

## Межгодовые различия в составе пищи и накормленности минтая в период нагула в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря

С.Э. Френкель,  
Е.Н. Кузнецова,  
А.В. Пресняков,  
А.И. Глубоков

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

E-mail: svetafrenkel@mail.ru

Исследовано питание минтая из промысловых уловов в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря. Установлена статистически значимая связь накормленности с содержанием зуфаузиид в желудках минтая длиной 21–40 см в 1998 г. и 21–50 см – в 2017 г. Копеподы определяли накормленность минтая длиной до 40 см только в 1996 г. В конце 1990-х гг. накормленность минтая длиной более 40 см была тесно связана с интенсивным питанием нектоном, эта связь повышалась по мере увеличения размеров. В 2017 г. доля непитавшихся рыб была в 2–5 раз ниже, чем в 1996 г., и незначительно ниже по сравнению с 1998 г. Средние индексы наполнения желудков (ИНЖ) рыб длиной 20–60 см в 1996 г. были достоверно ниже по сравнению с 1998 г.; для минтая длиной 20–30 и 41–50 см ниже по сравнению с 2017 г. В накормленности минтая в 1998 г. и 2017 г. достоверных различий не выявлено. Получены уравнения для прямого и обратного пересчёта ИНЖ, подсчитанных по стандартной методике (в лабораторных условиях) и экспресс-методике ТИПРО (в морских условиях).

**Ключевые слова:** минтай *Theragra chalcogramma*, Берингово море, пищевые объекты, зуфаузииды, копеподы, индексы наполнения желудков, гепатосоматический индекс.

### ВВЕДЕНИЕ

Минтай *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) доминирует по численности и биомассе в ихтиоценах эпипелагиали Берингова моря [Шунтов, 2016]. Он распределён на шельфе и склоне практически повсеместно. В периоды высокой численности биомасса минтая может составлять более 50% от общей биомассы рыб и промысловых беспозвоночных [Фадеев, 1986; Okada, 1986; Karp, Traynor, 1988; Sasaki, 1989]. В 80-е гг. общая биомасса минтая в Беринговом море оценивалась в 20–25 млн т [Шунтов и др., 1993], к середине 90-х гг. снизилась в 2,5–3 раза [Борец и др., 2002]. По данным экспедиционных исследований, проведённых в 2010–2015 гг., его биомасса была оценена в 10 млн т [Степаненко, Грицай, 2016].

Северо-западная часть Берингова моря является важнейшим районом российского промысла минтая. Шельф и континентальный склон северо-западной части моря считаются зоной смешения двух популяций этого вида [Николаев, Степаненко, 2001]. При среднем уровне численности восточноберингоморский минтай в летний период распространяется на северо-запад по шель-

фовой зоне и континентальному склону до 176–178° в. д., западноберингоморский минтай мигрирует на северо-восток до 175–176° в. д.

Один из наиболее продуктивных районов северо-западной части Берингова моря – Анадырско-Наваринский. Стабильно высокие биомассы зоопланктона здесь обусловлены динамичностью вод, что создаёт условия не только для развития планктона, но и для его накопления в результате выноса из глубоководных районов [Шунтов и др., 1988; 2000]. Нагул минтая в этом районе начинается в конце мая – начале июня, обратные миграции наблюдаются с конца августа, в отдельные годы – в конце ноября [Степаненко, Грицай, 2016].

Питание минтая в дальневосточных морях изучается, начиная с середины прошлого века [Микулич, 1954]. Он потребляет широкий спектр беспозвоночных, обитающих как в толще воды, так и на дне, а также способен питаться нектоном и нектобентосом. По мере роста минтая размеры его жертв увеличиваются [Чучукало, 2006], однако основу составляет зоопланктон, и только в прибрежной зоне над глубинами 40–50 м за-

метная доля принадлежит донным беспозвоночным [Микулич, 1954; Качина, Савичева, 1987]. Значимость нектона в питании увеличивается по мере роста рыб [Шунтов и др., 1993; Волков, 2016] и возрастает к осени и зиме [Горбатенко, Долганова, 1989; Волков, 1996].

Спектр питания минтая не менялся на протяжении всего периода его исследований [Микулич, 1954; Качина, Савичева, 1987; Волков, 2016]. В его питании доминируют 10–12 видов зоопланктона, относящихся к четырём группам: Copepoda, Euphausiidae, Hyperiididae и Chaetognatha, которые составляют около 80% суммарной биомассы зоопланктона в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря [Волков, 2015b]. При этом структура зоопланктонного сообщества, его общая численность и биомасса под воздействием абиотических и биотических факторов подвержены изменениям в межгодовом и сезонном аспекте, что сказывается на преобладании тех или иных пищевых объектов в питании минтая [Волков и др., 1990; Шунтов, 2016; Шунтов, Волвенко, 2017].

Интенсивность питания минтая меняется в течение года и зависит не только от доступной кормовой базы, но и от физиологического состояния рыб. Максимальные индексы наполнения желудков (ИНЖ) наблюдаются в начале посленерестового периода, затем по мере накопления жировых запасов, аккумулирующихся в печени, интенсивность питания снижается [Шунтов и др., 1993; Волков, 2015; Шунтов, 2016; 2017]. Для характеристики упитанности минтая большинство авторов [Варкентин, 2001; 2015; Жукова, 2018] используют гепатосоматические индексы (ПСИ).

В настоящее время существует несколько обзорных работ, основанных на обширном материале, которые дают общее представление о спектрах питания и накормленности минтая, а также о потреблении им кормовой базы в дальневосточных морях за несколько десятков лет наблюдений [Волков, 2015a; 2015b; 2016]. Однако, в этих сводках приведены усреднённые материалы по годам и районам, и получить данные об особенностях питания минтая в каком-то конкретном году и районе не представляется возможным. При этом, как справедливо отмечено В.П. Шунтовым и И.В. Волвенко [2017], сравниваемые данные должны быть сопоставимыми, т. е. для выявления межгодовой динамики питания минтая необходимо, чтобы сезоны и районы сбора данных по питанию были одинаковыми в раз-

ные годы. Особенно это актуально для Берингова моря, где межгодовые различия в структуре зоопланктона более значительные, чем в Охотском море, где эуфаузииды всегда доминируют по биомассе в составе зоопланктона [Горбатенко, 2016] и составляют основу питания минтая [Волков, 1996; 2015].

В планктоне Берингова моря эуфаузииды по биомассе уступают копеподам и щетинкочелюстным [Волков, 1996]. Пищевые спектры минтая здесь разнообразнее, копеподы наряду с эуфаузиидами входят в число основных пищевых объектов [Дулупова, 2002; Чучукало, 2006; Волков, 2016]. Минтай здесь «не имеет возможности замыкаться на питании ограниченным количеством видов кормовых объектов» [Шунтов и др., 1993, с. 148]. Между тем, в ряде работ показано, что качество пищи – основной фактор, определяющий различия в скорости роста рыб [Rand et al., 2010; Mazur et al., 2007].

Изменения в составе пищи, накормленности, годовом потреблении органического вещества в период сокращения численности минтая в конце 90-х гг. по сравнению с концом 80-х гг. в Анадырско-Наваринском районе изложены в статье В.П. Шунтова с соавторами [2000]. Однако данные по питанию минтая в 90-х гг. ограничены только 1998 г., который в период с 1986 до 2006 гг. выделялся очень высокой биомассой зоопланктона [Шунтов, Темных, 2008]. Увеличение рационов минтая в Анадырско-Наваринском районе в 1998 г. по сравнению с 80-ми гг. и уменьшение потребления им нектона авторы объясняют улучшением обеспеченности пищей в связи с уменьшением численности минтая и увеличением биомассы основного корма – эуфаузиид и копепод по сравнению с 80-ми гг. [Шунтов и др., 2000].

Современные данные об особенностях спектра питания и накормленности минтая в Анадырско-Наваринском районе в августе-сентябре 2013 г., сентябре 2014 г. и июле 2015 г. представлены в нескольких публикациях [Шунтов, 2016; 2017; Дулупова, 2018]. Высокое содержание в составе пищи минтая эуфаузиид и копепод и низкое (1–2% по массе) содержание сагитт свидетельствует о хорошей обеспеченности пищей, при которой минтаю не нужно восполнять пищевые потребности низкокалорийной резервной пищей.

