

## Эколого-биохимические исследования гидробионтов – важное направление для решения проблемы сохранения биоразнообразия экосистем Кольского Севера

С.И. Овчинникова

Биологический факультет МГТУ, кафедра биохимии

**Аннотация.** В работе рассмотрены основные направления исследовательской деятельности кафедры биохимии по сохранению биоразнообразия морских и пресноводных экосистем Севера как необходимому условию их нормального функционирования. Раскрываются такие вопросы, как необходимость эколого-биохимических исследований гидробионтов Севера, особенно морских и пресноводных рыб на разных стадиях жизненного цикла. Представлены данные по биохимическим изменениям в тканях рыб в процессе хранения при низких температурах, раскрыты актуальность сравнительного анализа химического состава и биохимических свойств рыб, выращенных в условиях искусственного воспроизводства и обитающих в естественных условиях, результаты изучения гидрохимического режима морских и пресноводных водоемов Кольского Севера и другие, роль характерных биохимических маркеров для оценки влияния антропогенного воздействия на состояние тканей гидробионтов.

**Abstract.** The paper considers the main directions of the researches concerning reservation of biodiversity of marine and limnetic ecosystems of the North as a necessary condition of their normal functioning. The necessity of ecological and biochemical monitoring of the hydrobionts, particularly marine and limnetic fish at different stages of their life cycle has been determined. The data on biochemical changes in fish tissues during storage at low temperatures have been given, the urgency of the comparative analysis of chemical composition and biochemical properties of fish cultivated artificially and living in natural conditions has been shown. The results of hydrochemical research of marine and limnetic water reservoirs of the Kola North and the role of different biochemical markers for determination of antropogenic impact on hydrobionts' tissues have been analysed.

### 1. Введение

Перспективными направлениями исследовательской деятельности, позволяющими оценить степень антропогенного воздействия на состояние водных экосистем Кольского Севера, являются:

- разработка единого методологического подхода по выполнению комплексного эколого-биохимического мониторинга с использованием характерных биохимических маркеров;
- комплексные эколого-биохимические исследования состояния гидробионтов морских экосистем Севера;
- биохимический мониторинг пресноводных экосистем Кольского Заполярья;
- выбор наиболее характерных биохимических маркеров, позволяющих оценить ответные реакции организмов морских и пресноводных рыб на степень антропогенной нагрузки водоемов Севера;
- оценка гидрохимического режима морских и пресноводных водоемов;
- установление взаимосвязи между гидрохимическими и биохимическими параметрами компонентов экосистем;
- исследование влияния абиотических факторов (низкие температуры, антиоксиданты и др.) на химические показатели тканей морских и пресноводных рыб в процессе хранения;
- проведение сравнительного анализа биохимических свойств рыб, выращенных в условиях искусственного воспроизводства и обитающих в естественных условиях;
- разработка рекомендаций по созданию единой комплексной биохимической системы тестирования и биоиндикации водных экосистем Кольского Севера.

### 2. Эколого-биохимические исследования гидробионтов Кольского Севера

В МГТУ в течение ряда лет (1990-2004 гг.) проводятся комплексные систематизированные эколого-биохимические исследования рыб морских и пресноводных водоемов Кольского Севера.

Анализируется динамика химических показателей и биохимических свойств рыб семейства Тресковые – GADIDAE (треска *Gadus morhua morhua*, пикша *Melanogrammus aeglefinus*, сайка *Boreogadus saida*, сайда *Pollachius virenis*), Корюшковые – OSMERIDAE (мойва *Mallotus villosus villosus*, корюшка), Сельдевые – CLUPEIDAE (атлантическая сельдь *Clupea harengus harengus*), Зубатковые – ANARHICHADIDAE (зубатка полосатая *Anarhichas lupus*, зубатка пятнистая *Anarhichas minor*), Камбаловые – PLEURONECTIDAE (морская камбала *Platessa platessa*, камбала-ёрш *Hippoglossoides platessoides*, палтус синекорый (черный) *Reinhardtius hippoglossoides*), Лососевые – SALMONIDAE

(радужная форель *Parasalmo mykiss*, атлантический лосось *Salmo salar*, горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*), других промысловых гидробионтов Северного бассейна на разных стадиях жизненного цикла. Особое внимание уделяется динамике химических показателей рыб, характерных для Кольского залива (песчанка, пикша, треска, бычок и др.).

