

Технологические особенности поточного контактного взаимодействия жидких пищевых продуктов с диоксидом углерода

Д-р техн. наук, проф., академик МАХ
В.М.ШЛЯХОВЕЦКИЙ,
Д-р техн. наук, проф. **Г.И.КАСЬЯНОВ**
Кубанский государственный
технологический
университет, г. Краснодар

Термодинамические и технологические свойства экологически безопасного и относительно дешевого и доступного для применения диоксида углерода постоянно привлекают внимание к проблеме его использования в технологических процессах пищевой промышленности. При оценке возможных путей развития экспрессных методов холодильной технологии пищевого сырья выявлены системно-структурные взаимосвязи [4,7], возникающие при обработке жидких пищевых продуктов, находящихся в поточно-струйном контакте с диоксидом углерода. Исследования, проведенные в 1983–1995 гг. [3–7], свидетельствуют о том, что такое использование диоксида углерода способствует сохранению качества, натуральных свойств, экологической чистоты и питательной ценности пищевых продуктов и позволяет создать альтернативные технологии для многих пищевых производств. Газодинамический потенциал диоксида углерода в струйных газодинамических охладителях [6] обеспечивает диспергирование продукта, введенного в поток, а термодинамический потенциал гарантирует понижение температуры и при необходимости – кристаллизацию обрабатываемого жидкого продукта или его отдельных компонентов.

Как показали натурные эксперименты, использование сверхбыстрой кристаллизации позволяет осуществлять принципиально новые технологические процессы – осветление винноматериалов путем удаления из них винного камня [1,2], осветление соков с увеличением сроков их хранения не менее чем вдвое и ряд других [3].

The ways of development of express methods of refrigerating technology of processing of food raw material are shown by use liquid dioksid of carbon in gas jets effect, when him dynamics gas potential provides disperse of the entered product, and cooling potential - downturn of temperature and, if necessary, crystal of the entered liquid product or his components, that is shown on an example of processing vinoproduct for removal tartrats.

In view of the concept of preservation of quality, ecological cleanliness and the values of received foodstuff are created alternative technologies of processing multicomponent, astable liquid foodstuff, by reception gramales with uniform distribution of the components which have kept in a firm phase homogenization and instantant, inherent to initial raw material; suppression of interactions of separate complexes, radicals etc. in a product. The problems of creation of highly effective technologies of processing liquid and food pastes of foodstuff are discussed, where at processing carry out contact interaction of a product with continuously varying a phase condition dioksid of carbon.

Специфика осветления винноматериала (виноградного сока-полуфабриката) путем удаления из него винного камня состоит в том, что при понижении температуры продукт мутнеет. Это обусловлено кристаллизацией избытка солей кальция из продукта, находящегося в состоянии, близком к насыщению. Соли кальция не всегда удается удалить полностью, и они могут образовывать при хранении вина так называемые «поздние кристаллы помутнения», которые ухудшают качество продукта. Чтобы устранить «кристаллы помутнения», необходимо обеспечить ионное равновесие солей кальция. Современная технология асептического хранения виноградного сока-полуфабриката в резервуарах не связана с необходимостью применения искусственного холода, но и не гарантирует выпадения винного камня. Внесение в сок органических солей кальция-лактата или глюконата для ускорения выпадения винного камня обуславливает замену удаленной из сока винной кислоты эквивалентным количеством молочной или глюконо-

вой кислот, что не всегда технологически допустимо.

Поэтому до настоящего времени наиболее эффективным считают хранение винноматериала (виноградного сока-полуфабриката) в резервуарах вместимостью от 20 до 300 т, размещенных в охлаждаемых камерах. При температуре 2 °С винный камень выпадает постепенно: хотя через первые 1,5 ч его количество достигает 20 %, в дальнейшем процесс протекает с незначительным эффектом и завершается в течение нескольких недель. Этот способ очень дорог (импортные емкости для хранения, большие площади холодильных камер, значительный расход энергии на производство холода) и для заводов малой мощности малодоступен.

Один из современных способов – внесение в винноматериал диоксида углерода [1–3].

