot U_2 &= ((V_2 \cdot U_2)^{-1})^{-1} \subseteq \\ &\subseteq (V_1 \cdot U_1)^{-1} = U_1^{-1} \cdot V_1^{-1} \subseteq U_0 \cdot V_0 \end{aligned}$$

и, следовательно, верно утверждение П.8.1, т. е. П.8.3  $\Rightarrow$  П.8.1. Теорема полностью доказана.

**П.9. ТЕОРЕМА.** Пусть  $G$  – произвольная группа;  $\tau_1$  и  $\tau_2$  – групповые топологии на группе  $G$ ;  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  – некоторые базисы окрестностей единицы в топологических группах  $(G, \tau_1)$  и  $(G, \tau_2)$  соответственно. Если для любой окрестности единицы  $V_1 \in \Omega_1$  существуют такие окрестности единицы  $V_2 \in \Omega_1$  и  $U_2 \in \Omega_2$ , что  $g \cdot V_2 \cdot g^{-1} \subseteq V_1$  для любого элемента  $g \in U_2$ , то для групповых топологий  $\tau_1$  и  $\tau_2$  верно утверждение П.8.2, а значит, верно и каждое из утверждений П.8.1 – П.8.3.

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.** Если  $V_1 \in \Omega_1$  и  $U_1 \in \Omega_2$ , то существуют такие  $V_2 \in \Omega_1$  и  $U_2 \in \Omega_2$ , что  $V_2 \subseteq V_1$ ,

$U_2 \subseteq U_1$  и  $g \cdot V_2 \cdot g^{-1} \subseteq V_1$  для любого элемента  $g \in U_2$ . Тогда  $g \cdot V_2 = g \cdot V_2 \cdot g^{-1} \cdot g \subseteq V_1 \cdot g$  для любого элемента  $g \in U_2$  и, значит,  $U_2 \cdot V_2 \subseteq V_1 \cdot U_1$ . Таким образом, верно утверждение П.8.2 и, следовательно, верно каждое из утверждений П.8.1 – П.8.3. Теорема полностью доказана.

**П.10. СЛЕДСТВИЕ.** Если  $G$  – некоторая группа и  $\tau_1$  – такая групповая топология, что в топологической группе  $(G, \tau_1)$  совпадают правая и левая равномерные структуры, то для любой групповой топологии  $\tau_2$  пара топологий  $\tau_1$  и  $\tau_2$  удовлетворяет каждому из утверждений П.8.1 – П.8.3.

В самом деле, для любой групповой топологии  $\tau_2$  множество  $U = G$  является окрестностью единицы в топологической группе  $(G, \tau_2)$ , причем согласно замечанию П.2 для любой окрестности  $V_1$  единицы в топологической группе  $(G, \tau_1)$  существует окрестность единицы  $V_2$  в топологической группе  $(G, \tau_1)$  такая, что  $g \cdot V_2 \cdot g^{-1} \subseteq V_1$  для любого  $g \in G = U$ . Тогда из предыдущей теоремы следует верность настоящего следствия.

**П.11. ТЕОРЕМА.** Для произвольной группы  $G$  являются подрешетками решетки  $\mathfrak{M}$  всех групповых топологий на группе  $G$  следующие решетки:

**П.11.1.** Решетка  $\mathfrak{M}_{\text{нд}}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из которых топологическая группа обладает базисом окрестностей единицы, состоящим из нормальных подгрупп;

**П.11.2.** Решетка  $\mathfrak{M}_{\text{рс}}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из которых совпадают правая и левая равномерные структуры;

**П.11.3.** Решетка  $\mathfrak{M}_{\text{пк}}$  всех групповых топологий на группе  $G$ , в каждой из



которых топологическая группа является предкомпактной группой.

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВО.**

**П.11.1.** Пусть  $\tau_1, \tau_2 \in \mathfrak{M}_{нд}$  и  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  – некоторые базисы окрестностей единицы в топологических группах  $(G, \tau_1)$  и  $(G, \tau_2)$  соответственно, которые состоят из нормальных подгрупп.

Поскольку пересечение любого числа нормальных подгрупп является нормальной подгруппой, то из доказательства утверждения П.7.1 следует, что топологическая группа  $(G, \sup_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\})$  обладает базисом окрестностей единицы, который состоит из нормальных подгрупп, т.е.  $\sup_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\} \in \mathfrak{M}_{нд}$ .

Кроме того, согласно утверждению П.8.3 совокупность  $\{U \cdot V \mid V \in \Omega_1, U \in \Omega_2\}$  является базисом окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \inf_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\})$ . Поскольку произведение двух нормальных подгрупп является нормальной подгруппой, то  $\inf_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\} \in \mathfrak{M}_{нд}$ . Утверждение П.11.1 доказано.

**П.11.2.** Пусть  $\tau_1, \tau_2 \in \mathfrak{M}_{рс}$  и  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  – некоторые базисы окрестностей единицы в топологических группах  $(G, \tau_1)$  и  $(G, \tau_2)$  соответственно. Тогда (см. доказательство утверждения П.7.1) совокупность  $\Omega_3 = \{U \cap V \mid U \in \Omega_1, V \in \Omega_2\}$  является базисом окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \sup_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\})$ .

Если  $U \cap V \in \Omega_3$ , то существуют такие окрестности единицы  $U_1 \in \Omega_1$  и  $V_1 \in \Omega_2$ , что  $g \cdot U_1 \cdot g^{-1} \subseteq U$  и  $g \cdot V_1 \cdot g^{-1} \subseteq V$  для любого элемента  $g \in G$ . Тогда

$$U_1 \cap V_1 \in \Omega_3 \text{ и } g \cdot (U_1 \cap V_1) \cdot g^{-1} \subseteq \\ \subseteq (g \cdot U_1 \cdot g^{-1}) \cap (g \cdot V_1 \cdot g^{-1}) \subseteq U \cap V$$

для любого элемента  $g \in G$ , т.е.  $\sup_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\} \in \mathfrak{M}_{рс}$ .

Кроме того, из следствия П.10 и утверждения П.8.3 следует, что совокупность  $\Omega_4 = \{U \cdot V \mid U \in \Omega_1, V \in \Omega_2\}$  является базисом окрестностей единицы в топологической группе  $(G, \inf_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\})$ .

Если  $U \cdot V \in \Omega_4$ , то существуют такие окрестности единицы  $U_1 \in \Omega_1$  и  $V_1 \in \Omega_2$ , что  $g \cdot U_1 \cdot g^{-1} \subseteq U$  и  $g \cdot V_1 \cdot g^{-1} \subseteq V$  для любого элемента  $g \in G$ . Тогда

$$U_1 \cdot V_1 \in \Omega_4 \text{ и } g \cdot (U_1 \cdot V_1) \cdot g^{-1} = \\ = g \cdot U_1 \cdot g^{-1} \cdot g \cdot V_1 \cdot g^{-1} = \\ = (g \cdot U_1 \cdot g^{-1}) \cdot (g \cdot V_1 \cdot g^{-1}) \subseteq U \cdot V$$

для любого элемента  $g \in G$ , т.е.  $\inf_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\} \in \mathfrak{M}_{рс}$ . Утверждение П.11.2 доказано.

**П.11.3.** Если  $\tau_1, \tau_2 \in \mathfrak{M}_{пк}$ , то при доказательстве утверждения 2.7.5 было доказано, что  $\sup_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\} \in \mathfrak{M}_{пк}$ .

Кроме того, из определения П.3 следует, что всякая групповая топология, которая слабее некоторой предкомпактной топологии, сама является предкомпактной топологией, а значит,  $\inf_{\mathfrak{M}} \{\tau_1, \tau_2\} \in \mathfrak{M}_{пк}$ .

Теорема П.11 полностью доказана.

**Цитированная литература**

1. **Arnautov V.I., Glavatsky S.T., Mikhailev A.V.** Introduction to the theory of topological rings and modules. – New York; Basel; Hong Kong: Marsel Dekker, 1996. – 502 p.
2. **Биркгоф Г.** Теория решеток. – М.: Наука, 1984. – 566 с.
3. **Бурбаки Н.** Общая топология, основные структуры. – М., 1958. – 324 с.
4. **Курош А.Г.** Лекции по общей алгебре: Учебник. Изд. 2-е, стереотипное. – СПб.; М.; Краснодар, 2007.
5. **Smarda B.** The lattice of topologies of topological l-group // Czechosl. Math. Jour. – 1976. – Vol. 26(101). – P. 128.



УДК 658.562.012.7: 519.248

Ю.А. Долгов, д-р техн. наук, проф.

А.Ю. Долгов, канд. техн. наук, доц.

Ю.А. Столяренко, канд. техн. наук, доц.

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫБОРКИ МАЛОГО ОБЪЕМА (метод точечных распределений)

*Предложены методы расчета параметров выборки малого объема при значительном повышении их точности по сравнению с классическими методами, а также методы построения регрессионных уравнений по парной выборке малого объема.*

### Метод повышения точности вычисления параметров выборки малого объема

Выборкой малого объема называется выборка, содержащая  $n = 3-15$  элементов [1]. Для устранения потерь информации при обработке малой выборки необходимо отказаться от группировки данных и перейти к методу, основанному на использовании каждой отдельной реализации (измерения), для чего будем считать каждое измерение центром распределения с известным законом [2]. Это дает возможность существенно уменьшить интервал неопределенности выборочных оценок, что, в свою очередь, позволяет значительно снизить объемы контрольных выборок и применить известные статистические методы для разбраковки продукции по ходу технологического процесса там, где это ранее было принципиально невозможно.

В основу метода точечных распределений (МТР) положено предварительное числовое определение эмпирической функции распределения:

$$f^*(x) = \alpha \cdot f_0(x) + (1 - \alpha) \cdot f_n^*(x), \quad (1)$$

где  $\alpha$  – ценность априорной информации;  $f_0(x)$  – априорная компонента, несущая информацию о форме закона распределе-

ния;  $f_n^*(x)$  – эмпирическая компонента, которую можно представить в виде

$$f_n^*(x) = C(\rho) \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot \psi_i(\rho, x), \quad (2)$$

где  $C(\rho) = \left( \int_{-\rho}^{+\rho} \psi(\rho, x) dx \right)^{-1}$  – нормирующий множитель;  $\sum_{i=1}^n \mu_i = 1$  – коэффициенты нормировки при ядрах;  $\psi_i(\rho, x)$  – некоторая функция (ядро) при  $i$ -м измерении;  $\rho$  – половина интервала определения ядра.

Полная оценка плотности распределения удовлетворяет весьма важным для оценок свойствам состоятельности и несмещенности. Эффективность оценки зависит от формы ядра. Исследованиями установлено, что наиболее простой формой ядра является прямоугольная ( $\psi_i(\rho, x) = 1$  в интервале  $\pm \rho$ ), а наиболее оптимальной – дельтаобразная (рис. 1).

Практический алгоритм вычисления эмпирической функции распределения  $f^*(x)$  можно представить следующим образом:

1) установить предполагаемый класс распределений  $f(x)$  (например, нормальный закон);

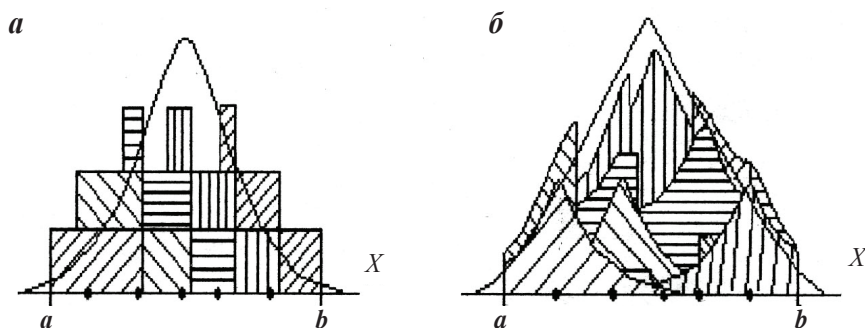


Рис. 1. Плотность распределения при прямоугольной (а) и дельтаобразной (б) формах ядра

Таблица 1

Аппроксимационные формулы для расчета вспомогательного коэффициента  $\rho'$  от объема выборки  $n$

Закон распределения	Форма ядра	Уравнение регрессии	Коридор существования
Нормальный	Прямоугольная	$\hat{\rho}' = 0,2924 - 0,237n + 0,0012n^2$	$\pm 0,0048$
	Дельтаобразная	$\hat{\rho}' = \frac{0,3435n}{n - 0,7066}$	$\pm 0,0034$
Экспоненциальный	Прямоугольная	$\hat{\rho}' = 0,1047 + \frac{0,61199}{n} - \frac{0,7405}{n^2}$	$\pm 0,0072$
	Дельтаобразная	$\hat{\rho}' = 0,3788 - 0,00065n^2 + 1,56347e^{-n}$	$\pm 0,0050$
Вейбулла	Прямоугольная	$\hat{\rho}' = 0,3662 \cdot 0,9293^n \cdot 1,00198n^2$	$\pm 0,0028$
	Дельтаобразная	$\hat{\rho}' = 0,8406 - 0,3196 \ln n + 0,0674(\ln n)^2$	$\pm 0,0058$

2) определить интервал изменения  $(a, b)$  контролируемой величины  $X$  в абсолютных единицах (а. е.);

3) вычислить оптимальное значение  $\rho$  в а. е.:

$$\rho = \rho' \cdot (b - a); \tag{3}$$

вспомогательный коэффициент  $\rho'$  определяется эмпирически для каждого класса распределения  $f(x)$  и объема выборки  $n$ . Числовые данные вычисляются по формулам табл. 1.

4) расположить элементы выборки  $X_1, \dots, X_r, \dots, X_n$  в порядке возрастания их значений;

5) для каждого элемента выборки  $X_i$  определить верхнюю  $X_{iB}$  и нижнюю  $X_{iH}$

границы интервала определения  $i$ -й дельтаобразной функции:

$$X_{iH} = \begin{cases} a, & \text{если } X_i - \rho \leq a; \\ X_i - \rho & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$$

$$X_{iB} = \begin{cases} b, & \text{если } X_i + \rho \geq b; \\ X_i + \rho & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$$

6) для каждого элемента выборки  $X_i$  определить корректировочный коэффициент  $A_i$ , который равен:

- для нормального закона распределения  $A_i \equiv 1$ ;
- для экспоненциального распределения

$$A_i = \begin{cases} 1 - \frac{X_i - \rho - a}{\rho}, & \text{если } X_{iH} = a; \\ 1 & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$$

7) интервал  $(a, b)$  разбить на  $k$  интервалов дискретности ( $k = 20-30$ ). При этом величина  $X_j = a + (2j-1) \cdot \frac{b-a}{2k}$  является центром  $j$ -го интервала дискретности;

8) вычислить значение нормированной плотности  $f^*(X'_j)$  на интервал с центром в точке  $X'_j$ :

$$f^*(X_i) = \frac{k}{b-a} \cdot \frac{f'(X_j)}{\sum_{j=1}^n f'(X_j)}, \quad (4)$$

где  $f'(X_j)$  – значения ненормированной оценки плотности в центре  $j$ -го интервала дискретности.

Например, для дельтаобразной формы ядра

$$f'(X) = \alpha \cdot f_0(X) + (1-\alpha) \frac{3A_i}{n\rho\sqrt{2\pi}} \sum_{i=1}^n p_{ij} \times \exp\left[-4,5\left(\frac{X_j - X_i}{\rho}\right)^2\right] [1/a. e.], \quad (5)$$

где  $p_{ij}$  – условие «накрывания» интервалом задания  $\pm \rho$   $i$ -й дельтаобразной функции центра  $j$ -го интервала дискретности:

$$p_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } X_{iH} \leq X'_j \leq X_{iB}; \\ 0 & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (6)$$

Вопрос об априорной компоненте  $f_0(X)$ , входящей в выражение (5) ненормированной оценки плотности в центре  $j$ -го интервала  $f(X_j)$ , решается по-разному. В простейшем случае можно считать, что априорная компонента обратно пропорциональна интервалу определения величины  $f_0(X) = \frac{1}{b-a}$ . Для нормального распределения

$$f_0(X) = \frac{1}{\sigma_X \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{X - m_X}{\sigma_X}\right)^2\right],$$

где математическое ожидание  $m_X$  и среднеквадратическое отклонение (СКО)  $\sigma_X$  оцениваются по достаточно большому количеству выборов.

Тогда ненормированная оценка плотности для нормального закона запишется в виде

$$f'(X_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left\{ \frac{\alpha}{\sigma_x} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{X_j - X_i}{\sigma_x}\right)^2\right] + \frac{3(1-\alpha)}{n\rho} \sum_{i=1}^n p_{ij} \exp\left[-4,5\left(\frac{X_j - X_i}{\rho}\right)^2\right] \right\}. \quad (7)$$

Эмпирическое распределение  $f^*(X)$  и его компоненты могут быть использованы для получения оценок параметров распределения повышенной эффективности, если воспользоваться процедурой формального определения математического ожидания  $m_X$  и дисперсии  $\mu_2$ . Оценки соответствующих величин будут равны:

$$m_X^* = \int_a^b X \cdot f^*(X) dX \approx \sum_{j=1}^k X_j \cdot f^*(X_j); \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \mu_2^* &= \int_a^b (X - m_X^*)^2 \cdot f^*(X) dX \approx \\ &\approx \sum_{j=1}^k (X_j)^2 \cdot f^*(X_j) - (m_X^*)^2, \end{aligned} \quad (9)$$

где

$$f^*(X_j) = \frac{f'(X_j)}{\sum_{j=1}^k f'(X_j)}$$

есть частота попадания в  $j$ -й интервал дискретности.

Подставляя в выражения (8) и (9) развернутое значение частоты  $f^*(X_j)$ , а в него – развернутое значение ненормиро-

ванной плотности  $f^*(X_j)$  в виде (4), можно получить формулы оценок параметров выборки, удобные для расчета на ЭВМ. Поскольку для нормального закона распределения во всех случаях границы  $(a, b)$  задаются на основании предварительной обработки данных выборки, то априорная информация о границах отсутствует, что эквивалентно условию  $\alpha = 0$ :

$$m_X^* = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n p_{ji} X_j \exp \left[ -4,5 \left( \frac{X_j - X_i}{\rho} \right)^2 \right]}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n p_{ji} \exp \left[ -4,5 \left( \frac{X_j - X_i}{\rho} \right)^2 \right]}, \quad (10)$$

$$\mu_X^* = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n p_{ji} \cdot (X_j)^2 \cdot \exp \left[ -4,5 \left( \frac{X_j - X_i}{\rho} \right)^2 \right]}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n p_{ji} \cdot \exp \left[ -4,5 \left( \frac{X_j - X_i}{\rho} \right)^2 \right]} - (m_X^*)^2. \quad (11)$$

Для определения границ интервала  $(a, b)$  в случае, если они не заданы, можно воспользоваться формулами

$$\begin{cases} a = \bar{X} - 2,4 \cdot S, \\ b = \bar{X} + 2,4 \cdot S; \end{cases} \quad (12)$$

$$\rho = 4,8 \cdot \rho' \cdot S; \quad (13)$$

$$X'_j = \bar{X} - 2,4 \cdot S \left( 1 + \frac{1}{k} \right) + j \frac{4,8 \cdot S}{k}, \quad (14)$$

где

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i -$$

среднее арифметическое;

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} -$$

среднеквадратическое отклонение исходной выборки малого объема.

Доверительный интервал оценок рассчитывается по формулам:

$$\bar{X} - t_T \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \leq M[X] \leq \bar{X} + t_T \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}; \quad (15)$$

$$\frac{nS^2}{\chi_{q/2}^2} \leq \sigma^2 \leq \frac{nS^2}{\chi_{1-q/2}^2}, \quad (16)$$

где  $t_T$  – табличное значение критерия Стьюдента для  $q$  уровня значимости  $\nu = n - 1$  степени свободы;  $\chi_{q/2}^2$ ;  $\chi_{1-q/2}^2$  – табличное значение  $\chi^2$ -распределения при  $q/2$  и  $1 - q/2$  уровня значимости и  $\nu = n - 1$  степени свободы.

Расчет оценок математического ожидания  $m_X^*$  и дисперсии  $\mu_X^*$ , проведенный по формулам (10) и (11), приводит к существенному сокращению их доверительного интервала, эквивалентному увеличению объема выборки или, что то же самое, извлечению из выборки дополнительной информации. Покажем это на примере.

Пусть выборка объемом  $n = 12$  взята из генеральной совокупности, предположительно распределенной по нормальному закону

$X_i$	17,6	18,0	18,4	18,7	19,9	20,3	21,5	21,8	22,0	22,5	23,0	24,4
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Параметры выборки, рассчитанные по классическим формулам, запишутся в виде

$$\bar{X} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} X_i = 20,68;$$

$$S^2 = \frac{1}{12-1} \sum_{i=1}^{12} (X_i - 20,68)^2 = 4,795;$$

$$S = 2,19.$$

Интервальная оценка математического ожидания при табличном значении критерия Стьюдента  $t_T (q = 5\%; \nu = 12 - 1) = 2,2010$  равна

$$\begin{aligned}
 20,68 - 2,2010 \frac{2,19}{\sqrt{12}} &\leq M[X] \leq \\
 &\leq 20,68 + 2,2010 \frac{2,19}{\sqrt{12}}; \\
 19,29 &\leq M[X] \leq 22,07.
 \end{aligned}$$

Интервальная оценка дисперсии при  $\chi^2(q/2 = 0,025; \nu = 12 - 1) = 21,92$ ;  $\chi^2(1 - q/2 = 0,975; \nu = 12 - 1) = 3,816$  равна

$$\begin{aligned}
 \frac{12 \cdot 4,795}{21,92} < \sigma^2 < \frac{12 \cdot 4,795}{3,816}; \\
 2,625 < \sigma^2 < 15,079.
 \end{aligned}$$

То же для СКО:  $1,620 < \sigma < 3,883$ .

Границы существования интервала  $(a, b)$  находятся по формулам (12):

$$a = \bar{X} - 2,4 \cdot S = 20,68 - 2,4 \cdot 2,19 = 15,42;$$

$$b = \bar{X} + 2,4 \cdot S = 25,94.$$

Расчет вспомогательного коэффициента  $\rho'$  проводится по соответствующей формуле табл. 1 для нормального закона распределения и дельтаобразной формы ядра:

$$\hat{\rho}' = \frac{0,3435 \cdot 12}{12 - 0,7066} = 0,365 \pm 0,003.$$

Половина интервала определения ядра находится по формуле

$$\rho = \rho' (b - a) = 0,365(25,94 - 15,42) = 3,840$$

или

$$\rho = 4,8\rho' \cdot S = 4,8 \cdot 0,365 \cdot 2,19 = 3,837.$$

Примем число интервалов дискретности  $k = 30$ , тогда середины интервалов дискретности, рассчитанные по формуле (14), можно представить в виде

$$\begin{aligned}
 \bar{X}_j &= \bar{X} - 2,4S \left(1 + \frac{1}{k}\right) + j \frac{4,8S}{k} = \\
 &= 15,25 + j0,35,
 \end{aligned}$$

а условие распределения для каждой точки  $X_i$  – в виде рис. 2.

Дальнейший расчет связан с вычислением экспонент

$$\begin{aligned}
 \exp \left\{ -4,5 \left[ \frac{X_j - X_i}{\rho} \right]^2 \right\} &= \\
 = \exp \left\{ -0,3058 (X_j - X_i)^2 \right\}
 \end{aligned}$$

при полном переборе всех  $X_j$  и  $X_i$ . Результат см. в табл. 2. Предпоследний столбец представляет собой сумму экспонент

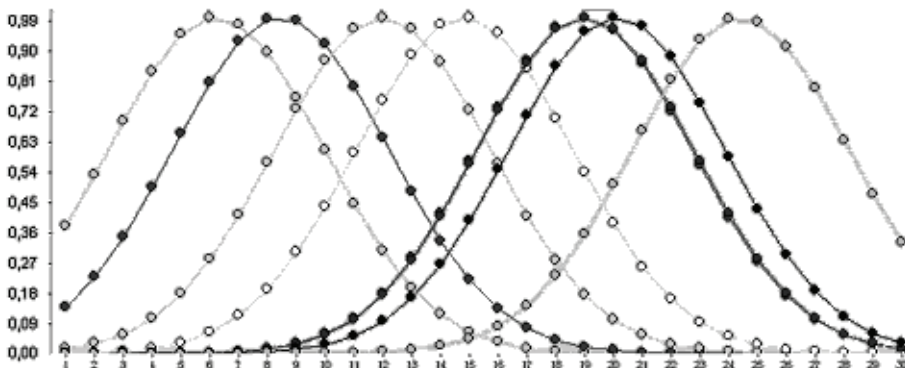


Рис. 2. Кривые плотности вероятности для каждого измерения  $X_i$

Расчет экспонент при переборе всех комбинаций  $X_j$  и  $X_i$   
и расчет частот  $n_j$  гистограммы виртуальной выборки

$j$	$X_j$	Исходная выборка $X_i$ с номерами $i$												$\sum_{i=1}^{12} (\cdot)_j$	$n_j$	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
		17,6	18,0	18,4	18,7	19,9	20,3	21,5	21,8	22,0	22,5	23,0	24,4			
1	15,60	0,294	0,172	0,091	0,053	0,004								0,614		
2	15,95	0,435	0,277	0,159	0,099	0,008								0,978	3,059	
3	16,30	0,596	0,413	0,260	0,172	0,019	0,007							1,467		
4	16,65	0,759	0,573	0,392	0,277	0,040	0,017	0,001						2,059		
5	17,00	0,896	0,737	0,549	0,413	0,076	0,036	0,002						2,709	8,127	
6	17,35	0,981	0,879	0,714	0,573	0,137	0,070	0,005						3,359		
7	17,70	0,997	0,973	0,861	0,737	0,228	0,127	0,012	0,006					3,941		
8	18,05	0,940	0,999	0,963	0,879	0,351	0,213	0,026	0,014	0,008				4,393	13,021	
9	18,40	0,822	0,952	1,000	0,973	0,502	0,331	0,053	0,029	0,019	0,006			4,687		
10	18,75	0,667	0,842	0,963	0,999	0,667	0,480	0,099	0,058	0,040	0,013	0,004		4,832		
11	19,10	0,503	0,691	0,861	0,952	0,822	0,644	0,172	0,108	0,076	0,029	0,010		4,868	14,554	
12	19,45	0,351	0,526	0,714	0,842	0,940	0,802	0,277	0,185	0,137	0,058	0,021	0,001	4,854		
13	19,80	0,228	0,371	0,549	0,691	0,997	0,926	0,413	0,294	0,228	0,108	0,044	0,002	4,851		
14	20,15	0,137	0,243	0,392	0,526	0,981	0,993	0,573	0,435	0,351	0,185	0,083	0,004	4,903	14,781	
15	20,50	0,076	0,148	0,260	0,371	0,896	0,988	0,737	0,596	0,503	0,294	0,148	0,010	5,027		
16	20,85	0,040	0,083	0,160	0,243	0,759	0,912	0,879	0,759	0,667	0,435	0,243	0,021	5,201		
17	21,20	0,019	0,044	0,091	0,148	0,596	0,781	0,973	0,896	0,822	0,596	0,371	0,044	5,381	16,085	
18	21,55	0,008	0,021	0,048	0,083	0,435	0,620	0,999	0,981	0,940	0,759	0,526	0,083	5,503		
19	21,90		0,010	0,024	0,044	0,294	0,457	0,952	0,997	0,997	0,896	0,691	0,148	5,510		
20	22,25		0,004	0,011	0,021	0,185	0,313	0,842	0,940	0,981	0,981	0,842	0,243	5,363	15,922	
21	22,60			0,004	0,010	0,108	0,198	0,691	0,822	0,896	0,997	0,952	0,371	5,049		
22	22,95				0,004	0,058	0,117	0,526	0,667	0,759	0,940	0,999	0,526	4,596		
23	23,30					0,029	0,064	0,371	0,503	0,596	0,822	0,973	0,691	4,049	12,107	
24	23,65					0,013	0,032	0,243	0,351	0,435	0,667	0,879	0,842	3,462		
25	24,00					0,006	0,015	0,148	0,228	0,294	0,503	0,737	0,952	2,883		
26	24,35						0,007	0,083	0,137	0,185	0,351	0,573	0,999	2,335	7,060	
27	24,70							0,044	0,076	0,108	0,228	0,413	0,973	1,842		
28	25,05							0,021	0,040	0,058	0,137	0,277	0,879	1,412		
29	25,40							0,010	0,019	0,029	0,076	0,172	0,737	1,043	3,193	
30	25,75							0,004	0,008	0,014	0,040	0,099	0,573	0,738		
														$\sum_{j=1}^{30} (\cdot)$	107,909	107,909



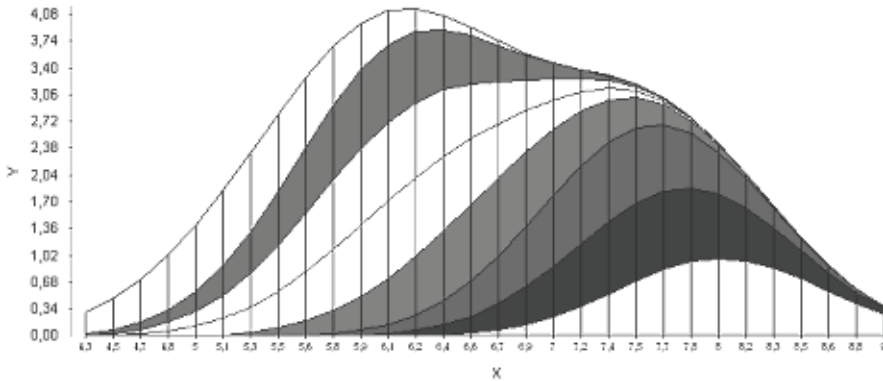


Рис. 3. График распределения с центрами в экспериментальных точках для выборки X

для каждого  $j$ -го интервала дискретности (рис. 3):

$$\sum_{i=1}^{12} (\cdot)_j = \sum_{i=1}^{12} \exp\{-0,3058(X_j - X_i)^2\},$$

общая сумма которых  $\sum_{j=1}^{30} \sum_{i=1}^{12} (\cdot)_j$  есть число  $N$  элементов виртуальной выборки. Другими словами, проведенные преобразования приводят к эквивалентному увеличению выборки в  $N/n = 107,91/12 \approx 9$  раз.

Последний столбец табл. 2 представляет собой суммы чисел предыдущего столбца по тройкам. Всего таких чисел оказалось 10, что соответствует гистограмме точечных распределений в виртуальной области (рис. 4). Для этой гистограммы можно по формулам (10) и (11) определить оценки математического ожидания и дисперсии:

$$m_x^* = \frac{2228,20}{107,91} = 20,65;$$

$$\mu_2^* = \frac{46605,56}{107,91} - 20,65^2 = 5,4744,$$

для чего достаточно каждый элемент предпоследнего столбца табл. 2 умножить соответственно на  $X_j$  и  $X_j^2$ , а полученные числа просуммировать по всем  $j$ , что дает числи-

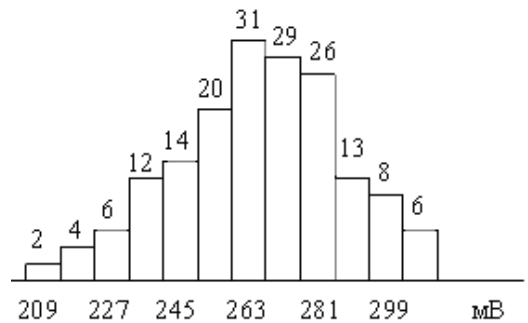


Рис. 4. Гистограмма распределения опытных значений  $U(0)$

тели искомых величин. Знаменатели равны  $N = 107,91$  объему виртуальной выборки.

Проверка полученной виртуальной гистограммы на соответствие нормальному закону распределения по критерию К. Пирсона  $\chi_j^2$  [3] показала, что с вероятностью около 70 % данная гистограмма может быть аппроксимирована нормальным законом

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\mu_2^*}} \exp\left\{-\frac{(X - m_x^*)^2}{2\mu_2^*}\right\} = 0,1705 \exp\{-0,0913(X - 20,65)^2\}.$$

Интервальную оценку параметров этого виртуального распределения можно определить по тем же формулам (15) и (16), сделав поправку на новый объем

выборки  $N = 107,91$ . Отсюда можно подсчитать выигрыш виртуальной выборки в длине интервала (т. е. в разбросе неопределенности, обусловленной объемом выборки) по сравнению с исходной выборкой малого объема: для среднего арифметического – 3,07 раза; для выборочной дисперсии – 3,12 раза.

### Построение уравнений связи парных выборок малого объема

Метод построения корреляционных и регрессионных уравнений по парным выборкам малого объема основан на классическом методе Чебышева [3] и дополнен методом точечных распределений [4]. Рассмотрение алгоритма расчета предлагается начать с числового примера (табл. 3). Каждое измерение выборки считается центром виртуального распределения с нормальным законом.

Для создания корреляционной таблицы необходимо первоначально определить границы существования выборок каждого параметра  $(a_x, b_x)$  и  $(a_y, b_y)$ , а также интервалов перекрытия каждого ядра  $\pm \rho_x$  и  $\pm \rho_y$  с одновременным выбором вида ядра, коэффициента  $\rho'$  и количества интервалов дискретности каждого отрезка  $(a, b)$ , как это предусмотрено алгоритмом для единичной выборки, описанным выше. При этом используются результаты предварительных расчетов по общеизвестным формулам Гаусса для среднего арифметического и Бесселя для среднеквадратических отклонений, числовые значения которых представлены в табл. 3.

Результаты расчетов по алгоритму следующие:

$$\rho' = 0,3768;$$

$$a_x = 4,42; \quad b_x = 8,88; \quad \rho_x = 1,68;$$

$$a_y = 32,95; \quad b_y = 57,70; \quad \rho_y = 9,325.$$

Каждый отрезок  $(a, b)$  следует разбить на 30 интервалов дискретности, затем найти центры для каждого интервала. Далее нужно определить условие «накрывания» каждой  $i$ -й дельтаобразной функции интервалом задания  $\pm \rho$  каждого центра  $j$ -го интервала дискретности.

Объединив частоты соседних интервалов дискретности по три, получим 10 групп интервалов дискретности. Теперь формируем таблицу, в столбцах которой расположены центры 10 групп интервалов, а в строках – экспериментальные значения соответствующей выборки. В ячейку, находящуюся на пересечении центра группы и значения рассматриваемой выборки, заносим число, соответствующее условию «накрывания» интервалов задания для данной выборки. Таким образом формируются таблицы для выборок  $X$  и  $Y$  (табл. 4 и 5).

Сформировав таблицу, для каждой выборки составим таблицу двумерного распределения (основа – метод Чебышева) и заполним ее клетки по следующей формуле:

$$d_{jl} = \sum_{i=1}^n n_{ji} \cdot n_{li}, \quad (17)$$

где  $n_{jp}$ ,  $n_{li}$  – ячейки табл. 4 и 5 соответственно;  $n$  – объем первоначальной парной выборки (в нашем случае 8).

Таблица 3

Упорядоченная парная выборка объемом  $n = 8$ 

Номер измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{z}$	СКО
$X_i$	5,32	5,97	6,06	6,20	6,70	7,33	7,61	8,01	6,65	0,9272
$Y_i$	38,5	41,0	41,2	42,3	47,1	50,3	51,0	51,2	45,325	5,1558

Суммарные условия (виртуальные) частоты  
для выборки случайной величины  $X$

$j$	$X_j$	Исходная выборка $X_i$								$n_j = \sum_{i=1}^8 n_{ij}$	$X_j \cdot n_j$	$X_j^2 \cdot n_j$
		5,32	5,97	6,06	6,20	6,70	7,33	7,61	8,01			
1	4,65	1,496	0,202	0,139	0,074	0,005				1,889	8,7839	40,8449
2	5,09	2,708	0,904	0,701	0,450	0,056	0,001			4,820	27,5338	124,8770
3	5,54	2,727	2,203	1,932	1,499	0,372	0,021	0,004		8,756	48,5193	268,7970
4	5,98	1,500	2,930	2,904	2,727	1,335	0,183	0,051	0,005	11,653	69,5773	416,0723
5	6,43	0,450	2,129	2,385	2,708	2,617	0,845	0,346	0,064	11,544	74,2279	477,2855
6	6,87	0,074	0,845	1,070	1,469	2,801	2,129	1,278	0,406	10,072	69,1946	475,3672
7	7,32	0,006	0,183	0,262	0,435	1,637	2,930	2,572	1,410	9,435	69,0642	505,5499
8	7,76		0,021	0,035	0,070	0,522	2,203	2,828	2,670	8,349	64,7882	502,7567
9	8,21		0,001	0,003	0,006	0,091	0,904	1,699	2,761	5,465	44,8677	368,3634
10	8,65					0,009	0,202	0,557	1,560	2,328	20,1372	174,1868
$\sum_{j=1}^{10} (\cdot)$		8,934	9,418	9,431	9,438	9,445	9,418	9,335	8,876	74,295	493,6941	3354,1007

Виртуальные параметры выборки  $X$ :  $m_X^* = 6,645$  и  $\mu_{2X}^* = 0,990$ .

Суммарные условия (виртуальные) частоты  
для выборки случайной величины  $Y$

$l$	$Y_l$	Исходная выборка $Y_i$								$n_l = \sum_{i=1}^8 n_{li}$	$Y_l \cdot n_l$	$Y_l^2 \cdot n_l$
		38,5	41,0	41,2	42,3	47,1	50,3	51,0	51,2			
1	34,19	1,171	0,296	0,258	0,113	0,001				1,839	62,8754	2149,7103
2	36,66	2,481	1,158	1,061	0,610	0,013				5,232	195,1412	7153,8757
3	39,14	2,873	2,470	2,376	1,789	0,128	0,006	0,003	0,002	9,647	377,5836	14778,6213
4	41,61	1,817	2,877	2,906	2,863	0,664	0,070	0,038	0,031	11,266	468,7783	19505,8634
5	44,09	0,627	1,931	1,942	2,503	1,873	0,436	0,276	0,241	9,729	428,9516	18912,4765
6	46,56	0,118	0,636	0,708	1,195	2,889	1,470	1,108	1,013	9,137	425,4187	19807,4956
7	49,04	0,012	0,120	0,141	0,311	2,435	2,709	2,423	2,327	10,478	513,8411	25198,7685
8	51,51	0,001	0,012	0,015	0,044	1,121	2,726	2,893	2,917	9,729	501,1408	25813,7621
9	53,99		0,001	0,001	0,003	0,281	1,498	1,887	1,998	5,669	306,0693	16524,6821
10	56,46					0,038	0,449	0,627	0,747	1,906	107,6128	6075,8164
$\sum_{l=1}^{10} (\cdot)$		9,100	9,401	9,408	9,431	9,443	9,364	9,300	9,276	74,723	3387,4128	155921,0719

Виртуальные параметры выборки  $Y$ :  $m_Y^* = 45,33$  и  $\mu_{2Y}^* = 31,573$ .

Двумерное распределение будет иметь вид, представленный в табл. 6.