Были проанализированы следующие показатели для разных стадий жизненного цикла гидробионтов (преднерестовые изменения, нерест, посленерестовый период): содержание влаги методом высушивания, общий азот, белковый азот, небелковый азот методом Кьельдаля, аминный азот методом формольного титрования по Серенсену, массовая доля липидов экстракционным методом Сокслета, массовая доля водорастворимого белка фотоколориметрическими методами (биуретовый макро- и микрометод, метод Лоури), массовая доля минеральных веществ, содержание макроэргических соединений и промежуточных продуктов углеводного метаболизма фотоколориметрическими методами, каротиноидов спектрофотометрическим методом, содержание витаминов водорастворимых и жирорастворимых методами титрования и фотоколориметрирования, кислотное и пероксидное числа, степень гидролиза белков.

Проводится оценка гидрохимического режима вод бассейна Кольского залива, определяется содержание металлов (содержание ионов кальция, стронция, хрома, меди, марганца, свинца никеля, кадмия, кобальта, железа) на атомно-абсорбционном спектрофотометре "Квант-Зеeman" с электротермической атомизацией, нитратов, нитритов, фосфатов, кислорода и других показателей. Анализируется взаимосвязь гидрохимических показателей и биохимических характеристик рыб.

В последнее время рядом ученых уделяется серьезное внимание разработке биохимической системы тестирования и биоиндикации водных экосистем. Чувствительными и специфическими эколого-биохимическими тестами являются изоферменты лактатдегидрогеназы, ацетилхолинэстераза, цитохромы P-450 и другие монооксидазы, кортикостероиды, лизосомальные ферменты, щелочная фосфатаза, альдолаза, цитохромоксидаза, формы кислой фосфатазы, катепсин В, кальпаины I и II, некоторые витамины. Предлагаются такие характерные биохимические маркеры как содержание глутатиона, токоферолов, ретинола, малонового альдегида в тканях (Лукьянова, 2002). Глутатион – это компонент антиоксидантной системы, который оказывает влияние на активность ферментов и поддерживает функции мембран. В зависимости от степени загрязнения содержание глутатиона возрастает. Токоферолы – естественные антиоксиданты в тканях. Малоновый альдегид является основным показателем пероксидного окисления липидов мембран. К важнейшим молекулярным биомаркерам относят фермент холинэстеразу. При повышенной концентрации тяжелых металлов наблюдается изменение сродства фермента к различным субстратам, изменение удельной активности фермента (Лукьянова, 2002). В настоящее время эффективным критерием реакции организма рыб на токсическое воздействие считается "холатный показатель" – относительное содержание холевой кислоты к общей сумме желчных кислот в желчи, так как при токсических воздействиях первоначально происходят изменения в печени, принимающей непосредственное участие в поддержании гомеостаза обмена веществ (Богдан и др., 1999). Также учеными для оценки экологического состояния водоемов в условиях техногенного загрязнения предлагается такой параметр, как активность лизосомальных гидролаз и некоторых цитоплазматических ферментов, связанных с энергетическим обменом и регуляцией метаболизма, выясняется роль лизосом в биохимических механизмах токсикозов, которые вызываются действием на различные виды рыб загрязняющих веществ (Высоцкая, Такшева, 1999). Анализируются также лизосомальные ферменты, как свободная и общая РНКаза, свободная и общая ДНКаза, свободная и общая кислая фосфатаза. Активность РНКазы, ДНКазы представляется в единицах изменения экстинкции стандартных растворов нуклеиновых кислот за одну минуту при 37°C на 1 г сырой массы, активность фосфатазы – в микромолях паранитрофенола за 1 минуту при 37°C на 1 г сырой массы. Анализируется также такой лизосомальный фермент как β-глюкозидаза (Высоцкая, Такшева, 1999).

