

Активные пептиды рыбной чешуи в гейнерах для спортивного питания

Н. Ю. МЕЗЕНОВА¹, канд. техн. наук Л. С. БАЙДАЛИНОВА²,
д-р техн. наук О. Я. МЕЗЕНОВА³

¹lost_13@inbox.ru, ²baydalina@newmail.ru; ³mezenova@klgtu.ru
Калининградский государственный технический университет
236022, Россия, Калининград, Советский пр., 1

Dr. J.-T. MOERSEL

thomas.moersel@ubf-research.com

Untersuchungs Beratungs Forschungslaboratorium GmbH, Atlandsberg, Berlin, Germany

Dr. A. HOELING

a.hoehling@animox.de

ANiMOX GmbH, Adlershof, Berlin, Germany

В настоящее время активно развивается рынок продуктов спортивного питания, в состав которых входят активные пептиды лабораторного синтеза. В то же время не используется рыбная чешуя, белок которой коллаген является источником пептидов с высокой биологической активностью. В проводимых экспериментах авторами статьи использовалась чешуя сардинеллы и леща, которую для получения активных пептидов гидролизвали ферментативным и гидротермическим способами под действием высоких температур и давления. Был изучен аминокислотный состав чешуи леща и сардины. Рассмотрены процессы ферментативного расщепления белка под действием трех видов ферментов и гидротермического гидролиза чешуи. На основании полученных результатов, установлена биологическая ценность активных пептидов гидролизатов коллагена чешуи и. рациональность их сочетания с пчелиной пыльцой. Предложен состав гейнера для спортивного питания, обоснованы рекомендации по его применению.

Ключевые слова: гейнер, чешуя, пептиды, гидролизаты, спортивное питание.

Active peptides of fish scale in gainers for sports nutrition

N. Yu. MESENOVA¹, Ph. D. L. S. BAYDALINOVA²,
D. Sc. O. Ya MEZENOVA³

¹lost_13@inbox.ru, ²baydalina@newmail.ru;
³mezenova@klgtu.ru

Kaliningrad State Technical University
236022, Russia, Kaliningrad, Soviet Avenue, 1

Dr. J.-T. MOERSEL

thomas.moersel@ubf-research.com

Untersuchungs Beratungs Forschungslaboratorium
GmbH, Atlandsberg, Berlin, Germany

Dr. A. HOELING

a.hoehling@animox.de

ANiMOX GmbH, Adlershof, Berlin, Germany

Nowadays the market of sports nutrition with laboratory synthesized active peptides is being growing rapidly. At the same time one cannot see the use of fish scale the collagen of which is a source of highly biologically active peptides. The scale of bream and sardinella has been experimentally analyzed. It was hydrolyzed by enzymatic and hydrothermal methods under high temperatures and pressure. Its amino acid composition has been analyzed. The processes of enzymatic protein decomposition under the action of tree types of enzymes and hydrothermal scale hydrolysis have been investigated. Biological value of scale active peptides of collagen hydrolysers has been found out and its combination with bee pollen has been rationalized. Sports nutrition gainer composition has been propped, recommendations for its use has been justified.

Keywords: gainer, scale, peptides, hydrolysers, sport nutrition.

В спортивном питании сегодня стремительно развивается эргогенная диета, где факторы питания используются для направленного воздействия на ключевые реакции обмена веществ в организме с тем, чтобы вызвать значительное улучшение физической работоспособности человека. Особую роль в спортивном питании выполняют белково-углеводные смеси (гейнеры), проявляющие энергетический эффект и анаболическое действие, в состав которых входят активные пептиды [1]. В Калининградском отделении Международной академии холода, на кафедре пищевой биотехнологии КГТУ нашли эффективный источник натуральных активных пептидов — гидролизованная рыбная чешуя [2].

Активные пептиды — это фрагменты аминокислотных цепочек с молекулярной массой менее 50 кДа [1, 3]. Они регулируют большинство процессов организма человека, принимают участие в регенерации клеток, защищают организм от попавших в него токсинов. У спортсменов имеет место дефицит пептидов, который существенно ускоряет износ тканей, приводит к ослаблению и старению всего организма. Сегодня проблему дефицита пептидов в организме научились решать, восполняя ее синтезированными короткими пептидами. Однако, более предпочтительными в спортивном питании остаются природные пептиды, полученные гидролизом длинноцепочечных натуральных белков с адекватным набором аминокислот, ответственных за анаболическое действие [1, 2].

