

УДК 639.223.5(265.51)

М.А. Степаненко, Е.В. Грицай*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ, ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВО МИНТАЯ В СЕВЕРНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЯХ БЕРИНГОВА МОРЯ

Численность и биомасса восточноберингоморского минтая *Theragra chalcogramma* в 2015 г. находились на уровне выше среднего за счет высокочисленных поколений 2008 и 2012 гг. и нескольких средних по численности поколений (2006, 2009–2011 и 2013–2014 гг.). Пространственная дифференциация минтая в Беринговом море в нагульный период значительно варьирует в межгодовом плане в зависимости как от долгопериодной, так и от короткопериодной изменчивости условий среды. Межгодовая изменчивость распространения минтая в посленерестовый период зависит от нескольких факторов — биомассы и численности его популяции, температуры воды, биомассы и распределения зоопланктона крупной фракции. Динамика распространения минтая в северо-западную часть Берингова моря, в том числе воды России, из прилегающей восточной части моря в летне-осенний период значительно изменялась в межгодовом плане в первом и начале второго десятилетия 2000-х гг. В этот период минтай в течение ряда лет (2005–2007 и 2010–2015 гг.) начинал мигрировать в северо-западную часть моря из восточной в нагульный период раньше (начало лета) и с большей скоростью, а из северо-западной части моря в восточную раньше среднемноголетних сроков — в конце летнего и начале осеннего периода. Возможная причина быстрой миграции в северо-западном направлении — относительно небольшая общая численность зоопланктона крупной фракции в Беринговом море, а ранней обратной миграции в восточную часть моря — возникающий дефицит основного объекта питания (зоопланктона крупной фракции) на северо-западе моря. Численность поколений минтая в наибольшей степени зависит от условий выживаемости молоди на первом году жизни в зимний период. Появление многочисленных или относительно многочисленных поколений минтая в Беринговом море, как следствие благоприятных условий воспроизводства и выживания на ранних стадиях онтогенеза, ассоциируется не с относительно продолжительными периодами теплых или холодных климато-океанологических условий, а с короткими периодами перехода от одного термического режима к другому.

Ключевые слова: минтай, Берингово море, распространение, численность поколений, состояние ресурсов, сезонные миграции, зоопланктон.

Stepanenko M.A., Gritsay E.V. Assessment of stock, spatial distribution, and recruitment of walleye pollock in the northern and eastern Bering Sea // Izv. TINRO. — 2016. — Vol. 185. — P. 16–30.

* Степаненко Михаил Антонович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: mikhail.stepanenko@tinro-center.ru; Грицай Елена Валентиновна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: gritsay@tinro.ru.

Stepanenko Mikhail A., Ph.D., leading researcher, e-mail: mikhail.stepanenko@tinro-center.ru; Gritsay Elena V., Ph.D., senior researcher, e-mail: gritsay@tinro.ru.

Abundance and biomass of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Bering Sea exceeded the mean values in 2015 owing to the high-abundant year-classes of 2008 and 2012 and several medium-abundant year-classes (of 2006, 2009–2011, 2013, and 2014). In contrast to rather stable distribution on its spawning grounds, distribution of feeding pollock in the northern Bering Sea is very variable and depends on both biomass of the population and long-term and short-term variations of environments, as water temperature and zooplankton abundance. In some years including recent times (2005–2007 and 2010–2014), the pollock migrated earlier and faster into the northwestern Bering Sea and returned back to the eastern shelf also early: in late summer — early autumn. This scenario is supposedly conditioned by low zooplankton abundance over the Bering Sea that forces pollock to active feeding migrations, particularly a deficit of preferable food (large-sized zooplankton) on the north-western feeding grounds could be a reason for its leaving this area in late summer. Strength of pollock year-classes is highly variable, too, and depends mostly on young-of-the-year fish survival in winter. As usual, favorable conditions for reproduction and progeny survival, when strong year-classes appear, are observed in the years or short periods of transition from one state of marine environments to another, whereas long periods of either «warm» or «cold» regime are not favorable for forming of high-abundant year-classes of the Bering Sea pollock.

Key words: walleye pollock, Bering Sea, spatial distribution, seasonal migration, year-class strength, stock assessment, recruitment.