Средние арифметические выходной величины  $\bar{Y}_j$  с учетом разделения по интервалам дискретности выходной велич-

ны  $X_j$  (строчные средние) подсчитываются по формуле

$$\bar{Y}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{l=1}^k Y_l \cdot n_{jl},$$

Таблица 6

Таблица двумерного виртуального распределения

$X_j$	$Y_l$										$n_j$	$\bar{Y}_j$
	34,19	36,66	39,14	41,61	44,09	46,56	49,04	51,51	53,99	56,46		
4,65	1,824	4,071	5,181	3,867	1,753	0,501	0,096	0,014	0,002	0,000	17,309	39,3695
5,09	3,671	8,785	12,490	10,880	5,947	2,093	0,521	0,111	0,021	0,003	44,521	40,0108
5,54	4,514	12,290	20,600	21,450	13,950	5,992	2,010	0,612	0,154	0,027	81,599	40,9034
5,98	3,684	11,880	23,500	28,300	21,370	11,540	5,510	2,359	0,771	0,172	109,085	41,9979
6,43	2,082	7,800	17,400	23,300	20,970	15,580	11,090	6,606	2,795	0,760	108,513	43,6907
6,87	0,781	3,231	7,843	11,940	13,970	16,110	17,340	13,920	7,207	2,226	94,568	46,4970
7,32	0,180	0,794	2,106	3,973	7,327	14,140	21,630	21,400	12,520	4,160	88,230	49,1703
7,76	0,024	0,113	0,356	1,053	3,644	10,710	20,330	22,560	14,120	4,903	77,813	50,3803
8,20	0,002	0,010	0,048	0,302	1,720	6,280	13,210	15,540	10,100	3,613	50,825	50,7760
8,65	0,000	0,001	0,008	0,090	0,635	2,520	5,548	6,722	4,473	1,630	21,627	50,9213
$n_l$	16,762	48,975	89,532	105,285	91,286	85,466	97,285	89,844	52,162	17,494	694,09	

а средние средних арифметических – по формуле

$$\bar{\bar{Y}}_j = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^k \bar{Y}_j \cdot n_j = 45,33,$$

где

$$N = \sum_{j=1}^k n_j.$$

Дисперсия случайной величины  $\bar{Y}_j$  может быть подсчитана по формуле

$$D[\bar{Y}_j] = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^k (\bar{Y}_j - \bar{\bar{Y}})^2 \cdot n_j = 15,235.$$

Тогда квадрат корреляционного отношения для приведенного примера будет равен

$$\eta^2 = \frac{D[\bar{Y}_j]}{\mu_{2Y}^*} = \frac{15,235}{31,573} = 0,4825.$$

П.Л. Чебышев [3] предложил достаточно простой и удобный способ определения уравнений регрессии по найденным моментам различного порядка, по корреляционному отношению и коэффициенту корреляции. Способ предполагает предварительно найти корреляционное уравнение приближенного условного основного момента  $\rho_{j/l}^{(h_x)}$  в виде полинома степени  $h_x$ :

$$\rho_{j/l}^{(h_x)} = r_{1/1} \cdot \xi_j + \frac{b_1}{a_1} (\xi_j^2 - r_{3/0} \cdot \xi_j - 1) +$$

$$+ \frac{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ a_2 & a_3 \end{vmatrix}} \left\{ \xi_j^3 - r_{4/0} - r_{3/0} - \right.$$

$$\left. - \frac{a_2}{a_1} (\xi_j^2 - r_{3/0} - 1) \right\} + \dots \quad (18)$$

В этом уравнении

$$a_1 = r_{4/1} - r_{3/0}^2 - 1; \quad b_1 = r_{2/1} - r_{3/0} \cdot r_{1/1};$$

$$a_2 = r_{5/0} - r_{4/0} \cdot r_{3/0} - r_{3/0}^2;$$

$$b_2 = r_{3/1} - r_{4/0} \cdot r_{1/1}; \quad r_{h_x/h_y} = \frac{\mu_{h_x/h_y}}{S_X^{h_x} \cdot S_Y^{h_y}};$$

$$a_3 = r_{6/0} - r_{4/0}^2 - r_{3/0}^2; \quad \xi_j = \frac{X_j - \bar{X}}{S_X};$$

$$\mu_{h_x/h_y} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^k (X_j - \bar{X})^{h_x} \cdot (Y_l - \bar{Y})^{h_y} \cdot n_{jl}.$$

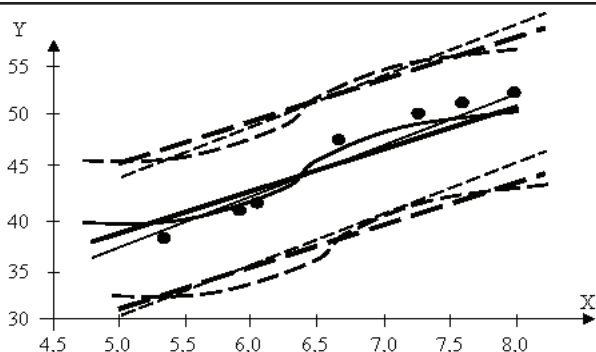


Рис. 5. Найденное уравнение регрессии, коридор его существования и экспериментальные данные

Переход к уравнению регрессии выполняется по формуле

$$\tilde{Y} = \bar{Y} + \rho_{j/1}^{(h_x)} \cdot S_Y, \quad (19)$$

где  $\tilde{Y}$  – вероятное значение величин  $Y$ .

Выражение (18) является **корреляционным уравнением** в силу того, что аргументы функции выражены в относительных единицах  $\xi$  (в центрированном и нормированном виде). Выражение (19) является **уравнением регрессии** той же пары, но в абсолютных единицах измерения с учетом среднеквадратических отклонений функции. Именно по этой причине **регрессия есть линия – геометрическое место точек проекций центров условных распределений** (рис. 5).

Выражение (19) дает возможность подобрать полином любого (в разумных пределах) порядка, так как он построен следующим образом: для полинома первой степени достаточно принимать в расчет только первый член выражения (19), остальными можно пренебречь; для полинома второго порядка – два члена и т. д.

В результате проделанных расчетов имеем

$$\tilde{Y} = -0,1344\xi^3 + 0,0076\xi^2 + 0,9693\xi + 0,0036$$

с коридором существования

$$\Delta\tilde{Y} = \pm 1,96 \cdot 5,619 \sqrt{1 - 0,6753^2} - 0 - 0,0243 = \pm 7,94.$$

Графическая интерпретация найденного уравнения регрессии, коридор его существования и экспериментальные данные представлены на рис. 5. Для наглядности здесь же дана линеаризованная версия того же уравнения.

### Цитированная литература

1. Столяренко Ю.А., Долгов А.Ю. Исследование границ выборок малого и среднего объема // Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, технике и образовании». Т. I. Аланья–Севастополь. Май–сентябрь 2004 г. – М.: МГАПИ, 2004. – С. 119–121.
2. Гаскаров Д.В., Шаповалов В.И. Малая выборка. – М.: Статистика, 1978. – 248 с.
3. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
4. Столяренко Ю.А. Корреляция по выборкам малого объема // Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, технике и образовании». Т. I. Аланья–Севастополь. Май–сентябрь 2004 г. – М.: МГАПИ, 2004. – С. 110.

УДК 621.35 + 621.9.047

*А.И. Дикусар*, д-р хим. наук, проф.*И.В. Яковец*, канд. техн. наук, доц.*С.А. Силкин*, мл. науч. сотр.

## МИКРО- И МАКРОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ОСАЖДЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ Co-W ПОКРЫТИЙ ИЗ ЦИТРАТНЫХ РАСТВОРОВ: РОЛЬ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

*На примере электроосаждения кобальт-вольфрамовых покрытий из цитратного электролита, содержащего сульфат кобальта (0,2 моль/л) и вольфрамат натрия (0,2 моль/л) при pH 6,8 и 60 °С, исследовано влияние гидродинамических условий на микро- и макрораспределение скоростей осаждения, а также состав покрытий и их микротвердость при использовании ячейки Хулла с вращающимся цилиндрическим электродом. Показано отсутствие влияния гидродинамики на шероховатость поверхности. Установлено уменьшение рассеивающей способности электролита при увеличении скорости вращения электрода. Определены условия максимальной однородности состава покрытий и влияния гидродинамики на их микротвердость.*

### Введение

Электролитические покрытия, обладающие такими функциональными свойствами, как высокая коррозионная стойкость в агрессивных средах и при повышенных температурах – твердость, износостойкость и др., нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. В наибольшей степени указанному комплексу требований удовлетворяют покрытия из электролитического хрома. Однако технологические условия их получения из растворов, содержащих шестивалентный хром, относятся к категории экологически вредных, следствием чего является, в частности, ряд директив Европейской комиссии об ограничении применения этой технологии в промышленности [1, 2].

Как показано в [3], электролитические покрытия из Co-W сплавов, получаемые из цитратных растворов, близких к нейтральным, можно считать наиболее вероятными кандидатами, позволяющими заменить хромовые покрытия. Однако для этого необходимо провести детальное исследование различных функциональных свойств

таких покрытий и изучить оптимальные условия их получения. Уникальные коррозионные и механические свойства указанных покрытий объясняются тем, что они относятся к нанокристаллическим (характерный размер кристаллических блоков находится в диапазоне нескольких нанометров) [4–6]. Неоднократно отмечалось, что функциональные свойства электролитических покрытий из Co-W сплавов в сильной степени зависят от состава сплава и от содержания вольфрама в нем [3–9].

Известно, что электроосаждение кобальт-вольфрамовых покрытий, получаемых из цитратных растворов, происходит в результате так называемого индуцированного соосаждения. Общие свойства этих процессов наблюдаются для различных металлов группы железа с молибденом, вольфрамом и рением [10–13]. Характерной их особенностью является то, что состав таких покрытий, а следовательно, и их свойства зависят от гидродинамических условий осаждения. Применительно к кобальт-вольфрамовым покрытиям, получаемым из цитратных растворов, это



было продемонстрировано, в частности, в [9]. Однако полученные в [9] результаты лишь качественно свидетельствуют о роли гидродинамических условий, поскольку использованные в этой работе гидродинамические условия не были, строго говоря, контролируемы.

Возможность широкого практического использования электролитических кобальт-вольфрамовых покрытий в качестве альтернативы хромовым диктует необходимость исследования не только их состава и функциональных свойств, но и таких технологических показателей, как качество поверхности (ее шероховатость) и рассеивающая способность (РС) электролита, т. е. оценки закономерностей микро- и макрораспределения скоростей осаждения. Исследование этих показателей в контролируемых гидродинамических условиях позволит существенно расширить объем информации о технологических возможностях подобных поверхностей, что и является целью настоящей работы.

### Методика исследования

*Состав электролита и его характеристика.* В работе использовали постоянный электролит следующего состава (моль/л):  $\text{Na}_2\text{WO}_4 - 0,2$ ;  $\text{CoSO}_4 - 0,2$ ;  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  (лимонная кислота) – 0,04;  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (цитрат натрия) – 0,25;  $\text{H}_3\text{BO}_3 - 0,65$  (pH 6,8). Температура осаждения – 60 °С. Использование именно этого электролита при указанной температуре обусловлено уникальными свойствами (коррозионными и механическими) поверхностей, получаемых из этого раствора [4–9, 14]. Чтобы провести контроль гидродинамических условий осаждения, требовался расчет критерия Рейнольдса, для чего помимо скоростей вращения и характерного линейного размера необходимы были данные о кинематической вязкости этого раство-

ра при использованной температуре. Она оказалась равной  $0,72 \times 10^{-2} \text{ см}^2/\text{с}$ .

*Электроды, ячейки и методы подготовки поверхности перед электроосаждением.* В качестве электрода применяли различные варианты вращающегося цилиндрического электрода (ВЦЭ).

В первом случае использовали классический способ ВЦЭ, т. е. без специальных приспособлений, приводящих к контролируемому распределению тока вдоль его поверхности (рис. 1, но без изолирующей втулки *И*). ВЦЭ был из стали Ст. 3, высота рабочей поверхности *h* составляла 15 мм при радиусе  $r = 5$  мм. Общая видимая поверхность ВЦЭ – 4,7 см<sup>2</sup>, остальная ее часть была изолирована. Скорость вращения ВЦЭ изменяли от 0,3 до 165 об/мин, что соответствовало изменению чисел Рейнольдса от 1,1 до 600 ( $\text{Re} = \omega r^2/\nu$ , где  $\omega$  – частота вращения цилиндра;  $\nu$  – кинематическая вязкость раствора).

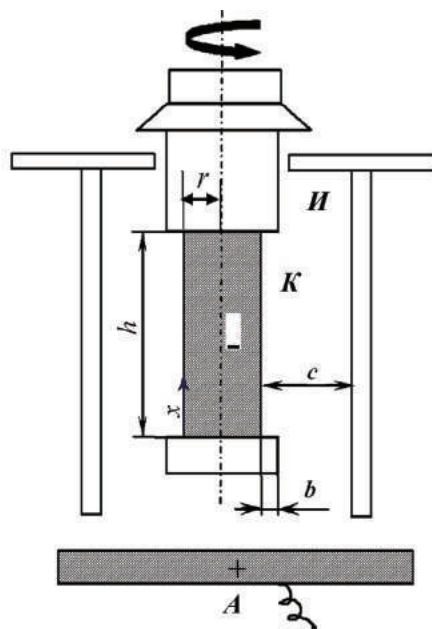


Рис. 1. Схема ячейки Хулла с вращающимся цилиндрическим электродом

Во втором варианте использовали ячейку Хулла с ВЦЭ [15–17] (см. рис. 1). С помощью этой схемы получили распределение плотностей тока (скоростей электрохимических процессов) вдоль поверхности ВЦЭ. Первичное распределение тока (т. е. распределение, не осложненное дополнительными поверхностными процессами) применительно к использованной геометрии определялось следующим соотношением [15]:

$$\frac{i_{(x/h)}}{i_{cp}} = \frac{0,535 - 0,458(x/h)}{\left\{0,0233 + (x/h)^2\right\}^{1/2}} + 8,52 \cdot 10^{-5} \exp\{7,17(x/h)\}, \quad (1)$$

где  $x$  – текущее расстояние по поверхности ВЦЭ;  $h$  – высота ВЦЭ;  $i_{cp}$  – средняя плотность тока на ВЦЭ.

При использованной геометрии (на рис. 1:  $h = 30$  мм;  $r = 5$  мм;  $h/c = 3$ ;  $h/b = 10$ ;  $b/c = 0,3$ ;  $h/r = 6$ ). Расположение анода не играло роли в распределении тока по поверхности ВЦЭ. В этом варианте использовали латунные цилиндрические электроды.

Непосредственно перед электроосаждением (после механической полировки) поверхность покрывали слоем никеля (в обоих вариантах). Электролит никелирования включал раствор хлорида никеля (шестиводного) концентрацией 240 г/л и соляную кислоту концентрацией 80 г/л. Электроосаждение проводили в течение 1 мин при плотности тока 30 мА/см<sup>2</sup>.

Скорость вращения при использовании ячейки Хулла с ВЦЭ изменяли от 0 до 810 об/мин, что соответствовало изменению чисел Рейнольдса в интервале от 0 до 2950. Известно [18], что при  $Re \geq 200$  на электроде подобного типа достигается турбулентный режим течения, а плотность предельного диффузионного тока на таком электроде определяется соотношением

$$i_{пр} = 0,079nFC_0\omega(r/v)^{-0,3}(v/D)^{-0,644}, \quad (2)$$

где  $\omega$  – частота вращения ВЦЭ, с<sup>-1</sup>;  $r$  – его радиус, см;  $v$  – коэффициент кинематической вязкости, см<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>;  $D$  – коэффициент диффузии восстанавливающего иона, см<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

Электрохимические измерения с применением ВЦЭ проводили при потенциостатическом включении и использовании различных скоростей вращения (чисел Рейнольдса). Было показано, что изменение скорости вращения от 0,3 до 11 об/мин (т. е. до  $Re = 40$ ) не влияло на достигаемое значение плотности тока, а при  $Re \geq 200$  влияло. Фиксировали зависимости «плотность тока – потенциал» при различных числах  $Re$ , а также зависимости стационарной (установившейся) плотности тока от частоты вращения в степени 0,7 при различных потенциалах. Согласно соотношению (2) наличие именно такой зависимости должно наблюдаться при диффузионном контроле скорости реакции. Потенциал задавали относительно насыщенного хлорсеребряного электрода, который пересчитывали по отношению к нормальному водородному электроду. Потенциалы, приведенные в настоящей работе, представлены в водородной шкале электродных потенциалов. В качестве потенциостата использовали PARSTAT-2273 (Princeton Applied Research, USA).

Электрохимические измерения в ячейке Хулла с ВЦЭ проводили в гальваностатических условиях, задавая средние значения плотностей тока 0,5; 1,0 и 2,0 А/дм<sup>2</sup>. Первичное распределение для ВЦЭ с описанной выше геометрией плотности тока было таким, как это следует из результатов, приведенных в таблице. Как видим, при использовании подобной геометрии для точек поверхности, расположенных на ВЦЭ в интервале значений  $x/h = 0,1–0,91$ , плотность тока изменяется в 12 раз. При  $x/h = 0,37$  ее локальное значение было равно средней величине.

После электроосаждения при выбранной средней плотности тока и скорости вращения ВЦЭ вычисляли среднюю толщину покрытия в семи точках (см. таблицу). В этих же точках поверхности определяли (локально) состав покрытий (содержание W и Co) и фиксировали морфологию поверхности с использованием сканирующей электронной микроскопии. В окрестности точек с  $x/h = 0,24; 0,37$  и  $0,64$  определяли шероховатость поверхности после электроосаждения (профилограф-профилометр Surftronic, Taylor Hobson, GB) измерением Ra. Измерения осуществляли на базе в  $0,8$  мм в нескольких точках поверхности цилиндра при фиксированном значении  $x/h$ , соответствовавшем среднему значению расстояния (базы), на основе которого осуществлялось измерение Ra. Ниже приведены средние значения Ra вместе со стандартными отклонениями. Аналогичным образом определялась шероховатость поверхности до электроосаждения (поверхностей, полученных после никелирования).

Электроосаждение при средних плотностях тока проводили при фиксированном количестве электричества, равном  $60$  Кл/см<sup>2</sup>. Также в гальваностатических условиях определяли средние значения выхода по току при различных скоростях вращения (числах Re). Выход по току рас-

считывали исходя из теоретического электрохимического эквивалента сплава, равного  $0,311$  мг/Кл.

Использование подобных методов анализа процессов позволило в одном эксперименте зафиксировать влияние различных плотностей тока. При этом все значения параметров электроосаждения или свойств поверхности, представленные ниже, приведены относительно плотности тока первичного распределения.

На основе метода, предложенного в [16, 17], измерением распределения толщин осажденных слоев при различных значениях  $x/h$  определяли РС электролита при фиксированных скоростях вращения цилиндра и средней плотности тока.

*Методы анализа поверхности и определения ее механических свойств.* Локальный анализ поверхности осуществляли с использованием сканирующего электронного микроскопа «TESCAN VEGA». Элементный анализ состава поверхности проводили с помощью EDX-приставки к этому микроскопу. Анализ осуществляли в семи точках поверхности ВЦЭ (см. таблицу). Концентрацию компонентов определяли в нескольких точках. Ниже представлены ее средние значения вместе со стандартными отклонениями. Микротвердость поверхности (прибор ПМТ-3 Россия) измеряли в тех же точках поверхности, в которых определяли описанные выше значения шероховатости поверхности (Ra).

**Значения плотностей тока  
первичного распределения  
в использованной ячейке Хулла с ВЦЭ**

№ точки	$x/h$	Средняя плотность тока, А/дм <sup>2</sup>		
		0,5	1,0	2,0
1	0,1	1,5	3,0	6,0
2	0,24	1,0	2,0	4,0
3	0,37	0,5	1,0	2,0
4	0,51	0,375	0,75	1,5
5	0,64	0,25	0,5	1,0
6	0,77	0,165	0,33	0,66
7	0,91	0,125	0,25	0,5

## **Результаты и их обсуждение**

Из представленных на рис. 2 и 3 зависимостей плотности тока от потенциала и от  $\omega$   $0,7$  следует, что в системе имеют место концентрационные ограничения скорости осаждения, поскольку плотность тока увеличивается с ростом скорости вращения

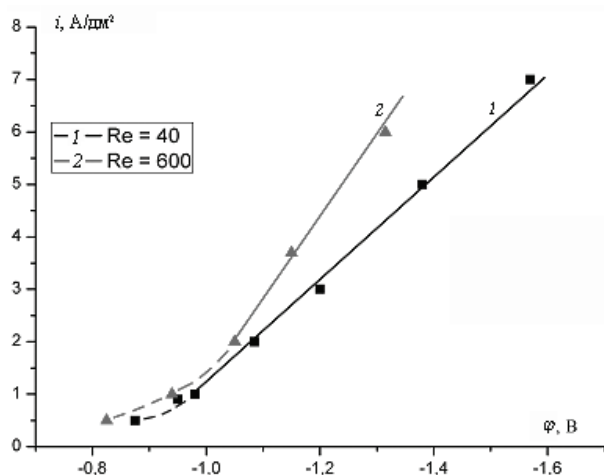


Рис. 2. Зависимость стационарной плотности тока электроосаждения от потенциала при различных числах Рейнольдса ВЦЭ

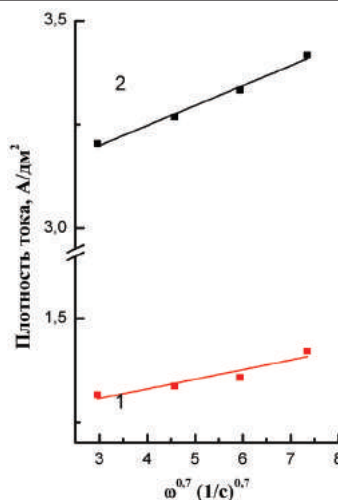


Рис. 3. Влияние частоты вращения ВЦЭ на плотность тока электроосаждения при потенциостатическом включении и потенциалах, В: 1 – 1,0; 2 – 1,2

цилиндрического электрода (числа Рейнольдса). При этом наблюдается линейная зависимость плотности тока от  $\omega^{0,7}$  (рис. 3, кривая 2). Однако зависимость плотности тока от потенциала является линейной не в тафельских координатах, а в обычных  $i - \varphi$  (плотность тока – потенциал). Это означает, что наблюдается смешанный диффузионно-кинетический контроль скорости осаждения, причем последний связан с замедленностью переноса через поверхностную пленку. Такой же характер кинетического контроля (замедленность переноса через поверхностную пленку) наблюдался в случае электроосаждения  $\text{Co}$  из электролита аналогичного состава [19].

В работе [19] показано, что в начальный момент электроосаждения на поверхности образуется поверхностная проводящая пленка, перенос заряда через которую определяет общую скорость осаждения. Пленка ведет себя как омический контакт, сопротивление которого зависит в том числе и от скорости перемешивания (скорости подвода комплексных

ионов, входящих в состав электролита, к поверхности пленки). Кинетические ограничения подобного рода наблюдаются и в случае получения кобальт-вольфрамовых покрытий.

### Влияние гидродинамических условий на скорость осаждения

Скорость перемешивания влияет не только на плотность тока, как это следует из рис. 2 и 3, но и на толщину осаждаемых покрытий. Причем при низких плотностях тока подобное влияние отсутствует, а при их повышении – возрастает (рис. 4).

Очевидно, что наблюдаемая зависимость также влияет на выход по току (ВТ). В отличие от результатов локальных изменений толщин покрытий, показанных на рис. 4, изменения выхода по току (рис. 5) включают изменения средних значений по всей поверхности. При этом характер влияния гидродинамики таков,

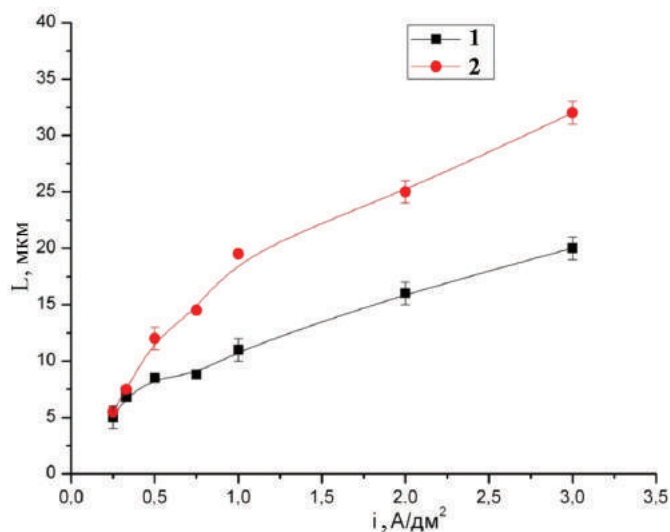


Рис. 4. Влияние плотности первичного распределения тока на толщину покрытия при скоростях вращения ВЦЭ: 1 – 0 об/мин; 2 – 410 об/мин при средней плотности тока в ячейке Хулла с ВЦЭ 1 А/дм<sup>2</sup>

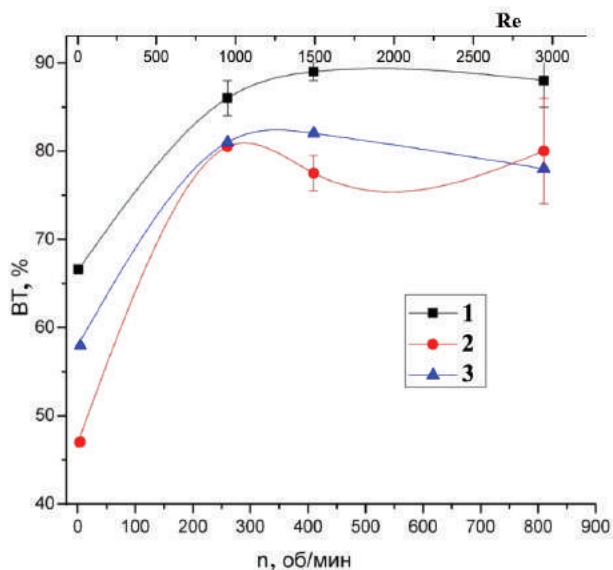


Рис. 5. Зависимость выхода по току от скорости вращения ВЦЭ (числа  $Re$ ) для различных средних плотностей тока, А/дм<sup>2</sup>: 1 – 1,0; 2 – 2,0; 3 – в ячейке Хулла с ВЦЭ

что влияние на выход по току наблюдается только в области относительно низких скоростей перемешивания, причём макси-

мальные значения выхода по току отмечаются при средних значениях его плотности (1 А/дм<sup>2</sup>).



### Гидродинамические условия и морфология покрытий

Как следует из результатов, представленных на рис. 2, диффузионный контроль (влияние скорости перемешивания)

определяет кинетику осаждения только при достаточно высоких плотностях тока (потенциалах) – 1–2 А/дм<sup>2</sup>. Это, в свою очередь, приводит к влиянию гидродинамических условий осаждения на морфологию покрытий (рис. 6 и 7). В общем слу-

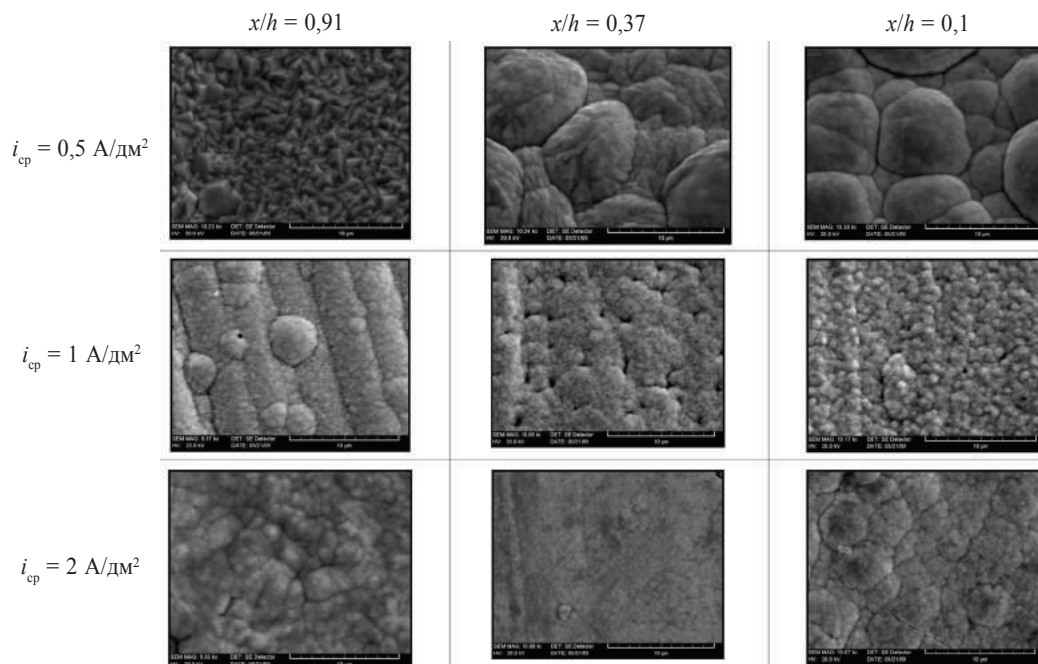


Рис. 6. Морфология поверхностей, полученных при различных плотностях тока и  $Re = 0$

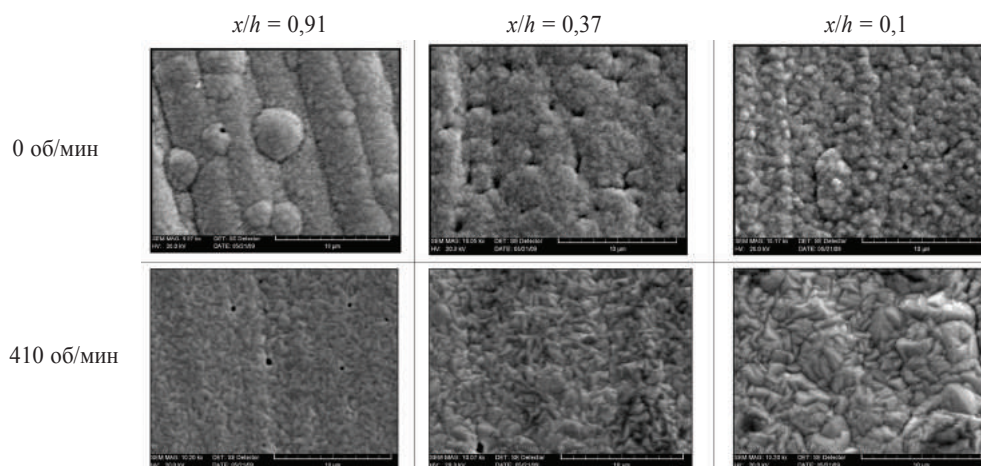


Рис. 7. Влияние скорости перемешивания на морфологию полученных поверхностей в ячейке Хулла с ВЦЭ при  $i_{cp} = 1 \text{ А/дм}^2$



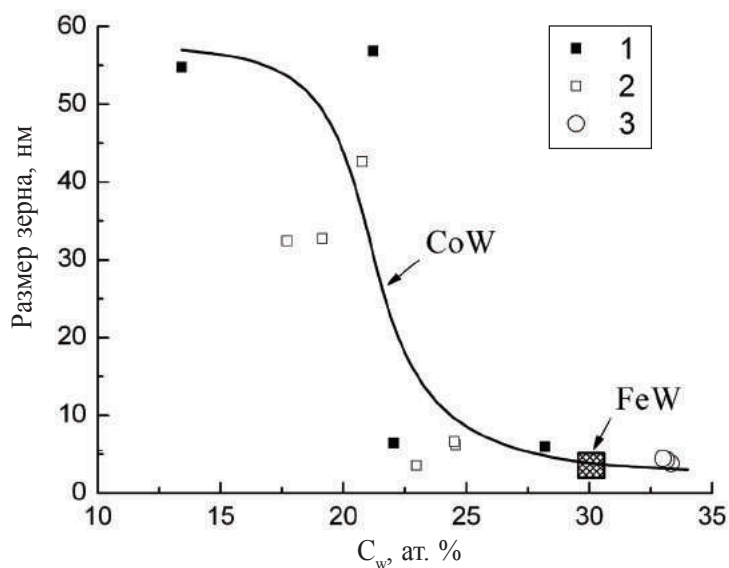
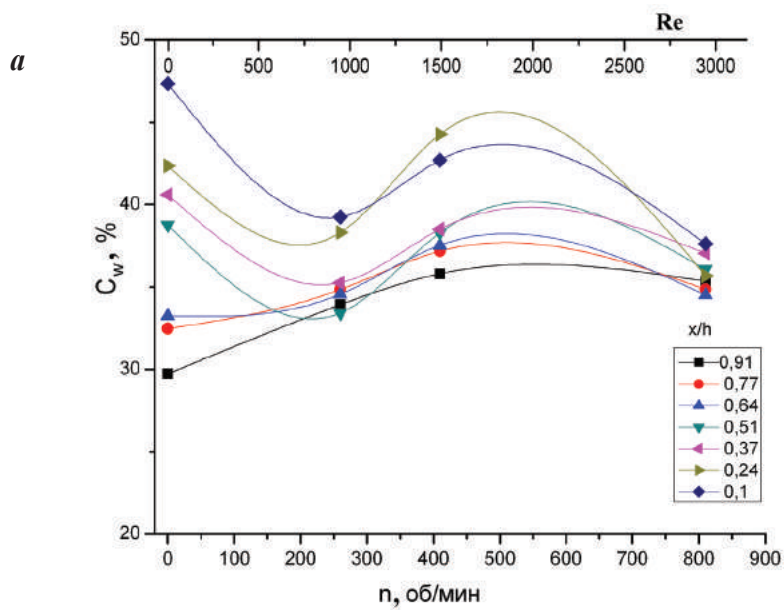
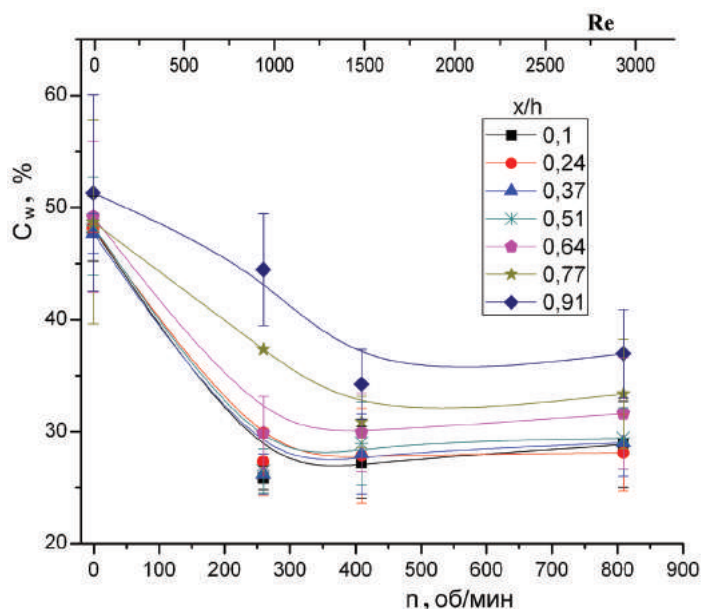


Рис. 8. Влияние содержания W в сплаве на размер зерна в электролитических покрытиях Co-W и Fe-W, полученных при постоянном токе pH 6,7 (1), при импульсном токе pH 6,7 (2) и при импульсно-постоянном токе pH 8 (3)



б



в

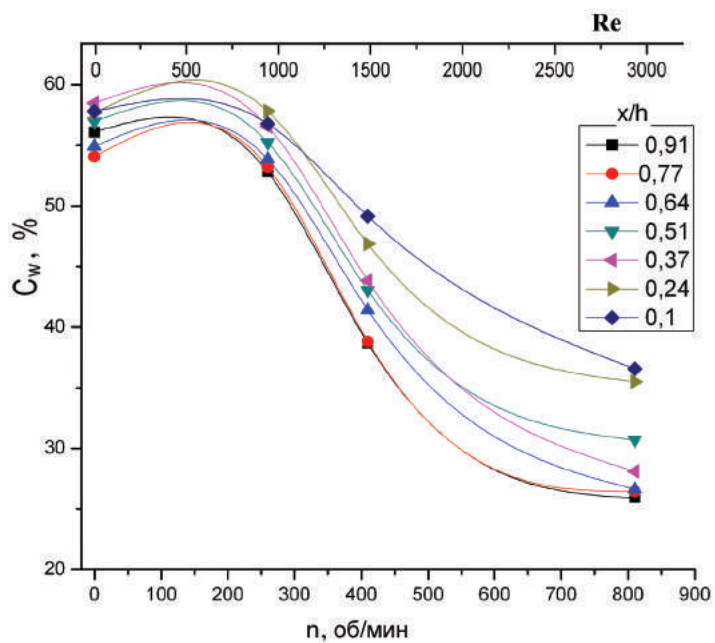


Рис. 9. Влияние гидродинамики на концентрацию W в сплаве (мас. %) в ячейке Хулла с ВЦЭ при средней плотности тока,  $A/\text{дм}^2$ : а – 0,5; б – 1,0; в – 2,0

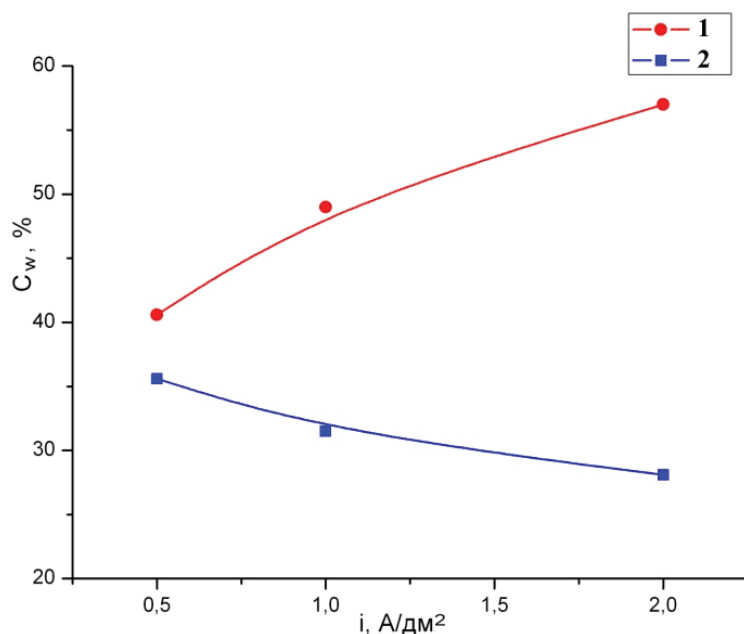


Рис. 10. Влияние средней плотности тока на концентрацию W в сплаве (мас. %) при Re: 1 – 0 и 2 – 2950

чае наличие перемешивания способствует образованию более мелкокристаллических поверхностей. В то же время, если увеличивать плотность тока (потенциал), то при средних его плотностях образуются поверхности с менее выраженной кристаллическостью (см. рис. 6 и 7).

*Гидродинамические условия осаждения и состав покрытий.* Как отмечалось выше, на размер зерна (характерный размер кристаллитов) сильное влияние оказывает содержание W в покрытии. На рис. 8 зависимость размера зерна от содержания W (ат. %), взятая из [6], показывает, в каких условиях получают нанокристаллические покрытия и как концентрация вольфрама в покрытии влияет на размер зерна.

Результаты локального EDX-анализа, представленные на рис. 9, демонстрируют комплексное влияние гидродинамики на содержание вольфрама в покрытии. При

средней и высокой плотностях тока оно максимально, если отсутствует перемешивание, а при более низких плотностях максимум может наблюдаться при средних числах Рейнольдса. В отсутствие перемешивания содержание вольфрама растет, если плотность тока увеличивается, а при высоких скоростях перемешивания – падает (рис. 10).

### Влияние гидродинамики на шероховатость поверхности

Результаты влияния гидродинамики на шероховатость поверхности представлены на рис. 11 в виде зависимости Ra от плотности тока первичного распределения. Там же приведены значения шероховатости исходной поверхности, поскольку очевидно, что шероховатость электроосажденных поверхностей может быть наследственной,

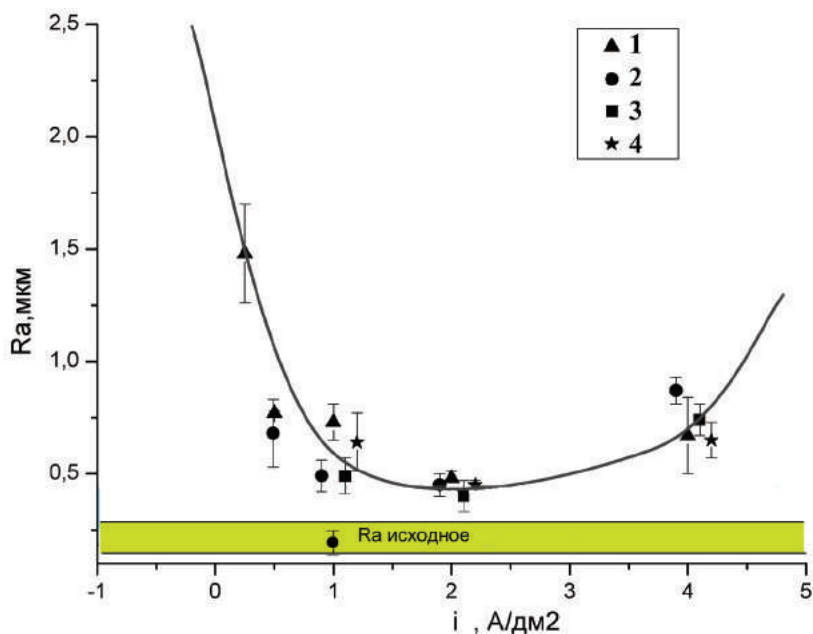


Рис. 11. Влияние плотности тока первичного распределения на шероховатость поверхностей Co-W покрытий при Re: 1 – 0; 2 – 950; 3 – 1490; 4 – 2950

т. е. определяться в том числе и исходной шероховатостью.

