

Научная статья  
УДК 664.951.014: 639.55  
DOI 10.46845/1997-3071-2023-69-74-88

### **Биопотенциал вторичного хитинсодержащего сырья и рациональные направления его использования**

**Ольга Яковлевна Мезенова**

Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

mezenova@klgtu.ru, ORCID 381475

**Аннотация.** Хитинсодержащее сырье представлено в основном ракообразными, это крабы, креветки, раки, криль, гаммарус и др. Россия является мировым лидером по добыче камчатских крабов премиум-класса и северных креветок, которые пользуются высоким спросом у населения. После разделки данного сырья остается до 50 % массы хитинсодержащих отходов, которые в нашей стране практически не перерабатываются и утилизируются. Ценное хитинсодержащее сырье – мелкий антарктический криль, вылов которого в России должен начаться в ближайшее время в соответствии со Стратегией развития рыбного хозяйства РФ до 2030 года. Россия также богата мелким рачком-бокоплавом гаммарусом, но лишь его незначительная часть используется в аквариумных кормах. Вторичное хитинсодержащее сырье (отходы от разделки крабов, креветок), а также мелкие рачки (криль и гаммарус) являются ценным органическим сырьем для получения кормовых продуктов. Актуально оценить потенциал сырья с учетом возможности переработки на кормовые добавки методом высокотемпературного гидролиза. Показано, что оно содержит полноценные белки с незаменимыми аминокислотами, липиды с полиненасыщенными жирными кислотами, минеральные вещества, углеводы (гликоген и аминокполисахарид хитин), каротиноиды и другие биологически активные вещества. В работе представлен анализ вылова сырья, его химический состав, описаны области использования, предложены рациональные направления переработки в пищевых, кормовых и технических целях. Приведены результаты экспериментов по применению высокотемпературного гидролиза для обработки крабовых и креветочных отходов, антарктического криля с получением пептидно-протеиновых и белково-минеральных добавок. Показана рациональность применения продуктов гидролиза в качестве компонентов в специализированном питании, комбикормах для рыбоводства и животноводства, удобрениях.

**Ключевые слова:** хитинсодержащее сырье, крабы, креветки, криль, гаммарус, биопотенциал, химический состав, комбикорма, аквакультура.

**Для цитирования:** Мезенова О. Я. Биопотенциал вторичного хитинсодержащего сырья и рациональные направления его использования // Известия КГТУ. 2023. № 69. С. 74–88. DOI: 10.46845/1997-3071-2023-69-74-88.

Original article

### **Biopotential of secondary chitin-containing raw material and its rational uses**

**Ol'ga Ya. Mezenova**

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

mezenova@klgtu.ru, ORCID 381475

**Abstract.** Chitin-containing raw material is mainly represented by crustaceans. These are crabs, shrimps, crayfish, krill, gammarus, etc. Russia is the world leader in the production of premium-class king crabs and northern shrimps, which are in high demand among the population. After cutting this raw material, up to 50% of the mass of chitin-containing waste remains. This waste is practically not processed in our country, but is mainly disposed of. A valuable chitin-containing raw material is small Antarctic krill, the catch of which in Russia, in accordance with the Strategy for the Development of Fisheries of the Russian Federation until 2030, should begin in the near future. Russia is also rich in small amphipod gammarus, but only a small part of it is used in aquarium feed. Secondary chitin-containing raw materials (waste from cutting crabs, shrimp), as well as small crustaceans (krill and gammarus) are valuable organic raw materials for obtaining feed products in aquaculture. It is important to assess the potential of this raw material, taking into account the possibility of processing it into feed additives by deep thermal hydrolysis. The paper shows that this raw material contains complete proteins with essential amino acids, lipids with polyunsaturated fatty acids, minerals, glycogen carbohydrates and chitin aminopolysaccharide, carotenoids and other biologically active substances. The paper presents an analysis of the raw material catch, its chemical composition; describes the areas of use, and suggests rational directions for its processing for food, feed and technical purposes. The results of the experiments on the use of high-temperature hydrolysis for processing crab and shrimp waste, Antarctic krill with the production of peptide-protein and protein-mineral additives are presented. The paper shows the expediency of the use of hydrolysis products as components in specialized nutrition, compound feed for fish farming and animal husbandry, and fertilizers.

**Keywords:** chitin-containing raw material, crabs, shrimp, krill, gamma-rus, biopotential, chemical composition, feed, aquaculture.

**Funding:** the work has been supported by a grant from the Federal Agency for Fisheries under the State Assignment "Complex processing of chitin-containing aquatic biological resources to improve aquabiotechnology and microbial synthesis of biopolymers".

**For citation:** Mezenova O. Ya. Biopotential of secondary chitin-containing raw material and its rational uses // *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2023;(69):74–88. (In Russ.). DOI: 10.46845/1997-3071-2023-69-74-88.

## ВВЕДЕНИЕ

Россия является крупнейшим добытчиком промысловых ракообразных (крабов, креветок), или хитинсодержащего сырья (ХСС), пищевая часть которого обладает высокими вкусовыми свойствами. Однако до сих пор остается нерешенной проблема переработки образующихся отходов. Только при разделке крабов на судах 40–50 % их массы в виде отходов утилизируется в море, а это около 18 тыс. т ценного сырья. Также на рыбоперерабатывающих предприятиях при выработке пищевой продукции из креветок накапливаются многочисленные непищевые части (головогрудь, карапакс). В проблемную группу ХСС можно отнести мелких ракообразных – криля и рачка-бокоплава гаммаруса, которые из-за малых размеров, нежной консистенции и быстрой порчи используются ограниченно. Это сырье отличается высокой активностью ферментов, повышенным количеством минеральных веществ и хитина, что создает проблемы в его переработке. При этом вторичное ХСС представляет собой концентрат ценных биологически активных веществ (БАВ), востребованных в кормовых и пищевых технологиях, содержит уникальные протеиновые и липидные комплексы, углеводы гликоген и хитин, каротиноиды (астаксантин) и минеральные вещества [1–9].