В настоящее время к молекулярным биомаркерам относят параметры, характеризующие энергетический метаболизм. К таким показателям относятся интегральные показатели адаптационного процесса, например, аденилатный энергетический заряд (АЭЗ) (Лукьянова, 2002). АЭЗ является соотношением различных форм адениловых нуклеотидов:

$$\text{АЭЗ} = (\text{АТФ} + \text{АДФ}/2) / (\text{АТФ} + \text{АДФ} + \text{АМФ}).$$

Если АЭЗ меньше 0,7, для клеточного метаболизма характерны нарушения (нормальный уровень параметров аденилатной системы – АЭЗ = 0,95±0,97). В качестве биомаркеров эколого-биохимического состояния рыб предлагаются каротиноиды. Каротиноиды – это группа дыхательных пигментов, уровень которых меняется при возникновении гипоксии в водной среде за счет антропогенного загрязнения.

Кудрявцевой Г.В. (1990) отмечено значение такого теста как пентозофосфатный коэффициент (ПК) – отношение активности пускового фермента пентозофосфатного пути – глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы к суммарной активности ферментов метаболизма пентозофосфатов (изомеразы, эпимеразы, фосфопентоз и

транскетолазы). Установлено, что при увеличении концентрации тяжелых металлов (хрома, железа, кадмия и др.) наблюдается повышение величины данного коэффициента в мышечной ткани рыб, при увеличении концентрации тяжелых металлов в 2-3 раза величина ПК возрастает в 2 раза.

Колупаевым Б.И. (1991) установлено влияние антропогенного загрязнения на систему обеспечения кислородного режима организма.

Нами в качестве биомаркеров для оценки эколого-биохимического статуса рыб Северного бассейна предложены такие показатели, как содержание макроэргических соединений (АТФ), промежуточных продуктов углеводного метаболизма (фосфоенолпирувата, фосфоглицеральдегида), токоферола, ретинола (и их соотношение), активность тканевых протеолитических ферментов, содержание ферментов, обладающих АТФ-азной активностью.

Анализируется зависимость данных маркеров от степени антропогенного загрязнения водных экосистем Северного бассейна.

### 3. Биохимические исследования тканей рыб в процессе хранения при низких температурах

В процессе хранения мороженой рыбы наблюдается уменьшение массы за счет уменьшения содержания влаги. Массовая доля влаги уменьшается на 1,5-2 %, за счет уменьшения массы воды возрастает содержание других показателей, а именно – массовая доля жира, общего азота, минеральных веществ. Во время хранения мороженых гидробионтов происходят изменения белковых компонентов мышечной ткани. В процессе хранения за счет уменьшения массовой доли влаги содержание наблюдается увеличение общего азота, а содержание белковой фракции, в том числе водорастворимого белка, – уменьшается. В результате деструктивных изменений в ткани рыбы при размораживании и хранении происходит увеличение ферментативной активности тканей рыб, следствием чего является увеличение содержания небелкового азота, азота летучих оснований, азота аминного.

В процессе длительного холодильного хранения рыбы в ней протекают гидролитические и окислительные изменения липидов под действием тканевых липолитических ферментов. Наблюдается возрастание кислотного, йодного, пероксидного чисел.