Введение

Минтай является одним из самых массовых промысловых видов мирового рыболовства. При управлении рыболовством восточноберингоморского минтая следует учитывать, что он обитает в экономических зонах двух государств — России и США. В годы очень высокой численности он распространяется и в центральную часть Берингова моря, за пределы зон России и США, где его промысловое использование регулируется шестисторонней (Россия, США, Япония, Китай, Республика Корея, Польша) Конвенцией о сохранении и управлении ресурсами минтая в центральной части Берингова моря.

Оценка состояния ресурсов минтая в Беринговом море проводится Россией и США, в том числе по совместным и координированным программам. Регулирование рыболовства в экономических зонах России и США ведется независимо, в то же время обе страны предпринимают действия для совершенствования управления промыслом минтая на согласованной основе. В рамках Межправительственного Консультативного Комитета (МКК), созданного в соответствии с двусторонним Соглашением по рыболовству (1988 г.), идет работа по разработке нового Соглашения по рыболовству в Беринговом море и возможного включения в него положения о взаимном праве промысла. Положение может быть включено в Соглашение, если будет очевидна его экономическая целесообразность для обеих стран. Завершение работы над новым Соглашением создаст предпосылки для координации усилий России и США не только в области сотрудничества по исследованиям рыбных ресурсов, но и в регулировании рыболовства в Беринговом море, сохранении ресурсов минтая. На этой основе существует вероятность использования имеющихся потенциальных резервов для совершенствования управления промыслом минтая в Беринговом море.

С целью завершения работы над новым соглашением по Берингову морю была согласована трехлетняя программа (2012–2014 гг.) координированных исследований миграций, поведения и распределения минтая в северо-западной части Берингова моря, в смежных водах России и США, для изучения закономерностей его сезонного перераспределения между российской и американской зонами. Результаты реализации координированной программы показали значительную межгодовую изменчивость поведения и распределения минтая в северо-западной части Берингова моря в нагульный период, в том числе в смежных водах России и США, прилегающих к разделительной линии.

Экспедиционные исследования, проведенные в 2010–2015 гг. практически на всем ареале восточноберингоморского минтая, показали, что его численность и биомасса в этот период увеличивались. В последние годы появились высокие (2008 и 2012 гг.) и несколько средних по численности поколений (2006, 2009–2011, 2013–2014 гг.), в

результате чего к 2014–2015 гг. биомасса минтая увеличилась до уровня выше среднего (около 10,0 млн т), что может быть одной из предпосылок возможного увеличения его распространения в северо-западную часть моря, в том числе в российские воды.

Промысел минтая в северо-западной части Берингова моря (воды России) базируется на рыбе, мигрирующей в этот регион в нагульный период из восточной части моря (зона США). Поэтому численность, биомасса, размерно-возрастная структура минтая и результативность промысла в северо-западной части моря определяются масштабом распространения рыбы из восточной части моря в летне-осенний период, которое ежегодно значительно варьирует в зависимости от динамики общей биомассы популяции, численности отдельных поколений, численности и распределения кормового зоопланктона и океанологических условий. За весь летне-осенний период в российскую часть Берингова моря, при условиях, близких к среднемноголетним, распространяется около 1,5 млн т минтая.

Значительное, а в отдельные годы или периоды лет определяющее влияние на распространение минтая и результативность промысла в северо-западной части моря в летне-осенний период оказывают численность и распределение зоопланктона крупной фракции в Беринговом море, прежде всего основных объектов питания минтая — эвфаузиид и копепод. Наличие большого количества кормового планктона является необходимым условием масштабного распространения минтая в этот регион из восточной части моря и устойчивости здесь его промысловых скоплений.

В основе изменчивости численности поколений минтая лежат природные факторы и прежде всего выживаемость на ранних стадиях онтогенеза в зависимости от условий обитания. Цикличность климато-океанологических показателей обычна для северной части Тихого океана. Существуют предположения, что условия обитания в период раннего развития, как и у большинства видов рыб, могут определять численность поколений минтая. Выживаемость на ранних этапах онтогенеза может зависеть от определенных фоновых факторов (температура воды и ее градиенты, соленость, направление и сила течений, ледовитость моря, штормовая активность, численность планктона).