Наибольший вылов в России приходится на камчатский краб (75–81 %) [6]. Панцирные отходы крабов частично идут на получение крабовой муки и хитозана, но это не более 2 % всех отходов. Из гепатопанкреаса крабов получают ферментные препараты коллагеназной специфичности, но в ограниченном масштабе. Других способов переработки данного ХСС в нашей стране нет [4–12].

Ежегодно в мире вылавливают свыше 3,5 млн т креветок. В России креветка занимает второе место по вылову всех ракообразных. На Дальнем Востоке, в Баренцевом и Черном морях в год вылавливается 20–27 тыс. т креветок нескольких видов (гребенчатая северная, углохвостая, черноморская, шипастая, шримс-медвежонок и др.) [7, 8, 11]. Суммарные выбросы креветочных уловов по причине некондиционности могут превышать 60 % [8]. Технологии переработки отходов креветок с получением липидокаротиноидных комплексов  $CO_2$  экстракцией пока промышленно не используются [12–13].

В 70–90-х годах прошлого века наша страна активно добывала и перерабатывала антарктический криль. Из него получали разнообразную пищевую, кормовую и техническую продукцию, крилевое масло, хитин и хитозан [14–16]. Сегодня ожидается возобновление добычи криля, его общая биомасса в антарктических водах оценивается более 125 млн т. Пока в добыче криля активно участвуют Норвегия, Китай, Чили, Южная Корея [15], при этом они вылавливают менее 1 % всего объема [16].

Недооцененным в рыбной отрасли является биопотенциал рачка-бокоплава гаммаруса, который повсеместно распространен в пресных и солоноватых водоемах. Гаммарусы используются в качестве корма при выращивании форели и других видов рыб, как наживка для ловли рыбы. Особую востребованность рачок имеет в качестве корма для аквариумных рыб, черепах и улиток ахатин. В 12,8 % сухого веса гаммаруса содержится 56,2 % белка, 5,8 % жира, 3,2 % углеводов, он богат витаминами группы В, каротином [17–19].

В Калининградском государственном техническом университете на кафедре пищевой биотехнологии разработана уникальная инновационная технология

комплексной безотходной переработки вторичного рыбного сырья, к которому можно отнести и хитинсодержащие отходы [20, 21]. В исследованиях 2017–2022 гг. отработаны режимы комплексной переработки различных видов рыбных отходов – чешуи, костей и голов [22, 23]. Полученные по технологии КГТУ добавки из шпротных отходов успешно апробированы в биологических испытаниях по выращиванию лососевых рыб в составе комбикормов [23, 24]. Представляется перспективным использование данной технологии для переработки вторичного ХСС с получением протеиновых добавок для кормовых и других целей.

Целью исследования являлась аналитическая оценка потенциала вторичного ХСС по содержанию ценных органических веществ с обоснованием его переработки инновационными методами глубокого гидролиза на кормовые, пищевые и другие востребованные продукты.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе применяли аналитические методы исследования опубликованных материалов, а также авторские данные. Отходы от разделки камчатских крабов *Paralithodes camtschaticus* были предоставлены ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» ведущей кафедрой технологии продуктов питания, д.т.н., проф. Максимовой С. Н. Замороженный антарктический криль *Euphausia superba*, выловленный в экспедиции научным судном «Атлантида», получен из Атлантического филиала ФГУП «ВНИРО» (АтлантНИРО). Отходы от разделки креветки белоногой *Penaeus vannamei* в виде головогруды были предоставлены ООО «Вичюнай-Русь». Гаммарус *Gammarus lacustris* выловлен в акватории Балтийского моря.

Комплексная схема переработки ХСС с применением метода глубокого гидролиза с последующим фракционированием его продуктов показана на рис.

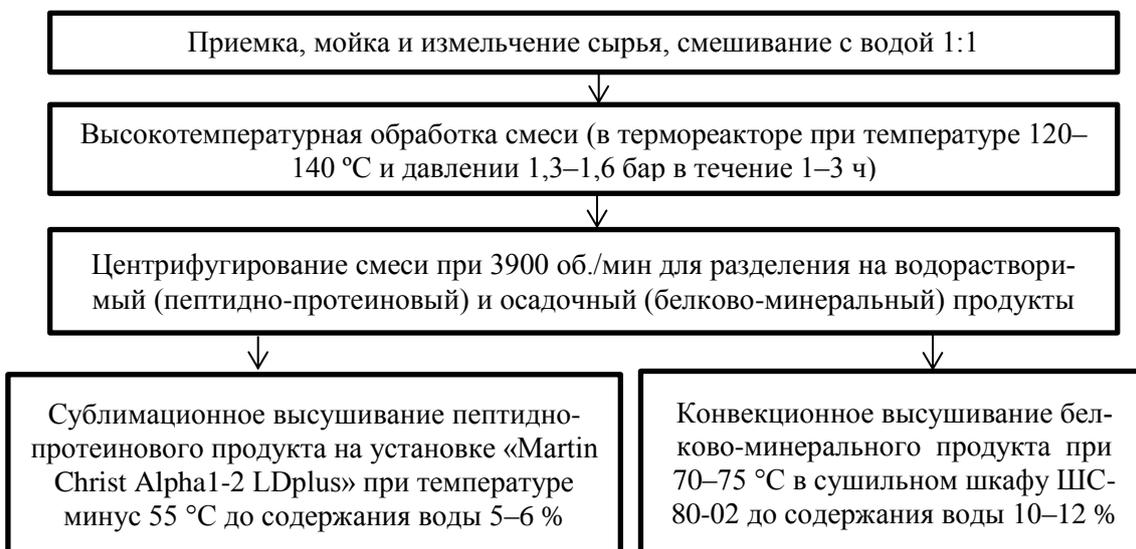


Рис. Принципиальная схема комплексной переработки хитинсодержащего сырья с применением метода высокотемпературного гидролиза

Fig. Schematic diagram of the complex processing of chitin-containing raw material using the high-temperature hydrolysis method

Содержание основных органических веществ в сырье и продуктах высокотемпературного гидролиза определяли по ГОСТ 7636-85 (массовые доли влаги, белка, жира, минеральных веществ). Эксперименты велись в трехкратной повторности. Статистическую обработку данных проводили методами регрессионного анализа с использованием пакетов прикладных программ «Microsoft Office 2010» (Mr Word, Ms Excel)» на 95 %-м доверительном уровне.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ биопотенциала вторичного ХСС и рациональных направлений его использования приведен по видам данного сырья.