Полученные результаты показывают отсутствие влияния гидродинамики на  $Ra$ . В то же время очевидно влияние плотности тока. Причем минимум шероховатости наблюдается в области плотностей тока 1–2 А/дм<sup>2</sup>. Следует также отметить, что образование кобальт-вольфрамовой пленки в общем случае приводит к росту шероховатости поверхности.

### Рассеивающая способность электролита

Основным показателем макрораспределения скоростей электрохимического осаждения является рассеивающая способность электролита. Результаты ее определения (по методике, приведенной в [16, 17]) с использованием ячейки Хулла

с ВЦЭ представлены на рис. 12. Здесь же приведены как средние значения РС, полученные при различных средних плотностях тока, так и значения для самой высокой и самой низкой из использованных плотностей тока. Видно, что зависимость от плотности тока практически отсутствует, в то время как слабая зависимость от скорости вращения (чисел Рейнольдса) имеет место. Причем равномерность распределения скоростей осаждения (РС) уменьшается с ростом скорости перемешивания. Подобная зависимость следует, например, из результатов, приведенных на рис. 4. Видно, что при низких плотностях тока влияние гидродинамики практически отсутствует, а при высоких – присутствует. Следствием этого эффекта и является увеличение неравномерности распределения скоростей осаждения при увеличении интенсивности гидродинамических потоков.

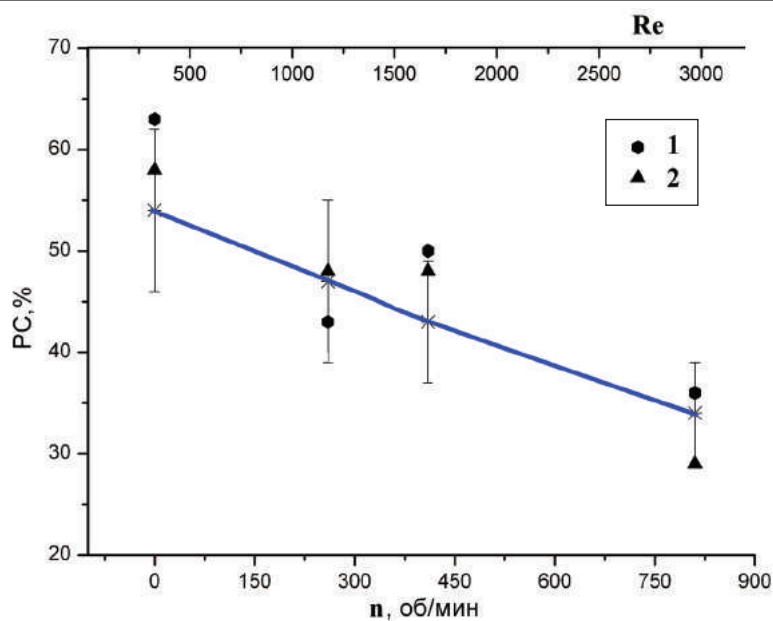


Рис. 12. Влияние гидродинамики на средние значения рассеивающей способности электролита для получения Co-W покрытий, а также значения РС при средних плотностях тока, А/дм<sup>2</sup>: 1 – 0,5 и 2 – 2,0

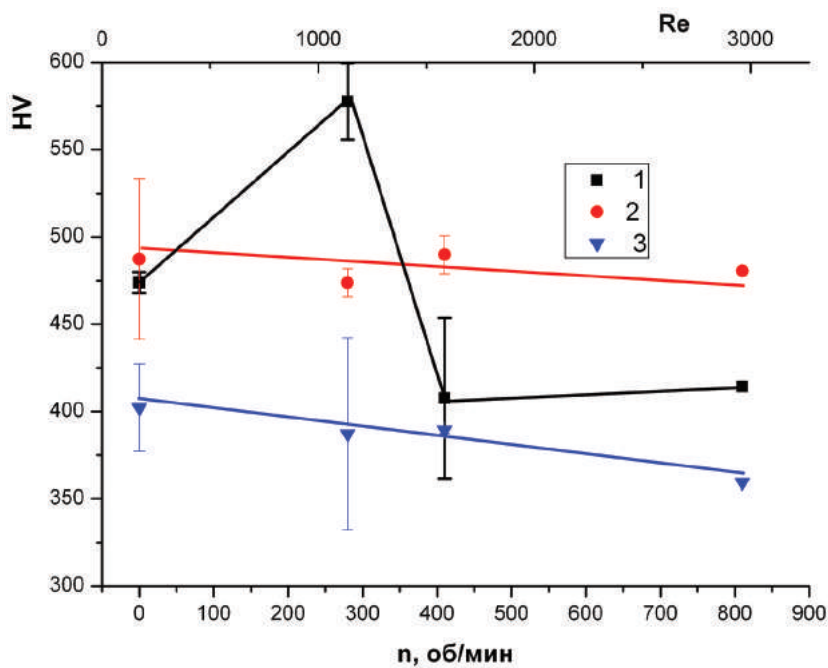


Рис. 13. Влияние гидродинамики на микротвердость (кг/мм<sup>2</sup>) Co-W покрытий для плотностей первичного распределения тока, А/дм<sup>2</sup>: 1 – 2,0; 2 – 1,0; 3 – 0,5

## Микротвердость покрытий

Комплексное влияние электрических и гидродинамических режимов осаждения на состав и структуру образующихся поверхностей в конечном итоге определяет их функциональные свойства. Одним из подобных показателей является микротвердость поверхности, влияние на которую плотности тока и гидродинамических режимов приведено на рис. 13.

Результаты, представленные на этом графике, получены при одной средней плотности тока – 1,0 А/дм<sup>2</sup>. Однако локальные измерения в соответствующих точках по высоте цилиндра позволяют кривую 1 отнести к плотности тока 2,0 А/дм<sup>2</sup>, а кривую 3 – к плотности тока 0,5 А/дм<sup>2</sup>. Как видим, в этом случае также имеет место влияние гидродинамики, причем самые низкие значения микротвердости наблюдаются при самых низких плотностях тока. Максимальная же микротвердость достигается при средних числах Рейнольдса и плотности тока 2,0 А/дм<sup>2</sup>. Сопоставление с результатами элементного анализа (см. рис. 9) показывает, что именно при этих условиях наблюдается максимальная концентрация вольфрама в покрытии.

## Заключение

Результаты проведенного исследования демонстрируют роль гидродинамических потоков в формировании электролитических кобальт-вольфрамовых покрытий, получаемых из цитратных электролитов. Косвенно эти результаты свидетельствуют о том, что многие функциональные свойства определяются, прежде всего, составом сплава, который, в свою очередь, зависит от гидродинамических условий. Однако увеличение скорости гидродинамических потоков, как правило, снижает концентрацию

цию вольфрама в покрытии, а следовательно, негативно сказывается на некоторых его свойствах. Одна из возможных причин этого влияния состоит, видимо, в том, что гидродинамика воздействует на скорость восстановления кобальта (см., например, [19]), а значит, уменьшает концентрацию вольфрама в покрытии.

Показано, что гидродинамические условия практически не влияют на шероховатость поверхности – факт очень важный для разработки научных основ технологии получения таких покрытий. Обнаружено воздействие гидродинамики на рассеивающую способность электролита. Следует отметить, что применительно к решению задач настоящей работы это оказалось возможным благодаря разработке ранее предложенного авторами [16, 17, 20] метода определения РС в контролируемых гидродинамических условиях.

Необходимо также подчеркнуть, что результаты проведенного исследования относятся к строго определенному составу электролита, изменение которого может сильно повлиять на оценку гидродинамических факторов.

## Цитированная литература

1. Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end of life vehicle // Official J. of the European Communities. – 2000. – Vol. L269. – P. 34–42.
2. Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment // Official J. of the European Union. – 2003. – Vol. L37. – P. 19–23.
3. **Weston D.P., Shipway P.H., Harris S.L., Cheng M.K.** Friction and Sliding Wear Behavior of Electrodeposited Cobalt and Cobalt-Tungsten Alloy Coatings for Replacement of Electrodepo-



- sited Chromium // *Wear*. – 2009. – Vol. 267. – P. 934–943.
4. **Tsyntaru N., Belevsky S., Dikusar A., Celis J.-P.** Tribological Behaviour of Electrodeposited Cobalt–Tungsten Coatings: Dependence on Current Parameters // *Trans. Inst. Metal Finish.* – 2008. – Vol. 86. – P. 301–307.
5. **Tsyntaru N., Dikusar A., Cesiulis H. et al.** Tribological and Corrosion Properties of Electrochemical Coatings on the Base of Cobalt and Iron Superalloys // *Powder Metallurgy and Metals Ceramics*. – 2009. – № 7/8. – P. 66–78.
6. **Tsyntaru N., Cesiulis H., Bobanova J. et al.** Electrodeposition and Tribological Characterization of Nanostructured Co-W and Fe-W Alloys // *Proceedings of the Intern. Conference BALTRIB'2009*. – Kaunas. – 18–20 November. – 2009. – P. 205–209.
7. **Kublanovsky V., Bersirova O., Yarpontseva Yu. et al.** Pulse Electrodeposition of Cobalt-Tungsten Alloys from Citrate Electrolyte on Steel, its Corrosion Characteristics // *Physico-Chemical Mechanics of Materials*. – 2007. – № 6. – P. 80–90.
8. **Цынцару Н.И., Белевский С.С., Володина Г.Ф. и др.** Состав, структура и коррозионные свойства покрытий из сплавов Co-W, электроосажденных на постоянном токе // *Электронная обработка материалов*. – 2007. – № 5. – С. 9–15.
9. **Silkin S.A., Belevskii S.S., Tsyntaru N.I. et al.** Influence of Long-Term Operation of Electrolytes on the Composition? Morphology and Mechanical Properties of Surface Produced at Deposition of Co-W Coatings from Citrate Solutions // *Surf. Eng. Appl. Electrochem.* – 2009. – Vol. 45, № 1. – P. 1–12.
10. **Brenner A.** *Electrodeposition of Alloys*. – New York: Acad. Press Inc., 1963.
11. **Васько А.Т.** *Электрохимия молибдена и вольфрама*. – Киев, 1977.
12. **Podlaha E.J., Landolt D.** Induced Codeposition. Experimental Investigation of Ni-Mo Alloys // *J. Electrochem. Soc.* – 1996. – Vol. 143. – P. 885–892.
13. **Eliaz N., Gileadi E.** Induced Codeposition of Alloys of Tungsten, Molybdenum and Rhenium with Transition Metals // *Modern Aspects of Electrochemistry*. – New York: Springer, 2008. – № 42. – P. 191–301.
14. **Silkin S.A., Tin'kov O.V., Petrenko V.I. et al.** Electrodeposition of the Co-W Alloys: Role of the Temperature // *Surf. Eng. Appl. Electrochem.* – 2006. – № 4. – P. 7–13.
15. **Madore C., West A.C., Matlosz M., Landolt D.** Design Consideration for a Cylinder Hull Cell with Forced Convection // *Electrochem. Acta*. – 1992. – Vol. 37, № 1. – P. 69.
16. **Бобанова Ж.И., Ющенко С.П., Яковец И.В., Дикусар А.И.** Рассеивающая способность серноокислого электролита меди при интенсивных режимах электроосаждения // *Электрохимия*. – 2005. – Т. 41, № 1. – С. 91–96.
17. **Бобанова Ж.И., Ющенко С.П., Яковец И.В. и др.** Определение рассеивающей (локализирующей) способности электролитов при электрохимической обработке с использованием ячейки Хулла с вращающимся цилиндрическим электродом // *Электронная обработка материалов*. – 2000. – № 6. – С. 4–15.
18. **Eisenberg M., Tobias C.W., Wilke C.R.** Ionic Mass Transfer and Concentration Polarization at Rotating Electrodes // *J. Electrochem. Soc.* – 1954. – Vol. 101. – P. 306.
19. **Белевский С.С., Ющенко С.П., Дикусар А.И.** Электроосаждение нанокристаллических Co-W покрытий из цитратных электролитов в контролируемых гидродинамических условиях. 1. Электроосаждение Co // *Электронная обработка материалов*. – 2009. – № 6. – С. 12–20.
20. **Яковец И.В.** Рассеивающая (локализирующая) способность электролитов в контролируемых гидродинамических условиях: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. – Иваново: ИГХТУ, 2008. – 19 с.

УДК 621.311.1.014:621.311.019.3

Ф.М. Ерхан, д-р техн. наук, проф.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЕЙ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

*Проведен анализ влияния уровней токов короткого замыкания на надежность электрооборудования. Разработана математическая модель, которая позволяет моделировать надежность функционирования электрооборудования, установленного в узлах электроэнергетической системы.*

Одним из центральных вопросов комплексной проблемы управления развитием электроэнергетических систем является исследование влияния уровней токов короткого замыкания на надежность установленного электрооборудования в узлах энергосистемы. Эти исследования носят системный характер и вызваны тем, что с изменением уровней токов короткого замыкания изменяется надежность установленного электрооборудования и энергосистемы в целом [1, 2].

Из электрооборудования, установленного в электроэнергетических системах, наибольшему воздействию токов короткого замыкания подвергаются выключатели. Поэтому от их состояния зависит надежность не только распределительных устройств, где они установлены, но и значительной части самих электроэнергетических систем.

Чтобы сохранилась устойчивость работы электроэнергетической системы в целом, процесс срабатывания электрооборудования (отключения несимметричных режимов и токов короткого замыкания выключателем) должен быть быстрым, т. е. происходить в течение нескольких полупериодов.

Было установлено, что наиболее тяжелые условия работы электрооборудования возникают при отключении несимметричных режимов или различных типов коротких замыканий [3], величина которых определяется выражением

$$I_{\text{кз}} = \frac{2}{3} I_{\text{кз.нл}}, \quad (1)$$

где  $I_{\text{кз.нл}}$  – ток короткого замыкания в начале линии. Теоретически эта зависимость обоснована в [4].

Из всех возможных несимметричных режимов (аварийных ситуаций) самыми значительными являются те, которые создают наиболее тяжелые условия для срабатывания электрооборудования (выключателей), характеризующиеся максимально возможными значениями параметров:

- скоростью восстановления напряжения ( $du/dt$ ) на зажимах электрооборудования в момент возникновения несимметричных режимов;
- скоростью изменения тока ( $di/dt$ ) в рассматриваемой цепи в момент возникновения несимметричных режимов;
- максимальным значением переходного восстанавливающегося напряжения ( $U_{\text{пвн}}$ ) в момент возникновения несимметричных режимов;
- значением отключаемого тока ( $I_{\text{от}}$ ) в момент возникновения несимметричных режимов.

Рассчитано, что значение переходного восстанавливающегося напряжения ( $U_{\text{пвн}}$ ) зависит от напряжения на электрической дуге ( $U_{\text{эд}}$ ) и протекающего по ней тока короткого замыкания. Поэтому при установке электрооборудования в уз-

лах системы необходимо учитывать его отключающую способность, ожидаемые уровни токов в этих узлах, их термическую и динамическую стойкость. При этом за расчетное значение принимаются технические параметры при возникновении трехфазных коротких замыканий. Степень тяжести отключаемого тока в таких случаях учитывается с помощью коэффициента тяжести отключения ( $k_T$ ), который определяется по формуле

$$k_T = \frac{I_{кз}}{I_{о.ном}}, \quad (2)$$

где  $I_{кз}$  – ожидаемый ток трехфазного короткого замыкания в данной точке, кА;  $I_{о.ном}$  – номинальный ток отключения выключателя, кА.

Надежность функционирования электрооборудования (выключателей), установленного в узлах энергосистемы, зависит от значения отключаемого (ожидаемого) тока короткого замыкания и числа операций, произведенных между двумя профилактическими ремонтами, которые регламентированы и приведены в [2, 3].

При оценке влияния уровней токов короткого замыкания на надежность электрооборудования (выключателей) необходимо учитывать не только значение отключаемого тока, но и его тепловое действие.

Для оценки надежности электрооборудования (выключателей) разработана соответствующая математическая модель, которая учитывает интенсивность срабатывания выключателя, число возможных операций до вывода в профилактический ремонт в зависимости от значения отключаемых токов, одно- и трехфазного короткого замыкания и частоты отказа выключателя.

Частота отказа выключателя  $\lambda(t)$  является функцией от значения отключаемых токов одно- и трехфазного короткого замыкания и аналитически может быть описана следующим выражением:

$$\lambda(t) = \frac{1}{t_p} \int_0^{t+t_p} \omega(x) dx. \quad (3)$$

Вероятность безотказной работы электрооборудования (выключателей) при проведении любых технических операций определяется по выражению

$$p(t) = \exp(-\lambda t), \quad (4)$$

а вероятность отказа работы соответствующего оборудования – по выражению

$$q(t) = 1 - p(t) = 1 - \exp(-\lambda t). \quad (5)$$

При известных значениях вероятностей отказа в начальном периоде эксплуатации ( $q_1$ ) и при выводе в капитальный ремонт для восстановления отключающей способности оборудования ( $q_2$ ) можно рассчитать запас надежности срабатывания выключателя:

$$\Delta q = q_2(t) - q_1(t) = \exp(-\Delta \lambda t), \quad (6)$$

где  $\Delta q$  – допустимая величина снижения вероятности отказа электрооборудования (выключателей) до вывода в очередной капитальный ремонт;  $\Delta \lambda = (\lambda_2 - \lambda_1)$  – разность частот срабатывания электрооборудования (выключателей) в начале периода эксплуатации ( $\lambda_1$ ) и перед выводом в капитальный ремонт ( $\lambda_2$ ).

Количество срабатываний выключателя в зависимости от частоты и вероятности его отказа определяется по формуле

$$n = n_0 \exp(-\Delta \lambda t), \quad (7)$$

где  $n_0$  – число операций выключателя при минимальном значении отключаемого тока короткого замыкания.

Проверку электрооборудования (выключателей) на термическую стойкость необходимо проводить с учетом реальных условий эксплуатации. При этом должно выполняться следующее условие:

$$I_{\text{ТЕР.НОМ}}^2 \cdot \tau_{\text{ТЕР.НОМ}} \geq \int_0^{\tau_{\text{ТЕР.НОМ}}} B, \quad (8)$$

где  $I_{\text{ТЕР.НОМ}}$  – номинальный ток термической стойкости выключателя;  $\tau_{\text{ТЕР.НОМ}}$  – номинальное время его термической стойкости;  $B$  – интеграл Джоуля с пределами интегрирования от нуля до  $\tau_{\text{ТЕР.НОМ}}$ .

Другой показатель, характеризующий пригодность электрооборудования (выключателей) для установки в данной точке электрической сети, – его отключающая способность. Согласно [4] отключающая способность электрооборудования (выключателей) оценивается по номинальному току отключения  $I_{\text{О.НОМ}}$  и по номинальной асимметрии отключаемого тока  $\beta_{\text{НОМ}}$  в момент отключения, которая вычисляется по формуле

$$\beta_{\text{НОМ}} = \frac{i_{\text{а.т}}}{I_{\text{О.НОМ}} \sqrt{2}}, \quad (9)$$

где  $i_{\text{а.т}}$  – значения аperiodической составляющей тока короткого замыкания в момент размыкания контактов.

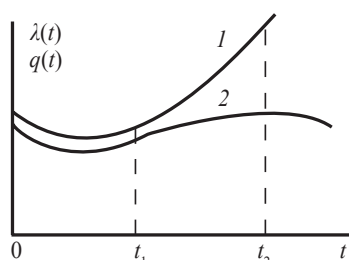
В данном случае надежность функционирования электрооборудования (выключателей) является функцией от значения отключаемого тока и скорости изменения переходного восстанавливающегося напряжения во времени, **вероятности безотказной работы выключателей** и числа их срабатываний. Аналитически эти зависимости могут быть представлены в виде

$$R(t) = \frac{1}{n\sqrt{2\pi}} \int_0^t I_{\text{КЗ}}^{(3)}(t) \int_0^t (\omega \cdot t + \gamma \cdot t) dt. \quad (10)$$

Зависимость надежности срабатывания электрооборудования (выключателей) от величины отключаемых токов и числа срабатываний для выключателей, установленных в сетях с напряжением  $U = 110$  кВ в период их эксплуатации с 1980 по 2007 г. в конкретной энергосистеме, приведены в следующей таблице:

$I_{\text{О.НОМ}}, \text{кА}$	20	30	40	50	63
$I_{\text{КЗ}} / I_{\text{О.НОМ}}$	0,16	0,25	0,50	0,75	1,0
$n$	30	25	20	12	10
$R$	0,996	0,998	0,999	0,993	0,991

Из анализа полученных в таблице численных значений надежности срабатывания электрооборудования следует, что изменение частоты (интенсивности) отказов электрооборудования и вероятности отказов во времени могут быть представлены на рисунке кривыми 1 и 2, которые соответствуют классическим функциям восстанавливаемых элементов электрических систем.



Изменение во времени частоты отказов электрооборудования  $\lambda(t)$  и вероятности отказов  $q(t)$  в зависимости от значения отключаемых токов короткого замыкания и номинальных токов

Вероятность безотказной работы является параметром, характеризующим надежность выключателей, и в зависимости от длительности их эксплуатации может быть найдена из выражения

$$p(t) = \exp \left[ - \int_0^t \lambda(t) dt \right]. \quad (11)$$

Частота отказов выключателей  $q(t)$  определяется с учетом значений интенсивности безотказной работы  $p(t)$  и аналитически может быть определена согласно следующей формуле:

$$q(t) = 1 - p(t) = 1 - \exp \left[ - \int_0^t \lambda(t) dt \right]. \quad (12)$$

Зависимость времени безотказной работы выключателей от длительности их

эксплуатации представляет собой сложную функцию нескольких переменных, которая с вероятностью 0,96 может быть выражена распределением Вейбулла:

$$f(t) = \frac{\alpha}{T} t^{\alpha-1} \exp(-t^{\alpha}/T), \quad t \geq 0, \quad (13)$$

где  $\alpha$  – параметр формы распределения;  $T$  – приведенное значение времени безотказной работы.

Учет увеличения частоты повреждений выключателей, работающих в не соответствующих им условиях или находящихся на пределе отключающей способности, а также учет увеличения частоты повреждений выключателей определяется по следующему выражению:

$$a_b = (1 + \alpha_b k_A) k_T a_b^0, \quad (14)$$

где  $\alpha_b$  – показатель наличия автоматического повторного включения (АПВ) действующего повреждения элемента ( $\alpha_b = 1$  – в случае работы АПВ;  $\alpha_b = 0$  – в случае, когда АПВ отсутствует);  $k_A$  – коэффициент, учитывающий относительную частоту неуспешных автоматических повторных включений;  $k_T$  – коэффициент тяжести коротких замыканий, характеризующий величину отключаемого тока;  $a_b^0$  – частота повреждения выключателей данного типа при их срабатывании.

Проведенный анализ показал, что примерно 25 % отказов выключателей происходит из-за повреждений их наружной изоляции. Поэтому при расчете надежности выключателей необходимо вводить поправочный коэффициент  $k = 0,25$ , учитывающий снижение их надежности в результате внешних повреждений.

С учетом влияния уровней токов короткого замыкания и внешних повреждений выключателей их функциональная надежность может определяться из выражения

$$R(t) = k \frac{k_T}{n\sqrt{2\pi}} \int_0^t [\omega\tau + \gamma\lambda\tau] d\tau / (I_{КЗ} / I_{0,ном}). \quad (15)$$

Как видим, она непосредственно зависит от значения ожидаемого тока короткого замыкания в узлах энергосистемы, хотя эта зависимость носит не явный характер.

Опираясь на изложенный выше материал, можно сделать следующие выводы:

1) разработана математическая модель, позволяющая моделировать функциональную надежность срабатывания электрооборудования (выключателей) в зависимости от значения отключаемого тока короткого замыкания и скорости возрастания переходного восстанавливающегося напряжения на зажимах выключателей;

2) в результате проведенных расчетов (см. таблицу) выявлено, что надежность электрооборудования (выключателей) зависит от значения величины отключаемых токов короткого замыкания, которая носит нелинейный характер, от переходного восстанавливающегося напряжения и от числа срабатываний выключателя.

### Цитированная литература

1. Неклепаев Б.Н. Координация и оптимизация уровней токов короткого замыкания в электроэнергетических системах. – М.: Энергия, 1978. – 151 с.
2. Ершевич В.В. О принципах формирования системообразующих сетей объединенной энергосистемы с учетом уровней токов КЗ // Сб. докл. на III Всесоюзном совещании по устойчивости и надежности энергосистемы СССР. – Л.: Энергия, 1973.
3. Ерхан Ф.М., Неклепаев Б.Н. Токи короткого замыкания и надежность энергосистем. – Кишинев: Штиинца, 1985. – С. 207.
4. Ерхан Ф.М. Факторы, влияющие на значения уровней токов короткого замыкания в электроэнергетических системах // Известия вузов СНГ. Сер.: Энергетика. – Минск, 2005. – № 6. – С. 7–12.

УДК 62-621.2

*И.Ф. Анисимов*, д-р техн. наук, проф.*С.Ф. Чернобрисов*, канд. техн. наук, доц.*А.В. Димогло*, ст. преп.*В.Г. Бадюл*, ст. преп.

## НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕВОДА ТРАКТОРНОГО ПАРКА НА СЖАТЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

*Статья суммирует результаты теоретических и экспериментальных исследований перевода тракторного парка на сжатый природный газ. Показана конструктивная схема системы питания, состоящая из газовых баллонов на основе композитных материалов для колесных тракторов, и схема механизма ограничения впрыска запальной дозы дизельного топлива ко всем моделям регуляторов. Приведены сравнительные анализы двигателей, работающих в различных скоростных режимах дизеля и газодизеля, и тяговой характеристики трактора ДТ-75 в режимах дизеля и газодизеля.*

*Выданы рекомендации к производству.*

В условиях рыночных отношений и относительно невысокой конкурентоспособности сельхозпродукции, производимой хозяйствами ПМР, существенную роль в поддержке собственных производителей играет разработка способов снижения энергозатрат на ее производство.

Одним из основных направлений снижения затрат на единицу продукции является уменьшение доли стоимости топлива в общей сумме затрат путем перевода машинно-тракторного парка на сжатый природный газ.

В настоящее время удельный вес стоимости топлива в общих затратах на производство основных видов сельскохозяйственной продукции составляет 12–23 %. Как известно, 1 кг дизтоплива эквивалентен 1 м<sup>3</sup> природного газа. По данным Министерства экономики ПМР на 01.01.2010 г., тракторный парк АПК ПМР насчитывает 4 500 ед. Годовое потребление дизтоплива тракторным парком составляет в среднем 25 тыс. тонн. Годовая стоимость израсходованного дизтоплива:

$$25\ 000\ \text{т} \times 8\ 000\ \text{руб.} = 200\ \text{млн руб.}$$

Стоимость эквивалентного сжатого природного газа:

$$25\ 000\ \text{т} \times 4\ 000\ \text{руб.} = 100\ \text{млн руб.}$$

Таким образом, суммарный годовой экономический эффект по хозяйствам АПК при переводе тракторного парка на сжатый природный газ составит 100 млн руб., или 10 млн дол. США. При этом стоимость оборудования окупится в течение года [1].

Сотрудниками НИЛ «Энергетический потенциал» аграрно-технологического факультета ПГУ им. Т.Г. Шевченко проведены исследования по обоснованию перевода тракторного парка на сжатый природный газ.

### Конструктивная схема системы питания дизельного двигателя с использованием сжатого природного газа

Схема питания газодизеля представлена на рис. 1. Батарея баллонов заполняется сжатым до 20 МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>)



природным газом. Для контроля давления газа в баллонах устанавливается манометр 6. Затем газ проходит через одноступенчатый газовый редуктор высокого давления 5 (ГРВД), на входе у которого давление газа составляет 20 МПа, на выходе – 0,95–1,1 МПа. С понижением давления ниже 0,95 МПа редуктор свободно пропускает газ. Фильтр на входе в ГРВД улавливает механические частицы размером более 50 мкм. Далее газ поступает в смеситель-дозатор 4 в виде дроссельного устройства, управление которым осуществляется педалью акселератора из кабины водителя. Основное назначение дозатора – регулирование количества газа, подаваемого в смеситель. Смеситель предназначен для приготовления газозвушной смеси, регулирования подачи газа и получения заданной частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Окончательная схема системы питания двигателя несколько упрощена: два устройства – смеситель и дозатор – совмещены в один узел. Как и ранее, в корпусе

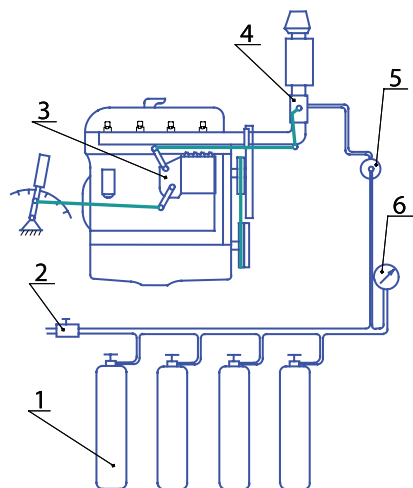


Рис. 1. Принципиальная конструктивная схема системы питания газом дизельного двигателя: 1 – батарея баллонов; 2 – наполнительный вентиль; 3 – система регулирования; 4 – смеситель-дозатор; 5 – редуктор; 6 – контрольный манометр

регулятора 3 топливного насоса высокого давления (ТНВД) монтируется механизм дистанционной установки ограничения запальной дозы топлива (рис. 2), который служит для уменьшения его цикловой подачи при переходе двигателя с дизельного режима на газодизельный [1].

Системы управления, защиты и регулирования двигателя достаточно хорошо обеспечивают его работу в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов на дизельном и газодизельном топливе и исключают аварийные ситуации. Для предотвращения одновременной подачи газа и полной дозы жидкого топлива, например при внезапном выходе из строя электромагнита управления механизмом дистанционной установки запальной дозы топлива, предусмотрена электроблокировка, выключающая подачу газа и переводящая двигатель в дизельный режим. Аналогичная блокировка осуществляет перевод двигателя в дизельный режим при падении давления газа в магистрали (обрыв трубок и др.).

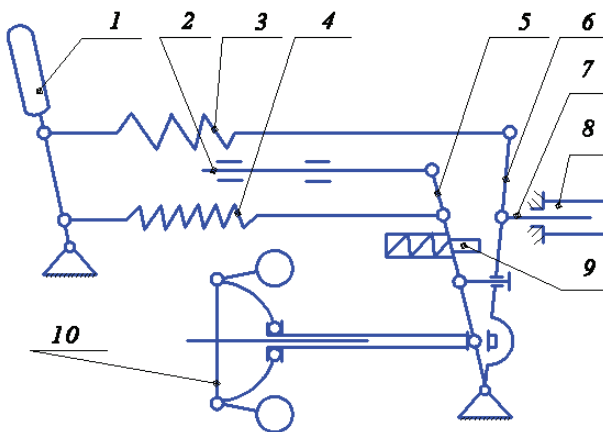


Рис. 2. Схема установки и работы механизма ограничения запальной дозы к всережимному регулятору: 1 – рычаг управления; 2 – рейка топливного насоса; 3 и 4 – пружины; 5 и 6 – рычаги; 7 – шток; 8 – реле; 9 – корректор; 10 – центробежный регулятор

Всережимный регулятор топливной аппаратуры высокого давления при достижении коленчатым валом максимальной частоты вращения выключает подачу жидкого запального топлива [2].

При использовании всережимного регулятора двигатель получает ряд преимуществ: водитель машины может задать двигателю любой скоростной режим (работая как по дизельному, так и по газодизельному циклу) в заранее установленных для этого двигателя пределах от минимальных до максимальных оборотов. Полноценная работа всережимного регулятора топливной аппаратуры крайне важна при работе двигателя в газодизельном режиме, поскольку механизму ограничения запальной дозы топлива, состоящему из реле 8 и штока 7, приходится удерживать рейку 2 подачи топлива. Конструкция этого механизма позволяет всережимному регулятору в полной мере осуществлять свою работу. На механизм установки запальной дозы получен патент «Устройство к все-

жимному регулятору дизельного двигателя» № 294. Патентообладателем является Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко.

В систему питания газодизельного трактора входят газовые баллоны высокого давления. Целесообразно устанавливать баллоны с использованием стекловолокна, что позволит реализовать различные схемы их компоновки (см. рис. 3 и 4).

Чтобы перевести дизельные двигатели на газовые, необходимо произвести достаточно много конструктивных изменений: заменить дизельную топливную аппаратуру на газовую, а топливный бак – на газовые баллоны в сборе с заправочной, распределительной и контрольной аппаратурой; снизить степень сжатия двигателя (до 9–12) за счет увеличения объема камеры в поршне или надпоршневого зазора, а также доработать головку цилиндра для установки свечей зажигания вместо форсунок; заменить регулятор частоты вращения на специальный и установить привод к

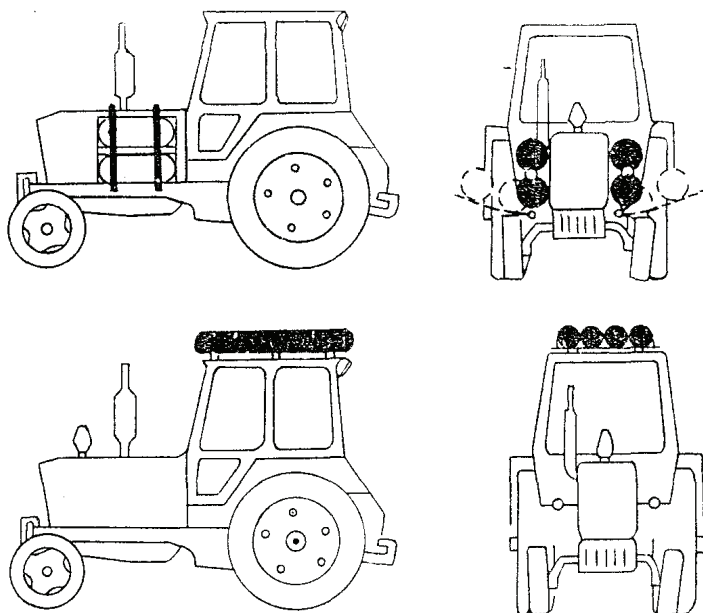


Рис. 3. Схема компоновки газовых баллонов на тракторе кл. 1,4 кН

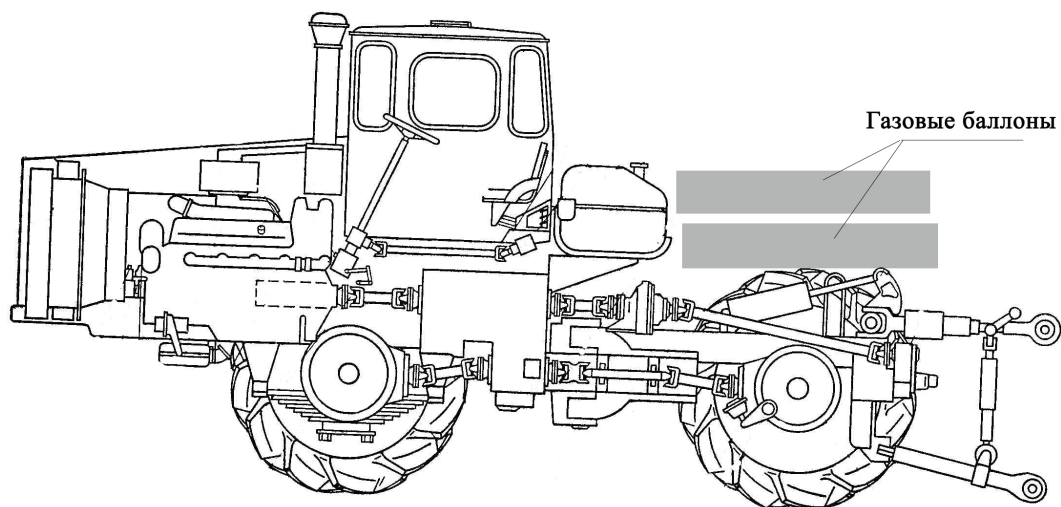


Рис. 4. Схема компоновки газовых баллонов на тракторах К-701 и Т-150К

дроссельному узлу; оборудовать двигатель системой зажигания. Другими словами, нужно сконструировать новый двигатель. При переводе дизельного трактора на газодизельный потребуются минимальные конструктивные изменения: установка газовых баллонов в сборе с заправочной, распределительной и контрольной аппаратурой, а также механизма ограничения запальной дозы дизельного топлива на штатную топливную аппаратуру высокого давления.

### Анализ скоростной характеристики двигателя, работающего в дизельном режиме

При оценке динамических и экономических качеств поршневых двигателей внутреннего сгорания при различных режимах их работы (скоростной режим и нагрузка) обращаются к построенным на основании экспериментальных данных кривым, т. е. к характеристикам.

Для автотракторных двигателей основными показателями являются скорост-

ная и нагрузочная. Наиболее часто используют нагрузочную характеристику, которую обычно называют характеристикой на регуляторе. Ее представляют кривые изменения

$$G_T = f(N_e), g_e = f(N_e), M = f(N_e), n = f(N_e),$$

где  $G_T$  – часовой расход топлива, кг/ч;  $g_e$  – удельный расход топлива, г/(кВт · ч);  $M$  – крутящий момент, кН·м;  $n$  – число оборотов двигателя, мин<sup>-1</sup>.

Кривые дают возможность судить о динамических качествах двигателя при перегрузке в работе регулятора.

Для более полного выявления показателей и поведения двигателя загрузка при снятии характеристики доводится до перегрузки. В этом случае частота вращения двигателя при разных нагрузках будет изменяться. Так, тракторный двигатель при перегрузке работает по скоростной характеристике. Перегрузка доводится до такой степени, чтобы выявить точку перегиба кривой  $M_\delta = f(n)$  [3].

Показатели двигателя при работе с недогрузкой обычно анализировались по

кривым  $g_e$ ,  $G_T$ ,  $M_\delta$  и  $n = f(N_e)$ . Тормозные испытания двигателя проводились на электрическом стенде согласно ГОСТ 7057–54. Результаты получены с использованием топливного насоса 4ТН 8,5 × 10Т. Частота вращения коленчатого вала двигателя была установлена на мощностной режим 55 кВт. Насос отрегулирован таким образом, что частота вращения коленчатого вала достигала 1830 об/мин на холостом ходу, мощность двигателя – 55,2 кВт (75 л. с.) на номинальной частоте вращения коленчатого вала 1700 об/мин.

В тракторном двигателе постоянство скоростного режима при имеющемся в работе сопротивлении агрегата поддерживалось регулятором частоты вращения. Воздействие на рейку топливного насоса изменяло подачу топлива на цикл  $\Delta g$ , что автоматически изменяло величину крутящего момента двигателя  $M_\delta$  в зависимости от колебаний нагрузки, поддерживая заданную частоту вращения в пределах степени неравномерности регулятора  $\delta$ .

Анализ проводился с целью выявления изменения энергетических ( $M_\delta$ ) и экономических ( $G_T$ ,  $g_e$ ) показателей работы двигателя на регуляторе и в области скоростной характеристики. Имея данные регуляторной характеристики работы двигателя в дизельном режиме, легко провести сравнительный анализ с показателями этого же двигателя, работающего в газодизельном режиме.

Регуляторная характеристика снималась при эксплуатационной регулировке системы питания и при постоянном угле опережения впрыска топлива. Снятие характеристики начиналось с холостого хода и заканчивалось (в целях более полного выявления показателей работы двигателя) в области работы двигателя по скоростной характеристике после выявления скоростного режима, соответствующего  $M_{\delta \max}$ . Зависимость скоростной характеристики с регуляторной сетью двигателя в функ-

ции от частоты вращения представлена на рис. 5.

Ветви кривых от холостого хода до максимальной мощности по регуляторной характеристике являются регуляторными ветвями и представляют собой режимы работы двигателя, определяемые регулятором частоты вращения. Короткие ветви кривых соответствуют работе двигателя по скоростной характеристике с включенным корректором подачи топлива. По своим условиям работа двигателя на регуляторе очень напоминает работу двигателя по нагрузочной характеристике. Разница лишь в том, что в нагрузочной частота вращения двигателя остается постоянной, а в регуляторной она изменяется в пределах степени неравномерности регулятора  $\delta$ . В этой связи все заключения и выводы относительно нагрузочной характеристики могут быть с достаточной степенью точности перенесены на регуляторную.