Пептидные композиции, полученные гидролизом природных белков, — это эффективный строительный материал организма спортсмена, необходимый для роста и поддержания структурной целостности активно функ-

ционирующих органов и тканей [1, 3]. Для спортсменов использование в рационе питания быстро усваивающихся пептидов и аминокислот важно потому, что образование специфических структурных и ферментных белков обуславливает достигаемый тренировочный эффект нагрузки и напрямую связано с приростом показателей спортивной работоспособности. Анаболизирующее действие активных пептидов и отдельных аминокислот связано с их способностью стимулировать выделение гормонов, ответственных за увеличение массы работающих мышц и повышение силовых возможностей спортсмена [6, 8].

Важную роль для спортсменов играет аминокислотный состав активных пептидов, наличие в них, прежде всего, незаменимых и так называемых условно незаменимых аминокислот, которых организм способен вырабатывать только в очень малых количествах, но играющих очень важную роль в метаболизме при напряженной мышечной деятельности. В спортивной практике наиболее значимыми аминокислотами являются аргинин, орнитин, лейцин, изолейцин, валин, лизин, глутамин, глицин, гистидин, аланин, аспарагиновая кислота, метионин, таурин, треонин, триптофан, фенилаланин [1].

В связи с сырьевой и экономической доступностью белков вторичного рыбного сырья, остающегося после выработки пищевой продукции из рыбы и в больших количествах скапливающегося на производствах и, прежде всего, чешуи рыб, не используемой даже на кормовые нужды, рационально было исследовать возможность ее применения для получения активных пептидов. Белки чешуи рыб представлены преимущественно коллагеном, в состав которого входят аминокислоты, участвующие в строительстве и регенерации опорно-двигательного аппарата человека, несущего основную нагрузку в скоростно-силовых видах спорта [6–9]. Рационально было изучить получение на его основе различными способами гидролизатов и изучение возможности их применения в составе специализированных биологически-активных добавок (БАД) для спортсменов.

Целью исследований являлось изучение аминокислотного биопотенциала чешуи леща балтийского и сардинеллы марокканской для использования в составе гейнеров для спортивного питания ее гидролизатов, полученных ферментативным и гидротермическим путями.

Исследования проводились на кафедре пищевой биотехнологии КГТУ, в научно-исследовательской лаборатории Адлерсхофа и Атлантсберга (Берлин, Германия). Чешую сардинеллы доставляли с рыбоконсервного комплекса ОАО «РосКон» (г. Пионерский, Калининградская обл.), она накапливается там в объемах до 10 тонн в месяц и не находит пока достойного применения. Чешую леща использовали с рыболовецкого колхоза «За Родину» (п. Взморье, Калининградская обл.), остающуюся при выработке кулинарной продукции. Гидролиз осуществляли двумя способами — ферментативным путем и гидротермальным под давлением. Ферментативный гидролиз проводили под действием фермента коллагеназы из гепатопанкреаса краба (ОАО «Биопрогресс», п. Биокомбинат, г. Щелково), а также кислой и нейтральной протеаз. Гидротермальный гидролиз проводили при управляемом закрытом цикле на испытательном оборудовании в биотехнологическом центре ANiMOX

GmbH (Адлерсхоф, Берлин, Германия) при двух режимах — сильном (S) и среднем (M). При этом водорастворимая фракция гидролизата высушивалась сублимационно при температуре минус 20 °С и давлении 400 мкбар.

Первоначально исследовали аминокислотный состав высушенной чешуи двух видов рыб (табл. 1), эксперименты проводили в научно-исследовательской лаборатории UBF Атлантсберга (Untersuchungs Beratungs Forschungslaboratorium GmbH) в г. Берлин, Германия.