В настоящее время, помимо стандартной методики трофологических исследований [Методи-

ческое пособие..., 1974; Руководство по изучению..., 1961], используется экспресс-методика, разработанная в Тихоокеанском филиале ФГБНУ «ВНИРО» (далее – методика ТИНРО) [Волков, 2008], согласно которой в морских условиях проводится групповая обработка содержимого желудков одноразмерных особей. Экспресс-методика позволяет получить обширный материал по питанию рыб непосредственно в рейсе, однако исключает возможность статистической обработки полученных данных. Кроме того, экспресс-методика подразумевает взвешивание содержимого желудков вместе с жидкостью, тогда как по стандартной методике пищевой комок перед взвешиванием обсушивают до исчезновения мокрых пятен на фильтровальной бумаге.

Цель работы – оценить межгодовые различия в индексах наполнения желудков минтая в период нагула и выявить основные пищевые компоненты, определяющие величину накормленности, оценить успешность нагула в разные годы, исходя из накормленности рыб, пищевого спектра и доли непитавшихся рыб. Наши данные дополняют имеющуюся информацию о питании минтая в северо-западной части Берингова моря в 90-е гг. и в конце 2010-х гг.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал по питанию минтая собран в рейсах промысловых судов в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря в августе 1996 г., в июле 1998 г. и с июля по первую декаду сентября 2017 г. на глубинах 90–545 м (рис. 1). Пробы отбирались методом случайной выборки.

Поскольку интенсивность питания минтая в период посленерестового нагула снижается по мере накопления жира в печени [Волков, 1996], чтобы исключить возможные изменения интенсивности питания, вызванные увеличением упитанности, для рыб, пойманных в 2017 г. на протяжении длительного отрезка времени, провели сравнение упитанности самок и самцов по месяцам.

Для оценки упитанности использовали гепатосоматические (ПСИ) индексы, рассчитанные по формуле:

$$ПСИ = \frac{\text{масса печени}}{\text{масса без внутренностей}} \times 100\%.$$

В ряде работ [Швыдкий и др., 1994 а, б] показано, что более точным показателем упитанности минтая является относительное содержание де-

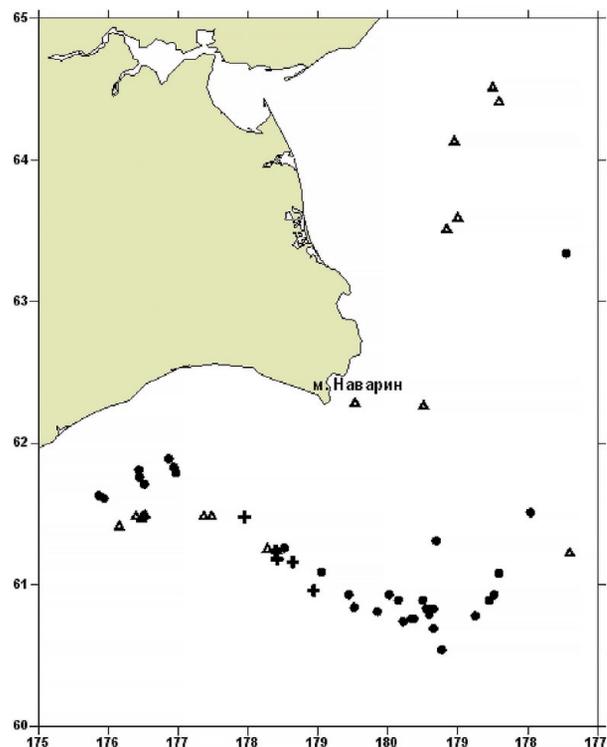


Рис. 1. Точки отбора проб: ● – 1996 г.; + – 1998 г.; Δ – 2017 г.

позитарного жира в печени, для расчёта которого, исходя из массы печени, предложена экспресс-методика [Швыдкий, Вдовин, 1994]:

$$Q_{отн.} = \frac{Q_{жира}}{l^3} \times 10^4,$$

где  $Q_{отн.}$  – относительная масса депозитарного жира;  $Q_{жира}$  – масса депозитарного жира, г;  $l$  – длина по Смитту, см.

$$Q_{жира} = 8,42 \times Q_{liv}^{0,5},$$

где  $Q_{liv}$  – масса печени, г.

Для расчёта ПСИ и  $Q_{отн.}$  использовали данные биоанализа 1475 особей, выполненного с 26 мая по 12 сентября 2017 г. Поскольку печень взвешивали на борту судна на производственных весах морского исполнения «Marel» с точностью до 5 г., чтобы исключить грубые ошибки, связанные со взвешиванием печени мелких рыб, из подсчётов исключили минтая длиной 21–30 см.

Камеральная обработка материалов по питанию минтая выполнена по общепринятой методике [Методическое пособие..., 1974]. Всего исследовано 190 желудков минтая (33 пробы) за 1996 г., 116 желудков (7 проб) за 1998 г., 123 желудка (13 проб) за 2017 г. В 2017 г. 19 желудков

было собрано в июле, 78 – в августе, 26 – в начале сентября.

Значимость пищевых объектов в питании минтая разных размерных групп оценивали по частоте встречаемости и массовой доле. Оба показателя рассчитывали только для питавшихся рыб.

При расчётах средних общих индексов наполнения желудков (ИНЖ) учитывали долю непитавшихся особей для каждой размерной группы, которую определяли по данным биоанализов, выполненных непосредственно на борту судна и включавших оценку степени наполнения желудков в баллах, из этих же проб был отобран материал для количественной характеристики питания. В 1996 г. проанализировано 3732 экземпляра, в 1998–331 экз., в 2017 г. – 1133 экз. Средний ИНЖ для каждой размерной группы получали путём суммы всех ИНЖ для питавшихся рыб с последующим делением её на количество рыб, увеличенное согласно доле рыб с пустыми желудками для данной размерной группы.

Для того, чтобы иметь возможность сравнить наши данные по накормленности минтая с данными, полученными специалистами ТИПРО, в 2017 г. у 122 экз. минтая при камеральной обработке выполнено взвешивание желудков 2 способами с последующим расчётом и сравнением «сухих» и «сырых» ИНЖ. Для этого перед вскрытием желудок взвешивали на аналитических весах с точностью до 1 мг, затем разрезали его, взвешивали отдельно стенки желудка и вычитывали «сырой» вес пищевого комка, который затем обсушивали на фильтровальной бумаге и взвешивали вторично для получения «сухого» веса.

Сравнение достоверности межгодовых различий средних ИНЖ и ПСИ проводили по t-критерию Стьюдента в случае нормального распределения. Для выборок, не прошедших тест Колмогорова–Смирнова на нормальность распределения, использован U-критерий Манна – Уитни. Для всех размерных групп в ряды значений индивидуальных ИНЖ добавляли особей с пустыми желудками в пропорции, полученной для данной группы в год исследований.

Корреляция накормленности с массовой долей в желудках разных групп пищевых объектов (в абсолютных величинах) и уравнение линейной зависимости между двумя вариантами расчёта ИНЖ были получены с использованием пакета Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В конце мая-июне 2017 г. гепатосоматические индексы самок и самцов минтая варьировали от 5,2 до 6,4 % и были существенно ниже, чем в июле – начале сентября (разница средних статистически достоверна  $P = <0,01$ ), что свидетельствует об активном питании в начале лета. В июле и августе-сентябре ПСИ колебался в пределах 8–10 % (табл. 1), разница средних была статистически недостоверна.