Измерить параметры, позволяющие описать внутренний механизм процессов взаимодействия диоксида углерода и винноматериала в процессе натурных исследований, практически невозможно, поскольку процессы осуществляются при расчетных числах Маха (для газовой фазы диоксида углерода) от 0,5 до близких к единице и в интервале температур от –53 до –123 °С. Поэтому анализ процессов проводили по данным численного эксперимента с использованием разработанной математической модели

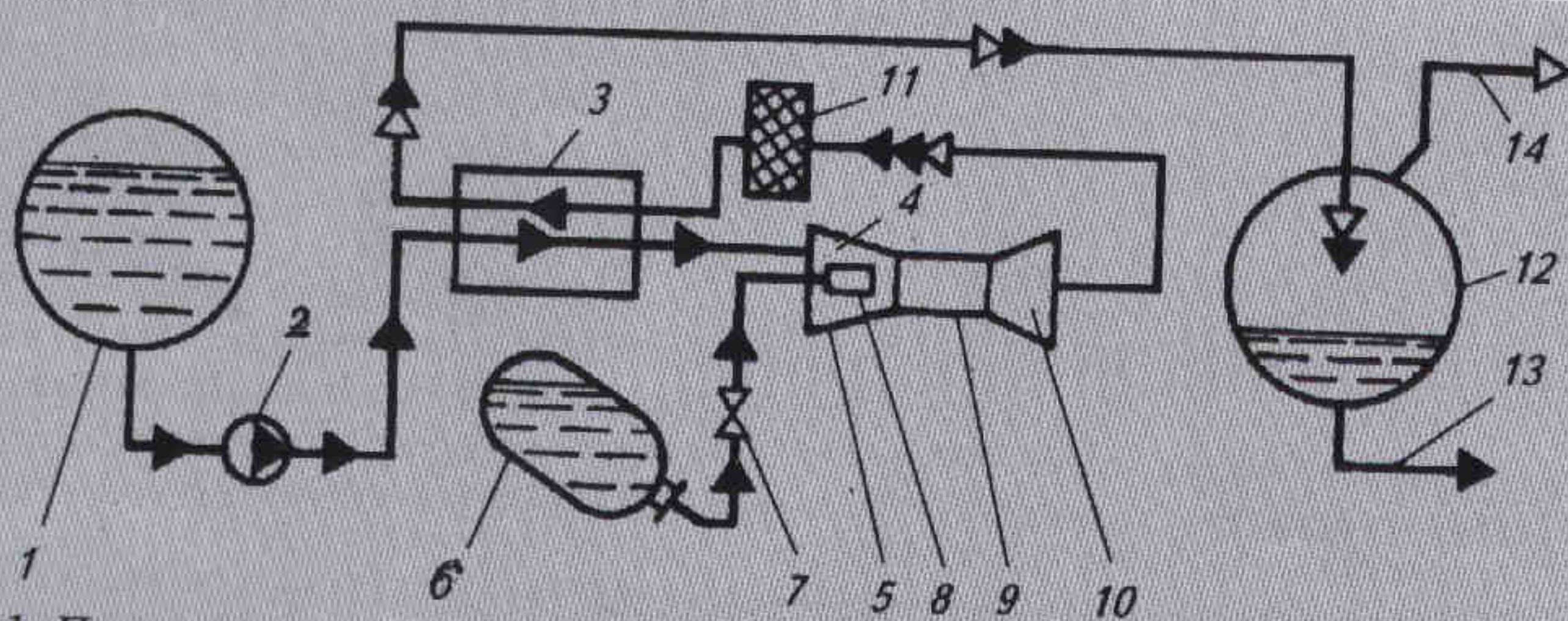


Рис. 1. Принципиальная схема обработки винноматериала в поточно-струйном процессе с использованием диоксида углерода:
1 – емкость для винноматериала; 2 – насос; 3 – теплообменник; 4 – полость;
5 – струйное устройство; 6 – емкость для жидкого диоксида углерода;
7 – дроссельный вентиль; 8 – сопло; 9 – камера смешения; 10 – диффузор;
11 – фильтр; 12 – сборная емкость; 13 – трубопровод обработанного винноматериала;
14 – трубопровод газообразного диоксида углерода