**Крабовые отходы.** Отходы при переработке камчатских крабов являются наиболее массовым вторичным хитинсодержащим сырьем. Они представлены в основном в виде сырой или вареной головогруды (карапакс, абдомен, гепатопанкреас, жабры). При производстве консервов массой крабов от 0,8 до 2,8 кг количество удаляемых отходов, в зависимости от вида и возраста краба, составляет 24–36 % массы сырья [1, 2]. Химический состав крабовых отходов зависит от их вида [3, 25]. Карапакс камчатского краба с абдоменом и внутренностями содержит 74,7–75,7 % воды, 15,5–16,7 % белка, 8,2– 8,4 % минеральных веществ, 0,3 % липидов и 1,9–2,3 % хитина [1, 3], гепатопанкреас – около 26 % жира, в состав которого входят приблизительно 26 % полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), в том числе класса  $\omega$ -3 (до 20 %), алкоксиглицериды (до 25 %), а также витамины А и D [5, 7, 25]. В высушенных крабовых отходах содержание белка находится в пределах 21–27 %, воды – 7–8 %, липидов – 0,2–0,4 %, минеральных веществ – 34–39 %, хитина – 26–32 %. Таким образом, данное сырье богато белками и минеральными веществами, представляющими ценность для кормов. Для целей пищевой биотехнологии может быть использован хитин [25–26].

Различными исследованиями показана возможность получения из данного ХСС пищевых композиций, в том числе паст, липидно-каротиноидных комплексов, ароматизаторов [1, 3, 4, 25]. Ученые ВНИРО, ООО «Биопрогресс», ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» и др. обосновали получение из панциря головогруды и конечностей крабовых отходов биополимера хитина и его деацетилированного производного хитозана. Привлекательны биологически активные свойства хитозана в качестве жиропоглотителя, сорбента, структурообразователя, антиоксиданта [25–29].

В связи с относительно высоким содержанием белка в несортированных крабовых отходах актуальным представляется получение из них протеиновых композиций по технологии, разработанной в КГТУ (рис. 1). По результатам проведенных на кафедре пищевой биотехнологии экспериментов из крабовых отходов были получены пептидно-протеиновая добавка с содержанием азотистых соединений в пределах 45–67 % и белково-минеральный продукт, содержащий 27–34 % высокомолекулярного белка и 35–56 % минеральных веществ с частично депротеинизированным хитином. Данные продукты по уровню и качеству протеиновых композиций имеют преимущества перед крабовой мукой, содержащей 42,6 % белка, 29,4 % минеральных веществ, 5,8 % липидов [5].

**Отходы от переработки креветок** также представляют собой ценное хитинсодержащее сырье, потенциал которого обусловлен их огромными объемами.

Всего в мире более 2000 видов креветок, но только 35 из них являются промысловыми. В России вылавливается 5–7 видов холодноводных креветок (преобладают северная *Pandalus borealis* и углохвостая *Pandalus goniurus* креветки) объемом 9–12 тыс. т ежегодно. Добычу рекомендуется нарастить до 90 тыс. т [7, 8, 11].

Отходы от разделки креветок (головагрудь, ноги) практически не перерабатываются, в незначительных количествах из них получают креветочную муку, липидно-каротиноидные пищевые добавки [7].

Массовый состав сырых креветок зависит от вида креветки и составляет: головагрудь – 36–49 % массы сырья, мышечная ткань – 24–41, панцирь – 17–23. Таким образом, в отходы от разделки креветки попадает 59–76 % всей массы. Средние массы отдельных частей: головагрудь – 4,85 г (35 %), брюшко – 1,90 г (14 %), мягкие ткани брюшной части – 4,57 г (37 %), мягкие ткани головагруды – 0,85 г (7 %), мягкие ткани плавательных и ходильных ног – 0,12 г (1 %), икра – 0,74 г (6 %) [8].

В ДВФУ (г. Владивосток) установлено, что в отходах креветки *Pandalus borealis* находится 8 % мышечных волокон от общей массы креветки. Мышечная ткань головагруды, ходильных и плавательных ног превосходит по пищевой ценности брюшные мышцы. Средний химический состав ног и головагруды: вода – 76 %, белок – 20,1 %, жир – 1 %, углеводы – 0,7 %, минеральные вещества – 1,5 %. По содержанию магния, калия и кальция мягкие ткани головагруды, плавательных и ходильных ног не уступают брюшной части [29].

Специалисты ТИПРО предложили получать из мелких креветок на основе собственного комплекса протеиназ продукты автопротеолиза, названные лизатами. Пищевая ценность лизатов креветки сопоставима с пищевой ценностью нежирного творога, а по аминокислотному составу их белок схож с говяжьим [8].

Ценный кормовой продукт из креветочных отходов можно получить с использованием молочнокислого брожения. На примере переработки отходов от разделки креветок *Penaeus monodon* с добавлением 10–20 % лактозы как источника питания для молочнокислых бактерий *Lactobacillus planterum*, *Pediococcus acidilactici* показана возможность получения ферментированного кормового продукта с повышенной усвояемостью компонентов [30].