Впервые проведены систематизированные исследования химического состава тканей рыб в процессе хранения при низких температурах (-28°C), проанализирован широкий спектр химических показателей. Исследована динамика основных химических показателей для наиболее характерных рыб Северного бассейна (Тресковые – GADIDAE (треска *Gadus morhua morhua*, пикша *Melanogrammus aeglefinus*, сайка *Boreogadus saida*, сайда *Pollachius virenis*), Корюшковые – OSMERIDAE (мойва *Mallotus villosus villosus*, корюшка), сельдевых – CLUPEIDAE (атлантическая сельдь *Clupea harengus harengus*), Зубатковые – ANARHICHADIDAE (зубатка полосатая *Anarhichas lupus*, зубатка пятнистая *Anarhichas minor*), Камбаловые – PLEURONECTIDAE (морская камбала *Platessa platessa*, камбала-ёрш *Hippoglossoides platessoides*, палтус синекорый (черный) *Reinhardtius hippoglossoides*), Лососевые – SALMONIDAE (радужная форель *Parasalmo mykiss*, атлантический лосось *Salmo salar*, горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*) и другие.

Проведен анализ особенностей динамики химического состава мышечной ткани представителей семейства Корюшковые в процессе хранения при низких температурах в течение 6 месяцев.

Для мышечной ткани мойвы характерны следующие изменения: содержание влаги уменьшается от 75 % до 72 %, массовая доля общего азота увеличивается от 14,5 % до 17,8 %. Наблюдается увеличение массовой доли липидной фракции от 13,8 % до 14,3 %, содержание золы в процессе хранения не меняется. Следствием автолиза белков является увеличение содержания небелкового азота от 13,0 % до 17,0 %, увеличение количества азота аминокислот от 55 мг% до 730 мг%, соответственно, уменьшается содержание белка от 14 % до 10 % и массовая доля водорастворимой белковой фракции возрастает – от 3,9 % до 2,8 %. Имеет место возрастание величины кислотного числа от 3 мгКОН/1г до 11,5 мгКОН/1г и пероксидного числа от 0,003 %J<sub>2</sub> до 0,020 %J<sub>2</sub>, что объясняется процессами гидролиза и окисления тканевых жиров.

Анализ динамики химического состава мышечной ткани сельди атлантической при низкотемпературном хранении показывает (табл. 1) уменьшение массовой доли воды от 80,5 % до 75,6 % и, соответственно, возрастание процентного содержания общего азота от 15 % до 19 %. Автолитические превращения приводят к возрастанию количества небелкового азота от 13,0 % до 17,0 %, уменьшению массовой доли белка от 14,8 % до 11,4 %, возрастанию содержания азота аминокислот от 80 мг% до 810 мг%, уменьшению содержания водорастворимой белковой фракции от 4,8 % до 3,0 %. В связи с уменьшением массовой доли влаги наблюдается незначительное возрастание массовой доли липидов от 3,25 % до 4 % и золы от 1,25 % до 1,30 %. Гидролитические и окислительные превращения липидов приводят к возрастанию кислотного числа от 3 мгКОН/1г до 15 мгКОН/1г и пероксидного числа от 0,002 %J<sub>2</sub> до 0,015 %J<sub>2</sub>.

Проведен анализ динамики химического состава мышечной ткани рыб семейства Зубатковые в процессе хранения при низких температурах (-28°C) в течение 6 месяцев.

Как видно из представленных данных по динамике химического состава зубатки полосатой (табл. 2), процентное содержание влаги уменьшается от 78,4 % до 73,6 %. В связи с этим содержание общего азота возрастает от 17,7 % до 22,4 %, содержание жира возрастает от 1,75 % до 1,85 %, массовая доля золы незначительно увеличивается от 1,10 % до 1,16 %. Автолитические превращения белков приводят к уменьшению массовой доли белка от 17,5 % до 16,0 %, увеличению количества небелкового азота от 14,0 % до 18,0 %, возрастанию содержания азота аминокислот от 48 мг% до 630 мг% и уменьшению массовой доли водорастворимой белковой фракции от 5,3 % до 3,8 %. Степень гидролиза белков  $N_{амм}/\omega_{белк} \cdot 100$  % возрастает от 0,28 % до 3,93 %. В тканях зубатки полосатой происходят процессы гидролитической и окислительной порчи липидов, что фиксируется увеличением кислотного числа от 2,3 мгКОН/1г до 8,6 мгКОН/1г и пероксидного числа от 0,003 %J<sub>2</sub> до 0,012 %J<sub>2</sub>.