При увеличении нагрузки крутящий момент двигателя  $M_\delta$  возрастает на регуляторной ветви за счет того, что регулятор, перемещая рейку, увеличивает подачу топлива на цикл  $\Delta g$ . Возрастание крутящего момента на короткой скоростной ветви происходит благодаря работе корректора, который дает возможность увеличить подачу топлива на цикл. Снижение крутящего момента на скоростной ветви характеристики происходит в основном в результате ухудшения процесса смесеобразования и увеличения потерь теплоты при сгорании топлива, т. е. снижения индикаторного  $\eta_i$  КПД двигателя.

Возрастание часового расхода топлива  $G_T$  при увеличении нагрузки двигателя до максимальной мощности объясняется увеличением подачи топлива на цикл  $\Delta g$  (регулятор перемещает рейку в сторону увеличения подачи топлива). Снижение часового расхода на скоростной ветви характеристики происходит за счет резкого снижения частоты вращения и уменьшения числа подач топлива в цилиндр двигателя.

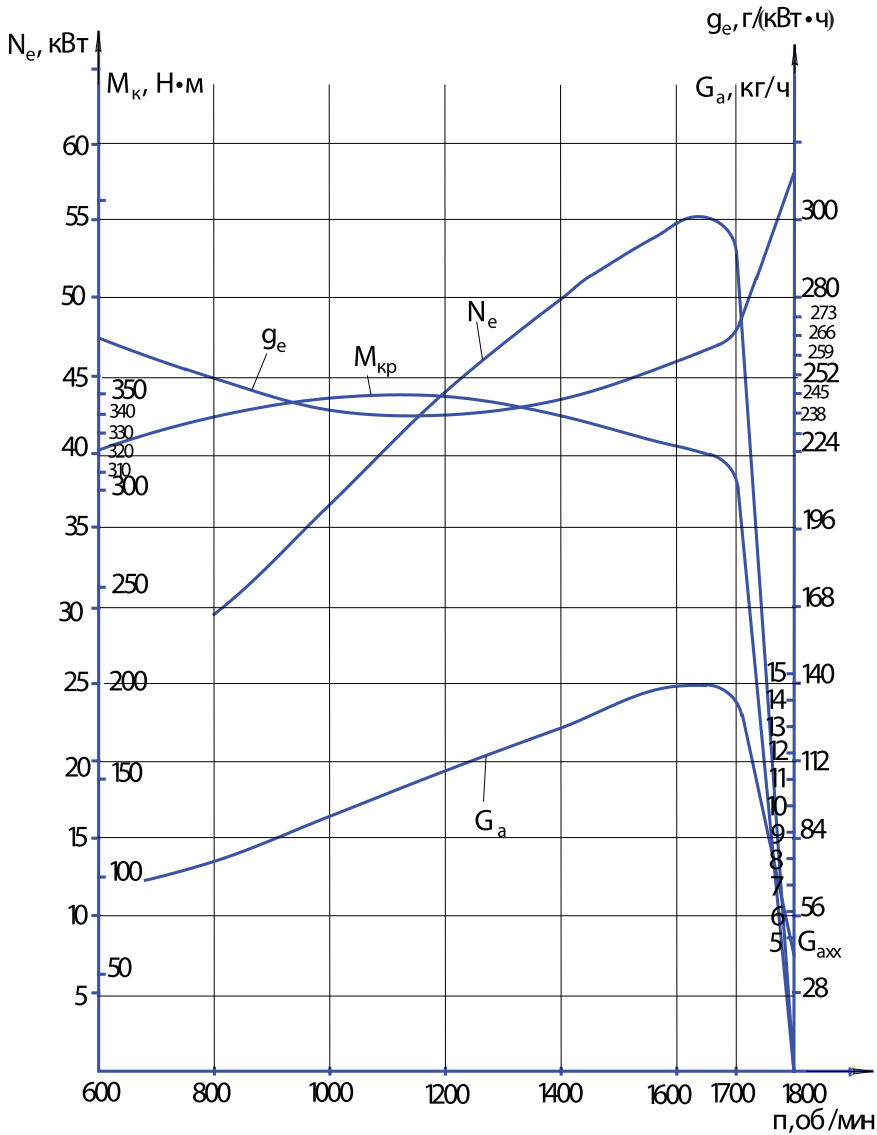


Рис. 5. Скоростная характеристика с регуляторной ветвью дизельного двигателя СМД-14

Удельный расход топлива  $g_e$  зависит от протекания кривых индикаторного  $\eta_i$  и механического  $\eta_m$  КПД при работе двигателя на регуляторе (регуляторные ветви) и по скоростной характеристике (безрегуляторные ветви). Снижение удельного расхода топлива при увеличении нагрузки

(регуляторная ветвь) обуславливается повышением механического КПД. В области больших нагрузок задержка и снижение  $g_e$  связаны с резким снижением индикаторного КПД двигателя [4].

Характеристика, снятая в зависимости от частоты вращения исследуемого двига-

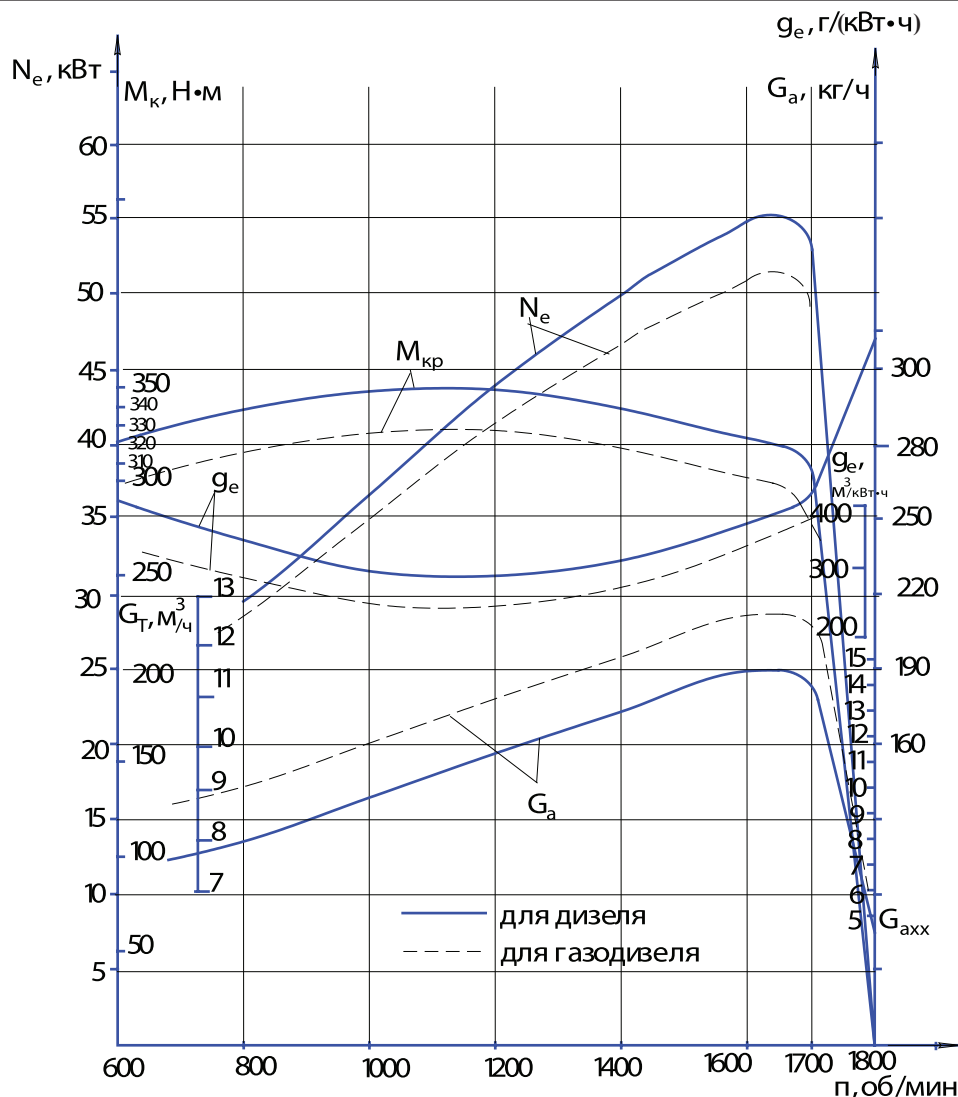


Рис. 6. Сравнительные характеристики двигателей, работающих на жидком топливе и на газе с присадкой жидкого запального топлива

теля, представлена на рис. 6 и называется скоростной характеристикой с регуляторной ветвью.

Удобство пользования этой характеристикой в том, что на скоростной ветви наглядно представлены все энергетические и экономические параметры двигателя в зависимости от частоты вращения,

а также более точно установлен максимальный крутящий момент  $M_{\delta}$ , благодаря чему можно легко рассчитать запас крутящего момента, который для испытуемого двигателя составляет

$$K = (M_{\delta_{\max}} - M_{\delta_{\text{н}}}) / M_{\delta_{\text{н}}} = 8,3 \%$$



### Сравнительный анализ скоростных характеристик двигателя, работающего в режимах дизеля и газодизеля

Скоростную характеристику двигателя в газодизельном режиме легко представить в виде графика зависимости эффективной мощности  $N_e$ , крутящего момента  $M_\delta$ , часового расхода топлива  $G_T$  и удельного расхода топлива  $g_e$  двигателя от частоты вращения коленчатого вала в минуту. С помощью скоростной характеристики можно выявить изменение основных энергетических ( $N_e$ ,  $M_\delta$ ) и экономических показателей двигателя в зависимости от частоты вращения коленчатого вала.

Скоростная характеристика газодизеля снималась при полном открытии дроссельной заслонки смесителя и 12%-ной подаче дизельного топлива в качестве запальной дозы. Угол опережения подачи топлива оставался постоянным. Изменение частоты вращения достигалось торможением двигателя.

Для удобства проведения сравнительного анализа энергетических и экономических показателей двигателя в дизельном и газодизельном режимах характеристики строились на одном листе (см. рис. 6). Как следует из характеристик, эффективная мощность двигателя  $N_e$ , работающего в обоих режимах (дизель и газодизель), по мере увеличения частоты вращения вначале возрастает примерно пропорционально частоте вращения, затем, при дальнейшем увеличении частоты вращения и максимальных оборотах, достигает наибольшей величины. При дальнейшем увеличении частоты вращения мощность двигателя снижается. В обоих режимах работы характер изменения мощностей сохраняется, однако абсолютная их величина различается: в газодизельном режиме работы двигателя она понижена на 8–9%. Таким образом, мощность двигателя в газоди-

зельном режиме при работе на скоростной характеристике будет изменяться пропорционально частоте вращения. При этом смеситель должен обеспечить для любой частоты вращения такой состав рабочей смеси, при котором будет достигнута наибольшая мощность.

Не последнюю роль играет конструкция смесителя, обеспечивающая приготовление оптимальной газозвоздушной смеси. Поэтому коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  для каждой частоты вращения должен способствовать развитию наибольшей мощности. С увеличением частоты вращения скорость потока в диффузоре смесителя, разряжение и температурное состояние деталей двигателя изменяются в сторону, благоприятную для смесеобразования, при этом коэффициент избытка воздуха должен несколько возрасть.

На величину мощности двигателя значительное влияние оказывает коэффициент наполнения двигателя  $\eta_v$ . С увеличением частоты вращения он снижается в основном за счет увеличения сопротивления впускной и выпускной систем двигателя. На малых оборотах  $\eta_v$  понижается из-за несоответствия фаз газораспределения, подобранных для более высокой частоты вращения, режиму работы двигателя на малых оборотах.

Механический КПД  $\eta_m$ , как показывают исследования, с увеличением частоты вращения снижается, что объясняется увеличением трения и расхода механической энергии на привод вспомогательных механизмов двигателя. Что касается индикаторного КПД  $\eta_i$  двигателя, то с увеличением частоты вращения он возрастает. Объясняется это в основном следующими причинами:

- обеднением рабочей смеси и меньшими потерями теплоты в результате недогорания топлива;
- относительным снижением отдачи теплоты в систему охлаждения за цикл

в связи с уменьшением времени цикла с возрастанием оборотов;

- уменьшением утечки газов из цилиндра в картер вследствие уменьшения времени цикла;

- улучшением процесса смесеобразования благодаря возрастанию скорости воздуха и повышению интенсивности перемешивания газа с воздухом.

На больших оборотах индикаторный КПД понижается, что объясняется в основном значительным догоранием топлива, увеличенной отдачей теплоты в систему охлаждения и повышением уноса теплоты с отработанными газами [5].

На частоту вращения двигателей оказывают влияние следующие факторы:

- изменение состава и качества рабочей смеси при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя, а следовательно, и установленная регулировка смесителя;

- принятые фазы газораспределения;

- величина отдачи теплоты в систему охлаждения и с отработанными газами при изменении частоты вращения;

- интенсивность подогрева смеси;

- техническое состояние двигателя (износ поршневой группы).

Крутящий момент с увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя вначале возрастает, достигает максимальной величины и затем уменьшается до нуля при оборотах холостого хода.

На изменение крутящего момента воздействуют факторы, от которых зависят изменение и величина среднего эффективного давления в цилиндре двигателя  $P_e$ : коэффициент наполнения  $\eta_v$ , коэффициент избытка воздуха  $\alpha$ , индикаторный  $\eta_i$  и механический  $\eta_m$  КПД. Эти факторы также непостоянны и изменяются в зависимости от частоты вращения. Запас крутящего момента  $K$  (в %) определяется по формуле

$$K = \frac{M_{\delta \max} - M_{\delta \text{н}}}{M_{\delta \text{н}}} \cdot 100 \%,$$

где  $M_{\delta \max}$  – максимальное значение крутящего момента двигателя по скоростной характеристике;  $M_{\delta \text{н}}$  – значение крутящего момента, соответствующего номинальной мощности двигателя по скоростной характеристике.

С учетом полученных результатов запас крутящего момента при работе двигателя в газодизельном режиме составит 5–6 %. Этот коэффициент характеризует способность двигателя преодолевать возможное увеличение момента сопротивления без перехода на низкую передачу и является весьма важным энергетическим показателем. Чем выше  $K$ , тем больше запас крутящего момента и выше способность двигателя преодолевать возрастание сопротивления.

Часовой расход топлива для газодизельного режима зависит в основном от частоты вращения. Кривая часового расхода топлива выходит из начала координат и начинает расти пропорционально увеличению частоты вращения (числу ходов всасывания в единицу времени). Затем в результате снижения коэффициента наполнения  $\eta_v$  рост  $G_T$  задерживается, при значительном снижении  $\eta_v$  часовой расход топлива начинает падать и при  $N_e = 0$  достигает конечного значения. Характер поведения кривой часового расхода топлива повторяет закон изменения  $G_T$  двигателя, работающего в дизельном режиме.

Для сравнения экономичности работы двигателя в дизельном и газодизельном режимах проведем анализ показателей обоих режимов по расходу топлива и в конечном итоге по удельному расходу теплоты.

На рис. 7 приведены сравнительные характеристики работы двигателей на жидком топливе и на газе с присадкой жидкого запального топлива. Как видно из приведенных на рисунке данных, мощность

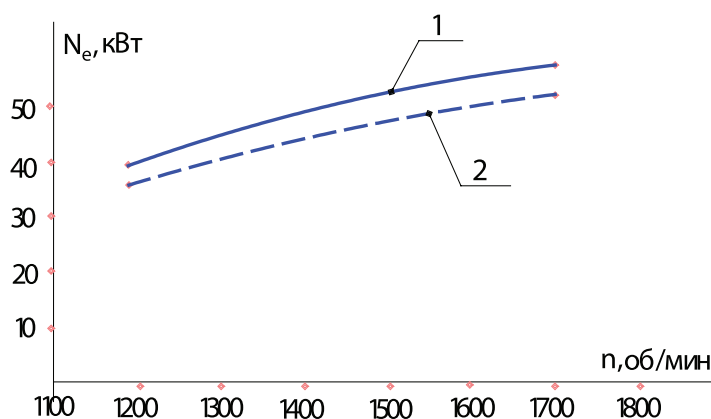


Рис. 7. Сравнительная характеристика работы двигателя на жидком топливе (1) и в режиме газодизеля (2)

двигателя на газе с присадкой жидкого топлива на всех числа оборотов всего на 10–12 % не достигает полной мощности двигателя, работающего на жидком топливе. Это связано со многими факторами.

Во-первых, изменяется процесс горения и, как результат, — фронт распространения пламени, который зависит от состава и качества рабочей смеси. Для запальной дозы топлива газовоздушная смесь не благоприятствует воспламенению, поэтому, чтобы определить оптимальное значение угла опережения впрыска, его нужно изменить. При проведении испытаний угол опережения впрыска остается неизменным.

Во-вторых, немаловажным фактором, влияющим на процесс сгорания топлива в цилиндре двигателя, является форма камеры сжатия. Поступающая в процессе сжатия в цилиндр газового двигателя газовоздушная смесь восприимчива к резким изменениям формы камеры сжатия. Перегрев ее выступающих частей может нарушить управление процессом и привести к преждевременному воспламенению топливного заряда (капельное зажигание). Известно, что для газожидкостного двигателя простота камеры сжатия и осуществ-

вление впрыска топлива в нее ближе к оси цилиндра улучшают процесс сгорания [6].

Наиболее благоприятными камерами с точки зрения их соответствия условиям газожидкостного процесса считаются нераздельные (однополостные). Они не требуют никаких переделок в случае перевода двигателя с самовоспламенением на газожидкостной цикл. В нашем случае камеры сгорания размещены в поршне, поэтому в процессе приспособляемости к газожидкостному циклу мы получаем не самые лучшие результаты [2].

На рис. 8 представлены сравнительные характеристики по часовому расходу теплоты работы двигателя на жидком топливе и на газе с присадкой жидкого запального топлива. Испытания свидетельствуют о том, что работа двигателя по газодизельному циклу, особенно на номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя, дает более низкие результаты. Это связано, во-первых, с более низкой теплотворной способностью газа по сравнению с дизельным топливом и, во-вторых, со значительной задержкой самовоспламенения топлива на высоких оборотах при небольшом количестве запального топлива. Чтобы сохранить период задерж-

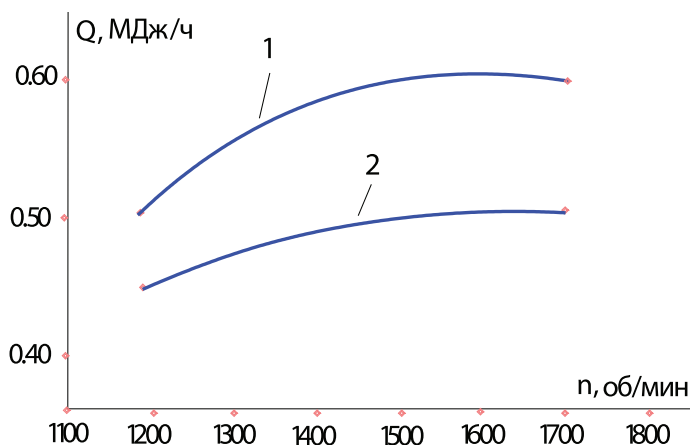


Рис. 8. Сравнительная характеристика работы двигателя на жидком топливе (1) и в режиме газодизеля (2)

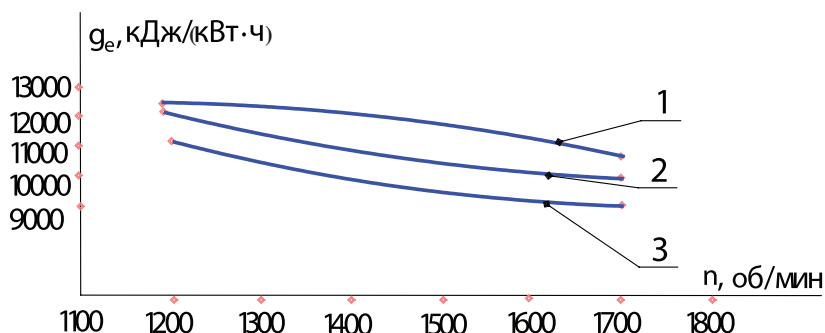


Рис. 9. Сравнительная характеристика расхода удельной тепловой энергии дизеля (1), в режиме газодизеля (2), с вычетом запальной дозы (3)

при самовоспламенения в допустимых пределах, необходимо работать с достаточно высоким коэффициентом избытка воздуха. Это, в свою очередь, приводит к снижению теплотворности рабочей смеси, уменьшению скорости сгорания, а значит, и мощности двигателя.

Удельный расход теплоты (рис. 9) двигателя, который работает по газодизельному циклу, составляет 9150–11550 кДж/(кВт·ч), что незначительно ниже, чем у двигателя, работающего по дизельному циклу. Это свидетельствует о том, что цикловая подача жидкого топлива и газа с

присадкой жидкого топлива имеет разную теплотворную способность. В результате двигатель развивает меньшую мощность на одинаковых частотах вращения коленчатого вала.

### Тяговые характеристики трактора ДТ-75 в режимах дизеля и газодизеля

Тяговые характеристики трактора снимали после определения и построения регуляторных характеристик двигателя.

Перед первым проходом на экспериментальном участке двигатель около часа прогревали с тем, чтобы его работа была устойчивой. Испытания проводили последовательно на всех рабочих передачах. Для каждой передачи проводили 12–14 опытов, в том числе 5–6 – с недогрузкой, 4 – для выявления максимальной тяговой мощности и 3–4 – в режимах перегрузки. Каждый опыт, соответствовавший определенной нагрузке, ставили по новому следу.

Во время опыта динамографом определяли осциллограмму тягового усилия  $P_{кр}$ , а также измеряли продолжительность опыта  $\tau_{оп}$ , расход топлива  $V_{оп}$  в мерном бачке, суммарную частоту вращения  $n_k$  ведущих колес на мерном участке, частоту вращения коленчатого вала  $n$ , температуру воды в радиаторе  $t_b$ , температуру топлива в мерном бачке  $t_p$ , температуру масла в картере двигателя  $t_m$ . Результаты замеров заносили в журнал и обрабатывали. По осциллограмме тяговых усилий определяли среднее значение тягового усилия  $P_{кр}$  за опыт.

Основные показатели трактора определяли по следующим формулам.

Среднее тяговое усилие,  $H$ :

$$P_{кр} = \frac{\int_0^S P_{кр} ds}{S_{оп}},$$

где  $P_{кр}$  – тяговое усилие на  $i$ -й передаче,  $H$ ;  $S_{оп}$  – путь, пройденный трактором за опыт, м.

Значение средней ординаты  $P_{кр}$  подсчитывали делением площади осциллограммы, определенной планиметрированием, на ее длину.

Средняя скорость движения трактора, м/с:

$$V_T = \frac{S_{оп}}{\tau_{оп}},$$

где  $\tau_{оп}$  – продолжительность опыта, с.

Тяговая мощность трактора, кВт:

$$N_{кр} = 10^{-3} \cdot P_{кр} \cdot V_T.$$

Буксование, %:

$$\delta = \left[ 1 - \frac{(n'_{кx} + n''_{кx}) \cdot S_{оп}}{(n'_k + n''_k) \cdot S_x} \right] \cdot 100,$$

где  $n'_{кx}$ ,  $n''_{кx}$  – суммарное число оборотов левого и правого ведущих колес соответственно на пути  $S_x$  при движении трактора без нагрузки;  $n'_k$ ,  $n''_k$  – суммарное число оборотов левого и правого ведущих колес соответственно на пути  $S_{оп}$  при движении трактора под нагрузкой.

Расход топлива, кг/ч:

$$G_T = 3,6 \frac{V_{оп} \cdot \rho_{оп} \cdot 10^{-3}}{\tau_{оп}},$$

где  $V_{оп}$  – объем израсходованного топлива за один опыт, см<sup>3</sup>;  $\rho_{оп}$  – плотность топлива, кг/см<sup>3</sup>.

Расход газа:

$$G_T = 3,6 \frac{V_{оп}}{\tau_{оп}},$$

где  $V_{оп}$  – объем израсходованного газа за опыт, м<sup>3</sup>/ч.

Удельный тяговый расход топлива, г/(кВт · ч):

$$g_{кр} = \frac{G_T}{N_{кр}} \cdot 10^3.$$

После подсчета была построена тяговая характеристика (рис. 10).

Характерными при работе трактора являются режимы холостого хода, максимальной мощности и максимального тягового усилия.

Для холостого хода ( $P_{кр} = 0$ ,  $\delta = 0$ ) значения для  $V_T$  и  $G_T$  определялись начальными точками этих кривых, лежащих на оси ординат.

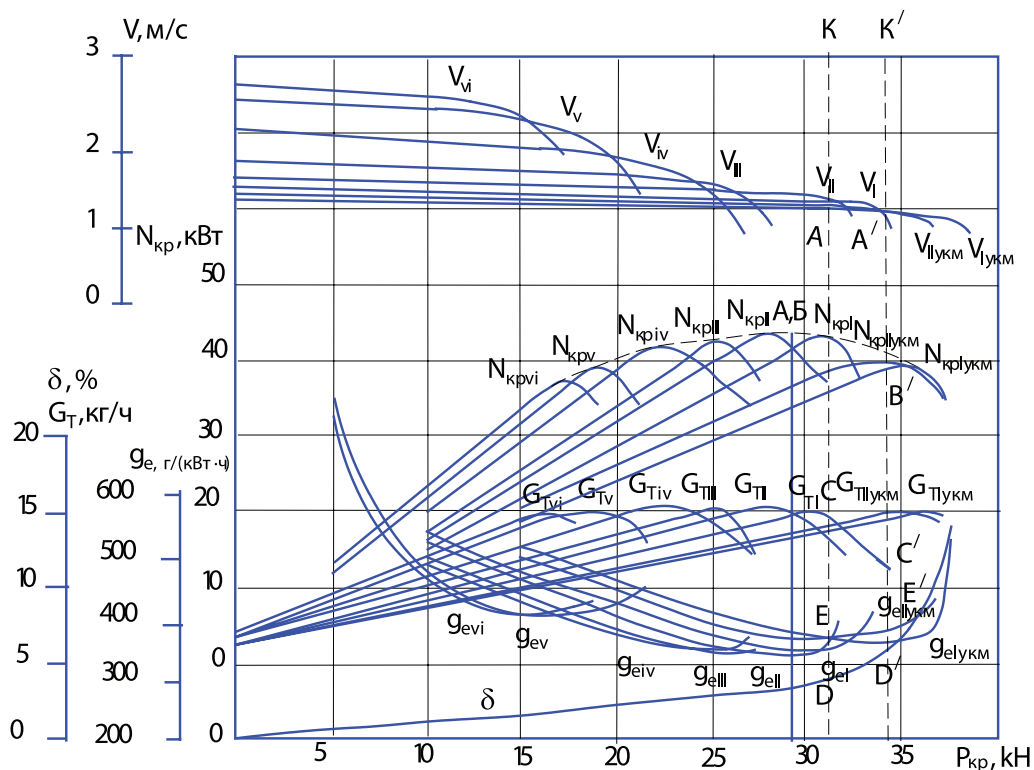


Рис. 10. Тяговая характеристика трактора ДТ-75 в режиме дизеля на стерне

При снятии тяговых характеристик принималось, что при  $P_{кр} = 0$  буксование  $\delta = 0$ . Как известно из теории, движение трактора по деформируемому грунту без нагрузки на крюке сопровождается буксованием, которое определить весьма сложно, поскольку его величина незначительна. В то же время принятое допущение очень упрощает задачу экспериментального определения буксования. Так как при  $P_{кр} = 0$  буксование практически отсутствует, мощность двигателя на холостом ходу трактора при установившемся движении расходует на потери в трансмиссии  $N_{тр}$  и на качение трактора.

Начальные точки кривых  $G_T = f(P_{кр})$ , лежащие на оси ординат, показывают расход газа на холостом ходу трактора на соответствующей передаче.

В режиме максимальной тяговой мощности трактора  $N_{кр\max}$  показатели тяговой характеристики (на примере первой передачи) определяются точками  $ABCDE$  (см. рис. 10), которые лежат на пересечении кривых с вертикалью  $o-k$ , проведенной через точку  $N_{кр\max}$  – вершину кривой  $N_{кр} = f(P_{кр})$ , и делят ее на две части: восходящую, расположенную слева, и нисходящую, расположенную справа от нее.

Точка пересечения вертикали  $o-k$  с осью абсцисс дает значение нормального тягового усилия  $P_{кр\text{н}}$ , по которому путем сопоставления оценивают возможность агрегатирования трактора с той или иной машиной, сравнивая ее тяговое сопротивление с  $P_{кр\text{н}}$ .

Проведенные эксперименты для трактора, работающего в дизельном



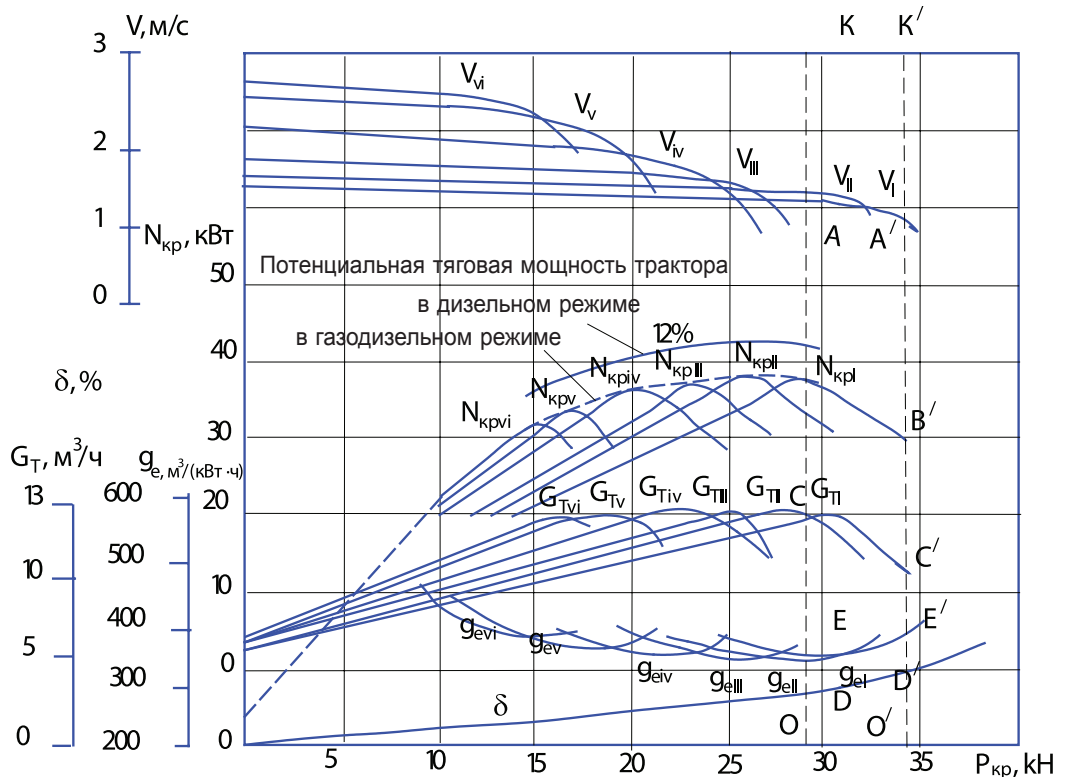


Рис. 11. Тяговая характеристика трактора ДТ-75 в режиме газодизеля на стерне

режиме (см. рис. 10), показали, что  $P_{кр\text{НД}} = 3250$  Н, а в газодизельном (рис. 11) – что  $P_{кр\text{НД}} = 2900$  Н. Небольшая разница – всего 325 Н – составляет лишь 10 %, что объясняет падение мощности двигателя в газодизельном режиме. Это падение приводит и к снижению потенциальной тяговой мощности на 8–12 % (см. рис. 11) по сравнению с дизельным режимом.

Характер и расположение потенциальной тяговой мощности трактора в режиме дизеля свидетельствуют о том, что чем больше  $P_{кр}$ , тем больше разница. Так, на шестой передаче разница составляет 8 %, а на первой передаче – 12 %, т. е. потенциальная тяговая характеристика трактора при дизельном режиме смещена в сторону увеличения  $P_{кр}$  с увеличением разницы тяговой мощности.

По уточненной в последние годы методике номинальное тяговое усилие  $P_{кр\text{Н}}$  определяется в зоне максимального тягового КПД, ограниченного потенциальной тяговой характеристикой в точке максимального значения, и точкой, соответствующей предельному буксованию, которое для гусеничных тракторов вместо 5 % принято за 3 % [7]. Согласно данной методике тяговое усилие трактора, работающего в дизельном и газодизельном режимах, имеет одно и то же значение –  $P_{кр\text{НД}} = 2520$  Н. С учетом буксования, равного 3 %, трактор в обоих режимах выходит из тягового класса в сторону уменьшения.

В режиме максимального тягового усилия показатели  $N_{кр}$ ,  $V_{т}$ ,  $G_{т}$ ,  $g_{кр}$ ,  $\delta$  определяются точками  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$ ,  $D'$ ,  $E'$ ,

лежащими на пересечении кривых с вертикалью  $o'-k'$ , которая проведена через точку  $P'_{кр\ max}$ .

Вертикаль  $o'-k'$  служит граничной линией нисходящей ветви кривой  $N_{кр} = f(P_{кр})$ . Кривые  $N_{кр}$ ,  $V_{Гр}$ ,  $G_{Гр}$ ,  $g_{кр}$ ,  $\delta = f(P_{кр})$ , расположенные между вертикалями  $o'-k'$  и  $o-k$ , образуют область перегрузочных режимов работы трактора и характеризуют его с точки зрения возможностей преодоления кратковременных перегрузок без перехода на низшую передачу.

Способность трактора преодолевать кратковременные перегрузки определяется по тяговой характеристике коэффициентом запаса тягового усилия, представляющего собой отношение максимального тягового усилия к нормальному:

$$\eta_{зап} = P_{кр\ max} / P_{кр\ H}$$

Итак, экспериментальные данные свидетельствуют о том, что коэффициент запаса тягового усилия трактора, работающего в режиме дизеля, составляет 10 %, а в режиме газодизеля – 11 %, т. е. разницы практически нет.

Тяговая характеристика, показывающая изменение  $N_{кр\ max}$  по передачам, типична для гусеничного трактора. По мере перехода от низшей передачи к высшей  $N_{кр\ max}$  уменьшается, несмотря на то что потери на буксование на высших передачах меньше. Происходит это за счет увеличения потерь на качение трактора, которые пропорциональны скорости. Данная закономерность нарушается на первой передаче, так как, несмотря на снижение этих потерь, резко возрастают потери на буксование. Указанная закономерность характерна для трактора, работающего в обоих режимах.

Потенциальной тяговой характеристикой называется характеристика, которую имел бы трактор, оборудованный бесступенчатой коробкой передач, обладающей

при соответствующих передаточных числах таким же КПД, как и ступенчатая коробка передач [8]. Потенциальные тяговые характеристики трактора в режиме дизеля и газодизеля (см. рис. 11) различны по своему значению – разница составляет 8–12 %. Меньшее значение характеристики трактора, работающего в газодизельном режиме, обусловлено снижением мощности двигателя.

## Рекомендации к производству

1. Для конвертации дизельного двигателя в газодизель рекомендуется самостоятельная (общая) конструкция смесителя-дозатора вместо отдельных элементов.

2. При переводе дизельного двигателя в газодизельный режим предлагается измененная конструкция регулятора топливного насоса высокого давления с дистанционной установкой запальной дозы дизтоплива.

3. В целях сохранения устойчивости колесного трактора с формулой  $4 \times 2$  целесообразно устанавливать газовые баллоны с боковых сторон двигателя. Если применяются облегченные баллоны из стекловолокна, то их удобнее размещать на крыше кабины.

4. Для тракторов с шарнирной рамой целесообразно размещать баллоны над задним мостом.

5. Перевод дизельного двигателя в газодизельный связан с меньшими конструктивными изменениями, а следовательно, и с меньшими затратами, чем перевод в газовый.

6. При переводе двигателя с дизеля в газодизель необходимо произвести тщательную регулировку топливного насоса высокого давления с установлением исходных параметров для дизеля.

7. В целях получения максимальной мощности при полной загрузке двигателя

необходимо подобрать оптимальный угол опережения подачи запальной дозы топлива.

### Выводы

1. Проведенные эксперименты для трактора, работающего в дизельном режиме, показали, что номинальное тяговое усилие на первой передаче составляет  $P_{кр\text{ НИ}} = 3250$  Н, а в газодизельном –  $P_{кр\text{ НИ}} = 2900$  Н. Разница – 10 %, что объясняется снижением мощности двигателя в газодизельном режиме.

2. Падение мощности двигателя, работающего в газодизельном режиме, по сравнению с работающим в дизельном режиме приводит к снижению потенциальной тяговой характеристики трактора на 8–12 %.

3. Коэффициент запаса тягового усилия трактора, работающего в обоих режимах, остается практически одним и тем же и составляет 10–11 %.

4. Запас крутящего момента двигателя, работающего в газодизельном режиме, составляет 5–6 %, т. е. меньше, чем у дизеля.

5. Удельный расход газа газодизеля составляет 9150–1150 кДж/(кВт·ч), что на 10–12 % ниже, чем у дизеля.

6. Удельный расход газодизельной смеси ниже, чем у дизеля на 4–6 %.

### Цитированная литература

1. Отчеты по НИЛ «Энергетический потенциал» за 2002–2006 гг.
2. **Артамонов М.Д.** Основы теории и конструкции автотракторных двигателей. – М.: Высшая школа, 1973.
3. **Болтинский В.И.** Перспективный типаж тракторов и его анализ // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1993. – № 5. – С. 27–31.
4. **Чидаков Д.А.** Основы теории трактора и автомобиля. – М.: Колос, 2002.
5. **Вырубов Д.Н.** Смесеобразование в двигателях // Рабочие процессы двигателей внутреннего сгорания и их агрегатов. – М.: Машгиз, 1946.
6. **Толстов А.Ч.** К теории рабочего процесса быстроходного двигателя с воспламенением от сжатия // Сборник № 18 ЦНИДИ-ВНИТОЭ. – М.: Машгиз, 1951.
7. **Парфенов А.П.** Развитие системы классификации сельскохозяйственных тракторов // Трактора и сельхозмашины. – 1995. – № 10. – С. 29–32.
8. **Колобов Г.Г., Парфенов В.П.** Тяговые характеристики тракторов. – М.: Машиностроение, 2000.

УДК 519.24, 371.263

С.Г. Федорченко, канд. техн. наук, доц.

М.В. Нижегородова, ст. преп.

О.С. Белоконь, ст. преп.

С.В. Помян, ст. преп.

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Приведены результаты работы по определению интегральной оценки уровня знаний студентов с использованием обобщенной функции полезности Харрингтона–Менчера, а также результаты апробации данного подхода в некоторых конкретных случаях.

### Введение

Качественная оценка знаний учащихся может осуществляться с целью получения таких показателей, как:

– глубина знаний, характеризующаяся числом осознанных существенных связей данного знания с другими, с ним соотносящимися;

– действенность знаний, предусматривающая готовность и умение учащихся применять их в сходных и вариативных ситуациях;

– системность, определяющаяся как совокупность знаний в сознании учащихся, структура которых соответствует структуре научного знания;

– осознанность знаний, выражающаяся в понимании связей между ними, путей получения знаний, умений их доказывать.

Существует закономерность между активностью студента и результатами обучения: чем интенсивнее, сознательнее его учебно-познавательная деятельность, тем выше качество обучения.

Для оценки качества обученности студентов нами был использован метод образования обобщенной функции полезности  $D$ , предложенный американским ученым Харрингтоном в 1965 г. Харрингтон назвал эту функцию функцией желательности (*desirability function*), откуда и появился

символ  $D$ . Иногда функцию  $D$  называют обобщенной функцией полезности или обобщенным критерием эффективности. Заложенные Харрингтоном идеи были развиты профессором Э.М. Менчером, что в результате привело к формированию функции Харрингтона–Менчера [1–3], которой мы и будем пользоваться в дальнейшем.

Чтобы получить шкалу желательности, удобно применять готовые разработанные таблицы соответствий между отношениями предпочтения в эмпирической и числовой (психологической) системах (табл. 1).