Перспективной представляется комплексная переработка вторичного креветочного сырья высокотемпературным способом (рис. 1) на автономном оборудовании с получением кормовых пептидно-протеиновой и белково-минеральной добавок, обогащенных астаксантином и хитином. Исследования по переработке креветочных отходов на ООО «Вичюнай-Русь» показали, что из 10 кг отходов можно получить 843 г сухой пептидно-протеиновой добавки (содержание белка 54 %) и 2,74 кг белково-минеральной добавки (содержащей около 27 % белка и 28 % минеральных веществ), пригодных для использования в составе кормов для птиц и рыб, выращиваемых в индустриальной аквакультуре.

**Арктический криль.** Ресурсы и потенциал ХСС во многом остаются недооцененными. Быстрый автолиз, механические повреждения и существенные потери массы при подъеме улова криля на борт судна обуславливают его приоритетную переработку на кормовую муку [14–16].

Химический состав крилевой муки, полученной в судовых условиях, отличается высоким содержанием белков (54,5–58,7 %), липидов (12,3–16,1 %) и минеральных веществ (14,3–15,3 %) при средней влажности 6–8 %. В состав муки

также входит хитин (4,2–5,4 %), астаксантин (около 20 мг/кг), жирные кислоты (ЖК) омега-3 (42–48 % всех ЖК). Крилевую муку добавляют в корма в животноводстве, птицеводстве и аквакультуре [14].

Биологическая ценность криля обусловлена содержанием всех незаменимых аминокислот, высоким уровнем полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) и его богатым минеральным составом. В нем обнаружено свыше 30 ценных макро- и микроэлементов [15, 16].

Из-за высокой активности автолитических ферментов и трудности сохранения качества криля представляется перспективным сразу после вылова его на судах перерабатывать по технологии глубокого гидролиза, разработанной в КГТУ, с получением пептидно-белковых и белково-минеральных добавок. Эксперименты по данной обработке мороженого криля из экспедиции судна «Атлантида» в 2020 году показали, что выход готовых сухих пептидно-белковой и белково-минеральной добавок составляет соответственно 8,23 и 17,38 %. Полученные добавки могут быть использованы в качестве пищевых и кормовых компонентов в составе рецептур комбикормов в индустриальной аквакультуре.

**Гаммарус.** В акватории Балтийского моря, Куршском и Вислинском заливах, озерах Калининградской области обитает рачок-бокоплав гаммарус (*Gammarus lacustris*). Анализ потенциала балтийского гаммаруса, собранного на берегу Балтийского моря в районе поселка Донское Калининградской области, и сравнение его с алтайским гаммарусом показали близость их химических составов. Балтийский рачок отличается уменьшенным содержанием липидов (4,7 против 7,7 %), которые представлены насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами (основные – арахидоновая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая), пониженной долей минеральных веществ (18,8 против 26 %) [19].

Принимая во внимание высокую протеолитическую активность собственных ферментов гаммаруса (1,4 ед./г), ученые КГТУ предложили технологию получения из него белковых гидролизатов с одновременным получением хитина. Сущность такой комплексной переработки заключается в предварительном автоферментализе диспергированного сырья в среде молочной сыворотки, что позволяет перевести в растворенное состояние до 49 % его массы и до 80 % всех протеинов. Получаемую жидкость сушат лиофильным способом до содержания воды 11,3 %. Высушенный гидролизат содержит 67,1 % водорастворимых протеинов, 3,41 % жиров и 18,2 % минеральных веществ. Он имеет рассыпчатую структуру, приятные органолептические свойства с кисло-сывороточным оттенком. Анализ минерального состава сушеного гидролизата свидетельствует о наличии в нем таких полезных элементов (в мг/кг), как кальций (165), магний (32,4), натрий (117,8), калий (203,8), цинк (0,6), медь (1), железо (0,25). Установлено отсутствие в нем тяжелых металлов (кадмия, свинца и ртути). Результаты сравнительных исследований жирно-кислотного состава липидной фракции гидролизата свидетельствуют о достаточной сохранности в нем ценных жирных кислот. В сушеном гаммарусе и полученном из него лиофилизированном автоферментализате установлено соответственно (% от содержания жира): сумма ПНЖК – 3,23 и 2,38; сумма ЖК омега-3 – 2,47 и 1,07; сумма ЖК класса омега-6 – 1,33 и 1,31 [19].

Принимая во внимание сходство химических составов гаммаруса и антарктического криля, их невысокую жирность и легкую диспергируемость, целесообразным представляется комплексная переработка данного ХСС методами высоко-

температурного гидролиза с получением белковых продуктов для пищевых и кормовых целей.

Обобщенные результаты аналитической оценки биопотенциала исследованного ХСС по содержанию основных органических компонентов и продуктов их термического гидролиза, полученных по технологии КГТУ в экспериментах из крабовых и креветочных отходов, а также из криля, приведены в табл.

Таблица. Химический состав вторичного хитинсодержащего сырья и продуктов его термического гидролиза

Table. Chemical composition of the secondary chitin-containing raw material and its thermal hydrolysis products