Исследования причин межгодовой изменчивости численности поколений берингоморского минтая показали ее зависимость от выживаемости на первом году жизни в зимний период (Stepanenko, 2006, 2012; Stepanenko, Gritsay, 2006). Низкий уровень выживаемости минтая на первом году жизни в зимний период, вполне вероятно, связан с большим ограничением рациона видовым составом и размером потенциальных пищевых организмов (Schabetsberger et al., 2003). В настоящее время взаимосвязь изменчивости состава планктонных сообществ, океанологических условий и выживаемости поколений минтая на первом году жизни изучена недостаточно. Полученные данные свидетельствуют в пользу гипотезы о том, что зимний период может быть критическим для выживаемости молоди минтая в Беринговом море.

Основная цель данной работы показать влияние межгодовой изменчивости некоторых экологических факторов, в частности климато-океанологических условий, состояния планктонного сообщества, на численность поколений минтая, его сезонные миграции и пространственную дифференциацию в Беринговом море.

Материалы и методы

Материалом для статьи послужили результаты регулярных тралово-акустических и донных траловых съемок в восточной и северо-западной частях Берингова моря, проводимых ТИНРО-центром и Аляскинским центром рыбохозяйственных исследований США (AFSC) начиная с 1970-х гг.

ТИНРО-центр выполнял крупномасштабные экспедиции на всем берингоморском шельфе и прилегающем континентальном склоне (включая экономическую зону США) ежегодно вплоть до 1992 г. и с 1996 г. проводит регулярные учетные съемки в северо-западной и западной частях Берингова моря. Экспедиционные исследования по изучению минтая Аляскинским центром в 1979, 1982, 1985, 1988, 1991, 1996, 1997, 1999,

2000, 2002, 2006 гг. ограничивались американскими водами, в 1994, 2004, 2007–2010, 2012, 2014 гг. проводились как в восточной (ИЭЗ США), так и в северо-западной (ИЭЗ России) частях Берингова моря по координированной с ТИНРО-центром программе. Тралово-акустические съемки в Беринговом море AFSC с 1991 г. проводит с участием сотрудников ТИНРО-центра.

Трехлетняя программа координированных исследований ТИНРО-центра и Аляскинского центра по изучению поведения и распределения минтая в северо-западной части моря (в российских и американских водах, прилегающих к разделительной линии) была согласована в 2011 г. с целью получения дополнительных данных для завершения работы над проектом нового Соглашения по Берингову морю. Программа направлена на изучение закономерностей сезонной и межгодовой изменчивости распределения и миграций минтая в смежных российских и американских водах.

В 2012 г. в рамках реализации трехлетней программы координированных российских и американских исследований в северо-западной части Берингова моря ТИНРО-центром на НИС «Профессор Кагановский» были выполнены две съемки — донная (июль-август) и тралово-акустическая, в том числе в зоне США (октябрь) для оценки ресурсов и распространения минтая в этом районе. Аляскинский центр (США) осуществил тралово-акустическую съемку в зоне США и России в июне-августе на НИС «Oscar Dyson».

В 2013 г. ТИНРО-центр в августе-сентябре выполнил тралово-акустическую съемку в прилегающих к разделительной линии водах России и США на НИС «ТИНРО», Аляскинский центр в июне-августе 2013 г. сделал донную траловую съемку в зоне США.

В 2014 г. выполнен завершающий этап координированной программы. Аляскинский центр в июне-августе провел тралово-акустическую съемку в зоне США и России на НИС «Oscar Dyson» и донную съемку в зоне США. ТИНРО-центр осуществил тралово-акустическую съемку в северо-западной части моря, включая зону США, по стандартной для координированных исследований схеме на НИС «ТИНРО» в сентябре — начале октября и донную съемку в российской части моря в октябре.

В 2015 г. ТИНРО-центр выполнил в российских водах Берингова моря тралово-акустическую съемку в июле на НИС «Профессор Леванидов» и донную в июне-августе на НИС «ТИНРО». Аляскинский центр (AFSC) в июне-августе сделал донную траловую съемку в зоне США.

Данные по температуре в толще воды и придонном слое собирались при проведении донных и тралово-акустических съемок в восточной (AFSC, США) и северо-западной частях моря (ТИНРО-центр) гидрологическим зондом Seabird и ХВТ.