Сезонная динамика относительного содержания депозитарного жира повторяет динамику ПСИ:  $Q_{отн}$  увеличивается от мая-июня к июлю, далее оставаясь на одном уровне. Статистически достоверная разница средних значений выявлена только у минтая, пойманного в мае-июне по сравнению с рыбами, выловленными в июле и августе-сентябре. Таким образом, правомерно усреднять данные по индексам

**Таблица 1.** Сезонная динамика гепатосоматических индексов и относительной массы депозитарного жира у самок и самцов минтая в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря в мае-сентябре 2017 г.

| Размерная группа, см | Самки      |     |            |     |                 |     | Самцы      |    |            |     |                 |     |
|----------------------|------------|-----|------------|-----|-----------------|-----|------------|----|------------|-----|-----------------|-----|
|                      | Май-июнь   |     | Июль       |     | Август-сентябрь |     | Май-июнь   |    | Июль       |     | Август-сентябрь |     |
|                      | ПСИ        | n   | ПСИ        | n   | ПСИ             | n   | ПСИ        | n  | ПСИ        | n   | ПСИ             | n   |
| 31–40                | 5,9±2,4    | 141 | 8,5±2,0    | 120 | 8,7±1,8         | 209 | 5,2±2,0    | 97 | 8,2±2,2    | 118 | 8,6±1,9         | 185 |
| 41–50                | 6,2±2,7    | 49  | 8,6±3,0    | 84  | 8,2±2,2         | 166 | 5,7±2,4    | 31 | 8,4±2,8    | 67  | 7,9±1,8         | 116 |
| 51–60                | 6,4±3,6    | 29  | 10,5±3,4   | 25  | 8,7±3,2         | 38  |            |    |            |     |                 |     |
|                      | $Q_{отн.}$ | n   | $Q_{отн.}$ | n   | $Q_{отн.}$      | n   | $Q_{отн.}$ | n  | $Q_{отн.}$ | n   | $Q_{отн.}$      | n   |
| 31–40                | 7,2±1,8    | 141 | 8,8±1,6    | 120 | 8,9±1,6         | 209 | 6,9±1,8    | 97 | 8,7±1,5    | 118 | 8,8±1,6         | 185 |
| 41–50                | 5,1±1,4    | 49  | 6,3±1,2    | 84  | 6,4±1,1         | 166 | 5,0±1,4    | 31 | 6,4±1,3    | 67  | 6,4±1,1         | 116 |
| 51–60                | 3,9±1,4    | 29  | 5,4±1,2    | 25  | 4,8±1,1         | 38  |            |    |            |     |                 |     |

сам наполнения желудков, собранных в июле-сентябре 2017 г., поскольку на протяжении этого периода нет оснований предполагать изменение интенсивности питания, связанной с увеличением упитанности.

Об успешности нагула судят по доле непитавшихся особей, разнообразию используемого корма (чем разнообразнее, тем беднее кормовая база), средней накормленности и упитанности.

Доля непитавшихся рыб всех размеров в 2017 г. была ниже, чем в конце 90-х гг. (табл. 2), особенно по сравнению с 1996 г. (для рыб длиной 21–30 см в 5 раз, 31–40 см – в 3 раза, а для минтая длиной 41–50 см в 2 раза). У минтая длиной более 50 см доля непитавшихся особей в 1996 и 1998 гг. составляла 30–50%.

В составе пищи минтая в 1996 г. идентифицировано 34 объекта видового и надвидового уровня, в 1998 г. – 26, в 2017 г. – 40. Во все исследуемые периоды основу питания минтая составляли эуфаузииды *Thysanoessa inermis* (Krøyer, 1846), *Thysanoessa raschii* (M. Sars, 1864), копеподы *Neocalanus* spp. (смесь видов *Neocalanus plumchrus* (Marukawa, 1921) и *N. flemingeri* (Miller, 1988), *Neocalanus cristatus* (Krøyer, 1845). Довольно часто встречались гиперииды *Themisto pacifica* (Stebbing, 1888), щетинкочелюстные *Parasagitta elegans* (Verrill, 1873), оболочники *Oikopleura vanhoeffeni* Lohmann, 1896.

В 1998 и 2017 гг. эуфаузииды встречались в питании всех рыб длиной 20–50 см, тогда как в 1996 г. – только у 80% особей длиной до 40 см и у 50% особей длиной 41–50 см. У более крупных рыб (свыше 51 см) как в 1996 г., так и в 1998 г. частота встречаемости эуфаузиид в питании не превышала 70% (табл. 3). Доля эуфаузиид в общей массе пищи у минтая длиной 21–50 см в 1998 г. и в 2017 г. достигала 55–86% (табл. 2). Значимая связь между содержанием эуфаузиид в желудках и ИНЖ в 1998 г. обнаружена у минтая длиной 21–30 см ( $r = 0,64$ ) и 31–40 см ( $r = 0,93$ ). В 2017 г. накормленность была тесно связана с содержанием эуфаузиид у минтая трёх размерных групп: коэффициент корреляции у рыб длиной менее 30 см составил 0,92, длиной 31–40 см – 0,74, длиной 41–50 см – 0,87. В 1996 г. эуфаузииды не влияли на общую накормленность даже у минтая 31–40 см, у которого они составляли 29% от массы пищевого комка, и тем более у минтая других размерных групп, у которых массовая доля эуфаузиид варьировала от 3 до 12%.

Известно, что из всех кормовых объектов минтай предпочитает эуфаузиид, даже если их доля в планктоне невелика [Волков и др., 1990; Напазаков и др., 2001; Чучукало, 2006]. В дальневосточных морях биомасса эуфаузиид в межгодовом аспекте подвержена широким колеба-

Таблица 2. Состав пищи (% по массе) минтая в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря

| Пищевые объекты                  | Размерные группы, см |       |       |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |       |  |
|----------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|--|
|                                  | 21–30                |       |       | 31–40 |       |       | 41–50 |      |      | 51–60 |       |      | >60  |       |  |
|                                  | 1996                 | 1998  | 2017  | 1996  | 1998  | 2017  | 1996  | 1998 | 2017 | 1996  | 1998  | 2017 | 1996 | 1998  |  |
| Эуфаузииды                       | 7,0                  | 55,8  | 86,0  | 28,9  | 85,0  | 62,5  | 10,4  | 57,1 | 61,0 | 12,2  | 17,8  | 47,6 | 3,3  | 0,1   |  |
| Копеподы                         | 91,3                 | 40,6  | 2,0   | 50,9  | 12,5  | 5,2   | 28,0  | 4,4  | 2,9  | 6,8   | 1,1   | 0,4  | 0,8  | +     |  |
| Гиперииды                        | 0,8                  | 0,1   | 0,2   | 1,0   | 0,1   | 1,4   | 0,6   | +    | 3,7  | 0,4   | 0     | 0,3  | +    | 0     |  |
| Аппендикулярии                   | 0,1                  | 3,1   | 1,0   | 3,0   | 0,2   | 0,2   | 0,9   | 0,2  | 0,8  | 0     | 0     | +    | 0    | 0     |  |
| Щетинкочелюстные                 | 0,5                  | 0,3   | 0,1   | 1,0   | 0,3   | 0,5   | 0,3   | 0,1  | 0,7  | +     | +     | 4,5  | +    | 0     |  |
| Рыбы                             | 0                    | +     | 10,0  | 4,7   | 1,1   | 23,2  | 46,4  | 36,3 | 22,3 | 73,3  | 71,6  | 20,0 | 89,9 | 99,6  |  |
| Креветки                         | 0                    | 0     | 0,1   | 0     | 0,8   | 2,6   | 4,7   | 1,3  | 6,2  | 6,1   | 3,2   | 25,7 | 5,1  | 0,3   |  |
| Прочие                           | 0,3                  | 0,1   | 0,5   | 10,5  | 0     | 3,4   | 8,7   | 0,6  | 2,4  | 1,2   | 6,3   | 1,5  | 0,9  | 0     |  |
| Средний ИНЖ, ‰                   | 54,0                 | 144,4 | 222,1 | 63,1  | 135,6 | 111,3 | 27,0  | 85,8 | 80,2 | 28,1  | 110,2 | 50,1 | 74,1 | 124,2 |  |
| Количество обработанных желудков | 8                    | 23    | 21    | 15    | 26    | 50    | 89    | 38   | 47   | 59    | 15    | 5    | 19   | 14    |  |
| Доля пустых желудков, %          | 23                   | 8     | 5     | 31    | 13    | 10    | 48    | 34   | 21   | 46    | 32    | 25   | 34   | 54    |  |
| Количество проб                  | 3                    | 6     | 5     | 6     | 6     | 10    | 30    | 6    | 10   | 23    | 5     | 3    | 12   | 4     |  |

Примечание: + – менее 0,1%.