Название	Химический состав ХСС, % массы				
	Вода	Углеводы (в т. ч. хитин)	Жир	Минеральные вещества	Протеины
Вторичное хитинсодержащее сырье					
Крабовые отходы (карапакс, внутренности), мороженые	72,7–75,7	1,9–2,3	1,3–1,8	8,2– 8,4	15,5–16,7
Креветочные отходы (головогрудь), мороженые, невареные	73,2–76,8	0,7–1,2	1,0–1,4	4,5–7,3	17,3–20,1
Антарктический криль, мороженный	74,6–78,6	1,2–1,4	1,1–1,6	3,9–5,2	16,2–18,6
Гаммарус, сушеный	10,8–12,2	7,0–7,5	4,7–7,7	18,8–26,6	48,8–56,9
Продукты термического гидролиза ХСС					
ППД <sup>1</sup> из крабовых отходов	7,7–8,2	3,2–4,7	0,1–0,2	5,8–6,3	76,9–82,7
БМД <sup>2</sup> из крабовых отходов	12,5–13,8	5,2–7,2	0,3–1,3	34,28–39,6	34,6–45,3
ППД <sup>1</sup> из креветочных отходов	6,1–6,7	1,9–2,3	0,2–0,7	8,8–9,6	80,8–82,3
БМД <sup>2</sup> из креветочных отходов	10,4–11,7	4,8–5,8	0,9–2,1	28,7–32,2	48,3–52,5
ППД <sup>1</sup> из криля	4,2–5,5	1,7–2,2	4,3–6,1	4,3–5,7	78,5–84,7
БМД <sup>2</sup> из криля	10,8–11,9	1,2–2,6	4,1–7,2	22,1–26,2	56,3–57,1

Примечание: <sup>1</sup>ППД – пептидно-протеиновая добавка; <sup>2</sup>БМД – белково-минеральная добавка.

Из данных таблицы следует, что исследованное мороженое ХСС содержит достаточно много белка (15,5–20,1 %) и минеральных веществ (3,9–8,4 %) при невысокой жирности (1,0–1,8 %), что согласуется с литературными данными и позволяет считать сырье перспективным для получения белковых и белково-минеральных продуктов. При переработке его методом глубокого гидролиза образующиеся ППД и БМД содержат протеиновых компонентов соответственно 76,9–84,7 и 34,6–57,1 % при высоком уровне минерализации БМД (22,1–39,6 %).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ биопотенциала вторичного хитинсодержащего сырья (отходов от переработки крабов и креветок, антарктического криля и рачка-бокоплава гаммаруса) свидетельствует о его значительных недоиспользованных резервах. Данное сырье богато органическими макро- и микроэлементами, необходимыми для обеспечения жизнедеятельности организма. Применяемые технологии обработки не всегда практичны в исполнении. Видится рациональной, с учетом специфики структуры и свойств данного сырья, его комплексная переработка с применением метода глубокого высокотемпературного гидролиза, позволяющего безотходно получать пептидно-протеиновые и белково-минеральные продукты. Высокие температуры гидролиза в сочетании с повышенным давлением обработки вызывают деградацию хитино-минерало-коллагеновых комплексов ХСС.

Полученные в результате глубокого гидролиза вторичного ХСС пептидно-протеиновые продукты отличаются высоким содержанием белковых веществ. Их целесообразно использовать в составе специализированного питания или кормов в качестве источника усвояемого белка и активных пептидов. Белково-минеральную добавку рекомендуется применять как кормовой компонент комбикормов для рыбоводства, птицы, домашних и сельскохозяйственных животных.

## Список источников

1. Потенциал вторичных ресурсов камчатского краба как технологически ценного сырья / С. Н. Максимова, Д. В. Полещук, Е. В. Суровцева, К. К. Верещагина, А. В. Милованов // Пищевая промышленность. 2019. Т. 4. № 4. С. 30–36.
2. Перспективы биомодификации отходов от разделки синего краба *Paralithodes platypus* / С. Н. Максимова, Д. В. Полещук, К. К. Верещагина, Е. М. Панчишина, Е. В. Суровцева // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2020. № 3 (78). С. 14–23.
3. Подкорытова А. В., Строгова Н. Г., Семикова Н. В. Комплексная переработка камчатского краба при производстве пищевой продукции и биологически активных веществ // Труды ВНИРО. Серия «Технология переработки водных биоресурсов». 2018. Т. 172. С. 198–212.
4. Игнатова Т. А., Родина Т. В., Подкорытова А. В. Биотехнологическая конверсия отходов от разделки краба *Paralithodes camtschaticus* при получении кормовой добавки с хитином // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова. 2015. Т. 11. № 1. С. 20–27.
5. Шевченко Д. Г., Передня А. А. Отходы переработки сырья крабового промысла как перспективный компонент комбикормов. ФГУП «ВНИРО», ЗАО "Рыболовецкий колхоз "Восток-1". URL: <https://akvarium-moskva.ru/science/rubbish.html> (дата обращения: 25.02.2023).
6. Перспективы переработки гепатопанкреаса камчатского краба / Т. Пономарева, М. Тимченко, М. Филиппов, С. Лапаев, Е. Согорин // Фундаментальная и прикладная биохимия ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН». Оpubл. 2.01.2021. URL: <https://www.mdpi.com/2313-4321/6/1/3> (дата обращения: 25.02.2023).