Значение частного отклика, переведенное в безразмерную шкалу желательности, обозначается через  $d_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) и называется частной желательностью (от фр. *desirable* – желательный). Шкала желательности имеет интервал от нуля до единицы. Значение  $d_i = 0$  соответствует абсолютно неприемлемому уровню дан-

Таблица 1  
Связь между количественными значениями безразмерной шкалы и психологическим восприятием человека

Желательность	Отметки на шкале желательности
Очень хорошо	1,00 – 0,81
Хорошо	0,80 – 0,63
Удовлетворительно	0,62 – 0,38
Плохо	0,37 – 0,21
Очень плохо	0,20 – 0,00

ного свойства, а значение  $d_i = 1$  – самому высокому его уровню.

После определения величины  $d_i$  частных показателей качества всех  $i = 1, 2, \dots, m$  откликов пришли ко второму этапу расчетов – определению обобщенной функции качества (полезности, желательности)  $D$ . Особенностью этого расчета является предварительное нахождение (определение, назначение) для каждого частного показателя  $d_i$  его веса  $\alpha_i$ . Практика показала, что, хотя теоретически веса могут быть любыми в диапазоне  $0 < \alpha_i \leq 1$ , эффективнее всего метод срабатывает при назначении весов в диапазоне  $0,4 \leq \alpha_i \leq 1,0$ , при этом их градация должна быть не чаще 0,1, т. е. в порядке убывания: 1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5 и 0,4.

С учетом сказанного обобщенную функцию желательности (она же комплексная оценка качества продукции) можно найти по формуле

$$D = \left( \prod_{i=1}^m d_i^{\alpha_i} \right)^{1/\sum_{i=1}^m \alpha_i},$$

где  $m$  – число частных оценок качества (число сравниваемых откликов);  $d_i$  – частный сравниваемый отклик;  $\alpha_i$  – вес  $i$ -го частного отклика.

### Анализ уровня обученности студентов ПГУ им. Т.Г. Шевченко

Методика, заложенная в программное обеспечение для оценки уровня обученности студентов, описана нами в [4–6]. С помощью этого обеспечения были исследованы результаты контроля знаний студентов IV курса специальности «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» («ПОВТиАС») и «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»

(«ВКСС») по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации» Инженерно-технического института ПГУ им. Т.Г. Шевченко. В качестве данных для анализа использовались результаты тестирования студентов, практических заданий, выполненных ими на практических и лабораторных занятиях, а также оценка таких их качеств, как активность в изучении материала дисциплины, логичность и самостоятельность в выполнении практических заданий.

В качестве показателей компетенции студентов можно использовать, например, уровни усвоения ими учебного материала, отражающие не только такие категории познания, как запоминание, понимание, навыки и применение, но и их личностные характеристики: коммуникабельность, способность самостоятельно решать нестандартные задачи и оценивать результаты своей работы, способность приобретать и продуцировать знания и др. [7].

Были выделены следующие показатели, которые необходимо учитывать в оценке обученности студентов по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации»:

- аппаратное обеспечение сетей;
- структура сети;
- физическая организация передачи данных;
- структурная организация передачи данных;
- технологии, применяемые в сетях;
- умение создавать web-приложения;
- технологии, применяемые для создания web-приложений;
- логичность в выполнении практических заданий;
- активность в изучении материала;
- самостоятельность в обучении, умение разобрать материал и выполнить индивидуальное задание;
- развитость практических навыков.

С помощью разработанного программного обеспечения были сформированы опросные листы для экспертов. По резуль-

татам опроса вычислены коэффициенты важности для каждого параметра для студентов как специальности «ПОВТиАС», так и специальности «ВКСС». Были составлены опросники с параметрами, учитывающими личностные характеристики, и опросники без этих параметров. В итоге для двух вариантов исследования получены разные коэффициенты важности.

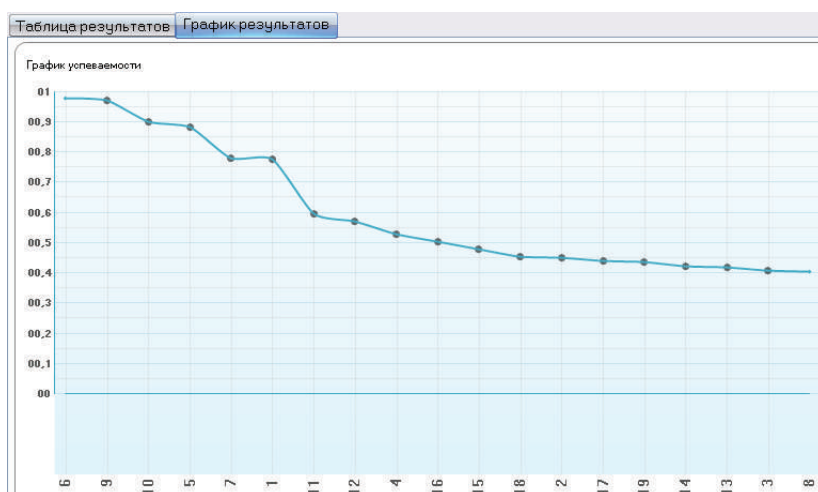
Задания, предложенные студентам для выполнения, можно разбить на следующие группы:

– задания, при выполнении которых надо было проявить самостоятельность в принятии решения, масштабность мышления и другие личностные качества;

– задания, при выполнении которых достаточно запомнить и понять материал учебной дисциплины.

В результате этой работы были получены значения  $D$ -функции, которые отражают уровень обученности студентов по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации» (рис. 1–2).

а



б

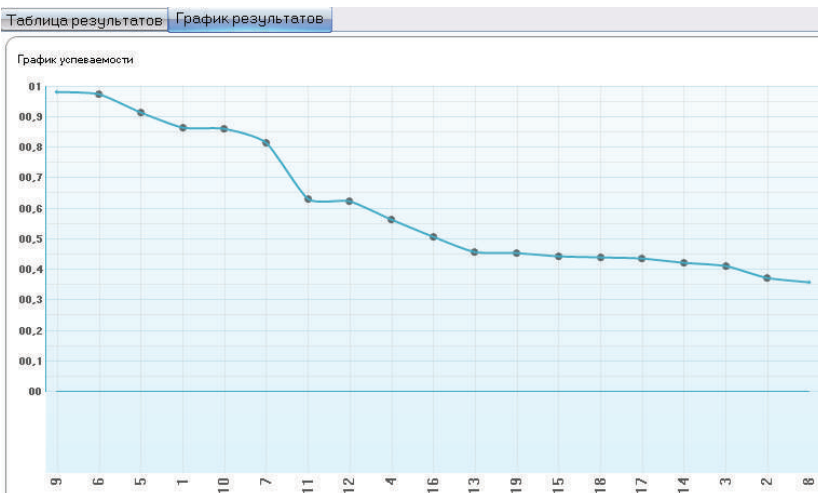


Рис. 1. Окно программы, выводящее результаты для студентов специальности «ПОВТиАС» без учета (а) и с учетом (б) личностных характеристик в виде графика



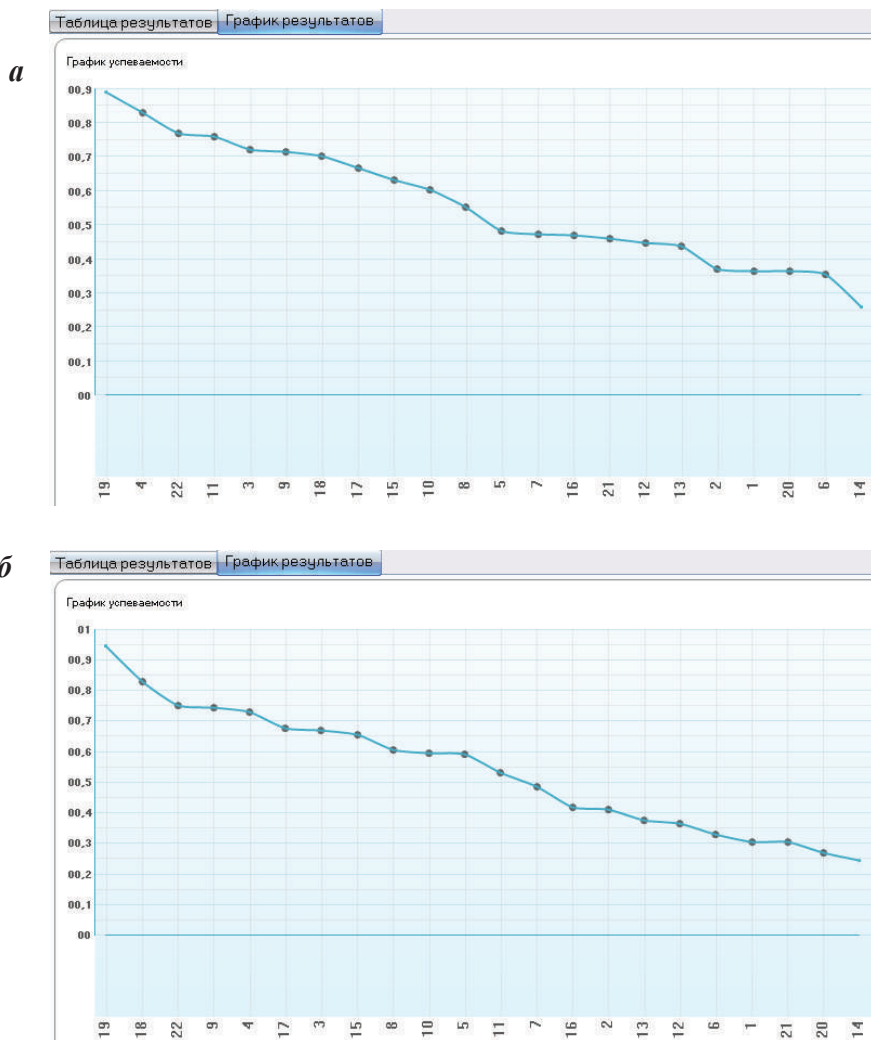


Рис. 2. Окно программы, выводящее результаты для студентов специальности «ВКСС» без учета (а) и с учетом (б) личностных характеристик в виде графика

Разработанный нами подход к формированию интегральной оценки уровня обученности студентов может быть применен при оценке уровня усвоения знаний, полученных при изучении учебных дисциплин, особенно специальных.

Была также проведена оценка усвоения студентами материала по каждому из выделяемых разделов дисциплины, которым были присвоены весовые коэффици-

енты. Полученные результаты представляли собой процент правильных ответов. Кроме того, оценивались практические умения и навыки, а также учитывались такие личные качества студента, как логичность в выполнении практических заданий, активность в изучении материала, самостоятельность в обучении, умение самостоятельно разобрать материал и выполнить индивидуальное задание. Все эти

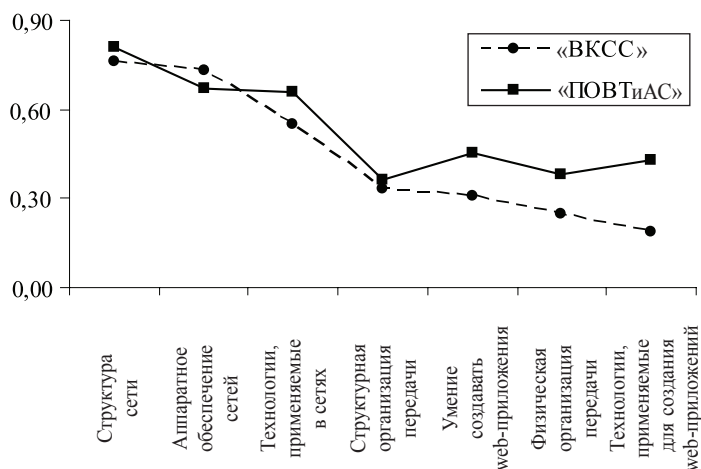


Рис. 3. Усвоение студентами специальностей «ВКСС» и «ПОВТиАС» отдельных разделов дисциплины «Сети ЭВМ и телекоммуникации»

качества оценивались по критериям, приведенным в табл. 2.

С помощью  $D$ -функции были вычислены значения для анализа степени усвоения материала по отдельным разделам дисциплины для каждой группы в отдельности, которые представлены на рис. 3. Из данного рисунка видно, что студенты усваивают разделы предмета по-разному, в зависимости от специальности, на которой они обучаются. Наибольшие проблемы выявлены в разделах, подразумевающих не только теоретическую, но и практическую подготовку.

Таблица 2

**Критерии оценки качественных свойств личности студента**

Степень выраженности свойства	Сопоставляемое числовое значение
Высокая	100
Хорошая	75
Средняя	50
Слабая	25
Свойство не выражено	1

### Анализ уровня обученности студентов Технического колледжа им. Ю.А. Гагарина

С помощью описанной выше методики и программного обеспечения нами был проведен анализ уровня обученности студентов II курса специальности «ВКСС» Технического колледжа им. Ю.А. Гагарина по дисциплине «Программирование на языке высокого уровня» («ПЯВУ»). В качестве данных для анализа были использованы результаты тестирования студентов, результаты практических заданий, выполненных ими на практических и лабораторных занятиях, учтена оценка качеств их личности.

Были выделены следующие показатели, которые необходимо учитывать в оценке обученности студентов по дисциплине «ПЯВУ»:

- понятие и свойства алгоритма;
- этапы решения задачи;
- декларации и константы;
- выражения и операторы;

- типы данных;
- структура программы;
- функции и файлы;
- логическое мышление;
- математическая культура;
- самостоятельность в обучении, умение разобрать материал и выполнить индивидуальное задание.

С помощью экспертов были вычислены коэффициенты важности для каждого параметра.

Личные качества студента, такие как логическое мышление, математическая культура, самостоятельность в обучении, умение разобрать материал и выполнить индивидуальное задание, оценивались

по критериям, указанным в табл. 2. В результате нами были получены значения  $D$ -функции, которые отражают уровень обученности студентов группы по дисциплине «ПЯВУ» (рис. 4).

Поскольку к некоторым разделам дисциплины относилось несколько вопросов теста, было принято решение считать интегральную оценку качества усвоения материала студентами по разделам дисциплины как среднее арифметическое функции  $D$  по вопросам, относящимся к одному разделу. Результаты качества усвоения материала студентами колледжа по разделам дисциплины представлены на рис. 5.

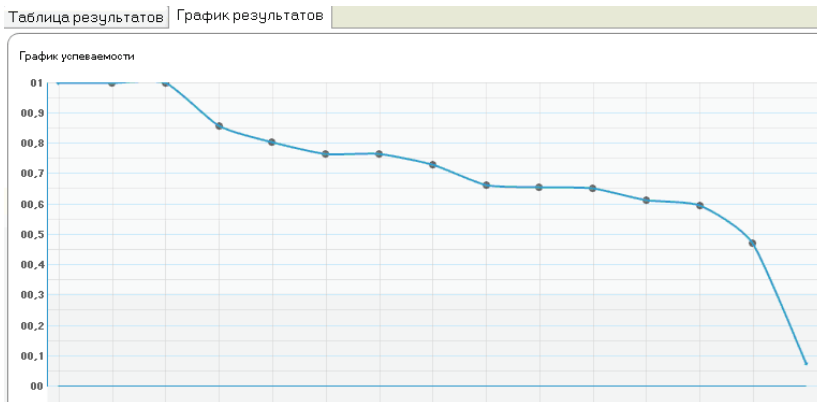


Рис. 4. Окно программы, выводящее результаты в виде графика

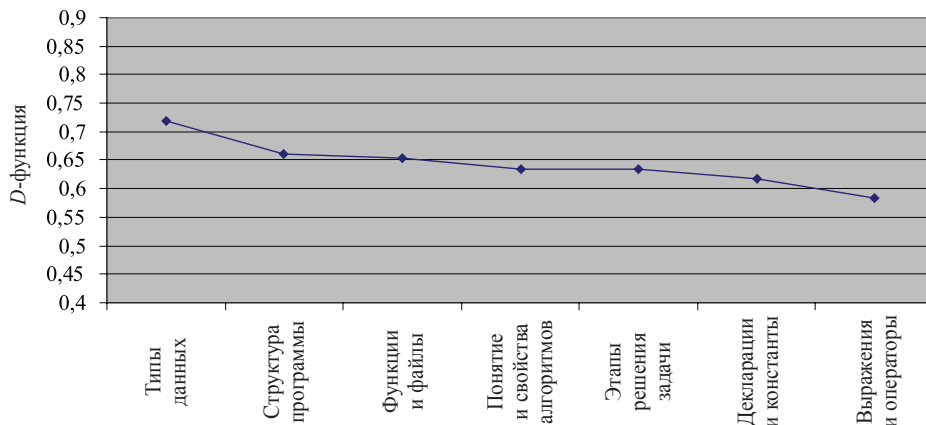


Рис. 5. Усвоение студентами колледжа отдельных разделов дисциплины «ПЯВУ»

Подводя итог вышеизложенному, можно отметить, что использование данной методики и программы позволяет всесторонне оценить степень усвоения студентами материала по каждому разделу предмета, учесть их способность оперировать знаниями и умениями при решении теоретических и практических задач в действиях над конкретным учебным материалом, выявить, насколько личностные качества студента влияют на усвоение им учебного материала.

### **Методика интегральной оценки степени обученности выпускника вуза**

Попробуем применить изложенный выше подход к формированию интегральной оценки степени обученности выпускников вуза. Для этого, по нашему мнению, необходимо, во-первых, оценить степень обученности студента по каждой учебной дисциплине, во-вторых, сформировать интегральный показатель степени его обученности.

Чтобы решить эту задачу, определимся сначала с областью профессиональной деятельности выпускника. Зная эту область, можно с помощью экспертов вычислить значения весовых коэффициентов, учитывающих степень востребованности содержимого каждого предмета в конкретной области профессиональной деятельности выпускника. Имеет смысл рассмотреть несколько возможных областей трудовой деятельности и для каждой из них сформировать свой набор весовых коэффициентов.

Однако успех выпускника определяется не только полученными им знаниями, но и соответствием его психолого-физиологических факторов, например здоровья, характера, той или иной области деятельности. Поэтому следует оценить число-

вым образом эти характеристики и ввести их весовые коэффициенты для каждой возможной области профессиональной деятельности. Выполнив эту работу, мы сможем сформировать интегральный показатель, который позволит выявить уровень успешности студента в каждой из предполагаемых областей профессиональной деятельности.

Для апробации данного подхода были использованы результаты успеваемости студентов одной из специальностей ПГУ. Расчеты проводились по следующей методике:

1) формировалась сводная ведомость оценок по всем предметам, по которым студенты сдавали экзамены, с использованием 100-балльной шкалы;

2) для каждого предмета экспертами устанавливался весовой коэффициент  $\alpha_i$ , характеризующий степень востребованности учебного материала, в зависимости от области, в которой может работать выпускник (рассматривались следующие области: программирование, наука, администрирование баз данных, менеджмент, общепрофессиональная сфера);

3) по данным учебной части фиксировалось, с какого раза студент сдал экзамен по тому или иному предмету (курсовую работу, практику и т. д.);

4) за каждую повторную попытку сдачи экзамена (курсовой, практики и т. д.) оценка студента снижалась на 10 баллов;

5) по полученным оценкам строилась корреляционная матрица, представляющая собой симметричную квадратную матрицу размером  $M \times M$ , где  $M$  – число дисциплин (итогами контроля которых являлся экзамен), изученных студентами за все время учебы в вузе;

6) с использованием корреляционной матрицы строились корреляционные плеяды (пороговое значение коэффициента корреляции выбрано 0,8);

7) из каждой плеяды выбиралось по одному представителю и в ведомости оценок оставались только столбцы представителей плеяд;

8) в полученной ведомости оценок находились соответствующие им значения  $d$ -функции;

9) для каждой предполагаемой области деятельности вычислялось значение обобщенной функции желательности по формуле

$$D_j^1 = \sum_i \alpha_i \sqrt{\prod_i d_i^{\alpha_i}} ;$$

10) дополнительно рассматривались психолого-физиологические факторы, такие, как характер и здоровье;

11) экспертами устанавливались весовые коэффициенты  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  – степени обученности, состояния здоровья, типа харак-

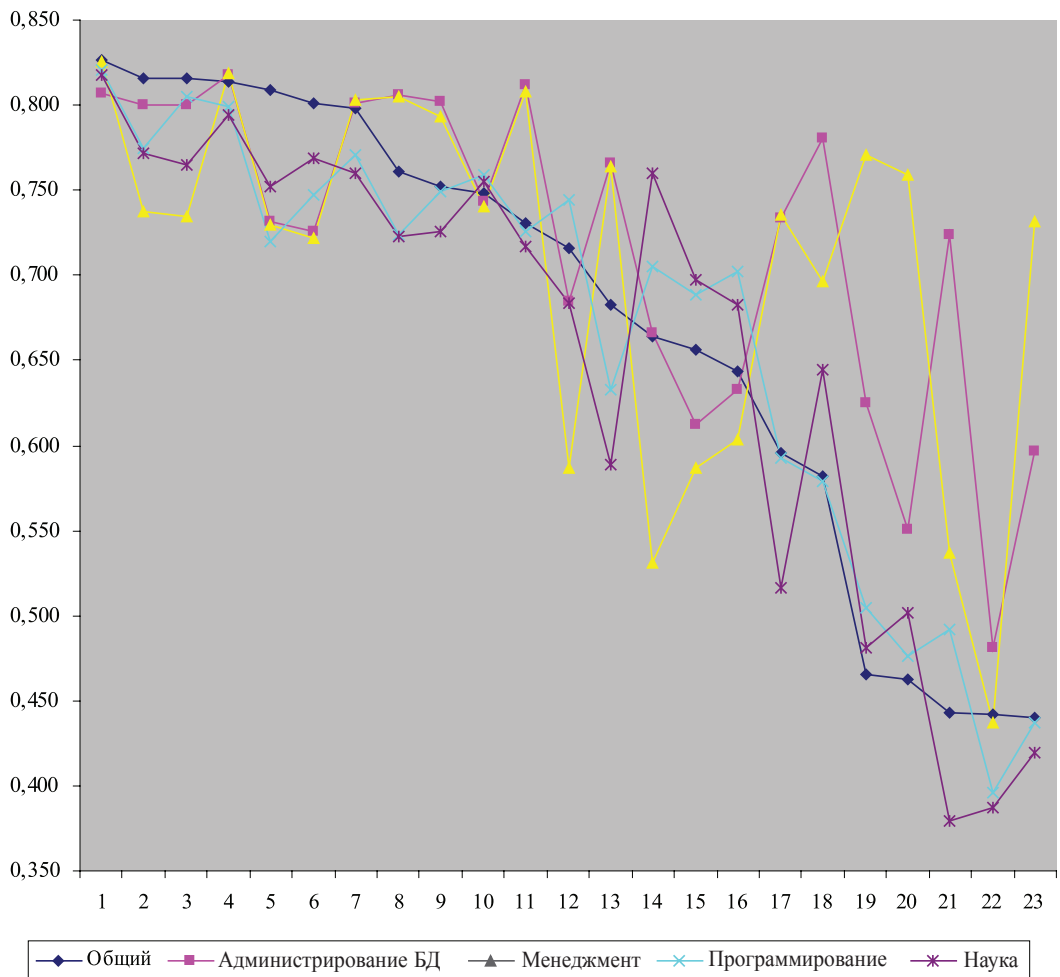


Рис. 6. Результаты по областям деятельности выпускников 2006 г. с учетом психолого-физиологических факторов ( $R_{\text{пор}} = 0,8$ ). Значения  $D$ -функции полезности для группы из 23 студентов

тера студента в зависимости от области, в которой может работать выпускник. При использовании этих коэффициентов были получены значения  $D_j^1$ ,  $D_j^2$  и  $D_j^3$ ;

12) вычислялось значение обобщенной функции желательности для каждой предполагаемой области деятельности с учетом оценки уровня знаний и некоторых психолого-физиологических параметров (состояния здоровья и типа характера) по формуле

$$D_j = \frac{\sum_i \beta_i \sqrt{\prod_i D_j^{i\beta_i}}}{\sum_i \beta_i \sqrt{(D_j^1)^{\beta_1} \cdot (D_j^2)^{\beta_2} \cdot (D_j^3)^{\beta_3}}}$$

для каждого студента  $j$ ,  $1 \leq j \leq n$ , где  $n$  – количество студентов.

Полученные результаты представлены на рис. 6, из которого видно, что дальнейшая профессиональная деятельность для одних выпускников будет более успешна в некоторой конкретной области, для других – одинаково успешными являются несколько областей.

Подводя итог изложенному, хотелось бы подчеркнуть следующее:

– при анализе данных, характеризующих успеваемость любой другой группы студентов, необходимо весь рассмотренный выше алгоритм выполнить заново. При этом вполне возможно, что будут получены другие плеяды и соответственно новые представители плеяд;

– точность данного подхода заметно повысится, если преподаватели с самого начала будут выставлять оценки по 100-балльной шкале;

– следует разработать методику оценки физического состояния и методику оценки характера студента на соответствие требованиям, которые предъявляют-

ся к каждой возможной области трудовой деятельности выпускника.

В целом данный подход представляется нам весьма и весьма перспективным.

## Цитированная литература

1. Долгов Ю.А. Статистическое моделирование. – Тирасполь: РИО ПГУ, 2002. – 280 с.
2. Менчер Э.М., Заславская Ю.Е., Минина Н.П. Некоторые методические вопросы применения обобщенной функции полезности при изучении и оптимизации технологических процессов // Сборник трудов ВНИИнеруд. – Тольятти, 1975. – Вып. 39. – С. 7–12.
3. Менчер Э.М., Минина Н.П. О синтезе обобщенного параметра оптимизации // Вредители растений и их энтомофаги. – Кишинев: Штиинца, 1978. – С. 39–42.
4. Кирсанова А.В. Интегральная диагностика качества выполнения письменных контрольных работ по математике: Дис. ... канд. пед. наук. – М.: МГОПУ им. Шолохова, 2005.
5. Федорченко С.Г., Белоконь О.С. Интегральная оценка обученности студентов по дисциплине «Программирование на языке высокого уровня» // Вестник Приднестр. ун-та. Сер.: Физ.-мат. и техн. науки. – 2009. – № 3. – С. 148–151.
6. Кирсанова А.В., Нижегородова М.В., Помян С.В. Методика оценки обученности студентов по предмету «Информатика» с использованием обобщенной функции полезности // Вестник Приднестр. ун-та. Сер.: Физ.-мат. и техн. науки. – 2009. – № 3. – С. 139–142.
7. Поксеваткин М.И., Пятковский И.О. К вопросу квалиметрии профессиональных компетенций выпускника на этапах его обучения // Гарантии качества высшего профессионального образования: Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. – 360 с.



УДК 002.6

А.Б. Глазов, ст. преп.

А.А. Ляху, ст. преп.

Л.Я. Козак, ст. преп.

О.В. Сташкова, преп.

О.В. Шестопал, ст. преп.

Н.С. Глазова, преп.

## ЭЛЕМЕНТЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ РЫБНИЦКОГО ФИЛИАЛА ПГУ им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

*В Рыбницком филиале ПГУ им. Т.Г. Шевченко разрабатываются элементы распределенной системы обработки документов на основе гетерогенных рабочих мест. В основу создания системы положено несколько нетривиальных решений как в области организации обмена информацией, так и в области обработки данных на отдельных рабочих местах. Достигнуты определенные успехи и в разработке оригинальной технологии списков адресов в памяти и в реализации конкретных автоматизированных рабочих мест, в частности автоматизированного рабочего места библиотекаря. Работы в данном направлении продолжаются.*

В 2008 г. коллективом кафедры физики, математики и информатики Рыбницкого филиала ПГУ им. Т.Г. Шевченко была поставлена задача создать и объединить автоматизированные рабочие места (АРМ) работников филиала в единую систему обработки документов. Некоторые АРМ реализовались до этого в рамках дипломных проектов, однако из-за отсутствия должного сопровождения после окончания обучения студентов они теряли свою эффективность. В результате практически на всех рабочих местах делопроизводство продолжали вести в пакете Microsoft Office, а передачу данных между отделами выполняли с помощью сменных носителей.

На первом этапе все рабочие места филиала были связаны локальной сетью, изолированной от компьютерных классов. Следует отметить, что в настоящее время в Рыбницком филиале ПГУ для обработки документов используется следующий парк средств вычислительной техники: в деканате, бухгалтерии и электронной библиотеке установлено по три компьютера, в отделе кадров, на каждой из пяти кафедр, на

заочном отделении, в шлюзе в Интернет, в студенческом комитете, в технических службах и в межвузовском центре – по одному компьютеру.

На втором этапе была определена технология обмена данными между отдельными рабочими местами.

Сегодня рынок программного обеспечения в области электронного документооборота изобилует всевозможными решениями. При этом спектр используемых технологий организации обмена данными весьма широк. Старые, но все еще находящиеся в эксплуатации системы базирующиеся на файл-серверной технологии. Преимущество этого подхода заключается в представлении документов системы в явном виде, почти всегда понятном конечному исполнителю. Кроме того, практически не требуется специального программного обеспечения, достаточно наличия офисного пакета. Недостатки: абсолютно не отражается семантика данных предметной области, перегружен трафик сети, фактически отсутствует оптимизация запросов в системе, поиск по документам занимает

длительное время, очень высок объем дублируемой информации.

Более современной считается технология «Клиент-сервер». Этот подход обладает следующими преимуществами: уменьшением сетевого трафика за счет выполнения запросов на стороне сервера и передачи клиенту только результатов; возможностью автоматической проверки валидности данных на сервере, при этом правила валидации являются общими для всех клиентов; наличием большого количества программного обеспечения, необходимого для работы серверной части; возможностью использования готовых решений в области аналитики данных. К недостаткам следует отнести высокие требования к аппаратному обеспечению системы, сверхчувствительность к перебоям в работе сети и сервера, необходимость создания специализированных программ для каждого клиента.

Разновидностью клиент-серверной технологии можно считать и популярную в последнее время распределенную технологию хранения данных. При ее использовании отпадает необходимость в наличии сервера в системе как такового. Каждое клиентское место выступает в роли мини-сервера и способно обеспечить выполнение запросов от других рабочих мест локально, с передачей по сети только полученного результата. Преимущество распределенных систем заключается в том, что они обладают высокой отказоустойчивостью (при отключении одного или нескольких рабочих мест сохраняется частичная работоспособность системы документооборота в целом), возможностью создания архивной копии части информации. К недостаткам следует отнести повышенные требования к аппаратной части каждого рабочего места, явную необходимость наличия детально проработанной модели предметной области (это касается и клиент-сервера), высокую сложность программного обеспечения на локальных рабочих местах (кроме выпол-

нения штатных задач нужно предусмотреть обработку внешних запросов).

Независимо от применяемой для организации системы электронного документооборота технологии или набора технологий крайне важен способ актуализации данных. В системах с неявным представлением документов проблем не возникает, так как передаются большей частью только измененные данные. При использовании явного представления документов предметной области проблема передачи изменений возрастает до катастрофических масштабов, поскольку при изменении всего одного значения приходится передавать весь документ.

После исследования возможных вариантов в основу системы обмена данных была положена архитектура «Менеджер-Агент». Суть ее заключается в наборе автономных АРМов, каждый из которых генерирует некоторые документы, при этом оставшиеся документы «Менеджер-Агент» получает от других АРМов для использования без права изменения. Основное отличие от стандартной распределенной архитектуры состоит в наличии выделенного компьютера – «Менеджера», предназначенного для организации обмена данными между остальными компьютерами сети – «Агентами». Весь обмен данными выполняется только как реакция «Агентов» на команды «Менеджера». Запросы от других хостов сети «Агентами» игнорируются, что повышает устойчивость системы к взлому.

Запросы от «Агентов» к «Менеджеру» тоже отсутствуют; последний не выполняет никакой сложной обработки данных, кроме пересылки их между хостами, что снижает требования к его аппаратной части и ускоряет работу каждого АРМа. Работа «Менеджера» сводится к циклическому опросу клиентов на предмет появления у них новой информации и при наличии таковой – к передаче ее на другие хосты, которым она необходима. Система документов учебного заведения обновля-

ется относительно медленно, что позволяет синхронизировать их содержимое при однократной передаче изменений с периодичностью в несколько секунд.

Технические характеристики всех рабочих мест филиала позволяют обеспечить хранение и обработку локальных данных. Поэтому в каждый момент времени на каждом рабочем месте имеется полный набор данных для его функционирования, что дает возможность свести к минимуму обмен данными в сети и возложить на нее только согласующую роль.

Каждая порция новых данных передается по сети только один раз – это разгружает сеть и ослабляет требования к мощности «Менеджера». На нем не выполняется обработка сложных запросов клиентов, так как эти запросы просто отсутствуют. «Менеджер» сам определяет необходимость передачи данных между АРМами и сам ее обеспечивает, что снижает вероятность коллизий.

Прохождение всех данных через такой центральный узел позволит восстановить их в случае отказа АРМов-получателей. Отсутствие запросов клиентов также увеличивает защищенность системы от вторжения. При «падении» «Менеджера» или при отказе сети работоспособность всех рабочих мест сохраняется в отличие от архитектуры «Клиент-сервер». Полагаем, что в такой ситуации лучше, чтобы все АРМы работали с данными на момент останова, чем вообще не работали. При отказе любого числа компьютеров остальные также сохраняют свою работоспособность. Каждый АРМ имеет право вводить и редактировать только четко определенный набор документов, причем каждый документ вводится и корректируется только на одном АРМе, поэтому ввод и коррекция документов возможны в такой сети всегда.

Подобная система обмена данными положена в основу протокола управления маршрутизаторами сети **SNMP (Simple**

**Network Management Protocol)** и используется для обмена небольшими порциями управляющей информацией, обеспечивающей функционирование сети Интернет.

Нами были созданы два пробных варианта реализации технологии «Менеджер-Агент» на основе **UDP** и **ICMP** протоколов. Система обмена на **ICMP** протоколе показала высокую надежность в условиях намеренных высокочастотных помех. В настоящее время ведутся работы по реализации технологии на **TCP** протоколе. После их завершения будет выбрана оптимальная реализация.

Для обеспечения максимальной скорости обмена данными и обработки документов на локальных рабочих местах возникает задача инкрементной передачи данных: при изменении документа требуется передать заинтересованным агентам только сами изменения, а не весь документ. Это существенно (на порядки) снижает трафик сети. Например, объем заполненного журнала академической группы за семестр в **Excel** формате составляет около 400 килобайт, применение архиваторов уменьшает этот объем в 8 раз, в то время как чистые данные в нем за неделю не превосходят 1 килобайт.

С целью сокращения данных на локальном рабочем месте предлагается использовать для их обработки технологию списков адресов в памяти (**SPAD**), разрабатываемую в Рыбницком филиале ПГУ. Суть ее заключается в следующем:

1) полезные данные любого документа хранятся в чистом текстовом формате и отделяются от представления документа (книга **Excel**);

2) такое разделение резко уменьшает объем данных, что позволяет хранить и обрабатывать их в оперативной памяти компьютера и таким образом обеспечивать высокую скорость обработки;

3) легко реализуется выделение изменений документа, что уменьшает трафик передачи данных в сети;

4) в процессе работы с приложениями файловые операции выполняются всего два раза – при открытии документа и по завершении работы. Вся обработка данных выполняется в оперативной памяти компьютера.

Описанный подход широко практикуется разработчиками СУБД последние пять лет. Так, в [1, 2] описаны распределенные системы обработки данных в памяти MemcacheDB для хранения баз в формате ключ-значение и ее российский аналог Redis. Обе эти системы показывают высокую производительность [1, 2] даже на Linux-сервере начального уровня. API Redis доступен для многих языков программирования: Ruby, Python, PHP, Erlang, Tcl, Perl, Lua, Java.

Высокопроизводительные системы, поддерживающие базы данных в оперативной памяти, предлагаются сегодня корпорациями IBM (SolidDB) [3], Oracle (TimesTen) [4] и другими солидными разработчиками программного обеспечения. Широкий обзор СУБД в оперативной памяти приведен в [5, 6].

Технология SPAD, разрабатываемая на кафедре физики, математики и информатики Рыбницкого филиала ПГУ [7–9], имеет ряд отличий от описанных выше систем – они связаны в основном с явной асимметрией хранения данных и модификацией некоторых операций с данными для оптимизации доступа к ним. Вместо традиционного табличного представления предлагается хранить данные в оперативной памяти в форме списков текстовых строк, организованных в деревья со структурой, определяемой конкретной задачей. Манипуляции этими списками производятся с помощью списков их адресов. Ветка дерева описывается линейным списком адресов, каждый из которых может быть либо адресом строки данных, либо адресом вложенной ветки. Обращение к конкретному элементу дерева производится по

его адресу в дереве-строке, состоящей из целых чисел, разделенных точками.

Основная часть работы по этой технологии реализована на C++ в виде двух динамических библиотек, одна из которых обеспечивает логику обработки данных, а другая отвечает за их визуализацию.

В настоящее время ведется работа по использованию различных сред визуализации, например Word, Excel и т. п., при этом логика обработки остается за классом SPAD. Это обеспечит пользователям привычную среду работы, сохранит высокую скорость обработки и обмена данными.

Сравним реальные объемы данных на примере журнала 420 группы за второй семестр 2008/09 уч. года. Анализ представленных в таблице данных показывает, что SPAD позволяют передавать по сети весь журнал одним пакетом. Для облегчения внедрения предлагаемой технологии сетевого обмена было принято решение о гетерогенности рабочих мест, т. е. об использовании на каждом из них той среды обработки документов, к которой привыкли пользователи к настоящему моменту. Сегодня обработка документов на кафедрах, в деканате и во вспомогательных подразделениях ведется в среде Microsoft Office, в бухгалтерии и в отделе кадров уже есть реализации АРМов в пакете «1С-Предприятие». За последние несколько лет усилия по созданию таких АРМов позволили достичь следующих результатов.

«Отдел кадров» является одним из ключевых АРМов документооборота. Работа по его автоматизации осуществлялась силами студентов-дипломников в средах

Сравнение объема данных

Программа обработки	Объем данных журнала (байты)
Excel	390 144
SPAD	50 226
Excel+Rar	12 477
SPAD+Rar	3 140

ORACLE, C++Builder (с использованием SPAD), «1С-Кадры». Во всех этих средах были автоматизированы основные функции работника отдела кадров, сформированы и частично заполнены базы данных по сотрудникам филиала, обеспечено формирование ряда выходных документов. Операции, выполненные в ORACLE и «1С-Кадры», предъявляли повышенные требования к мощности компьютера, поэтому на имеющемся оборудовании показывали низкую скорость работы. Технология SPAD продемонстрировала более высокую скорость обработки, хотя имела некоторые замечания по устойчивости.

Попытки автоматизации рабочих мест сотрудников деканата также осуществлялись студентами-дипломниками. Каждая из этих работ охватывала часть информационных процессов, выполняемых методистом деканата. Следует отметить работу П. Настаса, в которой была предпринята попытка применения SPAD технологии для формирования расписания и списков студентов и предметов. Главным ее достоинством является возможность использования всей мощности стандартных офисных средств на базе MS Excel, известной методистам деканата, и технологии SPAD, обеспечивающей быструю обработку и обмен данными. На сегодняшний день приложение автоматически формирует ведомости, личные и учебные карточки студентов, позволяет вести журнал учета успеваемости.

База данных полностью заполнена в соответствии с данными специальности «ПОВТиАС». Дальнейшее развитие программного продукта будет направлено на формирование отчетной документации и максимальный охват номенклатуры дел деканата филиала.

В 2009 г. был автоматизирован расчет заработной платы в бухгалтерии филиала на базе «1С-Бухгалтерия», производившийся в среде MS Excel. Поскольку этот

продукт использует технологию «Клиент-сервер», то под сервер была выделена одна из рабочих машин бухгалтерии. Опыт эксплуатации системы показал, с одной стороны, правильность расчетной части АРМа (выполнялся параллельный счет с существующей системой в течение нескольких месяцев), а с другой – отсутствие устойчивой работы без выделенного сервера. В будущем планируется создать в рамках этой системы АРМы экономиста, главного бухгалтера, бухгалтера по основным средствам и кассира. Нерешенной пока остается проблема обмена данными между бухгалтерией и другими АРМами.

В 2009 г. был разработан электронный журнал академической группы на MS Excel с целью автоматизации работы лаборанта кафедры. Отличительной особенностью этого журнала является возможность его заполнения без использования клавиатуры. Электронные журналы всех групп факультета были заполнены реальными данными за второй семестр 2008/09 уч. года. В течение второго семестра проводился эксперимент по выводу пропусков занятий студентами на сайт Рыбницкого филиала ПГУ из электронного журнала. Следует отметить активную работу в этом направлении сотрудников кафедры Л.Ф. Кардаш и А.А. Станьковской.