**Таблица 3.** Частота встречаемости пищевых объектов (%) в желудках минтая в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря

| Пищевые объекты                        | Размерные группы, см |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |      |
|--|----------------------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|
|  | 21–30                |      |      | 31–40 |      |      | 41–50 |      |      | 51–60 |      | >60  |      |
|  | 1996                 | 1998 | 2017 | 1996  | 1998 | 2017 | 1996  | 1998 | 2017 | 1996  | 1998 | 1996 | 1998 |
| Эуфаузииды                             | 80                   | 100  | 100  | 80    | 100  | 100  | 50    | 100  | 100  | 60    | 70   | 60   | 40   |
| Копеподы                               | 90                   | 100  | 80   | 90    | 90   | 90   | 70    | 90   | 80   | 40    | 40   | 30   | 20   |
| Гиперииды                              | 90                   | 50   | 60   | 90    | 40   | 60   | 60    | 60   | 70   | 50    | 40   | 30   | 10   |
| Аппендикулярии                         | 50                   | 50   | 60   | 50    | 50   | 20   | 10    | 40   | 30   | <10   | 20   | 0    | 0    |
| Щетинкочелюстные                       | 80                   | 80   | 20   | 70    | 60   | 40   | 50    | 40   | 60   | 20    | 30   | 10   | 0    |
| Рыбы                                   | 0                    | <10  | 30   | <10   | <10  | 50   | 60    | 30   | 50   | 80    | 50   | 80   | 100  |
| Креветки                               | 0                    | 0    | <10  | 0     | <10  | 10   | 10    | 10   | 20   | 10    | 10   | 40   | 10   |
| Количество обработанных желудков, экз. | 8                    | 23   | 21   | 15    | 26   | 50   | 89    | 38   | 47   | 59    | 15   | 19   | 14   |

ниям. Так, в Охотском море по данным 1986–2012 гг. биомасса эуфаузиид различалась в 5 и более раз [Горбатенко, 2016]. В 2014 г. в Наваринском районе Берингова моря биомасса эуфаузиид увеличилась в 30 раз по сравнению с 2013 г. [Дулупова, 2016]. Различия в потреблении эуфаузиид в 1996 и 1998 гг., очевидно, зависели от их обилия – в 1998 г. биомасса этих ракообразных была выше, чем биомасса копепод и достигала 835 мг/м<sup>3</sup> в отличие от 1997 и 1999–2001 гг., когда она варьировала в пределах 29–144 мг/м<sup>3</sup> [Шунтов и др., 2003]. Значимость эуфаузиид в питании минтая в 2017 г. согласуется с данными 2013–2015 гг., когда доля эуфаузиид в рационах минтая составляла 49–88% [Дулупова, 2018].

На втором месте по частоте встречаемости (70–100%) в питании минтая длиной 20–50 см были копеподы (табл. 3). У более крупных особей минтая копеподы встречались в питании только 20–40%. В 1996 г. у рыб 20–30 и 31–40 см они составляли 91 и 51% массы пищи (табл. 2), определяя накормленность этих размерных групп ( $r = 0,97$ ;  $r = 0,64$ ). У рыб длиной 40–50 см этот показатель был значительно ниже, копеподы составляли только 28% массы пищи.

В 1998 г. копеподы не влияли на накормленность минтая, несмотря на их весомую долю (40% от общей массы пищи) в питании рыб длиной менее 30 см. В 2017 г. доля копепод не превышала 5% у особей всех размерных групп.

Третьим важным компонентом, влияющим на накормленность минтая, является рыба. Рыбная пища встречалась в питании минтая во все годы наблюдений, однако её состав, частота встречае-

мости и массовые доли в конце 90-х резко отличались от таковых в 2017 г.

В 1996 г. особи длиной 20–30 см не потребляли рыбу, длиной 31–40 см питались рыбой единично, тогда как у 60% минтая длиной 41–50 см и 80% более крупных особей рыба встречалась в составе пищи (табл. 3). В 1996 г. удалось определить 39% рыб из желудков минтая: в 33% случаев это была молодь своего вида; в 4% – себрюганка *Leuroglossus schmidti* Rass, 1955; по 1% приходилось на рыб сем. Bathylagidae и Cottidae. В 1998 г. у минтая длиной до 40 см рыба в желудках была встречена единично, у следующих групп частота ее встречаемости возрастала с увеличением размеров, составляя соответственно 30, 50 и 100% у особей длиной 41–50 см, 51–60 см и более 60 см. В 1998 г. идентифицировали 47% рыб из желудков минтая: в 35% случаев минтай питался молодью своего вида, в 6% – рыбами сем. Liparidae, единично – по 3% – рыбами сем. Cottidae и треской *Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810. Каннибализм у минтая отмечен рядом авторов [Микулич, 1954; Качина, Савичева, 1987; Шунтов и др., 1993].

В 1996 и 1998 гг. в питании минтая длиной 31–40 см на долю рыб приходилось не более 5% от общей массы пищи (табл. 2). Массовая доля рыбы в пище минтая длиной 41–50 см составляла 36–46%, а в пище более крупного (51–60 см) – 70% в оба года исследований. Минтай более 60 см питался практически только рыбой (90–100% по массе). В тех случаях, когда степень переваренности рыбы в желудках позволяла провести идентификацию, массовая доля молодки своего вида составляла у минтая длиной 41–50,

51–60 и более 60 см соответственно 13,0, 36,7 и 73,3% от общей массы пищи в 1996 г. и 14,0, 45,5 и 50,0% – в 1998 г.

В конце 90-х гг. накормленность особей крупнее 40 см была тесно связана с массовой долей рыб в желудках, эта связь повышалась по мере увеличения размеров минтая: в 1996 г. для особей длиной 41–50 см, 51–60 см и более 60 см коэффициент корреляции составил 0,56; 0,77 и 0,96, соответственно, в 1998 г. – 0,71; 0,96 и 0,94. Известно, что значимость нектона в питании минтая возрастает по мере его роста [Шунтов и др., 1993; Волков, 2016]. Некоторые авторы связывают питание рыбной пищей с сезонным сокращением численности зоопланктона [Горбатенко, Долганова, 1989; Волков, 1996], другие считают это следствием доступности нектона [Напазаков и др., 2001].

В 2017 г., в отличие от 90-х гг., минтай длиной 21–50 см активно потреблял личинок и мелких пелагических рыб длиной от 1 до 6 см (табл. 3). Рыбную пищу в желудках удалось идентифицировать у 43% особей: у 27% обнаружена песчанка *Ammodytes hexapterus* Pallas, 1814, у 16% – светящиеся анчоусы *Stenobranchius leucopsarus* Eigenmann & Eigenmann, 1890, *Stenobranchius nannochir* Gilbert, 1890, единично попадалась себребрянка *L. schmidtii*. В этом году у мелкого минтая (20–30 см) массовая доля рыбы в питании составляла 10%, у более крупного минтая (31–60 см) – только 20–23%. При этом в 2017 г. песчанка составляла 19,5, 1,7 и 5,9% в массовых долях у минтая длиной 31–40, 41–50 и 51–60 см, а миктофиды – 1,3, 14,8 и 1,0%. Понятно, что эти цифры ориентировочные, поскольку более половины рыб в составе пищевого комка не поддавались определению из-за сильной переваренности.

Помимо перечисленных основных объектов, в питании минтая длиной 20–50 см часто встречаются гиперииды и сагитты, а у более мелкого (20–40 см) – аппендикулярии (табл. 3).

В 1996 г. гипериидами питалось 66% особей минтая длиной 20–50 см, в 1998 г. – 51%, в 2017 г. – 64%. В конце 90-х гг. в питании рыб всех размерных групп гиперииды составляли не более 1% по массе, в 2017 г. у рыб длиной 31–40 и 41–50 см их доля возросла до 1,4 и 3,7%, соответственно (табл. 2). Гиперииды наряду с эуфаунидами относятся к предпочитаемой пище минтая [Горбатенко, Долганова, 1989; Шунтов и др., 1993]. При четырёхкратном увеличении биомассы *Themisto libellula* (Lichtenstein in Mandt, 1822)

в северо-западной части Берингова моря в период холодных лет 2007–2010 гг. по сравнению с тёплыми 2001–2006 гг. массовая доля гиперид в пище минтая длиной 20–40 см в Наваринском районе возросла с 1 до 36% [Волков, 2016]. Низкая массовая доля гиперид в питании минтая в исследуемые годы, вероятно, связана с низкой численностью рачков р. *Themisto* в Анадырско-Наваринском районе.

Около 60% особей минтая длиной 20–50 см в 1996 и 1998 гг. и 44% в 2017 г. потребляли щетинкочелюстных. Однако, во все три года наблюдений их массовая доля у рыб всех размерных классов не достигала 1% (табл. 2).

В конце 90-х гг. частота встречаемости аппендикулярий у минтая длиной до 40 см достигала 50%, а массовая доля – 1,6–2,0%. В 2017 г. аппендикуляриями питалась только треть особей длиной 20–40 см, по массе они составляли 0,4% (табл. 2). В питании рыб длиной 41–50 см аппендикулярии составляли менее 1% по массе, а более крупные особи ими не питались.

При недостатке излюбленных пищевых объектов массовая доля щетинкочелюстных в питании минтая может возрасти до 20–50% от общей массы пищи [Волков, 2015], аппендикулярий – до 40% [Волков и др., 1990].