Из данных табл. 1 видно, что чешуя рыб является источником почти всех незаменимых (кроме триптофана, который разрушается при кислотном гидролизе при подготовке проб к хроматографическому анализу) и ценных заменимых аминокислот, являющихся важными для организма спортсмена [5, 6, 8]. Основными по массе аминокислотами гидролизата чешуи являются:

— *Глицин* (26–29,4% массы азотистой части) — центральный нейромедиатор тормозного действия, улучшает метаболические процессы в тканях мозга, оказывает антидепрессивное действие, обладает антиоксидантным и антитоксическим действием; регулирует деятельность NMDA-рецепторов и уменьшает психоэмоциональное напряжение, улучшает адаптацию и настроение, облег-

Таблица 1

Аминокислотный состав белков чешуи леща и сардинеллы

Название аминокислоты	Содержание аминокислоты в сухой чешуе			
	Лещ		Сардинелла	
	г/100 г белка	г/100 г чешуи	г/100 г белка	г/100 г чешуи
Аланин	9,96	6,84	11,2	5,6
Аргинин	4,33	2,98	7,9	4,0
Аспарагин	1,30	0,89	0,1	0,1
Аспарагиновая кислота	7,79	5,36	4,9	2,5
Карнозин	—	—	0,1	0,01
Цистин	0,87	0,6	0,0	0,0
Глютамин	1,30	0,89	0,8	0,4
Глютаминная кислота	6,93	4,76	8,5	4,3
Глицин	29,44	20,23	26,0	13,1
Гистидин	2,16	1,49	1,2	0,6
Гидроксипролин	4,33	2,98	10,7	4,4
Лейцин (н)	1,73	1,19	2,7	1,3
Изолейцин (н)	0,00	0,00	1,0	0,5
Лизин (н)	2,16	1,49	4,0	2,0
Метионин (н)	1,73	1,19	0,0	0,0
Фенилаланин (н)	2,60	1,79	2,2	1,1
Фосфозтаноламин	0,43	0,3	0,0	0,0
Пролин	6,93	4,76	11,7	5,9
Серин	9,09	6,25	2,9	1,5
Таурин	2,16	1,49	0,0	0,0
Треонин (н)	2,60	1,79	2,1	1,1
Тирозин	1,73	1,19	0,6	0,3
Валин (н)	0,43	0,3	1,5	0,8
Сумма незаменимых АК	11,25	7,75	13,5	6,8

чает засыпание и нормализует сон, повышает умственную работоспособность; уменьшает токсическое действие на центральную нервную систему.

— *Аланин* (10–11,2% массы азотистой части) — один из основных источников «быстрой» энергии: легко превращается в печени в глюкозу и наоборот (глюкозо-аланиновый цикл), обеспечивая глюконеогенез печени.

Следует отметить, что повторяющаяся последовательность аминокислот -глицин-аланин-глицин-, встречающаяся исключительно в рыбном коллагене чешуи, обеспечивает высокую антиоксидантную и антигипертензивную активность.

— *Серин* (2,9–9,1% массы азотистой части) — участвует в образовании активных центров ряда ферментов, детоксикант фосфорорганических соединений. В организме из серина образуется пировиноградная кислота, которая включается в важный цикл Кребса.

— *Аспарагиновая кислота* (4,9–7,8% массы азотистой части) — нейромедиатор в центральной нервной системе, участвует в образовании пиримидиновых оснований и мочевины, являются критически важной для роста и размножения лейкозных клеток.

— *Глутаминовая кислота* (6,9–8,5% массы азотистой части) — активатор хирального строительного блока в органическом синтезе, является *нейромедиаторной* аминокислотой класса «возбуждающих аминокислот», оказывает психостимулирующее, возбуждающее и отчасти *ноотропное* действие, играет роль усилителя вкуса.

— *Пролин и гидроксипролин* (соответственно 6,9–11,7% и 4,33–10,7% массы азотистой части) — основные «строители» белка коллагена, они резко изгибают его пептидную цепь, обеспечивая гибкость и прочность.

— *Таурин* (2,2% массы ферментализата) — обладает поверхностной активностью, играет роль нейромедиатора, обладает противосудорожной активностью, оказывает кардиотропное и кардиотоническое действие, стимулирует репаративные процессы, улучшает энергетический обмен, обладает гепатопротекторным и гипотензивным действием.

Биологическую ценность белков чешуи определяли по нескольким показателям. Сбалансированность аминокислотного состава относительно «идеального» белка оценивали по аминокислотному скору (АКС, %); избыточное количество незаменимых аминокислот — по коэффициенту различия аминокислотных скоров (КРАС, %), а через него определяли биологическую ценность (БЦ, %). Рациональности аминокислотного состава считали по коэффициенту R_c (в долях единицы) и показателю сопоставимой избыточности σ (мг/г белка) [4]. Значения данных характеристик приведены в табл. 2.