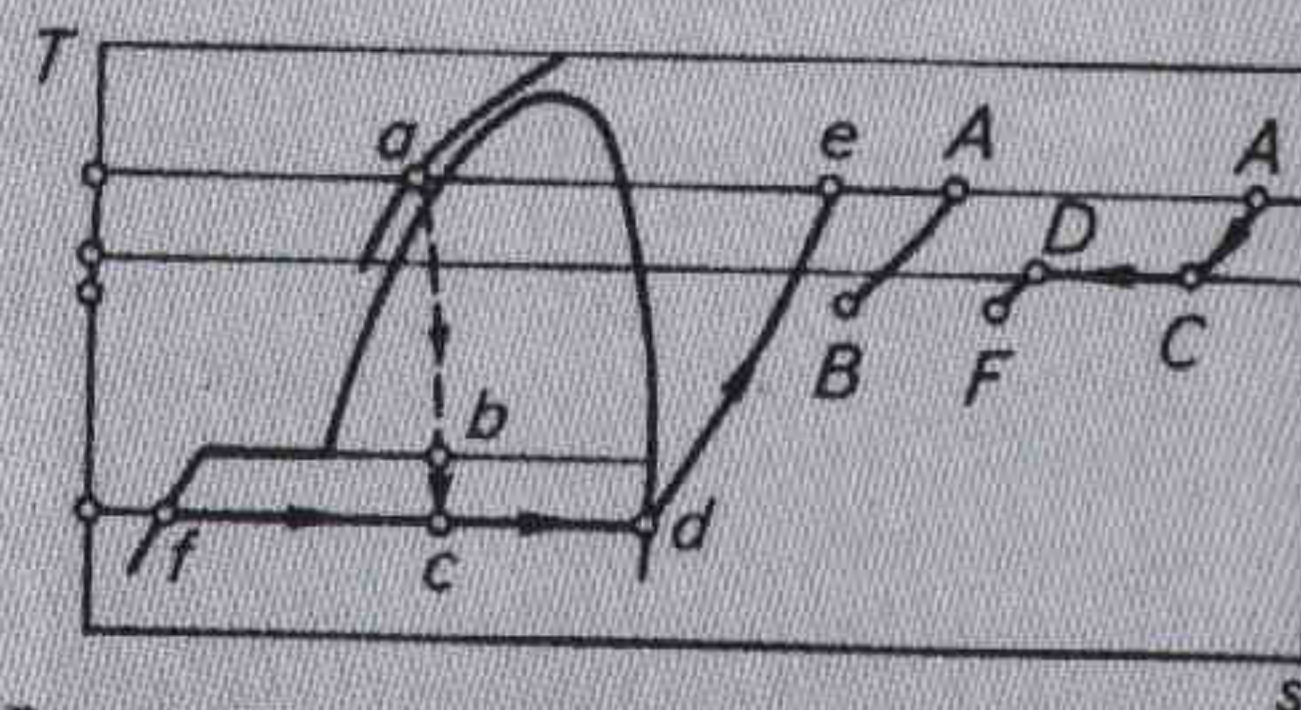


Рис. 2. Изображение на диаграмме $T-s$ изменения температуры и фазового состояния диоксида углерода и обрабатываемого винноматериала

и ЭВМ. Натурными экспериментами определяли конечные показатели винопродукта, обработанного диоксидом углерода, изменяющим фазовые состояния.

Принципиальная схема обработки винома- териалов с использованием диоксида угле- рода в поточно-струйном процессе показана на рис. 1, а изображение на диаграмме T-s изменения температур и фазового со- стояния диоксида углерода и обрабатывае- мого виноматериала приведено на рис. 2.