Из межгодовых особенностей состава пищи минтая стоит отметить более активное по сравнению с 1990-ми гг. питание креветками в 2017 г. (табл. 2, 3). В 1996 г. креветками питался только минтай длиной свыше 40 см, а их массовая доля составляла 5–6%. В 1998 г. креветки встречались в составе пищи минтая длиной более 30 см, их массовая доля возросла от 0,8 до 1,3 и 3,2% у минтая длиной 31–40, 41–50 и 51–60 см, соответственно. В 2017 г. креветки были единично обнаружены уже в питании мелкого минтая длиной 21–30 см, у минтая длиной 31–40 см частота встречаемости креветок увеличилась до 10%, у рыб следующей размерной группы – до 20%, а массовая доля составила 0,1; 2,6 и 6,2%, соответственно. К сожалению, в 2017 г. удалось проанализировать питание только 5 экземпляров минтая длиной 51–60 см, из которых 4 поедали креветок.

При недостатке корма у рыб происходит расширение пищевого спектра, что характерно и для минтая [Дулепова, 2018]. В 1996 г. у минтая длиной 31–50 см группа «прочие», в которую входили кальмары, гаммарусы, полихеты, птероподы, мизиды и остракоды, составляла от 9 до

11% по массе. В 1998 г. и 2017 г. доля второстепенных кормовых объектов не превышала 3,5%.

Средние ИНЖ минтая в Анадырско-Наваринском районе в 1996 г. были ниже, чем в 1998 г. и 2017 г. (см. табл. 2). В 1996 г. различия в средней накормленности рыб длиной 20–60 см по сравнению с 1998 г. были статистически достоверны ( $P \leq 0,033$ ). В 1996 г. средние ИНЖ минтая размерных групп 21–30 см и 41–50 см были достоверно ниже ( $P \leq 0,033$ ), чем в 2017 г., а у рыб длиной 31–40 см различия были статистически недостоверны. Показатели накормленности минтая в 1998 г. и в 2017 г. были сходны.

Существенная разница в накормленности минтая в 1996 и 1998 гг., вероятно, обусловлена разницей в величине запасов основных пищевых объектов. Несмотря на то, что в период с 1986 до 2014 гг. колебания запаса зоопланктона крупной фракции (свыше 3,2 мм), составляющего основу питания минтая, в Анадырско-Наваринском районе по периодам 5–10 лет не превышали 10% [Шунтов, 2016], в отдельные годы наблюдались существенные различия в биомассе кормового зоопланктона, прежде всего зуфаузиид и копепоид, предпочитаемых минтаем. Межгодовые колебания очевидно сказываются на накормленности минтая. Так, суммарная биомасса копепоид и зуфаузиид в Анадырско-Наваринском районе осенью 1986 г. (7164 тыс. т) была почти вдвое выше, чем осенью 1987 г. (3787 тыс. т), общие индексы наполнения желудков минтая длиной 21–50 см осенью 1986 г. составляли 76–115 ‰, а осенью 1987 г. – всего 33–53 ‰ [Шунтов и др., 2000].

По материалам 2017 г. было получено уравнение для пересчета индексов наполнения желудков, рассчитанных исходя из «сырого» веса пищи, в ИНЖ, полученные при использовании обсушенного веса содержимого желудков (рис. 2).

Для обратных пересчетов получено уравнение:

$$Y = 1,375x + 16,871,$$

где:  $Y$  – ИНЖ, полученный при взвешивании пищи с жидкостью, ‰;  $x$  – ИНЖ, вычисленный на основе веса обсушенного пищевого комка, ‰.

Пересчитанные на сырой вес ИНЖ минтая в 1998 г., и аналогичные данные исследователей ТИНРО [Шунтов и др., 2000] показали их значительное сходство (рис. 3 А), что подтверждает достаточность использованной выборки.

Наиболее близкие по времени к 2017 г. опубликованные данные по интенсивности питания минтая в период нагула в Анадырско-Наваринском районе относятся к 2015 г. [Шунтов, 2016]. Интенсивность питания минтая в 2015 и 2017 гг. была сходной (рис. 3 Б). Эти два года характеризовались сопоставимой численностью минтая и сходным температурным режимом. Потепление, начавшееся в 2013 г., продолжилось в 2017 и 2018 гг. [Степаненко, Грицай, 2018].

Обеспеченность кормовым зоопланктоном в исследуемом районе в 2013–2015 гг. оценивается как высокая, зуфаузииды были основной пищей минтая, тогда как на долю копепоид приходилось только 10–27% от общей массы пищи [Дулупова, 2018]. Для сравнения: в период высокой численности минтая в 1980-е гг. в Беринговом море в среднем 45% всей пищи минтая состав-

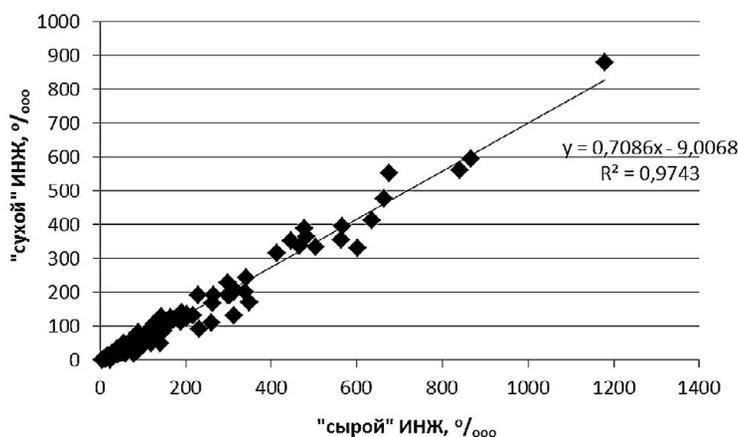
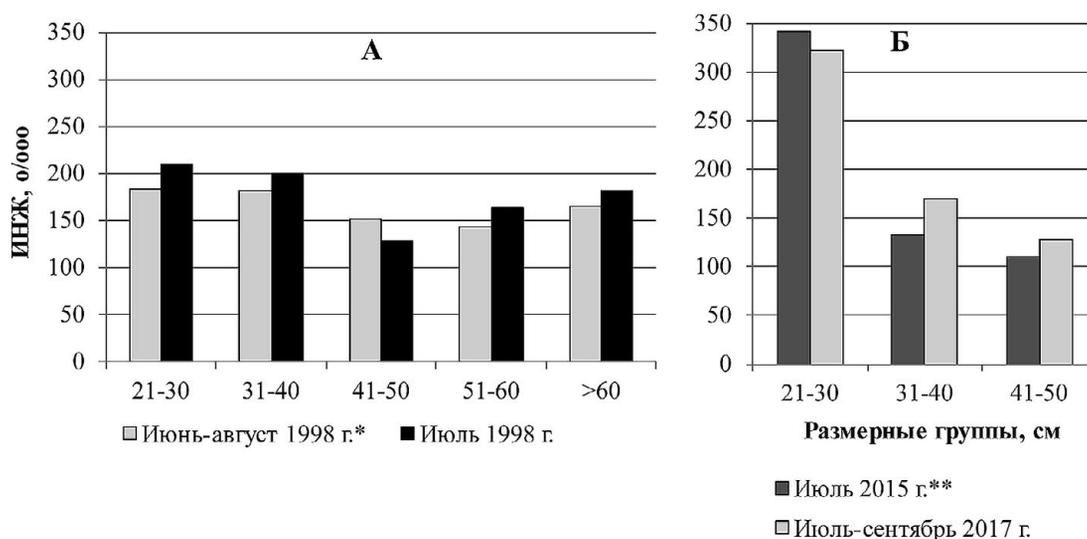


Рис. 2. Зависимость между индексами наполнения желудков (ИНЖ) берингоморского минтая, полученными при использовании для расчётов веса необсушенного и обсушенного пищевого комка



**Рис. 3.** Средние индексы наполнения желудков (ИНЖ) минтая, рассчитанные по сырому весу пищи, в конце 1990-х гг. и в 2010-е гг. по нашим и литературным данным:

\* – данные В.П. Шунтова с соавторами [2000]; \*\* – данные В.П. Шунтова [2016] (для июля 2015 г. приведена накормленность в Наваринском районе)

ляли копеподы и только 30% – зуфаузииды [Шунтов, 2017].