Использованы многолетние материалы планктонных съемок в разных районах Берингова моря, полученные при реализации международной программы исследований лососей (NPAFC-BASIS) в 2000–2013 гг. (Волков, 2013).

Результаты и их обсуждение

Состояние ресурсов, пространственная дифференциация минтая в Беринговом море

Северо-западная часть Берингова моря (к востоку от 174° в.д. до линии разграничения морских пространств России и США, или наваринский район) является одним из основных районов промысла минтая. В 1988 г., когда вылов минтая во всем Беринговом море (включая Алеутскую и Командорскую котловины) составлял 4,07–4,20 млн т (по разным источникам), вылов в российских водах достигал 32,6 %, в том числе на наваринский район приходилось 20,9 % (т.е. более 850 тыс. т).

В 1994 г., после подписания шестисторонней международной Конвенции по сохранению ресурсов минтая в Беринговом море, был введен мораторий на его промысел в центральной части моря, действующий до настоящего времени. В первые полтора десятилетия 21-го века общий вылов во всем Беринговом море находился на уровне 1,15–2,0 млн т, в том числе в наваринском районе — 373 тыс. т (в среднем за период 2001–2015 гг.).

Одна из основных причин значительной межгодовой изменчивости уловов в российской части Берингова моря связана с тем, что промысел минтая здесь базируется на рыбе, мигрирующей в этот район в нагульный период из восточной части моря (зона США). Поэтому численность, биомасса, размерно-возрастная структура минтая и результативность промысла в северо-западной части моря зависят в основном от масштаба распространения рыбы из восточной части моря в летне-осенний период. Численность локальной нерестовой группировки в наваринском районе мала и составляет около 0,3–0,4 % общей численности нерестовой части популяции восточноберингоморского минтая (Грицай, Степаненко, 2003; Stepanenko, Gritsay, 2014).

Существует межгодовая изменчивость пространственной дифференциации минтая в Беринговом море в нагульный летне-осенний период (Шунтов и др., 1993; Степаненко, 1997, 2001; Bailey, 1998; Грицай, Степаненко, 2003; Степаненко, Грицай, 2013). Для регулирования промысла минтая особое значение имеет определение закономерностей межгодовой изменчивости его распределения в смежных районах зон России и США, прилегающих к разделительной линии, в летне-осенний период. Выявление этих закономерностей важно и для подготовки нового двустороннего российско-американского соглашения по рыболовству в Беринговом море и возможного включения в него положения о взаимном праве промысла.

Северная часть Берингова моря (зона России) составляет небольшую, краевую часть ареала восточноберингоморского минтая. Известно, что в летне-осенний период в российскую зону при условиях, близких к среднемуголетним, может распространяться из восточной части моря до 18–20 % общей численности минтая (Степаненко, 2001). По данным многолетних съемок в российские воды за весь летне-осенний период распространяется, в зависимости от биомассы популяции и условий среды, от 1,0 до 2,0 млн т минтая; при условиях, близких к среднемуголетним, — около 1,5 млн т. Поэтому результативность промысла в российской части Берингова моря зависит в основном от подходов минтая из восточноберингоморских районов.

Биомасса минтая во второй половине прошлого десятилетия уменьшалась вплоть до 2009 г., но с 2010 г. стал отмечаться ее рост. Этот фактор, вероятно, оказал первоочередное влияние на распространение минтая в российскую часть моря, которое сокращалось в 2007–2009 гг., о чем свидетельствует уменьшение уловов на усилие промыслового флота и объемов общего вылова. Экспедиционные исследования, проведенные в 2010–2015 гг. практически на всем ареале, показали, что численность и биомасса восточноберингоморского минтая в этот период увеличивались. Появились высокочисленные (2008 и 2012 гг.) и несколько средних по численности поколений (2006, 2009–2011, 2013–2014 гг.), в результате чего к 2014 г. биомасса минтая возросла до уровня выше среднего (около 10,0 млн т). В 2015 г. биомасса минтая немного снизилась из-за выбывания в результате естественной и промысловой убыли наиболее высокочисленного поколения 2008 г.

В летние периоды 2000–2015 гг. отмечена общая тенденция увеличения масштаба распространения минтая всех возрастных групп к северо-западу от о-вов Прибылова начиная с 2003 г. (Степаненко, Грицай, 2013). В 2010–2015 гг. увеличивался масштаб распространения минтая и в российские воды.