Анализ динамики химического состава мышечной ткани зубатки пятнистой показывает (табл. 3), что содержание влаги уменьшается от 75,0 % до 68,0 %. В связи с этим содержание общего азота возрастает от 14,32 % до 22,0 %, наблюдается также повышение содержания жира от 9,0 % до 9,8 %, увеличение массовой доли золы от 1,20 % до 1,26 %. В результате автолиза белковых фракций имеет место уменьшение содержания белка от 14,3 % до 12,1 %, увеличение количества небелкового азота от 14,0 % до 18,0 %, уменьшение содержания водорастворимого белка от 5,6 % до 4,0 %, увеличение азота аминокислот от 69 мг% до 580 мг%. Степень гидролиза мышечных белков  $N_{амм}/\omega_{белк} \cdot 100$  % в процессе хранения увеличивается от 0,48 % до 4,80 %. Наблюдается возрастание кислотного числа от 2,1 мгКОН/1г до 14,0 мгКОН/1г и пероксидного числа от 0,001 %J<sub>2</sub> до 0,050 %J<sub>2</sub> в результате гидролитических и окислительных превращений тканевых липидов.

Проанализирована динамика химического состава мышечной ткани рыб семейства Палтусовые в процессе хранения при низких температурах в течение 6 месяцев.

Для палтуса синекорого (черного) (табл. 4), имеет место уменьшение массовой доли воды от 70,6 % до 68,5 % и увеличение содержания общего азота от 13,4 % до 14,8 %, увеличение массовой доли липидов от 15 % до 15,56 %, золы – от 1,1 % до 1,15 %. Автолитические превращения белков мышечной ткани палтуса синекорого (черного) приводят к уменьшению содержания белка от 13,2 % до 12,5 %, увеличению содержания небелкового азота от 11,0 % до 16,0 %, возрастанию азота аминокислот от 48 мг% до 560 мг%, уменьшению водорастворимой белковой фракции от 5,1 % до 4,0 %, возрастанию степени гидролиза белков  $N_{амм}/N_{белк}$  от 0,358 % до 4,500 %. Гидролитические и окислительные превращения липидов фиксируются повышением кислотного числа от 3 мгКОН/1г до 12 мгКОН/1г и пероксидного числа от 0,0015 %J<sub>2</sub> до 0,025 %J<sub>2</sub>.

Анализ динамики химического состава мышечной ткани морской камбалы показывает (табл. 5), что в процессе хранения при низких температурах в течение 6 месяцев содержание воды уменьшается от 80,5 % до 78,0 %. В связи с понижением массовой доли воды повышается процентное содержание общего азота от 15,0 % до 17,47 %, жира – от 3,30 % до 3,38 %, золы – от 1,20 % до 1,25 %. Автолиз белков мышечной ткани приводит к уменьшению количества белка от 14,9 % до 14,0 %, возрастанию содержания небелкового азота от 11,0 % до 16,0 %, понижению массовой доли водорастворимой белковой фракции от 4,8 % до 4,2 %, возрастанию содержания аминного азота от 56 мг% до 500 мг%, повышению степени гидролиза белков от 0,375 % до 3,600 %. Гидролитические и окислительные превращения липидной фракции сопровождаются возрастанием кислотного числа от 3,0 мгКОН/1г до 16,0 мгКОН/1г и пероксидного числа от 0,001 %J<sub>2</sub> до 0,060 %J<sub>2</sub>.

Особое внимание следует уделить изменению содержания АТФ в мясе рыб при хранении. Установлено, что при длительном хранении рыбы, замороженной до наступления посмертного окоченения, наблюдается ресинтез АТФ (увеличение содержания АТФ), в результате чего может повышаться растворимость актомиозина (Быков, 1997; 1973).