Таким образом, оценка успешности нагула минтая по накормленности, выраженной в виде средних индексов наполнения желудков [Методическое пособие..., 1974], и выявление определяющих её пищевых объектов показали различия значимости двух важнейших объектов питания минтая: зуфаузиид и копепод. Для минтая длиной 20–40 см в период нагула в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря достоверно более высокие индексы наполнения желудков выявлены при питании зуфаузидами. Накормленность минтая длиной от 40–50 см и крупнее определялась питанием рыбой только в конце 1990-х гг., когда наблюдался высокий уровень каннибализма, тогда как в 2017 г. высокие индексы наполнения желудков и для минтая этой размерной группы связаны с питанием зуфаузиидовыми рачками.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение особенностей питания и накормленности минтая в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря в период нагула в 1996, 1998 и 2017 гг. выявило ряд межгодовых различий. Использование стандартной методики индивидуальной обработки желудков минтая при выполнении работы дало возможность оценки достоверности различий интенсивности питания, а также выявления компонентов, влияющих на накормленность рыб.

В 1996 г. средние ИНЖ минтая всех размерных групп, за исключением рыб длиной более 60 см, были достоверно ниже, чем в 1998 г. В 2017 г. накормленность минтая длиной 21–30 и 41–50 см была достоверно выше, чем в 1996 г. В средних ИНЖ минтая длиной 20–50 см в 1998 г. и в 2017 г. достоверных различий не выявлено.

В 1998 г. накормленность минтая длиной 21–40 см, а в 2017 г. – 21–50 см зависела от массовой доли зуфаузиид в желудках. Копеподы, несмотря на высокую частоту встречаемости, играли второстепенную роль в питании среднеразмерных рыб (20–50 см). Их влияние на накормленность минтая длиной 20–40 см проявилось только в 1996 г. на фоне самой низкой за три года интенсивности питания.

В конце 1990-х гг. накормленность рыб длиной более 40 см была тесно связана с каннибализмом и усиливалась по мере увеличения размеров минтая. В 2017 г. нектон, потребляемый минтаем, включал личинок рыб и мелких пелагических рыб (1–6 см), поэтому уже у особей длиной 20–30 см в желудках обнаружена рыба. Однако содержание нектона в желудках у более крупных особей (30–60 см) в 2017 г. не возрастало, в отличие от 1990-х гг., и в среднем составляло 20–23% по массе. Статистически значимой связи накормленности минтая (20–50 см) с массовой долей рыб в желудках в 2017 г. не обнаружено.

О наименее благоприятных условиях нагула минтая в 1996 г., помимо низких ИНЖ, свидетельствуют более высокая доля непитавшихся рыб и второстепенных пищевых объектов в питании по сравнению с 1998 и 2017 гг.

Для сравнения индексов наполнения, полученных по стандартной методике и экспресс-методике «ТИНРО», разработаны формулы, позволяющие сопоставить данные.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность сотрудникам ВНИРО В.А. Бизикову за сбор материала в 1998 г. и А.М. Орлову за определение видового состава рыб из желудков минтая.

### ЛИТЕРАТУРА

- Борец Л.А., Степаненко М.А., Николаев А.В., Грицай Е.В. 2002. Состояние запасов минтая в Наваринском районе Берингова моря, и причины определяющие эффективность промысла // Известия ТИНРО. Т. 130. С. 1001–1014.
- Варкентин А.И. 2001. Некоторые черты распределения и биологическое состояние минтая у восточной Камчатки осенью 1998 г. // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 222–228.
- Варкентин А.И. 2015. Сезонная динамика зрелости гонад и показателей упитанности минтая (*Theragra chalcogramma*) в северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 180. С. 77–92.
- Волков А.Ф. 1996. Зоопланктон эпипелагиали дальневосточных морей: состав сообществ, межгодовая динамика, значение в питании нектона: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Владивосток: ТИНРО. 70 с.
- Волков А.Ф. 2008. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию нектона (пошаговые инструкции) // Известия ТИНРО. Т. 154. С. 405–416.
- Волков А.Ф. 2015 а. Введение в трофологию минтая // Известия ТИНРО. Т. 183. С. 166–185.
- Волков А.Ф. 2015 б. Интегральные значения биомассы и запаса зоопланктона в эпипелагиали 71 района севера Тихого океана, включая Берингово и Охотское моря, и схемы распределения массовых видов // Известия ТИНРО. Т. 180. С. 140–160.
- Волков А.Ф. 2016. Таблицы и графики по трофологии минтая западной части Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 185. С. 175–184.
- Волков А.Ф., Горбатенко К.М., Ефимкин А.Я. 1990. Стратегии питания минтая // Известия ТИНРО. Т. 111. С. 123–132.
- Горбатенко К.М. 2016. Количественное распределение и питание эвфаузиид в Охотском море // Известия ТИНРО. Т. 185. С. 204–214.
- Горбатенко К.М., Долганова Н.Т. 1989. Питание половозрелого минтая *Theragra chalcogramma* и использование им кормовой базы в Охотском море осенью // Вопросы ихтиологии. Т. 29. № 2. С. 249–256.
- Дулупова Е.П. 2002. Сравнительная биопродуктивность макроэкосистем дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО-центр. 273 с.
- Дулупова Е.П. 2016. Динамика продукционных показателей зоопланктона в северо-западной части Берингова моря в современный период // Известия ТИНРО. Т. 187. С. 187–196.
- Дулупова Е.П. 2018. Состояние планктонных сообществ и кормовая обеспеченность минтая в северо-западной части Берингова моря в современный период // Труды ВНИРО. Т. 174. С. 91–104.
- Жукова К.А. 2018. Гамето- и гонадогенез минтая *Theragra chalcogramma* Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 24 с.
- Качина Т.Ф., Савичева Э.А. 1987. Динамика питания минтая в западной части Берингова моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 174–188.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974. М.: Наука. 254 с.
- Микулич Л.В. 1954. О питании минтая в северной части Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 42. С. 177–190.
- Напазаков В.В., Чучукало В.И., Кузнецова Н.А., Радченко В.И., Слабинский А.М., Надточий В.А. 2001. Питание и некоторые черты экологии тресковых рыб западной части Берингова моря в летне-осенний период // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 907–928.
- Николаев А.В., Степаненко М.А. 2001. Состояние ресурсов, особенности распределения восточноберингоморской популяции минтая (*Theragra chalcogramma*) по результатам акустической съёмки летом 1999 г. // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 188–206.
- Руководство по изучению питания рыб в естественных условиях. 1961. М.: АН СССР. 263 с.
- Степаненко М.А., Грицай Е.В. 2016. Состояние ресурсов, пространственная дифференциация и воспроизводство минтая в северной и восточной частях Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 185. С. 16–30.
- Степаненко М.А., Грицай Е.В. 2018. Межгодовая изменчивость экологических условий и пространственная дифференциация минтая в Беринговом море // Труды ВНИРО. Т. 174. С. 6–20.
- Фадеев Н.С. 1986. Минтай // Биологические ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 187–201.
- Чучукало В.И. 2006. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях. Владивосток: ТИНРО-Центр. 484 с.
- Швыдкий Г.В., Вдовин А.Н. 1994. Экспресс-методика определения упитанности минтая *Theragra chalcogramma*. Вопросы ихтиологии. Т. 34. № 1. С. 133–134.
- Швыдкий Г.В., Вдовин А.Н., Горбатенко К.М. 1994а. Динамика упитанности минтая в дальневосточных морях // Известия ТИНРО. Т. 116. С. 178–192.
- Швыдкий Г.В., Вдовин А.Н., Хомяк С.А. 1994б. Динамика показателей печени минтая // Рыбное хозяйство. № 2. С. 47–48.
- Шунтов В.П. 2016. Почему изменяется численность минтая (*Theragra chalcogramma*) // Известия ТИНРО. Т. 185. С. 31–48.