Значительный объем работы был выполнен при создании АРМа библиотекаря. Исследовалась проблема организации системы комплектования фонда библиотеки Рыбницкого филиала ПГУ учебно-методической литературой. На сайте электронной библиотеки создана поисковая система с последующей возможностью передачи клиенту необходимых страниц, найденных по запросу.

На сайте электронной библиотеки была также реализована возможность загрузки, хранения и систематизации учебно-методической литературы не только преподавателями, но и студентами фили-



ала, создан модуль поиска текста в оглавлении книг, отсканировано и распознано около 85 % (данные по оглавлениям – на октябрь 2009 г.) литературы фонда библиотеки, реализована и внедрена в практику система формирования читательских билетов, формуляров, каталожных карточек и других документов. На программном уровне реализован жизненный цикл литературы в библиотеке.

По заказу библиотекаря была предусмотрена возможность распечатки документов: читательского билета и читательского формуляра. Благодаря этому нововведению получена экономическая выгода: в 2008 г. цена 100 читательских билетов, оттиражированных в типографии, составила 600 руб., а в 2009 г. 150 читательских билетов стоили около 200 руб.

Особое внимание уделялось одной из наиболее важных функций библиотекаря – поиску информации. Была разработана система полнотекстового поиска по оглавлениям материалов библиотеки, которая широко используется как студентами, так и преподавателями филиала. Данная работа проводилась в средах Delphi и MySQL.

В 2008–2009 гг. осуществлялась апробация разработанной системы комплектования фонда учебно-методической литературы библиотеки Рыбницкого филиала ПГУ и ее адаптация. Сегодня уже можно говорить о практически завершенном АРМе библиотекаря.

Таким образом, за последние два года коллективом кафедры проделана большая работа по формированию элементов системы обработки документов. Проложена отдельная сеть документооборота с выходом в Интернет. Разрабатывается оригинальная технология обмена данными по сети, построенная по принципам протоколов управления маршрутизаторами сети и предусматривающая однократную передачу каждой порции данных между

рабочими местами. Такой подход снижает требования к мощности компьютеров сети, позволяет повысить ее помехоустойчивость и защищенность от внешнего вмешательства. Кроме того, повышается скорость работы приложений.

Близка к завершению технология хранения документов в форме SPAD файлов, обеспечивающая значительную экономию в размерах данных, возможность обработки их непосредственно в оперативной памяти компьютера, что увеличивает скорость работы каждого АРМа и снижает требования к его мощности.

### Цитированная литература

1. <http://memcachedb.org/>
2. <http://habrahabr.ru/blogs/webdev/64917/>
3. <http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg27015186>
4. <http://www.oracle.com/technology/products/timesten/index.html>
5. <http://www.sntru.com/Content.Node/news/pressroom/pressreleases/35116.ru.php>
6. <http://www.osp.ru/text/print/302/5479333.html>
7. Глазов А.Б. Малые задачи и некоторые методы их решения // Материалы III Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве». – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2003.
8. Глазов А.Б. Обработка данных в малых задачах // Материалы IV Международной конференции «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве». – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2005. – С. 124–125.
9. Гайдаржи Г.Х., Глазов А.Б. Иерархические структуры данных в малых задачах // Труды Международного научно-методического симпозиума СИО–2006. – Мальта, 2006. – С. 151–153.



Л.Г. Сенокосова, канд. экон. наук, проф.

## ИПОТЕЧНЫЙ КРЕДИТ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

*Рассматриваются вопросы жилищной проблемы в России и Приднестровье. Акцентируется внимание на необходимости более широкого использования ипотечного кредитования как формы потребительского кредита, приводятся примеры из зарубежной практики.*

*Анализируется банковская практика предоставления ипотечного кредита и предлагаются пути ее совершенствования.*

Потребность человека в жилье является наиболее важной по сравнению с потребностями в любом другом имуществе длительного пользования. Однако в настоящее время строительство, покупку индивидуального дома или квартиры большая часть населения Приднестровья, как и всего постсоветского пространства, не может осуществить в связи с низкой покупательной способностью. Поскольку все сбережения населения на территории бывшего СССР в результате инфляции обесценились, а сделать новые накопления в современных условиях может далеко не каждый, наиболее реальный способ решения жилищной проблемы видится в получении потребительского (ипотечного) кредита.

Для Российской Федерации и других бывших союзных республик жилищный вопрос, в том числе качество жилья, является сегодня крайне актуальным. Эта проблема находит свое отражение в государственных документах по социальному развитию. Так, в 1993 г. в рамках действующего в России Закона «Об основах федеральной жилищной политики» была принята государственная целевая программа «Жилище», в которую вошли следующие задачи: сохранение имеющегося жилищного фонда и последовательная замена ветхого, аварийного и морально устаревшего жилья новым.

В основном жилищный фонд России состоит из капитальных кирпичных зданий, различных типов железобетонных конструкций, дерева и местных строительных материалов. Большая его часть, созданная в 60-е годы – время массового строительства, устарела и требует реконструкции. Из общей площади введенного в 2009 г. жилья (без индивидуального) 2,1 % (578,2 тыс. кв. м) построено за счет реконструкции действовавшего ранее жилфонда. Наиболее широко (от 7 до 12 %) такой способ жилищного строительства применяется в Астраханской и Омской областях, в Санкт-Петербурге, Республике Хакасия.

Существенную проблему для России составляет благоустройство жилищного фонда, уровень которого оценивается долей населенных пунктов, имеющих водопровод, канализацию, центральное отопление, горячее водоснабжение, газ, в общей численности населенных пунктов. Так, в среднем по Российской Федерации в 2009 г. водопроводом было обеспечено 73,8 % жилищного фонда, центральным отоплением – 71,5 %, горячим водоснабжением – 58,2 %, газом – 71,9 %. При этом показатели благоустройства жилищного фонда в городской и сельской местности сильно различаются. К примеру, уровень обеспечения газом сельского жилищного фонда превосходит уровень городского,

поскольку в городах в последние годы при жилищном строительстве предусматривается установка электрических плит вместо газовых. Кроме того, в сельской местности велик процент жилых домов, в которых для подогрева воды используются газовые колонки.

Следует отметить, что в последние 10–15 лет достаточно быстрыми темпами растет число квартир, построенных россиянами за свой счет и с помощью кредитов, – за период с 1995 по 2009 г. число таких квартир возросло на 28,3 %, а их средняя площадь увеличилась на 23,8 %. Даже в кризисном 1998 г. объемы строительства жилья увеличились на 9,6 %, а средняя его площадь – на 4,04 %, при этом средняя площадь квартир, построенных частными лицами, примерно на 46–51 % превышает площадь квартир, построенных организациями.

В связи с существенной переориентацией спроса населения на современное жилье необходимо соблюдать определенные стандарты комфортабельности, уровень которой продолжает оставаться неудовлетворительным. Особенно это касается сельской местности. Отоплением, водоснабжением и канализацией оборудовано только около 25 % завершенных основных строений постоянного проживания и около 1 % основных строений временного проживания. Более половины дач и летних домиков не имеют ни одного из перечисленных видов благоустройства. Уровень комфортабельности жилья в городских поселениях по всем показателям выше, чем в сельской местности: водопроводом обеспечено в 1,95 раза больше квартир, канализацией – в 1,66 раза, центральным отоплением – в 1,68 раза, горячим водоснабжением – в 2,0 раза.

Основные трудности в развитии сферы жилищного строительства связаны, прежде всего, с недостаточностью и нерациональной структурой финанси-

рования. Поэтому одной из задач программы жилищного строительства является совершенствование системы финансирования. Перспективным, на наш взгляд, представляется более широкое распространение жилищного строительства за счет средств населения.

Существует значительная дифференциация в расходах на строительство и ремонт в группах населения с различным уровнем благосостояния. В 1999 г. затраты на строительство и капитальный ремонт в семьях с высоким уровнем достатка в 127 раз повышали аналогичный показатель в семьях с низкими доходами. В 2009 г. эта разница стала еще больше и составила 156 раз.

По оценке Госкомстата России, реальные затраты населения на жилищное строительство, осуществляемое на землях, выделенных специально под эту статью, составили в 2009 г. 4,6 % в общем объеме инвестиций в основной капитал в Российской Федерации, на дачных и садовых участках – примерно 2 %.

Обеспеченность жильем – один из основных показателей, характеризующих уровень жизни населения, и Россия по этому показателю входит в седьмой десяток стран мира. В очереди на улучшение жилищных условий стоят 4,43 млн российских семей (18,6 % от общего количества), а время ожидания составляет от 15 до 20 лет. При этом площадь квартиры на одного жителя в целом по России составляла в 2005 г. 20,4 кв. м. Самый низкий показатель отмечен в Республике Ингушетия (6,7 кв. м), а наиболее высокий – в Чукотском автономном округе (28,4 кв. м).

Рассчитано: чтобы обеспечить жильем с помощью ипотечного жилищного кредитования россиян в расчете 40 кв. м полезной площади на одного человека, при существующих темпах строительства потребуется более 150 лет. При этом следует отметить, что степень износа ос-

новых фондов в строительстве достигла в РФ почти 45 %, а в промышленности строительных материалов – около 54 %, поэтому потребуются дополнительные средства и время. К тому же в 1998 г. в России насчитывалось 137 156 строительных организаций, число которых к 2003 г. уменьшилось на 23 578 единиц, т. е. на 83 %. В стратегии развития строительного комплекса РФ на перспективу до 2010 г. отмечается, что доля непосредственного строительства в ВВП составляет 7,3 %, а в отрасли занято 8 млн строителей (всего, по данным на конец 2003 г., зафиксировано 113 578 строительных организаций, в том числе 2 455 государственных, 909 муниципальных, 104 954 частные, 3 897 смешанных, 1 363 прочих) [1].

Начало нового века ознаменовалось некоторым сдвигом в развитии ипотечного кредитования. Однако массовой ипотека в России пока еще не стала, поскольку доля совокупного ипотечного капитала в ВВП страны не достигает и 1 %. В год банковская система России выдает от 30 до 40 тысяч кредитов, тогда как ее возможности гораздо больше. Одной из причин слабого спроса на жилье являются низкие доходы населения.

За последние два года ипотечные ставки в РФ сократились в среднем на 2 %. Средние ставки займов на покупку готового жилья в долларах США снизились до 7 % годовых, в российских рублях – до 12 % годовых, а для строящегося жилья – до 15 % в долларах и 18 % в рублях. Рубежи дальнейшего движения ставок указаны в национальном жилищном проекте, где предусмотрено их снижение по рублевым кредитам до 11 % в 2007 г., до 10 % в 2008 г. и до 9 % в 2009 г. [2].

Необходимость решения жилищной проблемы дополняется высокой платой за проживание по найму. Именно эксплуатация домовладельцами своих жильцов стала одной из причин массового приоб-

ретения населением США квартир в собственность. В последние годы квартплата в Америке росла в среднем в 1,5 раза быстрее, чем цены на прочие товары и услуги. В крупных городах США она составляет сегодня от 800 до 1000 и выше долларов в месяц. Вынуждая съемщиков платить такую высокую цену, хозяева в то же время с целью получить больше прибыли сводят к минимуму затраты на содержание домов, что сказывается на их состоянии. Например, в 1960 г., по официальным данным, 35 % всех сдаваемых в наем квартир, располагалось в ветхих зданиях или не имело всех либо части необходимых удобств. Кроме того, по метражу съемные квартиры значительно меньше отдельных личных домов. Поскольку темпы государственного жилищного строительства в США крайне низкие, покупка в рассрочку собственных домов или квартир является для широких слоев американского населения единственным способом избавиться от кабалы домовладельцев и получить более подходящее жилье.

В настоящее время в развитых капиталистических странах обычные займы на приобретение собственных домов предоставляются на следующих условиях: первоначальный взнос наличными составляет 25–30 % от цены дома, срок погашения кредита – 24–30 лет, процентная ставка – от 6 до 10 % от невыплаченного долга. Нередко займы выдаются на еще более жестких условиях, например при вторичном закладывании уже заложенного долга ставка возрастает на 15–25 %. Кроме того, должники должны платить налоги на недвижимую собственность, оплачивать коммунальные услуги, ремонт и т. д. В результате ежемесячные жилищные платежи лиц, купивших в кредит недвижимость, образуют значительную сумму. В 1960 г. в городских зонах США они составляли примерно 109 дол., в частности в районе Нью-Йорка – 133 дол., Чикаго – 137 дол.

Это значительно выше размеров квартплаты, которая в том же 1960 г. в Нью-Йорке в среднем достигала 75 дол., а в Чикаго – 90 дол.

В 60-е годы XX столетия удельный вес жилищных платежей в доходах населения США зависел от материального положения квартиросъемщиков. Например, в семьях с месячными доходами 1000–1200 дол. он составлял до 15 %; с доходами 650–700 долларов – до 20 %, 400–450 дол. – до 25 %, а с доходами меньше 300 долларов – 32 % и выше. Поэтому далеко не каждый американец мог позволить себе купить дом. Доля должников за собственные дома в различных группах населения в 1960 г. в 1/3 семей (от всего населения) с самыми высокими доходами составляла 47 %, в 1/3 семей со средними доходами – 43 %, в 1/3 семей с самыми низкими доходами – 17 %.

Как показывает опыт, с бременем ипотечных платежей успешно справляются лица, доходы которых выше среднего уровня. В семьях с низкими и средними доходами более других наращиваются задолженности по ипотечному кредиту. Динамику роста количества должников по ипотекам в США можно проследить по следующим цифрам: в 1940 г. – 4,8 млн человек, в 1950 г. – 7,8 млн, в 1960 г. – 9,8 млн, в 1970 г. – **10,7 млн**, в **1980 г. – 14,9 млн** и в 1990 г. – 15,9 млн человек. Эти данные подтверждают стабильный рост задолженности по ипотеке.

Острота жилищной проблемы для средне- и низкооплачиваемых семей вынудила США принять в 1987 г. программу государственного жилищного строительства, которая предусматривала строительство 810 тыс. квартир для беднейших семей с квартирной платой, которая была на 20 % ниже существующего уровня в частных домах. Однако домовладельцы усмотрели в этой программе угрозу своим доходам и сорвали ее выполнение. В то время доля

государства во всем жилищном строительстве составляла около 3 %, в том числе 1/3 квартир была предназначена для нуждающегося населения, а остальные 2/3 были заселены служащими военных ведомств и ветеранами войн.

В далеком прошлом тот, кто давал деньги в долг под обязательство вернуть его деньгами или имуществом, ставил на земле должника столб с надписью, которая гласила, что земля и имущество являются обеспечением долга на определенную сумму. Такой столб назывался «ипотека» (от лат. *hypotheca* – залог, заклад). В настоящее время этим термином обозначаются два понятия: ссуда, выдаваемая под залог недвижимого имущества, и залог недвижимого имущества под такую ссуду [3].

Под ипотечным кредитованием понимается ссуда под залог недвижимости. Она выдается на приобретение или строительство жилья, на покупку земли, т. е. имеет долгосрочный характер. Ипотечный кредит считается одним из наиболее «надежных» для кредитора видов кредитования. В ипотечной сделке владелец имущества получает ссуду у кредитора (который одновременно становится залогодержателем) и передает ему в качестве обеспечения кредита право на преимущественное удовлетворение своих претензий из стоимости заложенного имущества (в случае отказа от погашения кредита или его неполного погашения). Этот вид кредита широко используется в США, Канаде, Великобритании.

К исключительно важным принципам ипотеки относятся конкретность залога (т. е. определение в договоре конкретного имущества, являющегося объектом залогового права) и гласность залога (т. е. требование, чтобы обремененность данного имущества залогом была легко распознаваема для третьих лиц).

Наиболее распространены стандартные, или типовые, ипотечные ссуды, при

которых сумма основного долга и проценты за пользование ссудой погашаются равными долями (ежемесячно). Срок ипотеки, как правило, большой, в развитых странах он может достигать 30 лет. В типовые схемы предоставления ипотечного кредита постоянно вносятся изменения, направленные на повышение гибкости ипотечного кредитования. Это:

– ссуды с периодическим ростом платежей, которые предусматривают постоянный рост расходов должника первые пять или десять лет;

– ссуды с изменяющейся суммой выплат, предполагающие наличие льготного периода, в котором должник выплачивает только проценты. Такой способ распределения нагрузки дает наибольшую выгоду должнику;

– ипотека с переменной процентной ставкой, когда ее уровень фиксируется в договоре в виде конкретной величины и «привязывается» к какому-либо конкретному показателю или индексу. Пересмотр ставок осуществляется один раз в полугодие.

Ипотечный кредит предоставляют банки, специализирующиеся на выдаче долгосрочных займов под залог основных средств или имущественного комплекса предприятия в целом. При этом заложенное в банке имущество продолжает использоваться предприятием. Развитие ипотечного кредита во многом зависит от гарантий прав собственности, которые должны быть обеспечены эффективной системой регистрации прав собственности и закреплены конституционно.

В настоящее время коммерческие банки России предоставляют три вида жилищных кредитов:

– краткосрочный или долгосрочный кредит – на приобретение и обустройство земли заемщиком под предстоящее жилищное строительство (земельный кредит);

– краткосрочный кредит на строительство (реконструкцию) жилья – для финансирования строительных работ (строительный кредит);

– долгосрочный кредит для приобретения жилья (кредит на приобретение жилья).

Основными документами, определяющими взаимоотношения банка и заемщика при предоставлении ссуды, являются кредитный договор и договор о залоге (ипотеке).

В кредитном договоре определяются цель получения кредита, срок и размеры, порядок выдачи и погашения ссуды, инструмент кредитования (процентная ставка, условия и периодичность ее изменения), обеспечение кредитного обязательства, условия страхования ссуды, санкции за нецелевое использование и несвоевременный ее возврат, размеры и порядок уплаты штрафов, порядок расторжения договора, другие условия по соглашению кредитора и заемщика.

Конкретные условия жилищного кредитования устанавливаются банком по согласованию с заемщиком. При этом возможно использование плавающей процентной ставки, индексирования суммы основного долга, отсрочки платежей заемщика. В зависимости от вида кредита в договоре о залоге (ипотеке) определяются форма, размер и порядок залогового обеспечения кредита.

Предметом залога может быть:

– земельный участок под строительство, являющийся собственностью заемщика, или другие имущественные права на этот участок;

– готовое жилье или незавершенное строительство;

– иные виды имущества и имущественных прав.

Жилые комнаты, составляющие часть дома (квартиры), не являются предметом ипотеки. В ипотеку может передаваться



только жилой дом (квартира), принадлежащий залогодателю на правах собственности. Залогодержателями жилого дома (квартиры) могут быть только банки и другие кредитные учреждения, имеющие специальную лицензию.

Продажа заложенного дома (квартиры) на публичных торгах не является основанием для выселения покупателем проживающих в нем залогодателя и членов его семьи. Между собственником, приобретшим жилой дом (квартиру), и проживающими в нем лицами заключается договор аренды жилого помещения на условиях, обычных для конкретной местности.

Дача, садовый домик и другие строения, не предназначенные для постоянного проживания, могут быть предметом залога на общих основаниях. В подобных случаях кредитный договор дополняется договором залога.

В качестве гарантии (поручительства) погашения предоставляемых банками жилищных кредитов для физических лиц используется поручительство одного или более граждан, страховой компании и других юридических лиц. Заложенное имущество подлежит страхованию залогодателем от рисков утраты и повреждения.

Кредитоспособность клиента коммерческого банка – это способность полностью и в срок рассчитаться по своим долговым обязательствам. Цели и задачи анализа кредитоспособности заключаются в выявлении способности заемщика своевременно и в полном объеме погасить задолженность по ссуде, которую банк готов взять на себя, а также в определении размера кредита, который может быть предоставлен, и условий его предоставления.

Все эти обязательства обуславливают необходимость не только оценки банком платежеспособности клиента на определенную дату, но и прогноза его финансовой устойчивости на перспективу. Об-

ективная оценка финансовой надежности заемщика и учет возможных рисков по кредитным операциям позволяют банку эффективно управлять кредитными ресурсами и получать прибыль. Методы анализа кредитоспособности физических и юридических лиц различны.

Оценка кредитоспособности клиента проводится в кредитном отделе банка на основе информации, характеризующей способность заемщика получать доход, достаточный для своевременного погашения ссуды, наличие у него имущества, которое при необходимости может служить обеспечением выданной ссуды, и т. д. Кроме того, банковский работник обязан анализировать рыночную конъюнктуру, тенденции ее изменения, риски, которые испытывает банк и его клиент, и прочие факторы. Информация об индивидуальном заемщике может быть получена с места его работы, места жительства и т. д.

Платежеспособность заемщика в России можно определить следующим образом:

$$P = D_u \times K \times T ,$$

где  $D_u$  – среднемесячный доход (чистый) за 6 месяцев за вычетом всех обязательных платежей;  $K$  – коэффициент в зависимости от величины  $D_u$  ( $K = 0,3$  при  $D_u$  в эквиваленте до 500 дол. США;  $K = 0,4$  при  $D_u$  в эквиваленте от 501 до 1000 дол. США;  $K = 0,5$  при  $D_u$  в эквиваленте от 1001 до 2000 дол. США;  $K = 0,5$  при  $D_u$  в эквиваленте свыше 2000 дол. США);  $T$  – срок кредитования, мес.

Доход в эквиваленте определяется отношением дохода в российских рублях к курсу доллара США, который установлен РФ на момент обращения заявителя в банк. Для определения платежеспособности заемщика-предпринимателя вместо справки с места работы используется декларация о доходах за предыдущий год, заверенная налоговой инспекцией.



На рынке ипотечных кредитов действуют три субъекта: заемщик, банк-кредитор и инвестор. Каждый из них выполняет определенные функции, решает соответствующие задачи и преследует собственные интересы.

При формировании рынка ипотечных кредитов необходима поддержка государства. В странах с развитой системой ипотечного кредитования именно государство, особенно на начальном этапе, берет на себя финансовую поддержку долгосрочного кредитования. Важнейшей формой поддержки является гарантия в том, что государство выкупит ценные бумаги, эмитированные агентством, и выплатит доход их владельцам.

Возможные взаимоотношения между названными выше тремя участниками рынка ипотечных кредитов представлены на рисунке. Процедура выглядит следующим образом:

1 – заемщик заключает договор залога и передает его банку-залогодержателю;

2 – на основании кредитного договора и договора залога банк выдает заемщику ипотечный кредит;

3 – банк продает (переуступает) агентству право по ипотечному жилищному кредитованию;

4 – агентство возмещает банку сумму кредита плюс оплату за его оформление;

5 – агентство формирует кредитный пул, эмитирует ценные бумаги и продает их инвестор;

6 – инвестор перечисляет деньги агентству за приобретенные у него ипотечные ценные бумаги;

7 – заемщик регулярно платит банку за кредит и процент за него;

8 – деньги заемщика банк передает агентству и получает от него комиссионные за обслуживание (сопровождение) кредита;

9 – по истечении срока обращения ценных бумаг инвестор предъявляет их к оплате;

10 – агентство оплачивает (выкупает) эти бумаги. Соответствующая сумма, включающая доход инвестора, переводится агентством инвестору;

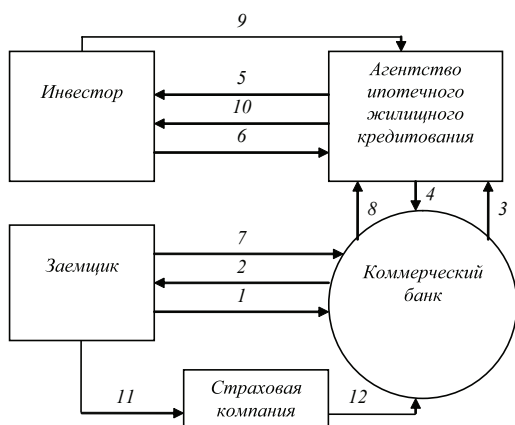
11 – заемщик страхует кредит, определяя выгодополучателем банк;

12 – страховая компания выплачивает страховую сумму при наступлении страхового случая ставок межбанковского кредитного рынка плюс фиксированную банковскую надбавку.

Схема ипотечного кредитования четко определяет взаимоотношения всех его участников. Для ее применения необходимо наличие как минимум четырех условий – это право кредитора:

- продать залог и погасить за счет этого кредит;
- создать систему рефинансирования ипотечных кредитов;
- организовать рынок обращения ипотечных ценных бумаг;
- развить систему страхования кредитов.

При ипотечном кредитовании особое внимание уделяется определению размера и порядка уплаты процентов за кредит, который носит долгосрочный характер. Возможно, например, включение



Организация ипотечного кредитования

в кредитный договор одного из двух следующих вариантов начисления процентов за кредит. Первый вариант зависит от сроков пользования ссудой и размера первоначального взноса на приобретение квартиры. Размер процентной ставки остается неизменным в течение всего периода кредитования и изменяется лишь на условиях, предусмотренных договором. При втором варианте при оплате процента применяется инструмент регулируемой отсрочки платежа (ИРОП). Этот вариант целесообразен в целях сокращения процентного риска, т. е. риска того, что стоимость используемых банком средств превысит процентную ставку по неполаченным кредитам. ИРОП предполагает применение двух процентных ставок: одна призвана обеспечить достаточную рентабельность кредитных операций банка, другая – сделать кредит более доступным для заемщика.

Регулярные ежемесячные платежи за кредит заемщик производит по относительно низкой процентной ставке, которая называется платежной. Разница между контрактной и платежной ставками регулярно прибавляется к сумме его основного долга. Величина ежемесячного платежа заемщика пересчитывается каждые три месяца исходя из изменившейся суммы задолженности. Перерасчет делается таким образом, чтобы к концу срока кредитования заемщик полностью рассчитался с банком. Это выгодно для тех заемщиков, которые переносят основную часть платежа по процентам на более поздний срок.

На Западе ипотеке принадлежит значительная доля среди банковских розничных услуг. В Приднестровье этот вид кредитования еще не получил широкого развития. Причины видятся, прежде всего, в несовершенстве законодательной основы (в первую очередь, банковского и жилищного законодательства), остром дефиците

«длинных денег» (кредитные ресурсы на 10–15 лет) в экономике в целом и в банковском секторе в частности.

В 2003 г. АКБ «Ипотечный» заключил соглашение с ООО ПКЦ «Проба» и внедрил программу ипотечного кредитования под названием «Квартирный вопрос». Смысл ее состоит в следующем. Физическое лицо, желающее приобрести квартиру в домах ООО ПКЦ «Проба», открывает в банке целевой накопительный жилищный вклад. Сумма первоначального взноса должна быть не менее 1000 дол. США. Вклад является беспроцентным, но дает право получить льготный кредит по ставке 16 % годовых сроком до 24 месяцев на приобретение квартиры. В договоре о вкладе предусматривается, что до окончания срока действия вклада должна быть накоплена сумма в размере не менее 50 % от стоимости квартиры, указанной в договоре долевого участия.

К сожалению, спрос на эту программу оказался весьма низким. Свою негативную роль сыграла низкая платежеспособность приднестровцев. Вывод один: при средней зарплате в 1 258 руб. (155 дол.) и себестоимости 1 кв. м жилья на уровне 370–450 дол. (на 2009 г.) эффективное ипотечное кредитование невозможно – дело в том, что у банков отсутствуют адекватные по срочности ресурсы для осуществления инвестиционных проектов – ведь, как правило, ипотечные кредиты выдаются на 15–20 лет, а не на два года.

Однако, несмотря на неудачный опыт, АКБ «Ипотечный» на этом не остановился. В настоящее время разрабатывается новая программа ипотечного кредитования на более длительный срок. Остается надеяться, что она будет более востребованной.

Как правило, ипотечный кредит рассчитан на длительный период времени. Заемщику это выгодно, однако что касается кредитора, то ему нужна гарантия

своевременного возврата кредита. Поэтому, чтобы определить, сможет ли заемщик вовремя погашать кредит, кредитующему подразделению необходимо проанализировать огромный объем различной информации о клиенте. Особое внимание кредитор должен обратить на стабильность трудовой занятости и при этом учитывать перспективу направления деятельности заемщика и платежеспособность организации, в которой он работает. Сумму кредита, которая может быть выдана заемщику, целесообразно рассчитывать только на основе стабильного и подтвержденного официальными документами его дохода.

Размер предоставляемого кредита не должен превышать 70 % минимальной суммы оценки приобретаемого жилья и реальной цены сделки. Кроме того, жилье должно соответствовать определенным требованиям, предъявляемым к жилому помещению, которое является предметом залога.

В настоящее время в качестве залога часто предлагаются отдельные квартиры в многоквартирных жилых домах. Этот объект недвижимого имущества, являющийся залоговым обеспечением, также должен отвечать санитарно-техническим нормам по обеспечению здоровья и безопасности жильцов.

Предоставив заемщику кредит, банк может переуступить права требования по кредитному договору и договору купли-продажи и ипотеки третьему лицу (например, агентству по ипотечному жилищному кредитованию). Банк, который принимает участие в ипотечной программе на основании договора об обслуживании, выполняет следующие обязательства по кредиту, переданному новому кредитору: принима-

ет от заемщика платежи по кредиту, следит за своевременностью их внесения, проверяет состояние заложенной квартиры, контролирует внесение заемщиком страховых выплат и т. д. Приобретенная на кредитные средства квартира находится в залоге до полного исполнения заемщиком всех обязательств по кредиту (как заемщиком по кредитному договору и залогодателем по договору ипотеки).

Сегодня получить ипотечный жилищный кредит как в российских, так и в приднестровских банках достаточно сложно. Дело в том, что, во-первых, еще очень мало банков, практикующих ипотечное жилищное кредитование, во-вторых, не отработана сама схема кредитования, в-третьих, для получения кредита требуется собрать большое количество документов. Все эти обстоятельства тормозят развитие, в частности в ПМР, ипотечного жилищного кредитования. Однако факт увеличивающегося числа региональных ипотечных программ и инициатив отдельных коммерческих банков вселяет надежду, что со временем этот механизм будет отлажен и население получит реальную возможность улучшить свои жилищные условия.

### Цитированная литература

1. **Лазарев Л.Б.** Что влияет на развитие ипотечного жилищного рынка? // Банковское дело. – 2006. – № 1. – С. 40.
2. **Крысин А.В.** Доступное и комфортное жилье // Национальные проекты. – 2006. – № 5. – С. 26.
3. **Банки и банковские операции в России /** Под ред. М.Х. Лapidуса. – М.: Финансы и кредит, 2001. – С. 102.

УДК 330.34.2

*М.И. Трач*, канд. экон. наук, доц.*Д.М. Трач*, канд. экон. наук, доц.

## РЫНОЧНАЯ ЭКОНОМИКА: ИЛЛЮЗИИ И РЕАЛИИ

*Рассматриваются социально-экономические проблемы переходной экономики. Сделана попытка определить роль рынка и государства в рыночной экономике. Особое внимание уделяется регулирующей функции государства, благодаря которой оно выполняет свои задачи по обеспечению экономического роста, занятости населения и стабильности цен. Предлагаются направления усиления функций государства, которые рынок не решает.*

Фундаментом общества, ресурсной базой его развития является экономика, а экономические отношения между людьми функционируют всегда как определенная система.

Ученые по-разному трактуют понятие экономической системы [1]. Так, П. Грегори и Р. Стюарт дают следующее ее определение: «Экономическая система – это совокупность механизмов и институтов для принятия и реализации решений, касающихся производства, дохода и потребления в рамках определенной географической территории».

Согласно Ф. Прайору, экономическая система включает все институты, организации, законы и правила, традиции, убеждения, позиции, оценки, запреты и схемы поведения, которые прямо или косвенно воздействуют на экономическое поведение и результаты.

Экономические процессы и явления находятся в постоянном движении и развитии. Они не повторяются в одном и том же виде, так как не остаются неизменными потребности общества, а это соответственно требует развития производительных сил и производственных отношений.

Соревнование (противостояние) в середине XX столетия двух политических и экономических систем – капиталистической и социалистической – выявило ряд проблем в централизованном государственном управлении экономикой. К се-

мидесятым годам темпы экономического развития стали замедляться, что явилось началом экономической реформы 1965 г., которая предусматривала расширение самостоятельности трудовых коллективов в вопросах планирования своей деятельности и использования прибыли. Такой подход способствовал некоторому улучшению экономического развития. Однако в конце 80-х – начале 90-х годов стало ясно, что этих мер явно недостаточно. В результате была инициирована так называемая перестройка экономической и политической систем советского общества.

Одним из важнейших шагов на этом этапе было принятие Постановления Совмина СССР № 835 от 16 августа 1990 г. «О мерах по демонополизации народного хозяйства», которым общесоюзным и республиканским органам вменялось в обязанность сосредоточить усилия на решении следующих основных задач:

- демонополизировать существующие структуры государственного управления и недопустить появления новых структур монополистического типа;

- содействовать формированию в народном хозяйстве автономных товаропроизводителей с наиболее полным учетом их интересов, рыночных институтов и структур;

- активизировать децентрализованное перераспределение материальных и финансовых ресурсов с целью устранения

монополистической структуры производства и сферы обращения;

– обеспечить правовую защиту товаропроизводителей и потребителей от государственного и зарождающегося рыночного монополизма.

Данное постановление способствовало формированию институтов рыночной экономики, созданию базовых условий для функционирования товарных и трудовых рынков. Были либерализованы цены, внешняя торговля, на внутренний рынок получил доступ иностранный капитал.

Следующим этапом в реформировании народного хозяйства СССР стало принятие Закона о приватизации (в Молдове такой закон вышел 4 июля 1991 г.). Его целью было регулирование процесса изменения отношений собственности, реальное превращение граждан в собственников, что явилось важнейшим мотивирующим фактором экономического развития. Данным законом были определены и принципы приватизации:

– обеспечение социальной защиты населения;

– равенство прав граждан на получение доли собственности в приватизируемом государственном имуществе;

– проведение приватизации как на платной, так и на бесплатной основе;

– учет мнения трудового коллектива приватизируемого объекта;

– обеспечение широкой гласности и информированности населения.

Был принят целый ряд других законов и нормативных актов по созданию правовой основы рыночной экономики.

Следует отметить, что в начале 90-х годов XX столетия в кругах ученых и практиков не было единого одобрительного мнения как о целесообразности перехода к рыночной экономике, так и о том, какой она должна быть. Однозначным было только понимание, что экономику необходимо реформировать. Во всех же осталь-

ных вопросах определились два основных направления: сторонники первого направления настаивали на планово-регулируемой рыночной экономике, т. е. с активной ролью в ней государства, особенно на переходном этапе, а сторонники второго отстаивали позицию «свободного рынка».

Можно утверждать, что если бы экономическая реформа не сопровождалась сложными проблемами в политической системе (серьезно пошатнулась государственность СССР, активизировались сепаратистские устремления в союзных республиках, в странах социалистического лагеря), то в стране наверняка был бы принят оптимальный вариант реформирования экономики (по примеру Китая). В результате стремительного распада Советского Союза и социалистического лагеря появились новые государственные образования, которые, став в экономике «осколками» бывшей единой хозяйственной системы, оказались отброшенными на «нулевую» отметку своего развития.

Произошла практически полная замена законодательной и исполнительной властей – ушли профессионалы и пришли дилетанты, которые начали создавать институты рыночной экономики, проводить либерализацию внешней торговли, реструктуризацию банковской системы, открыли «ворота» для доступа иностранного капитала на внутренний рынок.

В спешном порядке, без особой подготовки, к началу XXI в. на бывшей территории СССР в основном закончился процесс разгосударствлений и поглощений, в котором исследователи выделяют три этапа. Так, профессор А. Радыгин [2] дает следующую градацию:

– *первый этап (1993–1998 гг.)* – период массовой приватизации государственного имущества. Наиболее характерными для данного этапа были «поглощения через приватизацию», что привело к формированию основной части крупных финан-

сово-промышленных групп. Финансовыми ресурсами для таких операций служили договорные банковские кредиты и ценные бумаги (ваучеры в России и бонны в Молдове);

– *второй этап (1999–2002 гг.)* – период перераспределения собственности. Для него характерна активизация недружественных поглощений и высокая доля спекулятивных сделок слияний и поглощений в общем объеме рынка. Основной целью таких сделок являлась дальнейшая консолидация акционерного капитала. Наиболее привлекательными для этого оказались топливно-энергетический комплекс, черная и цветная металлургия, фармацевтическая и лесная промышленность, объекты некоторых других отраслей.

Именно на этом этапе получили развитие такие технологии враждебных поглощений, как «корпоративные захваты», «рейдерство». Участники подобных операций использовали пробелы в законодательстве, вступали в преступный сговор с государственными служащими;

– *третий этап (2003–2008 гг.)* – период роста доли участия государства в процессах слияний и поглощений. Данному периоду присущ стабильный рост активности на рынке слияний и поглощений как по количеству сделок, так и по их стоимости. Например, в 2007 г. объем сделок возрос по сравнению с 2003 г. почти в 7 раз.

Для этого этапа характерным также является стремление к достижению полного контроля над выкупаемыми структурами. Доля такой формы интеграции предприятий за 1993–2008 гг. достигла 88,2 %.

Подобная ситуация наблюдалась и в экономике ПМР, однако здесь приватизация имела свои особенности. Основной отличительной чертой приватизации государственной собственности в Приднестровье было ее проведение на платной основе (денежная приватизация), в то время как в России она проводилась еще и за вау-

черы, а в Молдове – за бонны. На первом этапе собственность была поделена между государством и трудовыми коллективами. Однако, как показало время, внутренние и внешние условия, в которых в тот период находилась экономика ПМР, привели к тому, что эти два собственника не смогли обеспечить экономический рост приватизированных предприятий. Серьезные проблемы возникали главным образом в связи с тем, что республика не являлась субъектом международного права и испытывала постоянное давление со стороны Молдовы. Кроме того, свою негативную роль сыграл необъективный имидж ПМР и ее хозяйствующих субъектов, созданный недоброжелателями.

В связи с этим был найден, пожалуй, единственно правильный выход – привлечение к сотрудничеству экономических агентов других государств, прежде всего дружественной России. Так начался следующий этап приватизации в ПМР.

На продажу был выставлен государственный пакет акций, а затем, постепенно, новые собственники выкупили и подавляющую долю акций других ее владельцев, в основном членов трудового коллектива. Весь этот процесс завершился концентрацией от 80 до 100 % акций в руках двух-трех соучредителей. Расчеты на то, что в результате приватизации и акционирования трудящиеся станут собственниками и будут принимать реальное участие в управлении предприятиями, не оправдались. Концентрация собственности в руках нескольких ее владельцев привела к тому, что подавляющая часть граждан оказалась в категории наемных работников, что породило очередную проблему – трудноразрешимые взаимоотношения между собственником и наемными рабочими. Следует отметить, что эта проблема не нова – она имеет исторический характер и ей посвящены труды классиков Маркса, Энгельса, Ленина и многих других уче-



ных. Уместно задаться вопросом: подлежит ли она решению и какую роль в этом процессе обязано играть государство?

По всей вероятности, речь должна идти о неравномерности распределения доходов между собственниками и наемными работниками. Профессор Принстонского университета П. Кругман [3] в своей книге «Кредо либерала» вскрыл истоки необоснованного обогащения высших руководителей американских корпораций, доходы которых в 2000 г. в 458 раз превышали доходы рядовых сотрудников. Он также предположил возможность (уже реальность) наступления глубокого кризиса в экономике США из-за распространения коррупции.

В свое время, оценивая возможные последствия неравномерного распределения доходов, президент США Ф.Д. Рузвельт «Новым курсом» усилил роль государства в перераспределении доходов для сглаживания социального неравенства и увеличения покупательной способности населения. Ставка федерального налога на прибыль корпораций была повышена с 14 % в 1929 г. до более чем 45 % в 1955 г., максимальная ставка налога при наследовании недвижимости в период президентства Ф.Д. Рузвельта повысилась поэтапно с 20 до 79 %, а в середине 1950-х годов она достигла 91 %. В результате даже богатые американцы стали избавляться от дворцов, чтобы не платить налог на наследство. Согласно классификации профессора Калифорнийского университета Б. Де Лонга такая политика привела к резкому сокращению числа миллиардеров в США: в 1900 г. в Америке насчитывалось 22 миллиардера, в 1925 г. – 32, в 1957-м – 16 и в 1968 г. – 13. Однако к 2000 г. их количество возросло до 160 человек, что было связано с последующим отказом от рузвельтской политики. Кстати, в России в 2008 г. насчитывалось 110 долларовых миллиардеров, и это за неполных 20 лет перехода к

рыночной экономике! Из всего сказанного можно сделать вывод, что государственная политика является гораздо более важным фактором для распределения доходов и обеспечения социального равенства, чем объективные рыночные силы.