При хранении рыбы, замороженной в состоянии расслабления, содержание АТФ меняется незначительно, т.е. распад или новообразование макроэргических соединений не происходит. В соответствии с данными Быкова В.П., содержание АТФ в мясе карпа, свежего до замораживания, возрастает в процессе хранения (для времени хранения  $t = 3$  сут., содержание АТФ в мг фосфора на 100 г составляет 12,4 мг, для 3 месяцев хранения – 13,7 мг, для 6 месяцев – 13,8 мг).

Нами проведены исследования динамики содержания макроэргических соединений в мышечной ткани ряда рыб Северного бассейна, замороженных до наступления посмертного окоченения, в процессе хранения при температуре (-28°C). Установлено, что в процессе хранения в течение 6 месяцев содержание макроэргических соединений уменьшается, в результате образования фосфорной кислоты рН мяса сдвигается в кислую область.

Например, для зубатки пятнистой содержание макроэргов уменьшается от 16,2 мг/100 г до 13,0 мг/100 г.

Установлены следующие общие закономерности, характеризующие изменение основных химических показателей мышечной ткани при хранении при  $t -28^{\circ}\text{C}$  в течение 6 месяцев:

- содержание воды в мышечной ткани исследованных рыб в процессе хранения уменьшается;
- содержание общего азота возрастает в связи с уменьшением массовой доли воды;
- массовая доля небелкового азота увеличивается в результате автолиза белков;
- содержание белка, в том числе водорастворимой белковой фракции, уменьшается за счет автолитических превращений белковой фракции;
- наблюдается увеличение аминного азота в результате гидролиза белков в процессе хранения;
- в процессе хранения уменьшается содержание каротиноидов;
- увеличивается кислотное число, что свидетельствует о гидролитической порче;
- возрастает пероксидное число, характеризующее окислительную порчу липидов тканей;
- процентное содержание липидов в тканях рыб в процессе хранения незначительно увеличивается за счет уменьшения процентного содержания влаги;
- массовая доля золы в процессе хранения также незначительно возрастает.

#### 4. Заключение

В результате проведенных комплексных научных исследований впервые получены данные об особенностях химического состава и биохимических свойств гидробионтов морских и пресных водоемов Кольского Заполярья. Проанализирована сезонная динамика основных химических показателей, установлено влияние ряда абиотических факторов на биохимию гидробионтов.

Впервые разработаны новые методологические подходы для осуществления единого комплексного биохимического мониторинга водных экосистем в условиях Кольского Севера. Впервые проведен поиск и осуществлен выбор биохимических маркеров, характеризующих ответные реакции организмов рыб на антропогенное загрязнение.

Впервые проведен сравнительный анализ гидрохимических показателей и биохимических характеристик рыб, оценивающий степень антропогенного воздействия на биохимию гидробионтов.

Получены новые данные по химическому составу тканей рыб в процессе хранения при низких температурах. Полученные результаты в целом свидетельствуют о необходимости дальнейшего систематизированного изучения эколого-биохимического статуса рыб, расширения спектра показателей, которые характеризуют состояние тканей гидробионтов Северного бассейна, дальнейший поиск, продолжения поиска биомаркеров, выбора объектов, обладающих чувствительной реакцией.

Предложены рекомендации для создания единой комплексной биохимической системы тестирования и биоиндикации водоемов Кольского Заполярья. Изучение биохимических процессов, протекающих в тканях рыб при хранении при низких температурах, позволит предложить рекомендации специалистам биологам и технологам, занимающимся проблемами обработки сырья.

Также целесообразным является продолжение изучения гидрохимического режима морских и пресных водоемов Северного бассейна.