- Шунтов В.П. 2017. Об упрощённых трактовках лимитирующих факторов и динамики численности некоторых промысловых рыб дальневосточных вод // Известия ТИНРО. Том 189. С. 35–51.
- Шунтов В.П., Бочаров Л.Н., Дулепова Е.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Волвенко И.В., Мельников И.В., Надточий В.А. 2003. Результаты мониторинга и экосистемного изучения биологических ресурсов дальневосточных морей России (1998–2002 гг.) // Известия ТИНРО. Т. 132. С. 3–26.
- Шунтов В.П., Волвенко И.В. 2017. Дополнения к количественным оценкам зоопланктона дальневосточных морей и сопредельных вод северной Пацифики // Известия ТИНРО. Том 191. С. 130–146.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Ефимкин А.Я. 1988. Состав и современное состояние сообществ рыб пелагиали западной части Берингова моря // Биология моря. № 2. С. 56–65.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей // Владивосток, ТИНРО, 426 с.
- Шунтов В.П., Дулепова Е.П., Горбатенко К.М., Слабинский А.М., Ефимкин А.Я. 2000. Питание минтая *Theragra chalcogramma* в анадырско-наваринском районе Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 40. № 3. С. 362–369.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2008. Многолетняя динамика биоты макроэкосистем Берингова моря и факторы, её обуславливающие. Сообщение 2. Современный статус пелагических и донных сообществ Берингова моря // Известия ТИНРО. Том 155. С. 33–65.
- Karp W.A., Traunor J.J. 1988. Assessment of the abundance of Eastern Bering Sea walleye pollock stocks // Prog. Intern. Symp. Biol. Managem. Walleye Pollock, Nov. Fairbanks, Alaska. P. 433–456.
- Mazur M.M., Wilson M.T., Dougherty A.B., Buchheister A., Beauchamp D.A. 2007. Temperature and prey quality effects on growth of juvenile walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas): a spatially explicit bioenergetics approach // Journal of Fish Biology. V. 70. P. 816–836.
- Okada K. 1986. Biological characteristics and abundance of pelagic pollock in the Aleutian Basin // Bull. INPFC. № 45. P. 150–176.
- Rand K.M., Beauchamp D.A., Lowe S.A. 2010. Longitudinal growth differences and the influence of diet quality on Atka Mackerel of the Aleutian Islands, Alaska: using a bioenergetics model to explore underlying mechanisms // Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystems Science. V. 2. P. 362–374.
- Sasaki T. 1989. Synopsis of biological information on pelagic pollock resources in the Aleutian Basin // Prog. Intern. Sci. Symp. on Bering Sea Fish. Seattle, WA. P. 80–182.

Поступила в редакцию 12.11.2020 г.  
Принята после рецензии 11.03.2021 г.

## Interannual differences in the diet composition and stomach fullness indexes of Walleye Pollock during the feeding period in the Anadyr-Navarinsky region of the Bering Sea

S.E. Frenkel,  
E.N. Kuznetsova,  
A.V. Presnyakov,  
A.I. Glubokov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia

The feeding of pollock from commercial catches was studied. A relationship was established between average of stomach fullness indices (SFI) and the content of euphausiids in the stomachs of pollock 21–40 cm long in 1998 and 21–50 cm in 2017. Copepods determined the SFI of pollock up to 40 cm long only in 1996. In the late 1990s, the feeding of pollock longer than 40 cm was closely related to the intensity of fish consumption, this relationship increased with increasing size. In 2017, the proportion of non-fed fish was 2–5 times lower than in 1996 and slightly lower than in 1998. SFI of fish 20–60 cm long in 1996 were significantly lower in compared with 1998 and for pollock with a length of 20–30 and 41–50 cm compared to 2017. In the feeding of pollock in 1998 and 2017, no significant differences were found. Equations are derived for the forward and backward recalculation of the SFI, calculated by the standard method and the express method “TINRO”.

**Keywords:** Walleye Pollock *Theragra chalcogramma*, Bering Sea, prey items, euphausiids, copepods, stomach fullness index, hepatosomatic index.

### REFERENCES

- Borets L.A., Stepanenko M.A., Nikolayev A.V., Gritsay E.V. 2002. Sostoyaniye zapasov mintaya v Navarinskom rayone Beringova morya, i prichiny opredelyayushchiye effektivnost' promysla [State of pollock stock in the Navarin area of the Bering Sea, and the factors controlling its fishery efficiency] // Izvestiya TINRO. T. 130. S.1001–1014.
- Varkentin A.I. 2001. Nekotoryye cherty raspredeleniya i biologicheskoye sostoyaniye mintaya u vostochnoy Kamchatki osen'yu 1998 g. [Distribution and biological pattern of eastern Kamchatka pollock in autumn of 1998] // Izvestiya TINRO. T. 128. S. 222–228.
- Varkentin A.I. 2015. Sezonnaya dinamika zrelosti gonad i pokazateley upitannosti mintaya (*Theragra chalcogramma*) v severnoy chasti Okhotskogo morya [Seasonal dynamics of gonad maturity and indices of body condition for walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the northern part of the Okhotsk Sea] // Izvestiya TINRO. T.180. S. 77–92.
- Volkov A.F. 1996. Zooplankton epipelagiali dal'nevostochnykh morey: sostav soobshchestv, mezhdogovaya dinamika, znacheniye v pitanii nekton [Zooplankton epipelagiales of the Far Eastern seas: composition of communities, interannual dynamics, importance in the nutrition of nection]. Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk. Vladivostok: TINRO. 70 s.
- Volkov A.F. 2008. Metodika sbora i obrabotki planktona i prob po pitaniyu nektona (poshagovyye instruktsii) [Technique of collecting and processing the samples of plankton and the samples on nection feeding (step-by-step instructions)] // Izvestiya TINRO. T. 154. S. 405–416.
- Volkov A.F. 2015a. Vvedeniye v trofologiyu mintaya [Introduction to trophology of Walleye Pollock] // Izvestiya TINRO. T.183. S. 166–185.
- Volkov A.F. 2015b. Integralnyye znacheniya biomassy i zapasa zooplanktona v epipelagiali 71 rayona severa Tikhogo okeana. vklyuchaya Beringovo i Okhotskoye morya. i skhemy raspredeleniya massovykh vidov [Integral values of biomass and stock of zooplankton in the epipelagic layer of the area 71 in the North Pacific, including the Bering and Okhotsk Seas, and patterns of distribution for mass species] // Izvestiya TINRO. T. 180. S. 140–160.
- Volkov A.F. 2016. Tablitsy i grafiki po trofologii mintaya zapadnoy chasti Beringova morya [Tables and graphs on pollock trophology in the western Bering Sea] // Izvestiya TINRO. T.185. S. 175–184.
- Volkov A.F., Gorbatenko K.M., Yefimkin A. Ya. 1990. Strategii pitaniya mintaya [Feeding ways of pollock] // Izvestiya TINRO. T. 111. S. 123–132.
- Gorbatenko K.M. 2016. Kolichestvennoye raspredeleniye i pitaniye evfauziid v Okhotskom more [Quantitative distribution and feeding of euphausiids in the Okhotsk Sea] // Izvestiya TINRO. T. 185. S. 204–214.
- Gorbatenko K.M., Dolganova N.T. 1989. Pitaniye polovozrelogo mintaya *Theragra chalcogramma* i ispol'zovaniye im kormovoy bazy v Okhotskom more osen'yu [Feeding of mature walleye pollock *Theragra chalcogramma* and its use of the food base in the Okhotsk Sea in autumn] // Voprosy ikhtologii. T. 29. № 2. S. 249–256.
- Dulepova E.P.2002. Sravnitel'naya bioproduktivnost makrokosistem dalnevostochnykh morey. [Comparative bio-