7. Биотехнология переработки мелких креветок для использования в пищевых продуктах / А. П. Ярочкин, Г. Н. Тимчишина, В. Н. Акулин и др. // Известия ТИНРО. 2020. Т. 200. Вып. 2. С. 460–485.
8. Исследование возможности применения отходов креветки северной *Pandalus borealis* для обогащения продуктов питания / М. В. Киселева, О. В. Табакаева, Г. С. Татаренко, С. А. Комлев // Пищевая промышленность. 2017. № 1. С. 20–24.
9. Исследование процесса автопротеолиза отходов от разделки синего краба (*Paralithodes platypus*) / С. Н. Максимова, Д. В. Полещук, К. К. Верещагина [и др.]. // Пищевая промышленность. 2021. № 7. С. 20–23.
10. Seafood waste: a source for preparation of commercially employable chitin/chitosan materials / M.Yadav, P.Goswami, K.Paritosh et al. // Bioresour. Bioprocess. 2019. V. 6. N 8, <https://doi.org/10.1186/s40643-019-0243-y>.
11. Процесс получения ферментативных гидролизатов из отходов переработки креветки северной / М. В. Киселева, О. В. Табакаева, Т. К. Каленик [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 4. С. 635–642, <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-635-642>.
12. Самсонов М. В., Винокур М. Л., Андреев М. П. Сравнительный анализ выделения астаксантина из панцирных отходов ракообразных с использованием ферментных препаратов трипсин, химотрипсин, протосубтилин // Известия КГТУ. 2017. № 44. С. 150–160.
13. Самсонов М. В., Винокур М. Л., Андреев М. П. Исследование процесса гидролиза панцирных отходов вареной креветки с использованием протосубтилина // Известия КГТУ. 2017. № 46. С. 90–101.
14. Благодуров И. С. Современные технологии добычи антарктического криля и перспективы их развития // Современные научные исследования и инновации. 2020. № 8. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2020/08/92985> (дата обращения: 25.02.2023).
15. Андреев М. П. Антарктический криль (*Euphausia superba*) – прошлое, настоящее и будущее. Развитие технологии переработки // Вопросы рыболовства. 2021. Т. 22. № 1. С. 5–15.
16. Винокур М. Л. Использование гидролизата антарктического криля (*Euphausia superba*) в технологии имитированного фарша // Известия КГТУ. 2021. № 63. С. 58–65.
17. Корляков К. А., Шапошников В. В. Некоторые данные по химическому составу гаммаруса из озера Кадкуль (Челябинская область) // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. 2017. Т. 1. № 4 (19). С. 3–4.
18. Гартман О. Р., Воробьева В. М. Технология и свойства хитозана из рачка гаммарус // Фундаментальные исследования. Фармацевтические науки. 2013. № 6. Ч. 5. С. 1188–1192.
19. Григорьева Е. В., Мезенова О. Я. Комплексная переработка балтийского гаммаруса с целью получения хитина, хитозана и белкового гидролизата // Известия вузов. Пищевая технология. 2007. № 3. С. 30–32.
20. Инновационные пищевые биотехнологии водных биологических ресурсов: учебное пособие / О. Я. Мезенова, Л. С. Байдалинова, Н. Ю. Ключко, Е. С. Землякова, С. В. Агафонова, Н. Ю. Мезенова, Е. В. Лютова; отв. ред. О. Я. Мезенова. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ». 2021. 323 с.

21. Способ получения пищевых добавок из вторичного рыбного сырья с применением гидролиза: пат. 2681352 Рос. Федерация. № 2018103795/10 / Мезенова О. Я., Агафонова С. В., Байдалинова Л. С., Городниченко Л. В., Волков В. В., Мезенова Н. Ю., Grimm Т., Хелинг А.; заявл. 31.01.2018; опубл. 06.03.2019. Бюл. № 12. 18 с.
22. Применение пептидных и липидных композиций, получаемых при гидролизной переработке коллагенсодержащих тканей / О. Я. Мезенова, Д. Тишлер, С. В. Агафонова, Н. Ю. Мезенова, В. В. Волков, Д. А. Бараненко, Т. Гримм, С. Ридель // Вестник Международной академии холода. 2021. № 1. С. 46–58.
23. Применение продуктов гидролиза шпротных отходов при кормлении европейского сига *Coregonus lavaretus* в аквакультуре / О. Я. Мезенова, Д. С. Пьянов, С. В. Агафонова, Н. Ю. Романенко, В. В. Волков, Н. С. Калинина // Рыбное хозяйство. 2022. № 3. С. 54–61.
24. Оценка питательной ценности комбикормов для лососевых с добавлением продуктов гидролиза шпротных отходов / О. Я. Мезенова, Д. С. Пьянов, С. В. Агафонова, Н. Ю. Романенко, В. В. Волков, Н. С. Калинина, Т. Мерзель // Известия КГТУ. 2022. № 67. С. 32–47. DOI 10.46845/1997-3071-2022-67-32-4.
25. Максимова С. Н., Сафронова Т. М., Полещук Д. В. Хитиновые материалы в технологии водных биоресурсов. СПб: Лань, 2017. 176 с.
26. Хитозансодержащие биологически активные добавки к пище в рационализации питания населения / А. И. Албулов, М. А. Фролова, О. В. Буханцев, В. М. Быкова, С. В. Немцев, Б. А. Комаров // Рыбпром. 2010. № 2. С. 25–28.
27. Philibert T., Lee B. H. Fabien N. Current status and new perspectives on chitin and chitosan as functional biopolymers // Appl Biochem Biotechnol. 2017. V. 181. P. 1314–1337.
28. Novel biological and chemical methods of chitin extraction from crustacean waste using saline water / V. L. Pachapur, K. Guemiza, T. Rouissi, S. J. Sarma, S. K. Brar // J. Chem Technol Biotechnol. 2016. V 91(8). P. 2331–2339.
29. Автопротеолизаты из креветок и их использование / И. М. Виговская, А. Н. Баштовой, Г. Н. Тимчишина [и др.] // Инновации в биотехнологии аквакультуры и водных биоресурсов Японского моря: Материалы международной научной конференции. ДФУ. Владивосток, 2016. С. 67–72.
30. Bioconversion of shrimp waste *Penaeus merguensis* using lactic acid fermentation: an alternative procedure for chemical extraction of chitin and chitosan / F. Sedaghat, M. Yousefzadi, H. Toiserkani, S. Najafipour // Int. J. Biol Macromol. 2017. V. 104. P. 883–888.

## References

1. Maksimova S. N., Poleshchuk D. V., Surovtseva E. V., Vereshchagina K. K., Milovanov A. V. Potentsial vtorichnykh resursov kamchatskogo kraba kak tekhnologicheski tsenного syr'ya [Potential of secondary resources of the king crab as a technologically valuable raw material]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2019, vol. 4, no. 4, pp. 30–36.
2. Maksimova S. N., Poleshchuk D. V., Vereshchagina K. K., Panchishina E. M., Surovtseva E. V. Perspektivy biomodifikatsii otkhodov ot razdelki sinego

kraba [Prospects for biomodification of waste from processing the blue crab]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologiy i upravleniya*. 2020, no. 3 (78), pp. 14–23.