В конце 1990-х и в 2007–2008 гг. в Беринговом море отмечались относительно холодные условия, в весенне-летний период 2009–2011 гг. развитие сезонных процессов было близким к среднемуголетним показателям. В 2012–2014 гг. в зимний период гидрологические условия были аномально холодными, однако, сезонный прогрев вод шел относительно быстро; 2015 г. характеризовался положительными аномалиями в течение всего года. В эти годы температурный фактор не препятствовал распространению минтая в российские воды. Более быстрый сезонный прогрев вод в северо-западной части моря в 2013–2015 гг., вероятно, явился одной из причин более раннего массового распространения минтая в российские воды летом по сравнению с предыдущими годами.

Кроме указанных выше факторов, влияющих на распространение минтая и результативность промысла в северо-западной части моря в нагульный период, необходимо

указать на уровень численности и распределение зоопланктона в Беринговом море, прежде всего основных объектов рациона минтая — эвфаузиид и копепод. Масштабное распространение минтая в район российских вод в летний период отмечено в годы высокой численности зоопланктона крупной фракции (Волков, 2009, 2012, 2013).

По данным тралово-акустических съемок в северо-западной части Берингова моря в российской и прилегающей американской зоне в конце лета и начале осеннего периода 2012–2014 гг. отмечено, что большее количество минтая всех размерно-возрастных групп было сконцентрировано в американских водах. Тем не менее обнаружены и значительные межгодовые различия его распространения, связанные с особенностями условий обитания.

В октябре 2012 г. в северо-западной части Берингова моря наибольшая плотность скоплений минтая была отмечена в районе, прилегающем к разделительной линии в зоне как США, так и России, и соответствовала положению фронтальной границы относительно теплых вод и вод остаточного зимнего охлаждения. Низкая температура воды, вероятно, сдерживала распространение минтая в северном направлении (в Анадырском заливе) по сравнению с 2011 г. Большая часть его в 2012 г. была распространена на прилегающем к Наваринскому каньону шельфе так же, как и в сентябре 2009 и 2011 гг. (данные аналогичных съемок). Отмечены и различия пространственной дифференциации размерно-возрастных групп. Младшевозрастной минтай поколения 2010 г. (длиной 19–28 см) был наиболее многочислен в районе внешнего шельфа и редко встречался в воде с температурой ниже 0 °С. Поколения 2009 (29–36 см) и 2008 гг. (37–43 см) были распространены и на среднем шельфе, вплоть до зоны с температурой воды в придонном слое минус 1,0 °С, но в основном в воде с придонной температурой выше минус 0,5 °С. Большая часть всех возрастных групп была распространена в зоне действия Центрально-Беринговоморского течения.

В конце августа — сентябре 2013 г. в северо-западной части Берингова моря (районы России и США, прилегающие к разделительной линии) минтай концентрировался, как и в предыдущие годы, вдоль границы фронтальной температурной зоны. Наибольшая его численность отмечалась к югу и юго-востоку от разделительной линии (рис. 1). Неполовозрелая молодь поколения 2011 г. (19–28 см) была наиболее многочисленна в районе внешнего шельфа к югу от разделительной линии, где ее распространение ограничивалось нулевой изотермой. Поколение 2010 г. (29–36 см) было многочисленно на среднем шельфе в американских водах вплоть до участков с придонной температурой минус 1,0 °С, а также в российской части моря юго-восточнее мыса Наварин. Наиболее широко был распространен минтай длиной 37–52 см, встречавшийся и при очень низкой придонной температуре (до минус 1,5 °С).

В сентябре 2014 г. минтай был распространен преимущественно в районах с положительной температурой, площадь которых была значительно больше, чем в 2012–2013 гг. (как в российских, так и в прилегающих американских водах). В верхней пелагиали выше слоя термоклина преобладали сеголетки и неполовозрелая молодь. Воды остаточного зимнего охлаждения с температурой ниже 0 °С в 2014 г., как и в другие годы, препятствовали массовому проникновению минтая на северо-восток. Граница распространения скоплений минтая соответствовала расположению фронтальной зоны (изотерма 0 °С).