Стремление собственников к обогащению вполне естественно. Однако все должно быть в разумных пределах и не во вред ни собственникам, ни наемным работникам. В противном случае между ними возникнет антагонистическое противостояние. Нельзя также сбрасывать со счетов уровень культуры общества вообще и уровень бизнес-культуры в особенности. Любой собственник средств производства должен помнить, что заменить человеческий фактор, главенствующая роль которого в производстве подтверждается и учеными, и здравомыслящими предпринимателями, невозможно, а цель бизнеса можно достичь только через сотрудничество с работниками.

Процесс реформирования экономик социалистических стран затронул весь миропорядок. Прежде всего принципиальные изменения произошли в мировой экономической системе. Капитал стал свободно перемещаться по всему миру. Стремительно начал развиваться процесс его концентрации путем организации крупных хозяйственных образований – как отечественных, так и совместных, с участием иностранного капитала. Время показало, что государственные структуры оказались не подготовленными к подобному повороту событий, поэтому из-под государственного контроля были выведены такие стратегически важные отрасли, как топливно-энергетический комплекс и частично СМИ, что грозило государственной безопасности образовавшихся на территории бывшего СССР республик.

Серьезные проблемы начали возникать в мировой экономической системе. Дело в том, что новые государственные

образования абсолютно не были готовы к рыночной экономике как в правовом, так и в ментальном отношении, что, разумеется, не могло не отразиться на мировой экономике. Сомнительные, незаконные экономические связи, навязывание капиталистическими странами своих интересов молодым независимым государствам в угоду собственным политическим интересам и в «пику» России, создание оффшорных зон, куда уводились огромные денежные капиталы, – вот далеко не полный перечень тех главных проблем, которые возникли в результате изменения существовавшего миропорядка и начали расшатывать уже единую мировую экономическую систему.

Ну а что же произошло внутри ПМР? Здесь есть и положительные, и отрицательные моменты.

Положительным следует считать факт проведения денежной приватизации бывших государственных фабрик, заводов, что явилось дополнительным источником доходной части бюджета. В последующем приватизированные предприятия были акционированы и на большей части из них ситуация стала меняться к лучшему. Правда, не обошлось и без существенных потерь. В результате непрофессиональных, а возможно, и корыстных действий руководителей некоторых предприятий и министерств прекратили свое существование Тираспольский и Григориопольский консервные заводы, Рыбницкая трикотажно-бельевая фабрика, Рыбницкий сахарный завод, большинство строительных и транспортных организаций.

Неудачными оказались попытки реформирования аграрно-промышленного комплекса. Из года в год катастрофически уменьшаются как в количественном, так и в качественном отношении человеческие ресурсы на селе. И причину этого долго искать не надо, она видна любому здравомыслящему человеку – это отсутствие

возможности воспроизводства, т. е. рабочих мест и получения дохода.

В конце концов в ПМР сложилась крайне уязвимая структура экономики, когда судьба промышленности полностью зависит от внешнего рынка. Дело в том, что из-за малой емкости внутреннего рынка значительная часть продукции в основном идет на экспорт, при этом продовольственный рынок находится практически в полной зависимости от импорта. И это для региона с такими богатыми землями!

Доля малого бизнеса ПМР во внутреннем валовом продукте составляет всего 14 %, что значительно меньше, чем в странах Западной Европы и в некоторых странах СНГ. По данным Госкомстата Министерства экономики ПМР, в начале 2009 г. в республике официально было зарегистрировано 4 865 коммерческих организаций негосударственной формы собственности. При этом подавляющее их большинство – 44 % – функционировало в Тирасполе, по 4 % – в Дубоссарском и Григориопольском районах, а самое незначительное количество – 3 % – насчитывалось в Каменском районе.

Показательной является также отраслевая структура малого предпринимательства в республике. Доля предприятий малого бизнеса в сфере услуг составляет 80 %, в промышленности – 9 %, в строительстве – 6 % и в сельском хозяйстве – всего 5 % [4]. Эти цифры свидетельствуют о крайне неблагоприятной отраслевой структуре малого бизнеса. При наличии богатых земельных угодий, крупных сельских поселений, развитой транспортной инфраструктуры, возможности ведения орошаемого земледелия доля этого сектора экономики в агропромышленном комплексе должна быть, по крайней мере, на порядок выше. Нынешнее положение свидетельствует о том, что именно на государственном уровне имеются серьезные недоработки по данному направлению.

Поэтому неудивительно, что такие районы, как Григориопольский и Каменский являются сегодня дотационными. А ведь жители Рашково, Подойма, Подоймица, Хрустовая и других сел, десятилетиями занимавшиеся выращиванием овощных и технических культур, по-прежнему отличаются высокой предприимчивостью.

Так как же решить важнейшую для ПМР задачу – более эффективно использовать богатейшие земельные ресурсы? Причем речь здесь должна идти не только о включении в экономический процесс земельных площадей, но и о сохранении уникальных сельских поселений, расположенных вдоль Днестра или по международной трассе. Эти населенные пункты еще не полностью растеряли свою инфраструктуру: учреждения образования и культуры, медпункты, сети электро- и газоснабжения.

Решить эту проблему необходимо через реформирование отношений форм собственности на селе. Такие попытки уже были предприняты с помощью деления земель на паи, создания КСП, принятия Закона «О частной собственности на землю», долгосрочной (на 99 лет) аренды. И что из этого вышло? Деление земель на паи так и не произошло, а было только продекларировано. Эксперимент на базе Рыбницкого района с созданием КСП потихоньку заглох, и о нем забыли. Большая часть населения не согласилась с введением частной собственности на землю, и закон, естественно, принят не был. А вот противозаконная аренда земель на 99 лет получила свое развитие.

В результате сельский житель остался только со своим подворьем. Кто-то может возразить: мол, они имеют возможность работать у арендатора (а точнее было бы, – у пана). К сожалению, работу получают единицы, так как арендатор вряд ли станет заниматься выращиванием трудоемких культур с использованием ручного труда. Он будет применять передовые

технологии, технику и производить те культуры, которые принесут ему выгоду. И это логично. Но как же в такой ситуации сохранить наши сельские поселения? Выход один: пока еще не поздно – вернуть землю сельским труженикам в виде паев и юридически это закрепить (примеры: Молдова, Украина, страны Балтии, Восточной Европы). Получив пай, сельский житель будет сам решать, как им распорядиться: или обрабатывать его своей семьей, и тогда, понятно, не выезжать за пределы республики в поисках источников дохода; или объединиться в ассоциации (кооперативы); или сдавать землю в аренду. В странах с развитой рыночной экономикой собственники земли, как правило, объединяются в ассоциации по технологическому принципу:

- производство;
- механизированная обработка, уборка;
- агрозащита;
- переработка, хранение;
- реализация (товарные биржи).

Конечно же, любое реформирование на селе потребует на уровне государственных и муниципальных структур разработки законодательной и нормативной базы, регулирующей данные отношения. И не нужно опасаться, что мы вернемся к сохе с лошадиной тягой. Сейчас рынок заполнен любимыми средствами малой механизации, да и сельский житель уже не тот, что был 40–50 лет назад.

Таким образом, масштабы изменений в реальном секторе экономики, коренные преобразования в его техническом базисе, гигантский уровень обобществления в национальной и мировой экономике требуют переосмысления роли рынка и государства в новых экономических отношениях. Многие современные процессы, происходящие в странах мира, не умаляют экономической роли государства, хотя и видоизменяют формы и методы государственного регулирования экономики. В настоящее

время, пожалуй, уже никто не оспаривает необходимость его участия в регулировании рыночных отношений. Это диктуется самими задачами государства, главными из которых являются обеспечение экономического роста, а соответственно и роста благосостояния граждан, гарантированная занятость, стабильность цен. Для их решения государственная власть должна обладать определенными полномочиями, реализация которых происходит путем применения соответствующих экономических рычагов.

И тогда, на начальном этапе перехода к рыночной экономике, и сейчас нет ясности – какое общество, с какой политической и экономической системами мы создаем, к какому рынку идем – социалистическому или капиталистическому. Сегодня модно говорить, что мы строим общество социальной справедливости. А так ли это на самом деле? Ведь в обществе социальной справедливости не должно быть такой ужасающей разницы в доходах населения. Не должно быть многих других пороков, раскалывающих это самое общество.

Уместно задаться вопросом: отказ от государственной централизованной системы управления экономикой – это ошибка или неизбежность? Анализируя ход исторического развития человечества, можно утверждать, что это не было ни ошибкой, ни заблуждением. Это была объективная необходимость. Однако государство в лице госструктур на переходном к новой экономической формации этапе обязано было исключительно скрупулезно и ответственно выстраивать свое влияние на происходящие процессы.

Произошедшие в конце XX столетия серьезные изменения существовавшего миропорядка (распад социалистического лагеря, замена централизованного государственного управления экономикой на ее управление рынком) поставили перед учеными и практиками серьезную задачу: пе-

реосмыслить понятие рынка, его роли, роли государства в условиях рыночной экономики и многие другие проблемы развития человечества в постиндустриальный период. По-новому взглянуть на способность рынка (рыночной экономики) выполнять регулирующую функцию в развитии экономических процессов и на роль государства в этом процессе заставляет и текущий финансово-экономический кризис.

Говоря о рынке как об определенном типе хозяйственных связей, следует подчеркнуть, что в настоящее время он не тождествен свободному рынку. Такое представление о нем характерно для начального периода капиталистического строя. Сегодня свободный рынок практически не существует ни в одной стране. Утверждение монетаристов о том, что рынок способен саморегулироваться, опровергается действительностью.

Мировую экономику (рынок) следует рассматривать как систему, которая должна отвечать конкретным требованиям в правовой, информационной, ресурсной, финансовой взаимосвязке и взаимодополнении. Она должна состоять из определенных международных рыночных институтов, которые, выполняя возложенные на них функции, обеспечивают ее дееспособность.

Стремительно развивающиеся интеграционные процессы в мировой экономике нуждаются в выработке совместных норм влияния на них. Как показало начало XXI столетия, именно их отсутствие явилось основной причиной финансового, а затем и экономического кризиса. Это поняли крупные участники мирового рынка, прежде всего страны «восьмерки» (по инициативе России превращающейся в «двадцатку»), которые теперь уже сообщают пути выхода из кризиса и договариваются о совместных действиях по его недопущению в дальнейшем. В настоящее время, например, рассматривается вариант обеспечения межгосударственного взаи-

модоступа к макроэкономическим показателям стран. К другому важному предложению следует отнести проведение более жесткого контроля за денежными потоками, за деятельностью финансового рынка и рынка ценных бумаг.

Серьезнейшим условием минимизации рисков в рыночной экономике является единение общества, повышение уровня как общей культуры, так и культуры бизнеса в частности. Нужно уйти от ситуации, когда одни экономические агенты все время скрываются, а другие (госструктуры) ищут. Для достижения такого исключительно важного состояния общества, как единение, государство должно использовать идеологические, экономические и духовные методы.

Для достижения целей экономического реформирования, таких как обеспечение стабильности цен, занятости населения и повышение его благосостояния, необходимо решить следующие внутренние задачи:

- обеспечить гибкое (оптимальное) участие государства в регулировании экономических процессов;

- оптимизировать структуру экономики с учетом имеющихся земельных и людских ресурсов, использовать их на уровне, близком к границе производственных возможностей;

- повысить культуру бизнеса и его социальную ответственность;

- усилить роль государства во взаимоотношениях «работодатель – наемный работник» по следующим направлениям:

- а) соблюдение условий оплаты труда; задержку с выплатой заработной платы рассматривать как предоставление наемными рабочими работодателю коммерческого кредита (разумеется, на платных условиях);

- б) финансовое обеспечение работодателями мероприятий социального развития коллектива;

- в) оказание финансовой поддержки бизнес-структурам на платной или безвозвратной основе в кризисных ситуациях с целью сохранения трудовых коллективов;

- внести изменения в законы об акционерных обществах и обществах с ограниченной ответственностью в части, касающейся размера резервного фонда, предусмотрев его увеличение на сумму, равную сумме двухмесячного фонда заработной платы коллектива;

- не допускать социально опасного разрыва в доходах работающих; повысить налоги на сверхдоходы;

- для формирования валютных резервов государства эффективней использовать норму обязательной продажи валют от экспортных операций;

- работать над формированием духовно-нравственной культуры общества;

- привлекать к обсуждению разрабатываемых законопроектов общественные организации, широкие слои населения, что будет способствовать формированию гражданского общества, гражданской ответственности;

- перейти от разрешительной к заявительной системе открытия бизнес-структур;

- в работе с малым и средним бизнесом использовать рычаги стимулирующего, а не карательного воздействия;

- государственной и муниципальной властям содействовать формированию гражданского общества как одного из важнейших условий успеха проводимых реформ.

## Цитированная литература

1. **Видяпин В.В., Журавлева Г.П.** Общая экономическая теория. – М., 1995. – С. 37.
2. **Радыгин А.** Российский рынок слияний и поглощений: этапы, особенности, перс-



пективы // Вопросы экономики. – 2009. – № 10. – С. 23–45.

3. **Клинов В.** Проблемы регулирования экономики США в исследованиях Пола Кругмана // Вопросы экономики. – 2009. – № 8. – С. 28–42.

4. Пресс-выпуск Государственной службы статистики Министерства экономики «Деятельность организаций негосударственной формы собственности по ПМР (с численностью работников до 100 человек) за 2008 г.». – Тирасполь, 2009. – С. 2–8.

УДК 331.5

*Н.Н. Смоленский*, канд. экон. наук, доц.

## О СУЩНОСТИ И ЗНАЧЕНИИ РЫНКА ТРУДА

*Статья посвящена характеристике функций, структуры и дифференциации рынка труда на типы, формы, разновидности и модели. Дано теоретическое обоснование экономической категории «рынок труда» и на основании сущностного анализа различных ее определений предложено собственное определение автора статьи.*

«Труд, являющийся важнейшим социальным процессом, представляет собой сознательную, целенаправленную, целесообразную и полезную (легитимную и востребованную) деятельность человека по получению или созданию жизненных (материальных и нематериальных) благ для удовлетворения личных или общественных потребностей» [1, с. 46]. Это значение труда предопределяет интерес к рынку труда, который рассматривается в теории рыночной экономики как элемент системы рынков экономических ресурсов (факторов).

Однако, учитывая, что труд обладает существенными отличиями от других экономических ресурсов, обусловленными психологическими, социальными и политическими аспектами трудовой деятельности, следует определить роль рынка труда в системе социальных отношений, который требует особого внимания, в том числе и со стороны государства. Существенным является то обстоятельство, что рынок труда – это, прежде всего, механизм согласования интересов лиц, работающих

по найму, работодателей и государства, чьи интересы обусловлены необходимостью управления социальными отношениями. Данное обстоятельство требует определения сущности и значения рынка труда, в связи с чем целесообразно, во-первых, сформулировать его понятие и, во-вторых, охарактеризовать структуру и виды.

Теоретический фундамент учения о рынке труда был заложен представителями классической школы в экономической науке. Так, основой учения шотландского экономиста XVIII в. **Адама Смита** являлся тезис о свободной конкуренции как условии оптимального использования материальных, финансовых и людских ресурсов. Он доказывал, что объем занятости населения в экономике страны определяется величиной средней ставки заработной платы одного работника. Если средняя ставка заработной платы возрастает, то уменьшается возможность обеспечения занятости.

Другой представитель классической школы – английский экономист XVIII–XIX вв. **Давид Риккардо** обосновал положение о зависимости размеров заработной платы



от предложения труда. Зависимость проявляется в том, что повышение заработной платы сверх минимального уровня, необходимого для нормального воспроизводства населения, ведет к росту предложения труда, а это, в свою очередь, воздействует на ее понижение.

Современник Д. Риккардо – французский экономист Жан-Батист Сэй сформулировал рыночный закон взаимодействия спроса и предложения и достижения на этой основе равновесной цены на предмет купли-продажи, в том числе и на труд.

В период с конца XIX до начала XXI столетия теория рынка труда предстала в многообразии исследований таких выдающихся ученых-экономистов, как Альфред Маршалл, Джон Мейнард Кейнс, Пауль А. Самуэльсон и др. Свой неопределимый вклад в изучение проблем рынка труда внесли и современные ученые – И.Н. Шуклин, Л.Н. Сосновская, А.И. Рофе, В.И. Плакся, А.А. Никифорова, С.А. Кузьмин, А.Э. Котляр, Л.А. Костин, Б.Г. Збышко, В.В. Ишин, Б.М. Генкин, М.П. Бурла и ряд других. Благодаря их исследованиям в научной литературе можно найти множество определений понятия «рынок труда», каждое из которых акцентирует внимание на тех или иных особенностях этого явления.

Так, в определении «Рынок труда – это, прежде всего, система общественных отношений, связанных с наймом и предложением труда, то есть с его куплей и продажей; это также экономическое и географическое пространство – сфера трудоустройства, в которой взаимодействуют покупатель и продавцы специфического товара – труда; наконец, это механизм, обеспечивающий согласование цены и условий труда между работодателями и наемными работниками» [2, с. 9; 3, с. 47] А.И. Рофе с соавторами делают акцент на том, что рынок труда является системой общественных отношений, связанных с наймом и предложением труда, экономи-

ческим и географическим пространством, в свою очередь связанным со сферой трудоустройства, а также механизмом согласования цены и условий труда.

Авторы работы [4, с. 13] понимают рынок труда как систему «общественных отношений, социальных (в том числе юридических) норм и институтов, обеспечивающих воспроизводство, обмен и использование труда», т. е. считают рынок труда системой социальных норм и институтов.

В определении «Рынок труда – это система отношений, формирующихся на стоимостной основе между работодателями – собственниками средств производства и наемными работниками – владельцами рабочей силы – по поводу удовлетворения спроса первых на труд и потребностей вторых в работе по найму как источнике средств существования» [5, с. 5] подчеркивается, что рынок труда – это, прежде всего, система отношений между работодателями и наемными работниками.

Р.Д. Эренберг дает следующее определение: «Рынок, который обеспечивает работникам работу и координирует решения в сфере занятости, называется рынком труда» [6, с. 32]. Здесь внимание акцентируется на значении рынка труда для обеспечения занятости населения.

Еще одно определение: «Рынок труда представляет собой систему, в которой взаимодействуют субъекты собственности на факторы производства – средства производства и рабочую силу, происходит стоимостная оценка разнокачественной рабочей силы, формируются объем и структура спроса на рабочую силу и ее предложения» [7, с. 225]. В данной формулировке существенным является то, что в этой системе, во-первых, взаимодействуют субъекты собственности на факторы производства, во-вторых, происходит стоимостная оценка рабочей силы и, в-третьих, формируется спрос на рабочую силу и ее предложение.

В книге под редакцией Г.Г. Мелькяна и Р.П. Колосовой дается следующее определение: «Рынок труда как составная часть рыночной экономики представляет собой механизм согласования интересов работодателей (предъявителей спроса на труд) и наемной рабочей силы (продавцов последней)» [8, с. 126]. Здесь подчеркивается, что рынок труда – это механизм взаимодействия работодателей и наемных работников.

Смысл определения «Рынок труда – это динамическая система, включающая в себя комплекс социально-трудовых отношений по поводу условий найма, использования и обмена рабочей силы на жизненные средства, и механизм его самореализации, механизм спроса и предложения, функционирующий на основе информации, поступающей в виде изменений цены труда (заработной платы)» [9, с. 34] заключается в том, что рынок труда представляет собой динамическую систему, которая состоит из комплекса социально-трудовых отношений по поводу условий найма и использования рабочей силы.

В.И. Плакся понимает рынок труда как «специфический вид товарного рынка, содержанием которого является реализация (купля-продажа) товара особого рода – рабочей силы или способности человека к труду. Как экономическая категория рынок рабочей силы выражает экономические отношения между владельцем данного товара, собственником рабочей силы, ее продавцом, с одной стороны, и владельцем капитала, покупателем рабочей силы – с другой» [10, с. 16]. В данном определении подчеркивается, что содержанием рынка труда является реализация товара особого рода – рабочей силы.

В следующей формулировке – «Рынок труда – это действующий в рамках определенного экономического пространства механизм взаимодействия между работодателями и наемными работниками, вы-

ражающий экономические правовые отношения между ними» [11, с. 8] – внимание акцентируется на том, что рынок труда функционирует в рамках конкретного экономического пространства.

А вот какое определение рынку труда дает М.П. Бурла: «Рынок труда – один из основных элементов рыночной экономики, сложнейшая экономическая и социальная подсистема, включающая совокупность норм и институтов, обеспечивающих нормальное воспроизводство и эффективное использование труда при соответствующем его количеству и качеству вознаграждении, представляющая собой систему организации наемного труда на основе закона спроса и предложения» [12, с. 270]. Как видим, здесь рынок труда входит в число основных элементов рыночной экономики.

В определении «Рынок труда, прежде всего, является механизмом согласования интересов лиц, работающих по найму, и работодателей. Кроме того, на рынке труда проявляются интересы государства, обусловленные необходимостью управления социальными отношениями» [13, с. 385] подчеркивается роль государства в этом сегменте рынка.

И наконец, последние два определения, сформулированные А.И. Рофе. Первое: «Под рынком труда понимается: во-первых, система общественных отношений, связанных с наймом и предложением труда, то есть с его куплей и продажей; во-вторых, экономическое и географическое пространство – сфера трудоустройства, в которой взаимодействуют покупатели и продавцы специфического товара – труда; в-третьих, механизм, обеспечивающий согласование цены и условий труда между работодателями и наемными работниками» [14, с. 60]. Второе: «Рынок труда – это, прежде всего, система общественных отношений, связанных с наймом и предложением труда, то есть с его куплей и продажей;

это также экономическое и географическое пространство – сфера трудоустройства, в которой взаимодействуют покупатели и продавцы специфического товара – труда; наконец, это механизм, обеспечивающий согласование цены и условий труда между работодателями и наемными работниками» [1, с. 122]. В обеих формулировках А.И. Рофе делает акцент на нескольких составляющих понятия рынка труда, а значит, они являются более полными.

Несмотря на разную трактовку понятия «рынок труда», все приведенные определения объединяет то, что эта категория представляет собой систему отношений между покупателем (работодателем) и ее продавцом (работником), который продает свои интеллектуальные и физические возможности на основе действия спроса и предложения. Однако следует отметить, что любые определения обычно односторонни. В настоящей работе мы привели лишь некоторые из них, чтобы подчеркнуть сложность самого понятия «рынок труда», его многогранность и особенности.

Действительно, «стремление дать в определении сущность той или иной экономической категории, того или иного экономического явления всегда очень трудно выполнимо» [11, с. 7]. Впрочем, при изучении какого-либо явления важно не только и не столько само определение, сколько выявление его сущности. Именно выявление сущности понятия «рынок труда» позволит более четко сформулировать сущность понятия «регулирование рынка труда», а значит, выделить основные направления этого регулирования и механизм воздействия на рынок труда в рамках каждого из этих направлений.

Прежде чем завершить обсуждение понятия «рынок труда», процитируем определение, сделанное автором настоящей статьи на основе сущностного анализа этой экономической категории: «Рынок труда можно определить как комплексную

социально-экономическую систему взаимодействия предложения и спроса в сфере труда, функционирующую в определенном временном и географическом пространстве и включающую в себя совокупность элементов и механизм его функционирования» [15, с. 5].

Приведенные формулировки понятия «рынок труда» дают возможность охарактеризовать его функции, структуру и дифференциацию.

Итак, «рынок труда – это, прежде всего:

- система общественных отношений, связанных с наймом и предложением труда, т. е. с его куплей и продажей;

- это также экономическое и географическое пространство – сфера трудоустройства, в которой взаимодействуют покупатели и продавцы специфического товара – труда;

- наконец, это механизм, обеспечивающий согласование цены и условий труда между работодателями и наемными работниками» [2, с. 9].

В силу сказанного главной задачей рынка труда является обеспечение оптимальной мобильности работников, т. е. наиболее быстрое удовлетворение спроса и предложения на рынке труда. Чтобы решить эту задачу, рынок труда должен выполнять следующие функции:

- организовывать встречи продавцов и покупателей труда;

- обеспечивать конкурентную среду внутри каждой из сторон рыночного взаимодействия;

- устанавливать равновесные ставки заработной платы;

- способствовать решению вопросов занятости населения;

- осуществлять социальную поддержку безработных [2, с. 15].

При комплексной реализации перечисленных функций рынок труда можно считать хорошо организованным и эффек-

тивно функционирующим, т. е. обеспечивающим наиболее целесообразное использование трудового потенциала общества.

Еще одним фактором эффективного функционирования рынка труда является уровень его организации, который напрямую зависит от элементов, из которых складывается этот рынок, и функционирования каждого из них. По утверждению А.И. Рофе, «Составными частями или элементами рынка труда являются:

1) стороны рыночных отношений или субъекты рынка: работодатели или их представители и ищущие наемную работу или доходное занятие люди;

2) конъюнктура рынка – соотношение спроса на труд и предложения труда, определяющая ставки заработной платы на конкретные виды труда и уровень занятости населения;

3) правовые акты, регламентирующие отношения субъектов рынка труда;

4) службы занятости населения (департаменты, центры, бюро и иное);

5) инфраструктура рынка труда как совокупность вспомогательных служб и организаций, обеспечивающих функционирование основных органов службы занятости населения (службы профориентации, подготовки и переподготовки работников, рекламные фирмы и иное);

6) альтернативные временные формы обеспечения занятости (общественные работы, надомный труд, сезонные работы и иное);

7) система социальных выплат и гарантий для граждан, увольняемых из производства, переводимых на новое место работы, безработных;

8) система финансирования политики занятости и служб занятости населения» [2, с. 16].

Первые два из перечисленных элементов рынка труда представляют собой естественное и необходимое условие для существования рыночных отношений в

сфере труда, они присутствуют на любом трудовом рынке и мало зависят от его организации. Однако последующие шесть элементов (с третьего по восьмой) оказывают решающее воздействие на степень эффективности отношений на рынке труда. Через них, собственно, и реализуется та или иная организация трудового рынка, а в зависимости от этого образуется та или иная его эффективность.

Таким образом, все элементы рынка труда призваны в совокупности обеспечить сбалансированность спроса и предложения на рынке труда, т. е. реализацию права людей на труд и свободный выбор вида деятельности, на определенную социальную защиту. В конечном счете, взаимодействие всех элементов нацелено на создание и поддержание баланса в интересах всех участников рынка труда.

Поскольку рынок труда – явление сложное и многообразное, он может дифференцироваться на модели, уровни, типы, формы и разновидности. Причем подобная дифференциация имеет не только теоретическое, но и практическое значение, так как позволяет выделять особенности того или иного рынка труда, а следовательно, определить его модель, уровень, тип, форму и разновидность.

В силу этого представляется целесообразным охарактеризовать каждый из выделенных элементов этой дифференциации.

*Модель рынка труда* – это схема построения или описания явлений и процессов взаимодействия спроса и предложения на рынке труда. Анализ характера спроса и предложения на рынке труда позволяет описать несколько его моделей, которые можно разделить на две группы:

– первая отражает зависимость трудовых рыночных отношений от степени конкуренции, складывающейся на трудовом рынке, среди которых выделяются: чисто конкурентный рынок труда (модель совер-

шенной конкуренции), монополистический рынок труда (модель монополии одного покупателя), «профсоюзный» рынок труда (модель, учитывающая действия профсоюзов), «двухсторонний» рынок труда (модель двухсторонней монополии);

– вторая группа отражает национальные особенности рынка труда, среди которых, например, американская, шведская, японская модели.

*Уровень рынка труда* – это расположение его на одном из уровней следующей вертикали:

– национальный, т. е. общенациональный, общегосударственный рынок труда;

– региональный, т. е. рынок труда, находящийся в рамках одного территориально-административного образования – субъекта государства;

– территориальный, т. е. муниципальный (городской, районный) рынок труда;

– локальный, т. е. рынок труда, образующийся в отдельных фирмах.

*Тип рынка труда* – это подразделение его на внешний, или профессиональный, и внутренний, или внутрифирменный, рынки труда.

*Форма рынка труда* – это подразделение рынка труда на традиционный и гибкий рынки труда.

*Разновидность рынка труда* – это выделение открытого и скрытого рынков труда, легального и нелегального, в том числе криминального.

Рынок труда представляет собой сложную систему отношений, которая подразделяется на части (подсистемы) в виде конкретных целевых рынков, называемых сегментами.

*Сегментация рынка труда* – это процесс разделения работодателей и продавцов труда на группы по объединяющим их признакам. Таким образом, «сегментарный рынок труда – это рынок труда с четко обозначенными частями – сегментами, на которых сосредоточиваются определенные

категории конкурирующих между собой работников (последние не являются конкурентами другим работникам в иных частях (сегментах) рынка труда)» [2, с. 73].

Сегментирование рынка труда имеет большое практическое значение для его анализа, изучения его структуры и емкости, для выявления контингента, образующего предложение труда и спрос на труд на рынке труда, для определения его перспектив.

Приведенная дифференциация рынка труда позволяет изучать его во всем многообразии, а значит, осуществлять целенаправленную политику занятости населения и сглаживания социальных противоречий, неизбежно возникающих в условиях жесткой рыночной системы хозяйствования, а также, как указывалось выше, определять его модель, уровень, тип, форму и разновидность.

Необходимо отметить, что «рынок труда в странах Содружества Независимых Государств окончательно в развитом виде не сформировался, но имеются все его основные элементы. Поэтому можно утверждать, что рынок труда, хотя и несовершенный, в этих странах есть» [9, с. 40]. Поскольку эти рынки находятся в стадии становления, их модели не обрели еще четких характеристик [11, с. 56]. Тем не менее совокупность последних дает нам возможность выявить тенденции, имеющие место в данной сфере, и, следовательно, определить модель, уровень, тип, форму и разновидность этой экономической категории. Например, проведенное исследование рынка труда Приднестровской Молдавской Республики показало, что в настоящее время он соответствует модели рынка труда при участии на нем профсоюзов. Однако тенденции дальнейшей деятельности профсоюзов, с одной стороны, и изменения в сферах собственности и экономики, с другой – могут привести к соответствию его монополистической модели рынка труда, что недопустимо.



**Цитированная литература**

1. **Рофе А.И.** Труд: теория, экономика, организация: Учебник для вузов. – М.: МИК, 2005. – 600 с.
2. **Рофе А.И.** Рынок труда: Учебник для вузов. – М.: МИК, 2003. – 272 с.
3. **Рофе А.И., Збышко Б.Г., Ишин В.В.** Рынок труда, занятость населения, экономика ресурсов для труда: Учебное пособие / Под ред. А.И. Рофе. – М.: МИК, 1997. – 160 с.
4. Рынок труда в России: проблемы формирования и регулирования / Под ред. К.И. Микульского. – М.: Наука, 1995. – 352 с.
5. Российский рынок труда. – М.: Институт экономики РАН, 1993. – 236 с.
6. **Эренберг Р.Д., Смит Р.С.** Современная экономика труда. Теория и государственная политика. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 778 с.
7. Теория переходной экономики. Микроэкономика: Учебное пособие / Под ред. В.В. Герасименко. – М.: ТЕИС, 1997. – 320 с.
8. Экономика труда и социально-трудовые отношения / Под ред. Г.Г. Мелькьяна и Р.П. Колосовой. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 624 с.
9. **Буланов В.С. и др.** Рынок труда: Учебник / Под ред. В.С. Буланова и Н.А. Волгина. – М.: Экзамен, 2000. – 448 с.
10. **Плакса В.И.** Рынок труда и безработица: вопросы теории, методологии, государственного регулирования: Автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – М., 1996. – 55 с.
11. **Костин Л.А.** Российский рынок труда. Вопросы теории, истории, практики. – М.: Изд-во «АТиСО», 1998. – 298 с.
12. **Бурла М.П., Гушан В.А., Казмалы Н.М.** Экономика Приднестровья на переходном этапе. – Тирасполь: Шериф, 2000. – 368 с.
13. **Генкин Б.М.** Экономика и социология труда. – М.: НОРМА-ИНФРА-М, 2000. – 412 с.
14. **Рофе А.И., Галаева Е.В., Лавров А.С., Стрейко В.Т.** Экономика труда: Учебник для вузов / Под ред. А.И. Рофе. – М.: МИК, 2007. – 304 с.
15. **Смоленский Н.Н.** Регулирование рынка труда в Приднестровской Молдавской Республике в условиях трансформируемой экономики: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. – М., 2008. – 30 с.

УДК 334.742

В.В. Лабунский, канд. с.-х. наук, ст. преп.

**СЕМЬЯ И ДОМАШНЕЕ ХОЗЯЙСТВО  
КАК СУБЪЕКТЫ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ**

*В современных условиях, когда повысился интерес к проблемам развития экономики, формирование грамотного экономиста или бизнесмена невозможно без знаний основ экономической теории, сущности экономических явлений, тенденций экономической жизни.*

*В любом обществе проблема решения конфликта между безграничными человеческими потребностями в различных товарах и услугах и ограниченными ресурсами, с помощью которых они производятся, занимает центральное место. Причем подобное противоречие каждый раз приходится разрешать целевым выбором редких ресурсов для производства товаров и услуг, которые удовлетворяют неотложные на данное время нужды. Отсюда следует, что обе проблемы – редкость и выбор – сугубо человеческий феномен.*

Современная экономическая наука выходит за узкие рамки ее прошлого царства – царства производства, распределения,

рынка, денег и заявляет о своих правах на значительную территорию, простирающуюся от семейных до общественных отно-



шений, от преступной деятельности до государственного права. Иными словами, экономические представления и модели начали применяться за пределами собственно экономики как сферы рациональных действий людей по распределению и использованию ограниченных ресурсов. Экономический подход дает единую схему для понимания человеческого поведения, к созданию которой издавна стремились знаменитые экономисты [1].

Экономическая теория – это научное руководство к познанию экономической действительности без претензий на монополию истины. Некоторые теоретические аспекты рыночной экономики на первый взгляд уже являются тривиальными, однако не все они успешно претворяются в жизнь. Кроме этого использование теоретических аспектов и практического опыта рыночного развития, безусловно, связано с конкретными условиями развития экономики той или иной страны. Теория, как правило, в цивилизованных государствах становится основой проведения той или иной экономической политики, которая призвана обеспечить благополучие граждан страны. Однако, используя теоретические выводы на практике (в связи с применением методов свехупрощения), необходимо соблюдать правило «обращаться осторожно», дабы предостеречь пользователя, поскольку неправильное применение таких выводов может нанести вред здоровью экономики – ведь безапелляционных истин в природе человеческих отношений не существует. В данной ситуации вполне правомочной является народная пословица: «Семь раз отмерь, один раз отрежь». Только при таком подходе могут успешно осуществляться основные цели национальной экономики, к которым можно отнести:

- устойчивый экономический рост;
- полную занятость;
- стабильность цен;

- сбалансированность государственного бюджета;
- равновесие торгового и платежного баланса.

Достижение этих целей осуществляется во имя человека, удовлетворения его материальных и духовных потребностей, усиления нравственных основ в развитии общества.

Функционирование экономики обеспечивается целесообразной деятельностью субъектов, участвующих в экономическом процессе. Современное производство можно отнести к групповому производству, в котором участвуют экономические агенты – фирмы (предприятия или организации), государства и домохозяйства. Домохозяйство – это экономический агент, в основном занятый в сфере потребления и состоящий как из нескольких, так и из одного человека. Именно ради удовлетворения потребностей подобного агента функционируют остальные экономические агенты. С точки зрения развития экономики в целом, домохозяйство обеспечивает, прежде всего, воспроизводство основного фактора производства – рабочей силы или человеческого капитала и в то же время является собственником и поставщиком факторов производства на рынок ресурсов.

Семья есть основа экономической жизни, и все принимаемые в ней решения не зависят от интересов других экономических субъектов и преследуют главную цель: максимально удовлетворить личные потребности.

Функционирование в экономике различных субъектов хозяйствования требует определенной организации их отношений. Данную управленческую функцию призвано выполнять государство, которое формирует нормы и правила, позволяющие оптимизировать эти отношения. Определение и защита правил хозяйственной деятельности являются не только правом, но и обязанностью государства. От жела-

ния и воли людей в рыночной экономике зависит очень многое, но тезис «пусть люди делают все, что хотят» ныне категорически неприемлем. В хозяйственной жизни, как и во всех остальных сферах человеческой деятельности, необходимо соблюдать определенные общепризнанные правила, чтобы совершаемые хозяйствующими субъектами поступки превратились в логическую совокупность экономических процессов, обеспечивающих развитие экономики в целом, и не привели к экономическому хаосу. Но именно конкретные люди, действуя в рамках законно установленных норм права, придают им своеобразные, отражающие дух времени особенности правовой и управленческой культуры.

Долгосрочные интересы всего общества требуют создания постоянно действующего механизма саморазвития и совершенствования экономической системы, в том числе ее базовой частицы – семьи, домашнего хозяйства. Новые нормы и правила поведения являются характеристиками общества не тогда, когда проявляются на уровне отдельных личностей и групп, а только тогда, когда закрепляются в семье и через нее превращаются в генетическую память общества.

Домашнее хозяйство, являясь субъектом рынка, представляет собой экономическую единицу в составе одного или нескольких лиц, которая:

- обеспечивает производство и воспроизводство человеческого капитала (заботится о здоровье, воспитании, образовании своих членов);

- самостоятельно принимает решения;

- является собственником какого-либо фактора производства и может сдать в аренду или продать свое имущество, капитал, рабочую силу;

- стремится к максимальному удовлетворению своих потребностей.

Понятие «домашнее хозяйство» не тождественно понятию «семья». Семья – это, как правило, осознанно организованная на основе родственных связей и общности быта малая группа людей, жизнедеятельность которых осуществляется для реализации социальных, экономических и духовных потребностей индивида, самой семьи и общества в целом. Таким образом, под семьей понимается группа, объединяемая общностью семейно-родственных связей, которая не обязательно должна проживать под одной крышей и иметь общий бюджет. В реальной жизни есть также семьи-одиночки, состоящие из одиноких (холостых) мужчин или женщин, самостоятельно, обособленно ведущих домашнее хозяйство. Деятельность семьи включает множество измерений: например биологическое, демографическое, психологическое, тогда как деятельность домашнего хозяйства является «проекцией» семьи на одну из сфер деятельности – экономическую [2].

Таким образом, домашнее хозяйство в рыночной экономике представляет собой экономическую единицу, которая самостоятельно принимает решения, стремится к максимальному удовлетворению своих потребностей, отдавая им определенные предпочтения, является собственником какого-либо фактора производства (чаще всего рабочей силы), обеспечивает производство и воспроизводство «человеческого капитала». Все эти характеристики можно отнести и к семье, которая испытывает на себе влияние экономических, правовых, педагогических, нравственных отношений.

Семья является главной силой в производстве и распределении товаров и услуг. Особенно она важна в уходе за детьми и их воспитании, в приготовлении пищи, защите от болезней и других рисков. Еще семья выступает гарантом репутации ее членов. Более того, родители часто про-

являют самопожертвование ради детей и друг друга, что свидетельствует о героической натуре мужчин и женщин. Сегодня семью принято считать фундаментом, на котором основан общественный порядок.

Современная экономическая мысль рассматривает семью или, более обобщенно, домашнее хозяйство, не только как важного потребителя, но и как производителя, как своеобразную «фирму», которая потребляет ресурсы, включая труд внутри семьи и товары на рынке, несет определенные издержки, что в основном и обуславливает ее экономическое поведение.

Традиционно семья начинается с брака, с экономической точки зрения совершающегося на «рынке», который «предназначает» мужчин и женщин друг другу или оставляет их одинокими до появления лучших возможностей [3].

В современном мире браки заключаются не на небесах, а на земле, и существенное влияние на них оказывают те общественно-экономические процессы, которые и определяют развитие общества.

С теоретической точки зрения, экономическая природа брака – это оптимальное предназначение на эффективном рынке, на котором присутствуют участники, максимизирующие полезность. При этом социальным последствием является то, что людям, не предназначенным друг для друга, не будет лучше, если они поженятся. Поэтому женитьба – главная «делка» между прошлым и будущим в жизни человека. Безусловно, что на «рынке», где совершается брак, действуют законы спроса и предложения, но этот «рынок» несовершенен, так как количество женщин чаще всего превышает количество мужчин.