#### Литература

- Быков В.П.** Изменения мяса рыбы при холодильной обработке: автолитические и бактериальные процессы. М., *Агропромиздат*, 219 с., 1987.
- Быков В.П.** Исследование свойств фарша из мяса мороженой рыбы и изыскание способов улучшения его качества. *Автореф. дис. ... канд. техн. наук*, М., 33 с., 1973.
- Богдан В.В., Сидоров В.С., Зекина Л.В.** "Холатный показатель" как критерий реакции организма рыб на токсическое воздействие. *Международ. семинар, посвящ. памяти акад. Е.М. Кренца "Адаптация животных и растений к условиям арктических морей (на уровне организма, популяций, экосистем)". Тез. докл., РАН, ММБИ, Мурманск*, с.14-17, 1999.
- Высоцкая Р.У., Такшева С.А.** Оценка экологического состояния водоема по активности ферментов в тканях рыб в условиях техногенного загрязнения. *Там же*, с.22-24, 1999.
- Колупаев Б.И.** Функционирование системы обеспечения газообмена у гидробионтов при действии абиотических факторов водной среды. *Автореф. дис. ... докт. биол. наук, Киев*, 38 с., 1991.
- Кудрявцева Г.В.** Эколого-физиологические особенности и роль пентозофосфатного пути обмена углеводов в организме гидробионтов. *Автореф. дис. ... докт. биол. наук, М.*, 39 с., 1990.
- Лукьянова О.Н.** АТФ-азы как неспецифические молекулярные биомаркеры состояния гидробионтов при антропогенном загрязнении. *Тезисы докл. II междунар. науч. конф. "Биотехнология – охране окружающей среды"*, М., МГУ, с.124, 2004.

Таблица 1. Динамика химического состава мышечной ткани сельди атлантической в процессе хранения при низких температурах (-28°C) в течение 6 месяцев

Время хранения, мес.	Влага, %	Общий азот, %	Небелковый азот, %	N <sub>амм</sub> , мг%	Белок, %	Водо-растворимый белок, %	Жир, %	Минер. вещества, %	Кислотное число, мгКОН/1г	Пероксидное число, % J <sub>2</sub>
сырец	80,50	15,0	13,0	60	14,80	4,8	3,25	1,25	3,0	0,002
1	80,0	15,3	13,5	120	13,61	4,3	3,60	1,26	4,2	0,004
2	79,60	15,5	14,0	210	14,0	4,0	3,70	1,27	8,6	0,006
3	79,50	16,0	15,0	320	13,40	3,5	3,80	1,29	10,5	0,008
4	76,75	16,1	15,5	600	12,60	3,4	3,85	1,30	11,6	0,010
5	76,0	16,5	16,0	750	11,70	3,3	3,90	1,30	12,8	0,012
6	75,60	19,1	17,0	810	11,40	3,0	4,0	1,30	15	0,015

Таблица 2. Динамика химического состава мышечной ткани зубатки полосатой в процессе хранения при низких температурах (-28°C) в течение 6 месяцев

Время хранения, мес.	Влага, %	Общий азот, %	Небелковый азот, %	N <sub>амм</sub> , мг%	Белок, %	Водо-растворимый белок, %	Жир, %	Минер. вещества, %	Кислотное число, мгКОН/1г	Пероксидное число, % J <sub>2</sub>
сырец	78,4	17,7	14,0	48	17,5	5,3	1,75	1,10	2,3	0,003
1	77,0	17,8	14,5	62	17,3	5,0	1,78	1,11	4,6	0,004
2	76,0	18,0	15,0	130	17,0	4,8	1,80	1,12	5,8	0,006
3	75,0	19,1	16,0	155	16,8	4,3	1,81	1,13	6,1	0,007
4	74,5	20,3	16,5	230	16,5	4,0	1,82	1,14	7,5	0,010
5	74,0	21,4	17,0	410	16,3	3,9	1,83	1,15	8,0	0,012
6	73,6	22,4	18,0	630	16,0	3,8	1,85	1,16	8,6	0,012