3. Podkorytova A. V., Strogova N. G., Semikova N. V. Kompleksnaya pererabotka kamchatskogo kraba pri proizvodstve pishchevoy produktsii i biologicheski aktivnykh veshchestv [Complex processing of king crab in the production of food products and biologically active substances]. *Trudy VNIRO. Seriya «Tekhnologiya pererabotki vodnykh bioresursov»* [Proceedings of VNIRO. Series "Technology of processing aquatic bioresources"]. 2018, vol. 172, pp. 198–212.

4. Ignatova T. A., Rodina T. V., Podkorytova A. V. Biotekhnologicheskaya konversiya otkhodov ot razdelki kraba *Paralithodes camtschaticus* pri poluchenii kormovoy dobavki s khitinom [Biotechnological conversion of waste from processing of the crab *Paralithodes camtschaticus* when receiving a feed additive with chitin]. *Vestnik biotekhnologii i fiziko-khimicheskoy biologii imeni Yu. A. Ovchinnikova*. 2015, vol. 11, no. 1, pp. 20–27.

5. Shevchenko D. G., Perednya A. A. *Otkhody pererabotki syr'ya krabovogo promysla kak perspektivnyy komponent kombikormov* [Waste from the processing of raw materials from the crab industry as a promising component of animal feed]. FGUP «VNIRO», ZAO "Rybolovetskiy kolkhoz "Vostok-1". Available at: <https://akvarium-moskva.ru/science/rubbish.html> (Accessed 25 February 2023).

6. Ponomareva T., Timchenko M., Filippov M., Lapaev S., Sogorin E. *Perspektivy pererabotki gepatopankreasa kamchatskogo kraba* [Prospects for processing the hepatopancreas of the king crab]. *Fundamental'naya i prikladnaya biokhimiya FITS «Pushchinskiy nauchnyy tsentr biologicheskikh issledovaniy RAN»*. Published 2.01.2021. Available at: <https://www.mdpi.com/2313-4321/6/1/3> (Accessed 25 February 2023).

7. Yarochkin A. P., Timchishina G. N., Akulin V. N. [et al.] *Biotekhnologiya pererabotki melkikh krevetok dlya ispol'zovaniya v pishchevykh produktakh* [Biotechnology of processing small shrimps for the use in food products]. *Izvestiya TINRO*. 2020, vol. 200, iss. 2, pp. 460–485.

8. Kiseleva M. V., Tabakaeva O. V., Tatarenko G. S. [et al.] *Issledovaniye vozmozhnosti primeneniya otkhodov krevetki severnoy Pandalus borealis dlya obogashcheniya produktov pitaniya* [Study of the possibility of using the waste of the northern shrimp *Pandalus borealis* for food enrichment]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2017, no. 1, pp. 20–24.

9. Maksimova S. N., Poleshchuk D. V., Vereshchagina K. K. [i dr.]. *Issledovaniye protsessa avtoproteoliza otkhodov ot razdelki sinego kraba (Paralithodes platypus)* [Study of the process of autoprolysis of waste from the butchering of blue crab (*Paralithodes platypus*)]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2021, no. 7, pp. 20–23.

10. Yadav M., Goswami P., K. Paritosh K. [et al.]. *Seafood waste: a source for preparation of commercially employable chitin/chitosan materials*. *Bioresour. Bioprocess*. 2019, vol. 6, no. 8, <https://doi.org/10.1186/s40643-019-0243-y>.

11. Kiseleva M. V., Tabakaeva O. V., Kalenik T. K. [et al.] *Protsess polucheniya fermentativnykh gidrolizatov iz otkhodov pererabotki krevetki severnoy* [The process of obtaining enzymatic hydrolysates from northern shrimp processing waste]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2019, vol. 49, no. 4, pp. 635–642, <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-635-642>.

12. Samsonov M. V., Vinokur M. L., Andreev M. P. Sravnitel'nyy analiz vydeleniya astaksantina iz pantsirnykh otkhodov rakoobraznykh s ispol'zovaniyem fermentnykh preparatov tripsin, khimotripsin, protosubtilin [Comparative analysis of the isolation of astaxanthin from crustacean shell waste using enzyme preparations trypsin, chymotrypsin, protosubtilin]. *Izvestiya KGTU*. 2017, no. 44, pp. 150–160.

13. Samsonov M. V., Vinokur M. L., Andreev M. P. Issledovaniye protsessa gidroliza pantsirnykh otkhodov varenoy krevetki s ispol'zovaniyem protosubtilina [Study of the process of hydrolysis of shell waste of boiled shrimp using protosubtilin]. *Izvestiya KGTU*. 2017, no. 46, pp. 90–101.

14. Blagodurov I. S. Sovremennyye tekhnologii dobychi antarkticheskogo krilya i perspektivy ikh razvitiya [Modern technologies for the extraction of Antarctic krill and prospects for their development]. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii*. 2020, no. 8. Available at: <https://web.snauka.ru/issues/2020/08/92985> (Accessed 25 February 2023).

15. Andreev M. P. Antarkticheskiy kril' (*Euphausia superba*) – proshloye, naytoyashcheye i budushcheye. Razvitiye tekhnologii pererabotki [Antarctic krill (*Euphausia superba*) – past, present and future. Development of processing technology]. *Vo prosy rybolovstva*. 2021, vol. 22, no. 1, pp. 5–15.

16. Vinokur M. L. Ispol'zovaniye gidrolizata antarkticheskogo krilya (*Euphausia superba*) v tekhnologii imitirovannogo farsha [The use of Antarctic krill hydrolyzate (*euphausia superba*) in the technology of imitation mince]. *Izvestiya KGTU*. 2021, no. 63, pp. 58–65.