Виноматериал из емкости 1 (см. рис. 1) насосом 2 подается через теплообменник 3 во внешнюю полость 4 струйного устрой- ства 5. Под избыточным давлением из ем- кости 6 через регулирующий вентиль 7 жидкий диоксид углерода поступает в со- плло 8. Вследствие протекания термодина- мических процессов на выходе из сопла 8 диоксид углерода состояния а (см. рис. 2) дросселируется (процесс а-б) и далее адиабатно расширяется (процесс б-с), об- разую твердую фазу – гранулы (состояние точки f) и первичный пар (состояние точки d). Таким образом обеспечивается дроб- ление диоксида углерода на твердые гра- нулы размерами от 100 до 300 мкм и пе- реход жидких частиц в состояние «снежной шуги», твердой или переохлажденной твердой фазы. Размер гранул и содержа- ние твердой фазы в потоке регулируют путем изменения входного давления и ди- аметра выходного отверстия сопла 8 (см. рис. 1).

Сопло 8 расположено концентрично внешней полости 4 ввода виноматериала в струйное устройство 5, и в камере смеше- ния 9 фазы диоксида углерода вступают в контакт с виноматериалом, который после выхода из внешней полости 4 взаимодей- ствует с потоком первичного пара диокси- да углерода и смешивается с твердой фа- зой диоксида углерода, причем скорость в этом сечении может превышать 20 м/с. Об- разующийся первичный пар диоксида угле- рода, двигаясь с большей скоростью, чем капли виноматериала, дробит их, увеличи- вая поверхность взаимодействия капель с гранулами диоксида углерода. Очевидно, что гранула с поверхностной температурой -78 °С независимо от ее конфигурации сра- зу покрывается пленкой жидкости и приоб- ретает шаровую форму. Наружная темпера- тура в пленке оказывается близкой к 0 °С, что способствует выпадению винного кам- ня из жидкости.

При динамическом взаимодействии первичный пар охлаждает виноматериал и нагревается до состояния точки е (см. рис. 2), твердая фаза также охлаждает винома- териал и сублимирует в процессе f-d, после чего вторичный пар нагревается до со- стояния точки е. Жидкий виноматериал с температурой точки А охлаждается до тем- пературы точки В, ограниченной техноло- гическим регламентом – температурой за- мерзания виноматериала. При этом кри- сталлизующиеся компоненты виномати- рала охлаждаются от температуры точки А до температуры точки С, претерпевают фазовый переход С-D и переохлаждают- ся ниже температуры фазового перехода до состояния точки F.

При контакте с диоксидом углерода ви- номатериал охлаждается до температуры, близкой к температуре замерзания ка- пель, при этом паровая фаза диоксида угле- рода частично растворяется в винома- териале. Вследствие охлаждения в объе- ме виноматериала, на гранулах диоксида углерода формируются кристаллы винно- го камня, при этом на их поверхности со- здается своеобразный «пограничный слой», перенасыщенный солями битарт- рата калия, тартрата кальция и оксалата кальция. Состояния ненасыщения или пе- ренасыщения «пограничного слоя» зави- сят от потенциала диффузии. Вследствие очень быстрого охлаждения кристаллиза- ция солей происходит более интенсивно и полно – в виде тонких кристаллов. Раз- меры кристаллов зависят от размеров гра- нул диоксида углерода, которые служат затравочными кристаллами. За время кон- такта пленка из кристаллов солей частич- но или полностью замерзает в результате теплообмена с ядром, в котором аккумуля- рован холод. При этом процессы тепло- и массообмена и кристаллизации про- текают весьма эффективно.

Дозвуковой поток в диффузоре 10 (см. рис. 1) струйного устройства 5 не может ус- коряться. Поэтому вначале осуществляется изотермическое дозвуковое течение с сублимацией гранул диоксида углерода, а затем – изэнтропное дозвуковое равно- весное течение. Оба эти течения сопровож- даются ростом давления, что позволяет ре- ализировать течение трехфазного потока (гранулы с замороженными кристаллами солей, жидкость и газ) в среду с достаточ- но большим противодействием. При таком давлении диоксид углерода может нахо- диться в твердой фазе, нерастворимой в виноматериале. При повышении темпера- туры пленка кристаллов «отщелачивается» от гранул и разрывается парами диоксида углерода. Выпадающие при этом в осадок кристаллы начинают растворяться в вино- материале, а пары диоксида углерода из него улетучиваются. Чтобы избежать повы- шения температуры, фильтрацию винома- териала рекомендуется проводить в тепло- изолированном и охлаждаемом фильтре. Вследствие этого трехфазную смесь (см. рис. 1) направляют в диффузор 10, где про- исходит поджатие газовой составляющей смеси, а затем – в фильтр 11, где отделяют кристаллы, после чего через теплообмен- ник 3 жидкость сливают в сборную емкость 12, где она отделяется от газа и по трубо- проводу 13 поступает на хранение, а газ по трубопроводу 14 направляют на регенера- цию или выбрасывают в атмосферу.