Приведенные в табл. 2 значения коэффициентов свидетельствуют о достаточно высокой биологической ценности белков чешуи леща (55,5) и сардинеллы (62,8%), однако аминокислотные скоры у многих незаменимых аминокислот были не достаточными для полноценного белкового питания (10,2–95,3%), что отражено в значениях коэффициентов КРАС (44,5–37,2) и рациональности аминокислотного состава (0,20–0,41). Полученные данные свидетельствуют о рациональности введения в состав пищевой композиции дополнительно источника незаменимых аминокислот для повышения сбалансированности итоговой композиции для спортивного питания по скору. Для этого было предложено использовать пчелиную пыльцу, богатую многими ценными и незаменимыми аминокислотами (табл. 3).

Как видно из табл. 1, в пчелиной пыльце содержатся все природные заменимые и незаменимые аминокислоты, особенно преобладают лейцин (7,10–9,00%), лизин (6,30–7,70%) и валин (5,80–11,20%).

Ценность цветочной пыльцы в составе гейнера для спортивного питания заключается в ее наличии в ней целого комплекса ценных веществ. Это: белок глобулин, активные соединения с гормональными свойствами, моно-, ди-, олиго- и полисахара (глюкоза, фруктоза, сахароза, арабиноза, галактоза, рибоза и др.), нейтральные жиры и фосфолипиды, около 50 видов ферментов, эфирорастворимая фракция углеводов, стеролов, спиртов, макро- и микроэлементы (калий,

Таблица 2

Биологическая ценность белков чешуи исследуемых видов рыб

Название АК	Содержание АК в эталонном белке (ФАО ВОЗ), г/100 г белка	Чешуя леща		Чешуя сардинеллы	
		Содержание АК, г/100г белка	Аминокислотный скор, АКС, %	Содержание АК, г/100г белка	Аминокислотный скор, АКС, %
Лейцин (н)	4,8	1,73	36,04	2,7	56,25
Лизин (н)	4,2	2,16	51,43	4,0	95,24
Изолейцин (н)	4,2	0	0	1,0	23,80
Метионин (н)	2,9	1,73	41,19	0	0
Фенилаланин (н)	2,8	2,60	92,86	2,2	78,57
Треонин (н)	2,8	2,60	92,86	2,1	78,57
Триптофан (н)	1,4	0	0	0	0
Валин (н)	4,2	0,43	10,24	1,5	33,33
Сумма:	27,3	11,25	—	13,25	—
Коэффициент различия аминокислотных скоров КРАС, %		44,53		37,16	
Биологическая ценность, БЦ, %		55,47		62,84	
Коэффициент рациональности аминокислотного состава R_c		0,20		0,41	

Таблица 3

Аминокислотный состав пчелиной пыльцы [5]

Аминокислоты	% от общего содержания белка
Незаменимые аминокислоты	
Валин	5,80–11,20
Лизин	6,30–7,70
Метионин + Цистеин	1,70–2,40
Фенилаланин	4,10–5,90
Лейцин	7,10–9,0
Изолейцин	5,10–7,0
Треонин	4,10–5,30
Триптофан	1,20–1,60
Заменимые аминокислоты	
Аргинин	4,60–6,0
Тирозин	9,30–9,80
Аланин + Глицин	0,50–0,53
Гистидин	2,50–3,20
Глутаминовая кислота	8,80–9,50
Серин	2,0–2,20

кальций, фосфор и магний и др.), все водорастворимые витамины, нуклеиновые кислоты, гормоны роста, антисептические и антибиотические вещества (органические кислоты, флавоноиды, терпены, алкалоиды, эфиры и др.). Известно, что пыльца обладает мощным укрепляющим действием, способствует повышению умственной и физической активности организма. Мощное эргогенное действие пчелиной пыльцы обусловлено присутствием в ней активных мужских половых органов цветущих растений [1, 3, 5].

При проведении гидролиза ферментативным путем дозировки ферментов составляли 2% к массе измельченной чешуи. Величины гидромодуля во всех экспериментах равнялась 11,5. Во всех случаях в систему вводили 10% этанола для предотвращения микробиальной порчи.

Результаты ферментативного гидролиза, измеренные по содержанию аминного азота (формольно-титруемого азота — ФТА) в водорастворимой части гидролизата, приведены в табл. 4.