17. Korlyakov K. A., Shaposhnikov V. V. Nekotoryye dannyye po khimicheskomu sostavu gammarusa iz ozera Kadkul' (Chelyabinskaya oblast') [Some data on the chemical composition of gammarus from Lake Kadkul (Chelyabinsk Region)]. *Vestnik soveta molodykh uchenykh i spetsialistov Chelyabinskoy oblasti*. 2017, no. 4 (19), vol. 1, pp. 3–4. 17.

18. Gartman O. R., Vorob'eva V. M. Tekhnologiya i svoystva khitozana iz rachka gammarus [Technology and properties of chitosan from the gammarus crustacean]. *Fundamental'nyye issledovaniya. Farmatsevticheskiye nauki*. 2013, no. 6, part 5, pp. 1188–1192.

19. Grigor'eva E. V., Mezenova O. Ya. Kompleksnaya pererabotka baltiyskogo gammarusa s tsel'yu polucheniya khitina, khitozana i belkovogo gidrolizata [Complex processing of the Baltic gammarus to obtain chitin, chitosan and protein hydrolysate]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2007, no. 3, pp. 30–32.

20. Mezenova O. Ya., Baydalina L. S., Klyuchko N. Yu., Zemlyakova E. S., Agafonova S. V., Mezenova N. Yu., Lyutova E. V. *Innovatsionnyye pishchevye biotekhnologii vodnykh biologicheskikh resursov: uchebnoye posobiye* [Innovative food biotechnologies of aquatic biological resources: textbook]; resp. ed. O. Ya. Mezenova. Kaliningrad, FGBOU VO «KGTU» Publ., 2021, 323 p.

21. Mezenova O. Ya., Agafonova S. V., Baydalina L. S., Gorodnichenko L. V., Volkov V. V., Mezenova N. Yu., T. Grimm, A. Heling. Sposob polucheniya pishchevykh dobavok iz vtorichnogo rybnogo syr'ya s primeneniym gidroliza [A method of obtaining food additives from secondary fish raw materials using hydrolysis]. Patent RF, no. 2681352, 2019.

22. Mezenova O. Ya., Tishler D., Agafonova S. V., Mezenova N. Yu., Volkov V. V., Baranenko D. A., Grimm T., Riedel S. Issledovaniye i ratsional'noye prime-

neniye peptidnykh i lipidnykh kompozitsiy, poluchayemykh pri gidroliznoy pererabotke kollagensoderzhashchikh tkaney [Research and rational use of peptide and lipid compositions obtained during the hydrolysis processing of collagen-containing tissues]. *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda*. 2021, no. 1, pp. 46–58.

23. Mezenova O. Ya., P'yanov D. S., Agafonova S. V., Romanenko N. Yu., Volkov V. V., Kalinina N. S. Primeneniye produktov gidroliza shprotnykh otkhodov pri kormlenii yevropeyskogo siga *Coregonus lavaretus* v akvakul'ture [Application of sprat waste hydrolysis products in feeding of the European whitefish *Coregonus lavaretus* in aquaculture]. *Rybnoye khozyaystvo*. 2022, no. 3, pp. 54–61.

24. Mezenova O. Ya., Pyanov D. S., Agafonova S. V., Romanenko N. Yu., Volkov V. V., Kalinina N. S., Merzel T. Otsenka pitatel'noy tsennosti kombikormov dlya lososevykh s dobavleniyem produktov gidroliza shprotnykh otkhodov [Evaluation of the nutritional value of mixed feed for salmon with the addition of sprat waste hydrolysis products]. *Izvestia KGTU*. 2022, no. 67, pp. 32–47. DOI 10.46845/1997-3071-2022-67-32-4.

25. Maksimova S. N., Safronova T. M., Poleshchuk D. V. *Khitinovyye materialy v tekhnologii vodnykh bioresursov* [Chitin materials in the technology of aquatic bioresources]. Saint-Petersburg, Lan', 2017, 176 p.

26. Albulov A. I., Frolova M. A., Bukhantsev O. V., Bykova V. M., Nemtsev S. V., Komarov B. A. Khitozansoderzhashchiye biologicheski aktivnyye dobavki k pishche v ratsionalizatsii pitaniya naseleniya [Chitosan-containing biologically active food supplements in the rationalization of the nutrition of the population]. *Rybprom*, 2010, no. 2, pp. 25–28.

27. Philibert T., Lee B. H., Fabien N. Current status and new perspectives on chitin and chitosan as functional biopolymers. *Appl Biochem Biotechnol*. 2017, vol. 181, pp. 1314–1337.

28. Pachapur V. L., Guemiza K., Rouissi T. [et al.] Novel biological and chemical methods of chitin extraction from crustacean waste using saline water. *J. Chem Technol Biotechnol*. 2016, vol. 91 (8), pp. 2331–2339.

29. Vigovskaya I. M., Bashtova A. N., Timchishina G. N. [et al.] Avtoproteolizaty iz krevetok i ikh ispol'zovaniye [Shrimp autoproteolysates and their use]. *Innovatsii v biotekhnologii akvakul'tury i vodnykh bioresursov Yaponskogo morya: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Innovations in Biotechnology of Aquaculture and Aquatic Bioresources of the Sea of Japan: proceedings of the International Scientific Conference]. DFU, Vladivostok, 2016, pp. 67–72.

30. Sedaghat F., Yousefzadi M., Toiserkani H., Najafipour S. Bioconversion of shrimp waste *Penaeus merguensis* using lactic acid fermentation: an alternative procedure for chemical extraction of chitin and chitosan. *Int. J. Biol Macromol*. 2017, vol. 104, pp. 883–888.

**Информация об авторе**

**О. Я. Мезенова** – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой пищевой биотехнологии

**Information about the author**

**O. Ya. Mezenova** – DSc in Engineering, Professor, Head of the Department of Food Biotechnology

Статья поступила в редакцию 10.03.2023; одобрена после рецензирования 20.04.2023; принята к публикации 21.04.2023.

The article was submitted 10.03.2023; approved after reviewing 20.04.2023; accepted for publication 21.04.2023.