Теория предназначения на эффективных рынках объясняет позитивные подходы подбору сопутственностью или «супердополнительностью» в домашнем хозяйстве между свойствами мужей и жен. Эффективное предназначение также час-

точно объясняет взаимный альтруизм жен и мужей, поскольку влюбленные люди женятся, вероятно, потому, что на обособленном уровне формального анализа любовь можно считать одним из источников «сопутственности». В этой связи, как правило, во всех обществах наблюдается тенденция к тому, что супруги происходят из семей одинакового круга, религии и подбираются по сходству образования, роста, возраста и многих других параметров.

Брак можно определять по-разному. Например, в западной экономической литературе его иногда рассматривают как принудительно-правовой контракт между мужчиной и женщиной, в котором каждая сторона явно или косвенно берет определенные обязательства в рамках семьи, признавая права и привилегии друг друга, соглашаясь с правилами принятия решений, закрепленными в контракте. Таким образом, клятвенные заверения в процессе встреч формализуются в виде конкретных обязательств в устной или письменной форме. Во время свиданий выявляются разногласия и возможности, которые могут сопутствовать или не сопутствовать браку, определяются ценности и полезности, вырабатываются правила, по которым обе стороны согласны жить и сотрудничать. Узнав друг друга ближе, они чаще всего уже могут определить или предугадать возможное оппортунистическое поведение избранника, т. е. поведение, нацеленное на преобладание собственного интереса в ущерб другому лицу, не ограниченное соображениями морали, связанное с использованием хитрости и коварства.

Поведение людей в браке является рациональным – это означает, что, выбирая супруга или супругу, оба пола максимизируют свою полезность. При этом, взвешивая все «за» и «против», индивид должен считаться с несколькими важными соображениями относительно издержек брака. Для многих проблемой является

потеря независимости, поскольку издержки женитьбы на одном частном лице можно рассматривать как утрату возможности жениться на ком-либо другом, кто мог бы быть желаемой парой, но не встретился вовремя. Кроме того, люди никогда не бывают полностью свободны, при этом свобода одних заканчивается там, где начинается свобода других, а значит, человек должен учитывать влияние своих действий на этих людей. В семье эффект от действий индивидов является прямым и значительным. Поэтому каждый ее член должен ограничивать собственное поведение в гораздо большей степени, чем когда индивид живет отдельно.

В семье, несомненно, возрастает цена принятия решений, к которым нередко подходят демократически, коллективно, потому что при большом числе участников труднее достичь согласия. К примеру, покупая дорогую вещь, женатый человек должен считаться не только со своими предпочтениями, но и с мнением супруги. В результате процесс, связанный с покупкой, может затянуться, отодвинуться на неопределенный срок, а со временем может измениться и отношение к желаемой вещи. Из-за этих издержек супруги часто идут на соглашение принимать большинство решений административно одной стороной. Например, одному дается право решать самому, без консультации с другими членами семьи, какой приготовить семейный обед, другой может решать вопросы по ассортименту и технологии возделывания овощей на приусадебном участке. Разделение власти в принятии решений внутри семьи делает ее экономику эффективной.

Семья вовлечена в производство товаров и услуг, т. е. общественных благ, которые распределяются между всеми членами семьи и становятся доступными им в одинаковом количестве и качестве, поскольку для общественных благ отсутствует как

исключительность доступа, так и конкурентность при потреблении. Вместе с тем общие для семьи товары могут не соответствовать вкусам одного из ее членов, хотя остальные согласны их приобрести. В таком случае индивиду приходится нести издержки неполучения товара в том количестве и качестве, которое наиболее полно удовлетворяет его предпочтения.

Данный тип издержек применим не только к благам, которые потребляются, покупаются или производятся, но и к отношениям с другими людьми. В частности, оба супруга могут, например, решить общаться с определенными людьми не потому, что подходят им с точки зрения желаемых качеств, а потому, что избранные друзья представляют компромисс для обоих. Из этого вовсе не следует, что каждый из супругов не будет иметь своих личных друзей, просто у них появятся и общие друзья. При этом чем чаще они будут встречаться с общими друзьями, тем меньше времени у них останется на индивидуальные друзей, и здесь начинается действие закона возрастающих альтернативных издержек.

В семейных отношениях действует также закон убывающей предельной полезности (закон насыщения потребностей), который гласит, что если некоторое удовольствие испытывается человеком постоянно, то его интенсивность, высокая с начала потребления, в дальнейшем снижается и становится нулевой. С другой стороны, степень интенсивности повторяющегося испытываемого человеком удовольствия и его продолжительность снижаются с такой же скоростью, с какой происходит повторение. Однако эта закономерность, как и всякая другая, относящаяся к социальным явлениям, в которых главными субъектами являются люди, проявляет себя неоднозначно.

Согласно марксистской теории издержки в семье как основном потреби-

тельском звене экономической системы можно охарактеризовать как издержки потребления, т. е. **затраты в сфере потребления**. Поскольку эти затраты могут быть производительного характера (приготовление пищи, шитье одежды, ремонт жилья и т. д.), они по своей сути являются издержками производства в сфере потребления. Кроме чистых издержек потребления при пользовании жильем, одеждой и т. п. семья осуществляет затраты на покупку товаров и услуг, которые представляют собой издержки обращения в сфере потребления. Как видим, издержки в экономике семьи многообразны не только по видам, но и по экономическому содержанию.

Наряду с издержками, которые сопутствуют семейным отношениям, брак предполагает и получение соответствующих выгод. Вытекают они главным образом из способности семьи производить желаемые товары и услуги, невозможные во внебрачной ситуации: например, родить детей (речь идет о законнорожденных), повысить престижность и статус, который может влиять на занятость и круг друзей. К выгодам следует также отнести доступный семейный секс и семейную жизнь в целом.

Семья в экономическом смысле является инвестиционным проектом, в котором муж и жена заинтересованы инвестировать свое время и другие ресурсы в развитие семейных активов и строительство крепких семейных отношений, цементирующим звеном которых являются дети.

С экономической точки зрения дети – это источник потребления и объект инвестиций. Родители получают в лице детей хорошую компанию, предоставляющую выгоды, отличные от тех, которые они имеют от таких товаров, как новый автомобиль или дорогой мартины. С детьми можно общаться, гулять, они могут быть партнерами в настольном или большом теннисе, игре в шашки. Их существование

дает родителям некоторую надежду не остаться одинокими в старости. Дети могут доставлять своим близким удовольствие, которое они выражают через чувства уважения и обогащения («мой дедуля, моя бабуля» – разве это не радует, не делает человека внутренне богаче?). Во всех семейных отношениях дети в определенном смысле являются потребительскими благами. Но существует и другая сторона: дети есть средство обеспечения родителей-пенсионеров, когда человек уже не получает доходы, а общество не в состоянии обеспечить ему безбедную старость. Этот вид организации домашнего самострахования не исчез даже в развитых странах.

Безусловно, сегодня в цивилизованных государствах люди больше полагаются на наличные, финансово обоснованные пенсионные планы доходов в старости, что снижает ответственность детей за поддержку пожилых родителей. Однако в такой ситуации уменьшается потребность и в детях, что является, по-видимому, одной из причин падения в этих странах рождаемости. Ведь сегодня в мире при ежегодном приросте населения 80–90 млн человек на развивающиеся страны приходится около 2/3 этого прироста и только 1/3 – на развитые государства [4].

К сожалению, в современном обществе обязанность детей заботиться о пожилых родителях все больше отходит на второй план, и старики вынуждены жить одни или в домах престарелых. Кроме того, сужаются родственные связи, и современная семья все чаще становится нуклеарной (родители–дети), где двоюродные братья и сестры едва знают друг друга.

Помимо инвестиционных возможностей в производстве человеческого капитала семья, функционирующая как отдельное домашнее хозяйство с участием более одного индивида, может производить товары и услуги гораздо эффективнее, чем несколько домохозяйств с одним индиви-



дом. Это происходит благодаря экономии за счет масштабов. Нередко многие товары и услуги для членов семьи в доме являются общественными благами, которые приносят пользу всем и не уменьшаются количественно и качественно при добавлении дополнительных потребителей (детей). Поэтому у людей, живущих под одной крышей, отсутствует необходимость производить общие блага только лично для себя, а есть возможность улучшить качество имеющихся благ или направить ресурсы на другие цели.

В домашнем хозяйстве поглощается значительная часть бюджета времени семьи. Работы в семье, значительная доля которых осуществляется женщинами, весьма трудоемки и требуют немалых физических усилий. Так, согласно специальным обследованиям, при развешивании белья затрачивается больше энергии, чем при равной по времени работе на тракторе, при мытье окон – больше, чем при вождении такси, а при глажке белья в течение часа женщина расходует столько калорий, сколько за такой же период каменщик.

Особой сферой производительного труда в семье, поглощающей значительную часть бюджета времени, является приготовление пищи. Как показали проведенные в России исследования, в течение недели на обеспечение домашнего питания (покупку продуктов, приготовление пищи, мытье посуды) у мужчин уходит 5 часов 17 минут, а у женщин – 16 часов 22 минуты, т. е. соответственно 36 и 57% всего времени, расходуемого на ведение домашнего хозяйства. Такие большие затраты определяют важное значение его механизации и развития сферы бытовых услуг.

Эффективность домашнего производства может быть выше при специализации и свободном обмене благами между партнерами. Стороны могут использовать преимущества своей сравнительной эффективности производительности в уборке

дома или в приготовлении пищи, что приводит к минимизации издержек в производстве благ, если супруги будут специализироваться на различных видах труда и эффективно обмениваться произведенными благами.

Обязанности, как правило, делегируются членам семьи, и каждый из них зависит от выполнения этого долга. Поэтому, если один из членов будет уклоняться от своих обязанностей, благосостояние семьи ухудшится, так как подобное отлынивание от домашней работы причиняет ущерб другим. Однако любящий человек менее склонен увильнуть от домашних дел, чем тот, кто не любит. Значит, если у человека есть возможность выбора, то он, естественно, хотел бы вступить в брак с тем, кто его любит и, естественно, кого он любит. Если нет любви, то человек предпочтет не выполнять свои семейные обязанности, что, в свою очередь, отвлекает ресурсы семьи на «надзор» за ее членами. И здесь любовь приобретает экономический смысл, который проявляется в минимизации издержек контроля за счет механизма самопринуждения.

Все сказанное позволяет сделать вывод, что эффективный брак – это такой брак, в котором двое любят друг друга и у них схожие ценности и предпочтения – чем сильнее любовь и тождественные взгляды пары, тем ближе брак к идеальному. Подобное заключение вытекает из положения экономической теории о семье как производственной единице, на которую определенное воздействие оказывают экономические законы – разделения труда, масштаба производства, предельной полезности, специализации, кооперации и т. д.

Экономическая роль семьи в рыночной экономике чрезвычайно сложна. Семья решает многообразные проблемы, связанные с ведением домашнего хозяйства, семейным бизнесом, оптимизацией



и рациональным использованием семейного бюджета исходя из имеющихся ограничений и своих потребностей, воспроизводства рабочей силы, формирования и накопления человеческого капитала, обеспечения необходимого уровня потребительского спроса, создания инвестиционного потенциала и др. Таким образом, семья практически является аналогом мультидивизиональной организации многих современных корпораций с центрами прибыли, а отдельные семьи оказываются прототипами самодостаточных, продуктивных дивизионов.

В целом функции семьи многообразны. Они затрагивают все важнейшие секторы деятельности общества и во многом определяют происходящие в нем социально-экономические процессы. Немаловажными функциями семьи являются организация семейного бизнеса, индивидуальное участие членов семьи, а также корпоративные формы ее участия в рыночном хозяйстве. В этой связи разрешение проблем семьи, ведущей домашнее хозяйство и занимающейся предпринимательской деятельностью в условиях рыночной экономики, следует искать:

- в формировании новых потребностей и возможностей семьи;
- создании условий и реализации экономических функций семьи;

– повышении социально-экономического статуса семьи;

– обеспечении социальной поддержки и нормальных бытовых условий семьи.

Социально-экономический статус семьи – это интегральный показатель, который отражает в семейных отношениях особенности социально-политического устройства государства, его правовые основы, уровень развития экономики, культуры и общественного самосознания.

Объективные изменения в социально-экономической организации общества требуют существенных преобразований в системе координат личность–семья–государство с целью создания социально-экономических отношений, позволяющих процветать семье, обществу и государству.

### Цитированная литература

1. **Амосов В.В., Гукасьян Г.М., Маховикова Г.А.** Экономическая теория. – СПб.: Питер, 2002.
2. **Воробьев Е.М.** Экономическая теория. – М.: Эксмо, 2008.
3. **Видяпин В.И. и др.** Экономическая теория. – М.: Инфра-М, 2008.
4. **Тарасевич Л.С., Гребенников П.И., Леусский А.И.** Макроэкономика. – М.: Высшее образование, 2006.

## THE SUMMARY

*E.A. Pogorelaya*

### RUSKIJ MIR OF THE POST-SOVIET TERRITORY: EXPERIENCE OF NEW PERUSAL

In given article Linguistic and culturological, ideological, psychological, social and cultural reasons of changing borders of «Russkij mir» in the post-Soviet territory are presented.

*V.Th. Guthu, N.N. Ushmurceva*

### POLY CULTURAL EDUCATIONAL SPACE AS FACTOR OF PERSONALITY FORMATION

The analysis of forms, methods and means of personality formation in polycultural educational space on the basis of the principles of dialogue, cultural relativism, combination of national dignity and respectiveness to common to all mankind values has been carried out. The understanding of polycultural education being the main source of personality development in democratic society has been researched.

*S.V. Prijmack*

### E.S. NATANZON – THE TEACHER, THE PSYCHOLOGIST AND THE SCIENTIST

Have we presented the main steps of the scientific and pedagogical contribution of E.Sh. Natanzon to pedagogical psychology during her working at the Prednistrovskiy State University named by T.G. Shevchenko.

*N.V. Okushko*

### V. KALINNIKOV'S CREATIVE CHORAL ACTIVITY. TEXTURAL INTERPRETATION TECHNIQUES

The article makes an attempt to reveal certain creative methods in presenting choral textures of V. Kalinnikov, a famous composer of the late XIX – early XX c., a bright representative of Russian late Romanticism in the genre of vocal and choral music. Characteristics of the expressive means of the composer's choral writing are given on the background of an analytical review of stylistic trends in the concert genre development of Russian choral music of the IX c.

*L.I. Burdian*

ETHIC BASED FORMATION  
OF MUSICAL CULTURAL CONCEPTIONS

Reviews the problems of the actualization of musical cultural science study and proposes the ethical knowledge introducing to a conception context of this subject.

*V.R. Okushko, R.V. Okushko*

TO THE STRATEGY OF HEALTH CARE DEVELOPMENT

The article gives arguments in favor of priority for purely biological (genetic, in particular) health factors. The statement does not try to devalue ecological, social, everyday-routine or other factors, but it implies fundamentality and absolute importance for all further generations of those living on the Earth, including the Russian people. The true control over the people's health can be realized on the basis of genetic and phenotypic principles of medically supported human beings' development.

*G.I. Podolnnyy*

INTEGRATIVE BASIS OF THEORIES  
OF BIOLOGY AND MEDICAL

Hypotheses, theories, the opening offered and proved Hippocrat, Virhov, Darwin, Selie, Pavlov and other coryphaeuses of medicine, demand generalization and their data in the uniform theory of biology and medicine.

*L.N. Azbukina, I.I. Zelenyuk*

NON=MALIGNANTA DISEASES OF MAMMARY  
AT WOMEN OF REPRODUCTIVE AGE

We carried out clinical and laboratory examination of women of reproductive age suffering from various diseases of mammary glands, often is the general term "breast". This confirmed the direct dependence of the total violations of hormonal status, which is expressed in the phase transition of the endometrium hyperplasic transformation. A considerable role is played by the concomitant somatic pathology. These data allow for a treatment and preventive correction.

*I.F. Garbuz, N.G. Andriesh, A.D. Ignatov, I.N. Berezov, V.S. Leontiev*

SOME ASPECTS OF TREATMENT CONGENITAL  
PES EQUINOVARUS AT CHILDREN

Some aspects of treatment congenital pes equinovarus at children are represented by result of work of authors over the last 5 years concerning treatment of such difficult pathology of children's age as congenital pes equinovarus. The analysis of results of treatment pes equinovarus on own techniques and in comparison with a technique applied is resulted earlier. Corresponding conclusions are drawn.

*E.N. Imjanitov, V.A. Shutkin, R.A. Stavinsky*

#### ROLE OF ADVERSE ALLELES OF POLYMORPHIC GENE IN RISK OF OCCURRENCE OF THE LUNG

Article is devoted to studying of a role of adverse alleles of polymorphic genes which products take participate in a metabolism of carcinogens of a tobacco smoke, in risk of occurrence of a cancer of a lung. It is shown, that mutant an allele with replacement T6235C in gene CYP1A1, coding AГГ – enzyme activating ПAУ, bound to predisposition to ПЖ, especially ПкПЖ. Data about small prevalence of deletions in gene GSTM1 coding the same enzyme of a phase of II metabolism of xenobiotics, at patients with ПЖ are cited, that specifies connection with risk of occurrence ПЖ. It is informed also, that the adverse importance mutant allele in gene CYP1A1 amplifies at a combination to scarce genotype GSTM1.

*A.A. Botezatu*

#### TRANSPOSITION OF DIRECT MUSCLES OF THE ABDOMEN AT HERNIOPLASTY OF BIG AND HUGE RECURRENT MEDIAN HERNIAL DEFECTS

At treatment of the big and huge recurrent median hernias as alternative to alloprosthetics, were offered various autoplasic operations directed on returning of direct muscles in a starting position which they occupied before herniation. A number of the offered similar operations is historically considered. The preference is given to operation of O. Ramirez which, however, has a number of lacks: fragile fixing of medial edges of direct muscles, that leads to frequent relapses; real danger of occurrence by pararectal hernias. The author suggests to combine it with autodermoplasty on the offered methods that promotes substantial improvement of results of treatment. Among the operated 122 patients in the nearest postoperative period has died 2 (1,6 %) patients, and in the remote terms registered 3 (2,5 %) disease relapses.

*V.F. Khlebnikov, N.E. Onufrienko*

#### DEVELOPMENT OF BOTANICAL GARDEN TSU AND ITS RESEARCH AND EDUCATIONAL FUNCTIONS

Necessity of creation of the Botanical garden of Tiraspol state university of T.G. Shevchenko as educational, research centre of the Pridnestrovian region is proved. The basic stages of its designing and building are shown. The characteristic of the major objects created in the Botanical garden of Tiraspol state university is resulted.

*S.I. Philipenko, S.V. Chur, I.I. Ignatiev, D.P. Bogaty, V.A. Matsuk, A.G. Moseiko,  
O.V. Antuhova, D.A. Kovalenko, L.V. Kotomina, T.D. Sharapanovskaya,  
O.V. Strugulya, O.S. Bezman-Moseiko, L.P. Serbinova, A.A. Tisthenkov,  
T.G. Guseva, A.M. Bondarenko*

#### ZOOLOGICAL RESEARCH IN PRIDNESTROVIAN MOLDAVIAN REPUBLIC

In the article are given the basic results of scientific work of zoologists in Pridnestrovie within 2000–2009. The main scientific research in the field of fauna region are held in the following directions:

hydrobiology, entomology, ichthyology, herpetology, ornithology and teriology. Besides in this article is given information about the number the studied speeches of animals. The perspective of the development of zoological science in Pridnestrovie are emphasized. It is noted the role of the chair genetics and zoology, scientific research laboratory «Biomonitoring» and the museum of zoology in organization and carrying fauna research in the region.

*V.A. Sheptitskii*

#### THE DIGESTION-TRANSPORTATION PROCESSES IN THE SMALL INTESTINE UNDER CHRONIC STRESS

As a result of the *in vivo* and *in vitro* experiments on male white laboratory rats, the regularities of the dynamics of membrane digestion and transportation of carbohydrates and proteins in the small intestine under chronic emotional stress caused by periodic hard immobilization were revealed. The role of various transport systems in the development of glucose absorption stress disorder was determined. The role of the  $\alpha$ - and  $\beta$ -adrenoreceptors, the dopamine (D2) receptors, the  $\text{Ca}^{2+}$ -dependent processes in the intestine cell, as well as lipid peroxidation, in the development of the digestion-transportation processes stress disorders in the small intestine was established.

*I.P. Kapitalchuk*

#### ANALYSIS OF NATURALLY-TERRITORIAL ORGANIZATION OF TERRITORY BETWEEN THE RIVERS DNIESTER AND PRUT ON BASIS OF POLYSTRUCTURAL OF CONCEPTION

The conceptual geocological model of natural complex is grounded for the study of polystructural landscape organization of territory of sub-regional scale. The role of hydrothermal and geological and geomorphological factors comes into question in forming of landscape structure of territory between the rivers Dnestr and Twig. Results over of quantitative estimation of intercommunications are brought between the elements of geosystems.

*A.N. Yanakerich*

#### SOME GENERAL CONFORMITES TO THE LOW OF DEVELOPMENT OF MALACOBENTOS OF THE MIDDLEMIOTSEN. (BADEN) SEAS OF SOUTH-WEST OF EASTEN-EUROPEAN PLATFORM

On the basis of analysis of such ethologic-trophic groups as Bivalvia and Gastropoda there were found some main rules in the process of the malacobentos' development in the middlemiotsen (Baden) seas of the south-west of Eastern-European platform.

*N.I. Shulman, N.A. Kunichenko, V.V. Vlasov, L.N. Sokolova, O.V. Antuchova*

#### SOLUTIONS OF PLANT DISEASE PROTECTION IN MODERN AGROLANDSCAPES: CONCEPTUAL APPROACHES

The pest monitoring survey system, developed by the authors was tested on wheat and barley. Studies of disease incidence and severity have shown, that the number of pathogens does not

changed during 2003–2009. However, degree of development of each disease varies from year to year. Most of them are seed-borne, so seed treatment is strongly recommended for disease control. Seed treatment decreases both root infection and leaf blights and makes foliar treatment not needed.

*S.I. Beril*

#### ACTUAL PROBLEMS OF MODERN PHYSICS

The article presents the most topical issues of macro- and microphysics, also of physics of the Universe, their importance and consequences for the development of science, techniques and technologies, as well as their role in the construction of the modern physical picture of the world.

*P.I. Khadzhi, O.F. Vasilieva*

#### PECULIARITIES OF TIME EVOLUTION OF COHERENT BOSE-CONDENSED ATOMS IN DOUBLE TRAP

The dynamics of the tunneling of Bose-condensed atoms through the barrier between two traps taking into account the interparticle elastic interactions is investigated using the Gross–Pitaevsky equation. The analytical solutions of the system of nonlinear differential equations are obtained, which describe the time evolution of atoms in the traps depending on the initial densities of atoms, initial phase difference and resonance detuning. It was shown that the time evolution of the system is essentially determined by the initial conditions. There are the periodical or aperiodical evolution of the densities of atoms in traps. The obtained peculiarities of the time evolution of atoms depending on the initial phase difference give rise the possibility of the phase control of the system.

*T.I. Goglidze, I.V. Dementiev, T.D. Gutsul, N.I. Matskova, E.A. Senokosov*

#### RECEPTION NANOPARTICLES CADMIUM SULPHIDE IN A POLYMERIC MATRIX

In the given work the technology of reception and some spectral characteristics of the compositions containing ultradisperse particles CdS and combining properties of polymer and the semiconductor is resulted.

*E.P. Sinyavskii, S.A. Karapetyan*

#### INFLUENCE OF THE SURFACE ON THE TRANSPORT PHENOMENA IN LOW-DIMENSIONAL QUANTUM SYSTEMS

The role of carrier scattering on the rough surface on the kinetic properties of quantum systems is discussed. In particular, we showed that an external uniform magnetic field of different orientations relative to the surface of the size-limited system appreciably reduces the value of the carrier relaxation time, which is fundamentally important to the study of transport phenomena in low-dimensional systems.



*V.M. Ishimov, E.A. Senokosov, V.G. Surinov*

RESEARCH A VOLT-CAPACITIVE  
OF THE CHARACTERISTICS OF A CONTACT METAL –  
CHALCOGENIDE VITREOUS SEMICONDUCTOR  $(As_2Se_3)_{0,7}(Sb_2Se_3)_{0,3}$

The relation of differential capacity  $C$  with from the applied voltage stress  $U$  to a contact of metals ( $M$  is researched: Cr, In, Al, Ag, Bi, Sb) with a film of chalcogenide vitreous semiconductor (CVS) of a structure  $(As_2Se_3)_{0,7}(Sb_2Se_3)_{0,3}$ . On experimental data of relation with  $C^2 = f(U)$  are determined concentration of ionized centers, width of a depletion layer of a barrier, value of diffusion potential. Obtained a volt-capacitive of the characteristic are described by model of two Schottky barriers, live towards one another.

*I.G. Stamov, N.N. Syrbu, A.V. Dorogan, V.V. Dorogan, V.V. Ursaki*

EXCITONIC SPECTRA AND BAND STRUCTURE OF THE CRYSTALS  $CuAlSe_2$

The energy positions of  $n = 1$  and  $n = 2$  lines of three exciton series  $\Gamma_4(A)$ ,  $\Gamma_5(B)$  and  $\Gamma_5(C)$ , the basic exciton parameters and the exact values of energy intervals  $V_1(\Gamma_7) - C_1(\Gamma_6)$ ,  $V_2(\Gamma_6) - C_1(\Gamma_6)$  and  $V_3(\Gamma_7) - C_1(\Gamma_6)$ , are determined. The splittings due to the crystal field and spin-orbit interaction are evaluated. The effective masses of the electrons ( $m_{cl}^*$ ) and holes ( $m_{v_1}^*$ ,  $m_{v_2}^*$ ,  $m_{v_3}^*$ ) are estimated. The spectral shapes of the reflectivity in the exciton range of spectrum are determined using the dispersion relations and the spectral contours of the reflectivity on the base of Kramers–Kronig relations.

*D.M. Ipate, R.C. Lupu*

FACTORIAL MAPS AND REGULAR ENCLOSURE OF TOPOLOGICAL SPACES

The theory of continuous maps is one of powerful methods of research of topological spaces. The problem is put to solve following two problems:

- 1) If  $Z$  it is regular, what those  $X \subset Z$ , what for any factorial maps  $f$  on  $Z$  the restriction  $f$  on  $f^{-1}X$  is factorial? Pseudoopenly?
- 2) What all those (quite regular)  $X$ , what for any quite regular  $Z$ , containing  $X$  and factorial map  $f$  on  $Z$  restriction  $f$  on  $f^{-1}X$  is factorial? Pseudoopenly?

*V.I. Arnautov, I.V. Vdovichenko*

THE BASIC LATTICE OF GROUP TOPOLOGIES

In this article we prove that the following sets are complete lattices for each group:

- The set of all group topologies;
- The set of all group topologies, in which the group has a basis of neighborhoods of the unit, which consists from subgroups;
- The set of all group topologies, in which the group has a basis of neighborhoods of the unit, which consists from normal subgroups;
- The set of all group topologies, in which the topological group is precompact;
- The set of all group topologies, in which the left and right uniform structures coincide.

*Y.A. Dolgov, A.Y. Dolgov, Y.A. Stolyarenko*

METHOD FOR CALCULATION WITH INCREASE  
OF EXACTNESS OF SMALL SIZE SAMPLE PARAMETERS

There are offered some methods for small size sample parameters with considerable of exactness as compared with classical methods as well as construction of regression equations by twin small size sample.

*A.I. Dikusar, I.V. Yakovets, S.A. Silkin*

MICRO- AND MACRODISTRIBUTION  
OF ELECTRODEPOSITION RATES  
NANOCRYSTALLIC Co-W COATINGS FROM CITRATE SOLUTIONS:  
A ROLE OF HYDRODYNAMIC CONDITIONS

On an example of electrodeposition cobalt-tungsten coatings from citrate electrolyte containing  $\text{CoSC}_4$  (0,2 mol/l) and  $\text{Na}_2\text{WO}_4$  (0,2 mol/l) at pH = 6.8 and 60 °C, influence of hydrodynamic conditions on micro- and macrodistribution of deposition rates, structure of coating and their microhardness with use of Hull cell with a rotating cylinder electrode is investigated. Absence of influence of hydrodynamics on a surface roughness is shown. Reduction of throwing power of electrolyte is established at increase in speed of rotation of an electrode. Conditions of the maximum uniformity of contents, structure of coating and influence of hydrodynamic on their microhardness are defined.

*F.M. Erhan*

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE LEVELS  
OF SHORT-CIRCUIT CURRENTS ON THE RELIABILITY  
OF THE ELECTRICAL EQUIPMENT

In the article the analysis of the influence level current of the short circuit of the electrical equipment. It is designed the mathematical model allowing the modeling prototype reliability of the operation electrical equipment installed in nodes of the systems.

*I.F. Amsimov, C.F. Chemobrisov, A.V. Dimoglo, V.G. Badiyl*

THE ANALYSIS AND JUSTIFICATION  
OF THE TRANSFER OF THE TRACTOR FLEET  
TO COMPRESSED NATURAL GAS

The paper summarizes the results of theoretical and experimental studies on the transfer of the tractor fleet to compressed natural gas, the feasibility is given too. It is shown the constructive scheme of power supply system, the composition of gas cylinders on wheeled tractors, the scheme of the mechanism of the blasting dose of diesel fuel limitation to all modal regulators. It's described a comparative analysis of high-speed of the engine operating in the mode of diesel and gas diesel; the traction properties of tractor DT-75 in the mode of diesel and gas diesel.

The recommendations to the production are also given.

*S.G. Fedorchenko, M.V. Nighegorodova, O.S. Belokon, S.V. Pomian*

#### THE INTEGRATED ESTIMATION OF LEVEL OF KNOWLEDGE OF STUDENTS

It was reduced the outcomes work for shaping of integral mark knowledge level with help of Haringhton-Mencher generalized usefulness function and the results approbation this approach in some concrete cases also.

*A.B. Glazov, A.A. Ljachy, L.J. Kosak, O.W. Stashkova, O.W. Shestopal, N.S. Glasova*

#### ELEMENTS OF A DISTRIBUTED SYSTEM OF DOCUMENT PROCESSING IN RYBNITSA BRANCH OF THE HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENT “TRANSNISTRIAN STATE UNIVERSITY OF T.G. SHEVCHENKO”

Some elements of a distributed system of document processing based on heterogeneous jobs are describing. The basis of organization of the system put a few non-trivial solutions both in the field of information exchange, and in the field of data processing at individual workplaces. Progress has been made in the development of original technology lists of strings in memory and in the implementation of specific ARMs, in particular ARM of librarian. Work in this direction are continuing.

*L.G. Senokosova*

#### MORTGAGE LOANS AND THE ASPECTS OF ITS DEVELOPMENT

The article addresses the development of the “mortgage problem” in Russian Federation and Transnistria using the foreign experience.

The attention is focused on the need of a larger mortgage lending use, mortgage lending being a form of consumer lending.

The banking practice of mortgage lending is analyzed and the ways of its development, which will improve the living standards, are suggested.

*M.I. Trach, D.M. Trach*

#### MARKET ECONOMY: ILLUSION OR REALITY

The paper outlines the socio-economic problems of transition economy. An attempt to define the role of the market and state in the market economy has been made. A special attention is paid to the controlling state role and to the facts necessary to provide economic growth, employment and price stability. The authors suggest some directions of state function intensification that cannot be solved by the market itself.

*N.N. Smolenski*

#### ABOUT ESSNCE AND IMPORTANCE OF LABOUR MARKET

The article is devoted to the characteristics of functions, structures and differentiation of labour market into types, forms, kinds, models and theoretical argumentation of economic category “labour

---

market” with the suggestion of the author’s definition of this category on the basis of essential analysis of different definitions of this category.

*W.W. Labunsky*

FAMILY AND HOUSEKEEPING AS SUBJECTS  
OF MARKET ECONOMY

In the current conditions, where people pay increased attention to the problems of economy development, it is impossible to become an intelligent economist or businessman without learning the basis of economic theory, economic phenomena and tendencies of economic life.

Every society seeks to solve the main economic problem, which consists in regulating the conflict between the endless human demands in numerous products and service, and the limited sources, used for their production. Moreover, this contradiction should be always solved by targeting rare sources for producing services and products, which correspond to the current and most urgent people’s demands. Consequently, these two problems – the problems of rarity and choice – are driven by human phenomenon only.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

<i>Е.А. Погорелая.</i> РУССКИЙ МИР ПОСТСОВЕТСКОГО ПРОСТРАНСТВА: ОПЫТ НОВОГО ПРОЧТЕНИЯ.....	3
<i>В.Ф. Гуцу, Н.Н. Ушнурцева.</i> ПОЛИКУЛЬТУРНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО КАК ФАКТОР СОЦИАЛИЗАЦИИ ЛИЧНОСТИ.....	15
<i>С.В. Приймак.</i> Э.Ш. НАТАНЗОН – ПЕДАГОГ, ПСИХОЛОГ И УЧЕНЫЙ.....	23
<i>Н.В. Окушко.</i> ХОРОВОЕ ТВОРЧЕСТВО В. КАЛИННИКОВА: ПРИЕМЫ ФАКТУРНОГО ИЗЛОЖЕНИЯ.....	29
<i>Л.И. Бурдиян.</i> ЭТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ МУЗЫКАЛЬНО-КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ.....	35

### МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>В.Р. Окушко, Р.В. Окушко.</i> К СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ.....	42
<i>Г.И. Подолный.</i> ИНТЕГРАТИВНАЯ ОСНОВА ТЕОРИЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ.....	50
<i>Л.Н. Азбукина, И.И. Зеленюк.</i> ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА.....	61

*И.Ф. Гарбуз, Н.Г. Андриеш, А.Д. Игнатов,*

*И.Н. Березов, В.С. Леонтьев.*

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ВРОЖДЕННОЙ КОСОЛАПОСТИ У ДЕТЕЙ ..... 67

*Е.Н. Имянитов, В.А. Шуткин, Р.А. Ставинский.*

РОЛЬ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ АЛЛЕЛЕЙ ПОЛИМОРФНЫХ ГЕНОВ

В РИСКЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАКА ЛЕГКОГО ..... 75

*А.А. Ботезату.*

ТРАНСПОЗИЦИЯ ПРЯМЫХ МЫШЦ ЖИВОТА

ПРИ ГЕРНИОПЛАСТИКЕ БОЛЬШИХ

И ГИГАНТСКИХ СРЕДИННЫХ ГРЫЖЕВЫХ ДЕФЕКТОВ..... 93

*В.Ф. Хлебников, Н.Е. Онуфриенко.*

РАЗВИТИЕ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ПГУ.

ЕГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ,

ПРОСВЕТИТЕЛЬСКАЯ И ВОСПИТАТЕЛЬСКАЯ ФУНКЦИИ ..... 106

*С.И. Филипенко, И.И. Игнатьев, Д.П. Богатый, О.В. Антюхова,*

*Л.В. Котомина, Л.П. Сербинова, А.А. Тищенко, Т.Г. Гусева, С.В. Чур,*

*В.А. Мацюк, А.Г. Мосейко, О.С. Безман-Мосейко, Д.А. Коваленко,*

*Т.Д. Шарпановская, О.В. Стругуля, А.М. Бондаренко.*

ЗООЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ..... 116

*В.А. Шептицкий.*

ПИЩЕВАРИТЕЛЬНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ

В ТОНКОЙ КИШКЕ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ СТРЕССЕ..... 125

*И.П. Капитальчук.*

АНАЛИЗ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ДНЕСТРОВСКО-ПРУТСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

НА ОСНОВЕ ПОЛИСТРУКТУРНОЙ КОНЦЕПЦИИ ..... 139

*А.Н. Янакевич.*

НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ МАЛАКОБЕНТОСА

СРЕДНЕМИОЦЕНОВЫХ (БАДЕНСКИХ) МОРЕЙ

ЮГО-ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ..... 152

*Н.И. Шульман, Н.А. Куниченко, В.В. Власов,*

*Л.Н. Соколова, О.В. Антюхова.*

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЗАЩИТЫ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТ ОСНОВНЫХ БОЛЕЗНЕЙ

В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ ..... 157



ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
ЭКОНОМИКА

<i>С.И. Берил.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ .....	168
<i>П.И. Хаджи, О.Ф. Васильева.</i> ОСОБЕННОСТИ ВРЕМЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ КОГЕРЕНТНЫХ БОЗЕ-КОНДЕНСИРОВАННЫХ АТОМОВ В ДВУХЪЯМНОЙ ЛОВУШКЕ.....	176
<i>Т.И. Гоглидзе, И.В. Дементьев, Т.Д. Гуцул, Н.И. Мацкова, Э.А. Сенокосов.</i> ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ СУЛЬФИДА КАДМИЯ В ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕ.....	193
<i>Э.П. Синявский, С.А. Карапетян.</i> ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В НИЗКОРАЗМЕРНЫХ КВАНТОВЫХ СИСТЕМАХ .....	196
<i>В.М. Ишимов, Э.А. Сенокосов, В.Г. Суринов.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ-ФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТАКТА МЕТАЛЛ – ХАЛЬКОГЕНИДНЫЙ СТЕКЛООБРАЗНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК $(As_2Se_3)_{0,7}(Sb_2Se_3)_{0,3}$ .....	202
<i>И.Г. Стамов, Н.Н. Сырбу, В.В. Дороган, В.В. Урсаки, А.В. Дороган.</i> ЭКСИТОННЫЕ СПЕКТРЫ И СТРУКТУРА ЗОН КРИСТАЛЛОВ $CuAlSe_2$ .....	207
<i>Д.М. Ипате, Р.К. Луну.</i> ФАКТОРНЫЕ ОТОБРАЖЕНИЯ И РЕГУЛЯРНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ .....	220
<i>В.И. Арнаутов, И.В. Вдовиченко.</i> ОСНОВНЫЕ РЕШЕТКИ ГРУППОВЫХ ТОПОЛОГИЙ.....	224
<i>Ю.А. Долгов, А.Ю. Долгов, Ю.А. Столяренко.</i> МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫБОРКИ МАЛОГО ОБЪЕМА (метод точечных распределений) .....	232
<i>А.И. Дикусар, И.В. Яковец, С.А. Силкин.</i> МИКРО- И МАКРОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ОСАЖДЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ Co-W ПОКРЫТИЙ ИЗ ЦИТРАТНЫХ РАСТВОРОВ: РОЛЬ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ .....	243

---

<i>Ф.М. Ерхан.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЕЙ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ .....	257
<i>И.Ф. Анисимов, С.Ф. Чернобрисов, А.В. Димогло, В.Г. Бадюл.</i> НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕВОДА ТРАКТОРНОГО ПАРКА НА СЖАТЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ.....	261
<i>С.Г. Федорченко, М.В. Нижегородова, О.С. Белоконь, С.В. Помян.</i> ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ.....	277
<i>А.Б. Глазов, А.А. Ляху, Л.Я. Козак, О.В. Сташкова, О.В. Шестопап, Н.С. Глазова.</i> ЭЛЕМЕНТЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ РЫБНИЦКОГО ФИЛИАЛА ПГУ им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО .....	286
<i>Л.Г. Сенокосова.</i> ИПОТЕЧНЫЙ КРЕДИТ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО РАЗВИТИЯ.....	292
<i>М.И. Трач, Д.М. Трач.</i> РЫНОЧНАЯ ЭКОНОМИКА: ИЛЛЮЗИИ И РЕАЛИИ .....	301
<i>Н.Н. Смоленский.</i> О СУЩНОСТИ И ЗНАЧЕНИИ РЫНКА ТРУДА.....	309
<i>В.В. Лабунский.</i> СЕМЬЯ И ДОМАШНЕЕ ХОЗЯЙСТВО КАК СУБЪЕКТЫ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ .....	315
THE SUMMARY .....	323

Научно-методический журнал

**ВЕСТНИК ПРИДНЕСТРОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**  
Юбилейный выпуск

Редакторы: *Е.А. Матвейчук, А.В. Сушкевич, Л.Н. Носкова*  
Компьютерная верстка *А.Н. Федоренко*

ИЛ № 06150. Сер. АЮ от 21.02.2002.

Подписано в печать 05.07.2010. Формат 70×100/16.

Уч.-изд. л. 21,0. Усл. печ. л. 27,1. Тираж 500 экз. Заказ №

Изд-во Приднестр. ун-та. 3300, г. Тирасполь, ул. 25 Октября, 128.

---

Отпечатано с готового оригинала-макета в Бендерской типографии «Полиграфист»  
Министерства информации и телекоммуникаций ПМР.  
3200, г. Бендеры, ул. Пушкина, 52