Таблица 3. Динамика химического состава мышечной ткани зубатки пятнистой в процессе хранения при низких температурах (-28°C) в течение 6 месяцев

Время хранения, мес.	Влага, %	Общий азот, %	Небелковый азот, %	N <sub>амм</sub> , мг%	Белок, %	Водо-растворимый белок, %	Жир, %	Минер. вещества, %	Кислотное число, МгКОН/1г	Пероксидное число, % J <sub>2</sub>	Содержание макроэргов, мг/100 г
сырец	75,0	14,32	14,0	69	14,3	5,6	9,0	1,21	2,1	0,001	16,2
1	73,0	14,50	14,5	85	14,0	5,3	9,1	1,21	2,8	0,010	16,0
2	70,0	15,60	15,0	121	13,8	5,0	9,3	1,22	4,2	0,015	15,5
3	69,3	18,30	16,0	200	13,6	4,8	9,5	1,23	7,5	0,020	15,0
4	69,0	19,50	16,5	350	13,0	4,7	9,6	1,24	10,6	0,030	14,2
5	68,5	20,0	17,0	460	12,6	4,5	9,7	1,25	12,1	0,040	13,6
6	68,0	22,0	18,0	580	12,1	4,0	9,8	1,26	14,0	0,050	13,0

Таблица 4. Динамика химического состава мышечной ткани палтуса синекорого (черного) в процессе хранения при низких температурах ( $-28^{\circ}\text{C}$ ) в течение 6 месяцев

Время хранения, мес.	Влага, %	Общий азот, %	Небелковый азот, %	$N_{\text{амм}}$ , мг%	Белок, %	Водо растворимый белок, %	Жир, %	Минер. вещества, %	Кислотное число, мгКОН/1г	Пероксидное число, % $J_2$	Степень гидролиза $N_{\text{амм}} / N_{\text{б}}$
сырец	70,6	13,4	10,0	48	13,2	5,1	15,0	1,100	3,0	0,0015	0,358
1	70,3	13,7	11,0	133	13,1	4,9	15,10	1,110	3,6	0,0020	1,020
2	70,0	13,9	12,0	180	13,0	4,7	15,30	1,120	5,4	0,0100	1,400
3	69,5	14,0	12,2	215	12,9	4,5	15,40	1,125	6,0	0,0120	1,700
4	69,3	14,3	12,5	300	12,8	4,3	15,45	1,130	7,5	0,0150	2,390
5	69,0	14,6	13,0	420	12,6	4,1	15,50	1,140	8,0	0,0200	3,330
6	68,5	14,8	13,5	560	12,5	4,0	15,56	1,150	12,0	0,0250	4,500

Таблица 5. Динамика химического состава мышечной ткани морской камбалы в процессе хранения при низких температурах ( $-28^{\circ}\text{C}$ ) в течение 6 месяцев

Время хранения, мес.	Влага, %	Общий азот, %	Небелковый азот, %	$N_{\text{амм}}$ , мг%	Белок, %	Водо растворимый белок, %	Жир, %	Минер. вещества, %	Кислотное число, мгКОН/1г	Пероксидное число, % $J_2$	Степень гидролиза $N_{\text{амм}} / N_{\text{б}}$
сырец	80,5	15,0	11,0	56	14,9	4,8	3,30	1,20	3,0	0,001	0,375
1	80,3	15,18	12,0	120	14,8	4,7	3,31	1,21	3,9	0,005	0,810
2	80,0	15,45	12,5	180	14,7	4,6	3,33	1,22	4,6	0,010	1,210
3	79,5	15,93	13,0	250	14,5	4,5	3,34	1,23	5,8	0,020	1,720
4	79,0	16,0	14,0	300	14,2	4,4	3,35	1,24	7,6	0,030	2,100
5	78,5	17,0	15,0	400	14,1	4,3	3,37	1,25	9,0	0,040	2,850
6	78,0	17,47	16,0	500	14,0	4,2	3,38	1,25	16,0	0,060	3,600