Из данных табл. 4 следует, что наибольшей активностью по отношению к белкам чешуи обладает коллагеназа. Уже через 24 ч гидролиз чешуи с коллагеназой и кислой протеазой может быть прекращен, так

Таблица 4

Глубина гидролиза чешуи сардинеллы под действием различных ферментов (условия гидролиза: продолжительность — 24–48 ч; температура — 37 °С)

Фермент, протеолитическая активность	Содержание аминного азота (ФТА), мг/100 г при продолжительности гидролиза	
	24 ч	48 ч
Коллагеназа, 172 ед/мг	804,6	892,7
Кислая протеаза, 600 ед/мл	225,3	246,2
Нейтральная протеаза, 600 ед/мл	160,90	209,9

как дальнейший прирост его продуктов по содержания формольно-титруемого азота составляет всего 10%.

По окончании процесса ферментативного гидролиза жидкую фракцию отделяли фильтрованием. Ферментативный гидролизат, представляющий собой вязкий раствор со специфическим запахом, использовали в качестве основы гейнера для введения других компонентов — цветочной пыльцы, L-карнитина, экстракта мяты. В последнюю очередь вводили желатин, который переводил композицию в желеобразное состояние. Конечный продукт представлял собой белково-углеводную смесь в виде «желатинок», являясь источником активных пептидов и углеводов (более 50% массы).

Смеси активных пептидов из чешуи рыб мороженой, обработанной гидротермальным способом по двум режимам в биотехнологическом центре ANiMOX (Адлерсхоф, Берлин), после сублимационной сушки представляли собой мелкодисперсный светлый порошок с характерным, но слабо выраженным рыбным запахом, без порочащих признаков. При этом в порошке сильно острого режима гидротермолиза острый «рыбный» запах был выражен несколько острее. Общий химический состав обеих смесей отличался слабо и составлял: 2,8% воды, 97,2% сухих веществ, в том числе 102,9–108,5% протеина; 0,57–1,04% жира; 1,71–1,75% минеральных веществ.

Эксперименты по получению активных пептидов из чешуи, консервированной различными способами (замораживание, сушка), показали, что предварительный способ обработки мало влияет на конечный состав смеси. Химический состав готовых продуктов, также полученных по двум режимам, отличался мало и составлял при абсолютно полном обезвоживании: из 100% сухих веществ 96,6–98,5% — протеин; 0,9–1,36% — жир; 1,24–2,03% — минеральные вещества.

Анализ фракционного состава гидролизованного термическим путем белка чешуи показал, что данные смеси в основном представлены пептидами средней и низкой молекулярной массы. Так, при среднем режиме гидролиза фракционный состав по массе имел следующее распределение по длине молекул: 20–50 кДа (24,6%); 10–20 кДа (22,8%); 5–10 кДа (18,2%); и 1–5 кДа (13,8%). В случае сильного режима гидротермолиза получали смесь пептидов с преимущественным содержанием мелких фракций пептидов: 1–5 кДа (36,3%), 5–10 кДа (31,4%), 10–20 кДа (17,9%), 20–50 кДа (6,5%). Содержание оксипролина в смесях, как индикатора глубины гидролиза, составило во всех случаях 8,64–9,20% массы чешуи (или 8,89–9,47% массы белка).

Из полученных данных можно сделать вывод, что гидротермальный гидролиз, проводимый без применения химических реагентов, позволяет при регулировании температуры и давления получать активные пептиды заданной длины и молекулярной массы.

Исходя из того, что для спортивного питания рекомендуются пептиды с молекулярной массой 50 кДа и менее, использование гидролизатов рыбной чешуи, полученных гидротермическим путем, в составе специализированных гейнеров рационально. С ними также были изготовлены опытные образцы, которые по общему химическому составу и внешним признакам были идентичны гейнерам с ферментоллизатами рыбного коллагена.

Исследование химического состава готовой продукции показало, что она представляет собой преимущественно белково-углеводную смесь, которая содержит (в %): жира 1,42; минеральных веществ 3,25; белка 19,8; углеводов 13,1. Благодаря сбалансированному содержанию функциональных протеинов и пептидов, углеводов, витаминов и других биологически активных веществ гейнеры обладают высоким эргогенным действием, позволяя при их систематическом употреблении тренироваться спортсменам дольше и эффективнее.

С учетом содержания функциональных веществ (незаменимых аминокислот, кальция, фосфора, эссенциальных углеводов) может быть рекомендовано употребление данных гейнеров 2 раза в день по 50 г спортсменам скоростно-силовых видов спорта.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о перспективности применения гидролизатов рыбной чешуи, содержащих активные пептиды, в составе натуральных продуктов спортивного назначения.