Использование описанных выше поточно- струйных принципов позволило разработать такие технологии, при которых условия для обработки продукта будут оптимальными. Создание высокоскоростного потока диок- сида углерода, характеризуемого газодина- мическим воздействием на контактирую- щий с ним жидкий продукт, позволит в 100 и более раз увеличить поверхность контакта капель продукта с рабочим веществом, интенсифицировать теплообмен, обеспечив минимальную продолжительность кристал-

лизации в продукте влаги или других ком- понентов (со скоростью 100 °С/с и более), для их последующего отделения. Для усло- вий кристаллизации в продукте энергетиче- ски эффективны такие технологические процессы, в которых относительная массо- вая доля продукта составляет от 0,3 до 1,5, если температуры кристаллизации харак- теризуются значениями от -18 до +7 °С.

Использование низкотемпературного поточно-струйного взаимодействия по- зволит создать условия в том числе пол- ного фазового перехода влаги в продукте.

Кристаллизация с высокой скоростью может лечь в основу решения принципи- ально новых задач обработки многоком- понентных, термодинамически и кинетиче- ски нестабильных жидких пищевых продук- тов: получение гранул с равномерным рас- пределением компонентов, сохранивших в твердой фазе гомогенность и инстанта- цию, присущие исходному сырью; подав- ление в продукте взаимодействия отдель- ных комплексов, радикалов и др. Таким об- разом, возникают реальные предпосылки создания высокоэффективных поточно- струйных технологий жидких и пастооб- разных пищевых продуктов путем ввода в имеющиеся технологические линии уст- ройств для контактного взаимодействия продукта с непрерывно изменяющим фа- зовые состояния диоксидом углерода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 2000328 РФ МКИ С 12 Н 1/10. Спо- соб стабилизации соков и вин /О.И. Ква- сенков, Б.Л. Флауменбаум, Г.И. Касьянов, Н.А. Курбанов.
2. Интенсификация удаления тартра- тов из виноградного сока /Г.И. Касьянов, Н.А. Курбанов, Б.Л. Флауменбаум, Г. Ока- фор//Пищевая промышленность. Изв. вузов. 1993. № 10.
3. Касьянов Г.И. Технологические осно- вы CO₂-обработки растительного сырья. - М.: РУСОЗ, 1994.
4. Касьянов Г.И., Шляховецкий В.М. За- мораживание растительного сырья и пи- щевых продуктов в гранулированной дву- окиси углерода // Вестник Россельхозака- демии. 1996. № 6.
5. Шляховецкий В.М. Оценка ввода со- вмещенных холодильного и газодинами- ческого воздействия в технологию обра- ботки неосветленных соков с использо- ванием диоксида углерода // Перспективные технологии для холодильной обработки и хранения пищевых продуктов: Межвуз. Сб. науч. тр. – СПб.: СПбТИХП. 1994.
6. Шляховецкий В.М. Технологические аспекты кристаллизации жидких пищевых продуктов при движении в высокоскорос- том потоке низкотемпературного газа // Современные технологии и оборудование для хранения и переработки сельхозпро- дукции: Сб. науч. Тр. КНИИХП. – Краснодар: КубГТУ. 1994.
7. Шляховецкий В.М., Касьянов Г.И. Тех- нико-технологические аспекты обработки пищевых продуктов при струйно-контакт- ном взаимодействии с диоксидом угле- рода//Научни трудове на ВИХВП. – Пловдив: Болгария. 1998. Т. XL111. Св.3.