- logical productivity of macroecosystems in the Far Eastern seas] Vladivostok: TINRO-tsentr. 273 s.
- Dulepova E.P. 2016. Dinamika produktsionnykh pokazateley zooplanktona v severo-zapadnoy chasti Beringova morya v sovremennyy period [Dynamics of zooplankton production parameters in the north-western Bering Sea in the present period] // Izvestiya TINRO. T. 187. S. 187–196.
- Dulepova E.P. 2018. Sostoyaniye planktonnykh soobshchestv i kormovaya obespechennost' mintaya v severo-zapadnoy chasti Beringova morya v sovremennyy period [The current state of plankton communities and the food availability for walleye pollock in the western Bering Sea] // Trudy VNIRO. T. 174. S. 91–104.
- Zhukova K.A. 2018. Gameto- i gonadogenez mintaya *Theragra chalcogramma* [Gameto-and gonadogenesis of walleye pollock *Theragra chalcogramma*] Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M.: VNIRO. 24 s.
- Kachina T.F., Savicheva E.A. 1987. Dinamika pitaniya mintaya v zapadnoy chasti Beringova morya // Populyatsionnaya struktura, dinamika chislennosti i ekologiya mintaya. [Dynamics of pollock feeding in the western part of the Bering Sea // Population structure, population dynamics and ecology of walleye Pollock]. Vladivostok: TINRO. S. 174–188.
- Metodicheskoye posobiye po izucheniyu pitaniya i pishchevykh otnosheniy ryb v yestestvennykh usloviyakh [Methodological guide for the study of feeding and food relations of fish in natural conditions]. 1974. M.: Nauka. 254 s.
- Mikulich L.V. 1954. O pitanii mintaya v severnoy chasti Beringova morya [About walleye pollock feeding in the northern part of the Bering Sea] // Izvestiya TINRO. T. 42. S. 177–190.
- Napazakov V.V., Chuchukalo V.I., Kuznetsova N.A., Radchenko V.I., Slabinskiy A.M., Nadtochiy V.A. 2001. Pitaniye i nekotoryye cherty ekologii treskovykh ryb zapadnoy chasti Beringova morya v letne-osenniyy period [Feeding and some features of ecology of Gadidae fish in the western part of Bering Sea in the summer-autumn season] // Izvestiya TINRO. T. 128. S. 907–928.
- Nikolayev A.V., Stepanenko M.A. 2001. Sostoyaniye resursov. osobennosti raspredeleniya vostochnoberingovomorskoy populyatsii mintaya (*Theragra chalcogramma*) po rezul'tatam akusticheskoy syemki letom 1999 g. [Stock assessment and distribution of eastern Bering Sea pollock by echo-integration survey in 1999] // Izvestiya TINRO. T. 128. S. 188–206.
- Rukovodstvo po izucheniyu pitaniya ryb v yestestvennykh usloviyakh. [Guide to the study of fish feeding in natural conditions] 1961. M.: AN SSSR. 263 s.
- Stepanenko M.A., Gritsay E.V. 2016. Sostoyaniye resursov, prostranstvennaya differentsiatsiya i vosproizvodstvo mintaya v severnoy i vostochnoy chastyakh Beringova morya [Assessment of stock, spatial distribution, and recruitment of walleye pollock in the northern and eastern Bering Sea] // Izvestiya TINRO. T. 185. S.16–30.
- Stepanenko M.A., Gritsay E.V. 2018. Mezhdogodovaya izmenchivost' ekologicheskikh usloviy i prostranstvennaya differentsiatsiya mintaya v Beringovom more [Environmental variability and spatial differentiation pollock in the Bering Sea] // Trudy VNIRO. T. 174. S. 6–20.
- Fadeyev N.S. 1986. Mintay // Biologicheskiye resursy Tikhogo okeana. [Walleye Pollock // Biological resources of the Pacific Ocean] M.: Nauka. S.187–201.
- Chuchukalo V.I. 2006. Pitaniye i pishchevye otnosheniya nektona i nektobentosa v dal'nevostochnykh moryakh. [Feeding and trophic interaction of necton and necto-benthos in the Far Eastern seas] Vladivostok: TINRO-Tsentr. 484 s.
- Shvydkiy G.V., Vdovin A.N. 1994. Ekspres-metodika opredeleniya upitannosti mintaya *Theragra chalcogramma*. [Express method for determining the fatness of walleye pollock *Theragra chalcogramma*] Voprosy ikhtiologii. T.34. № 1. S.133–134.
- Shvydkiy G.V., Vdovin A.N., Gorbatenko K.M. 1994a. Dinamika upitannosti mintaya v dal'nevostochnykh moryakh [Dynamics of walleye pollock fatness in the Far Eastern seas]// Izvestiya TINRO. T. 116. S. 178–192.
- Shvydkiy G.V., Vdovin A.N., Khomyak S.A. 1994b. Dinamika pokazately pecheni mintaya [Dynamics of pollock liver indicators] // Rybnoye khozyaystvo. № 2. S. 47–48.
- Shuntov V.P. 2016. Pochemu izmenyayetsya chislennost' mintaya (*Theragra chalcogramma*) [Why does walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) abundance change?] // Izvestiya TINRO. T. 185. S. 31–48.
- Shuntov V.P. 2017. Ob uproshchennykh traktovkakh limitiruyushchikh faktorov i dinamiki chislennosti nekotorykh promyslovykh ryb dal'nevostochnykh vod [On simplified interpretations of limiting factors and dynamics of abundance for some commercial fish in the Far Eastern waters] // Izvestiya TINRO. Tom 189. S. 35–51.
- Shuntov V.P., Bocharov L.N., Dulepova Ye.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Volvenko I.V., Mel'nikov I.V., Nadtochiy V.A. 2003. Rezul'taty monitoringa i ekosistemnogo izucheniya biologicheskikh resursov dal'nevostochnykh morey Rossii (1998–2002 gg.) [Results of monitoring and ecosystem research of biological resources of the Far East seas of Russia] // Izvestiya TINRO. T. 132. S. 3–26.
- Shuntov V.P., Volvenko I.V. 2017. Dopolneniya k kolichestvennym otsenkam zooplanktona dal'nevostochnykh morey i sopredel'nykh vod severnoy Patsifiki [Supplements to quantitative assessments of zooplankton in the Far Eastern Seas and adjacent waters of the North Pacific] // Izvestiya TINRO. Tom 191. S.130–146.
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Yefimkin A. Ya. 1988. Sostav i sovremennoye sostoyaniye soobshchestv ryb pelagiali zapadnoy chasti Beringova morya [The composition and present state of pelagic fish communities of western Bering Sea] // Biologiya morya. № 2. S. 56–65.
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. 1993. Mintay v ekosistemakh dal'nevostochnykh morey

- [Walleye Pollock in ecosystems of the Far Eastern seas] // Vladivostok, TINRO, 426 s.
- Shuntov V.P., Dulepova E.P., Gorbatenko K.M., Slabinskiy A.M., Yefimkin A. Ya. 2000. Pitaniye mintaya *Theragra chalcogramma* v anadyrsko-navarinskom rayone Beringova morya [Feeding of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Anadyr-Navarin region in the Bering Sea] // Voprosy ikhtiologii. T. 40. № 3. S. 362–369.
- Shuntov V.P., Temnykh O.S. 2008. Mnogoletnyaya dinamika bioty makroekosistem Beringova morya i faktory. eye obustavlivayushchiye. Soobshcheniye 2. Sovremenny status pelagicheskikh i donnykh soobshchestv Beringova morya [Long-term dynamics of biota in the Bering Sea macroecosystems and its determinant factors. Communication 2. Resent status of pelagic and benthic communities] // Izvestiya TINRO. Tom 155. S.33–65.
- Karp W.A., Traunor J.J. 1988. Assessment of the abundance of Eastern Bering Sea walleye pollock stocks // Prog. Intern. Symp. Biol. Managem. Walleye Pollock, Nov. Fairbanks, Alaska. P. 433–456.
- Mazur M.M., Wilson M.T., Dougherty A.B., Buchheister A., Beauchamp D.A. 2007. Temperature and prey quality effects on growth of juvenile walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas): a spatially explicit bioenergetics approach // Journal of Fish Biology. V. 70. P. 816–836.
- Okada K. 1986. Biological characteristics and abundance of pelagic pollock in the Aleutian Basin // Bull. INPFC. № 45. P. 150–176.
- Rand K.M., Beauchamp D.A., Lowe S.A. 2010. Longitudinal growth differences and the influence of diet quality on Atka Mackerel of the Aleutian Islands, Alaska: using a bioenergetics model to explore underlying mechanisms // Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystems Science. V. 2. P. 362–374.
- Sasaki T. 1989. Synopsis of biological information on pelagic pollock resources in the Aleutian Basin // Prog. Intern. Sci. Symp. on Bering Sea Fish. Seattle, WA. P. 80–182.

#### TABLE CAPTIONS

**Table 1.** Seasonal dynamics of hepatosomatic indexes and relative weight of depository fat in Walleye pollock females and males in the Anadyr-Navarinsky region of the Bering Sea in May-September 2017

**Table 2.** Food composition (% by weight) of Walleye pollock in the Anadyr-Navarinsky region of the Bering Sea

**Table 3.** Frequency of occurrence of food objects (%) in Walleye pollock stomachs in the Anadyr-Navarinsky region of the Bering Sea

#### FIGURE CAPTIONS

**Fig 1.** Sampling points: ● – 1996; + – 1998; Δ – 2017

**Fig. 2.** The relationship between the stomach fullness indexes (ING) of the Bering Sea pollock, obtained using the weight of an undried and dried food for calculations

**Fig. 3.** Average stomach fullness indexes (ING) of Walleye Pollock, calculated on a wet weight of food in the late 1990s and in the decade starting in 2010 according to our and literature data: \* – data of V.P. Shuntov et al, 2000; \*\* – data of V.P. Shuntov, 2016 (July 2015 – ING in the Navarin region)