Список литературы

1. Волков, Н. И. Эргогенные эффекты спортивного питания. /Н. И. Волков, В. И. Олейников — М.: Издательство «Советский спорт», 2012. — 99 с.
2. История развития пищевых технологий в Калининградском отделении МАХ/Б. Н. Семенов, О. Я. Мезенова, Ю. А. Фатыхов и др. // Вестник Международной академии холода, 2013. № 1. С. 15–18.
3. Курашвили В. А. Роль биологически активных добавок в системе подготовки спортсменов: Методическое пособие. — М., 2008. 116 с.
4. Мезенова О. Я. Проектирование комбинированных продуктов питания. — Калининград: Издательство КГТУ, 2012. 172 с.
5. Уварова Л. М. Разработка технологии пробиотических творожных сырков, обогатенных цветочной пыльцой: автореферат. — Благовещенск, 2012. 17 с.
6. Bioactive Marine Peptides: edited by S. K. Kim/Academic Publishers Tokio University of Marine Science and Technology, Tokyo, Japan, 2012. 132 p.
7. Cheung, I. W. Y. Bioactive peptides derived from marine fish/I. W. Y. Cheung // Food chemie. № 122. 2010. p. 1003–1012.
8. Marine functional food: edited by J. B. Luten.-Wagenin-gen Academic Publishers. Netherlands, 2009. 174 p.
9. Maximising the value of marine by-products: edited by Fereidoon Shahidi. — Woodhead Publishing Limited. — Cambridge England, 2010. 213 p.

References

1. Volkov, N. I. Jergogennye jeffekty sportivnogo pitani-ja./N. I. Volkov, V. I. Olejnikov — M.: Izdatel'stvo «Sovetskij sport», 2012. — 99 s.
2. Istorija razvitija pishhevyyh tehnologij v Kaliningradskom otdelenii MAH/B. N. Semenov, O. Ja. Mezenova, Ju. A. Fatyhov i dr. Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda, 2013. No 1. p. 15–18.
3. Kurashvili V. A. Rol' biologicheski aktivnyh dobavok v sisteme podgotovki sportsmenov: Metodicheskoe posobie. — M., 2008. 116 p.
4. Mezenova O. Ja. Proektirovanie kombinirovannyh produktov pitaniya. — Kaliningrad: Izdatel'stvo KGTU, 2012. 172 p.
5. Uvarova L. M. Razrabotka tehnologii probioticheskikh tvorozhnyh syrkov, obogashennyh cvetochnoj pyl'coj: av-toreferat. — Blagoveshhensk, 2012. 17 p.
6. Bioactive Marine Peptides: edited by S. K. Kim/Academic Publishers Tokio University of Marine Science and Technology, Tokyo, Japan, 2012. 132 p.
7. Cheung, I. W. Y. Bioactive peptides derived from marine fish. Food chemie. № 122. 2010. p. 1003–1012.
8. Marine functional food: edited by J. B. Luten.-Wagenin-gen Academic Publishers. Netherlands, 2009. 174 p.
9. Maximising the value of marine by-products: edited by Fereidoon Shahidi. — Woodhead Publishing Limited. — Cambridge England, 2010. 213 p.

Поздравляем!

Распоряжением № 230-р от 20 февраля 2014 г. «О присуждении премий правительства Российской Федерации 2013 года в области науки и техники» лауреатами стали члены Международной академии холода.

— За разработку и внедрение абсорбционных термотрансформаторов: академики МАХ *Накаряков Владимир Елиферьевич, Тимофеевский Леонид Сергеевич*, член-корреспондент *Волкова Ольга Владимировна*;

— За разработку и внедрение высокоэффективного технологического оборудования для производства сверхчистых газов: академики МАХ *Архаров Алексей Михайлович, Архаров Иван Алексеевич, Борзенко Евгений Иванович, Буторина Антонина Валентиновна*;

— за разработку и внедрение инновационных технологий лечения опухолей печени и поджелудочной железы с использованием отечественной криохирургической техники: академики МАХ *Ханевич Михаил Дмитриевич, Цыганов Дмитрий Игоревич*.

*Редакция журнала «Вестник Международной академии холода»
поздравляет лауреатов с заслуженной наградой!
Желаем крепкого здоровья, новых творческих успехов на благо российской
и мировой науки и Академии!*