В летний период 2015 г. в российской части Берингова моря минтай был наиболее многочислен в пелагиали и придонном слое на шельфе (глубина 125–175 м), расположенном между мысом Наварин и разделительной линией зон РФ и США, между 178° з.д. и 179° в.д.

Быстрый сезонный прогрев вод в северо-западной части Берингова моря в 2013–2015 гг. явился одной из причин более масштабного распространения минтая в российские воды в первой половине лета по сравнению с 2012 г. В последние полтора десятилетия температурный фактор практически не препятствовал массовым подходам минтая в зону России в летне-осенний период. В то же время период начала обратной миграции минтая в юго-восточном направлении значительно изменялся в межгодовом плане, о чем свидетельствуют данные улова на усилие промыслового флота (рис. 2).

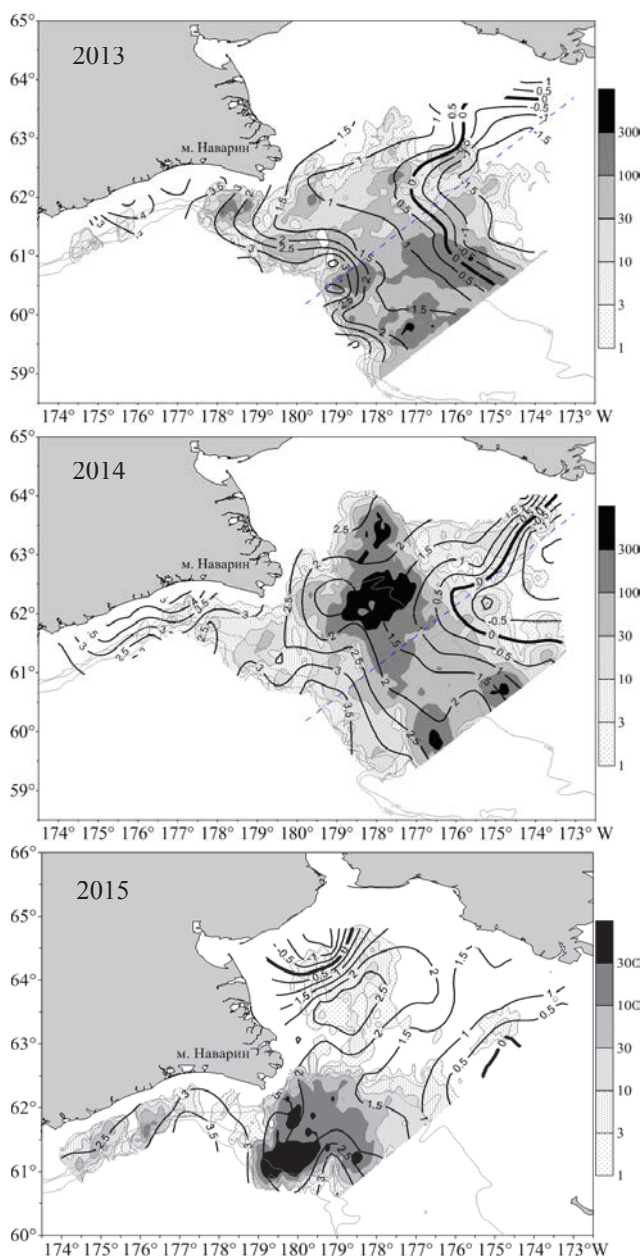


Рис. 1. Распределение плотности (тыс. экз./миля²) скоплений минтая (слой 0–50 м от грунта) и придонной температуры воды (°C) в северо-западной части Берингова моря по данным тралово-акустических съемок в 2013–2015 гг.

Fig. 1. Density of pollock distribution in the 50 m layer from the bottom (10^3 ind./mile²) on the background of water temperature at the bottom (°C) in the northwestern Bering Sea in 2013–2015 (trawl-acoustic surveys data)

Масштаб и период массового распространения минтая в российские воды, величину его биомассы и начало обратных массовых миграций в юго-восточном направлении вод достоверно отражает изменчивость улова на промысловое усилие. Эти данные показывают, что во второй половине первого и начале второго десятилетия 2000-х гг. минтай в течение целого ряда лет в массе распространялся в российские воды в самом начале лета, но начинал смещаться за пределы российских вод уже в конце летнего и начале осеннего периода. Такая ситуация отмечалась в 2005–2007 и 2010–2015 гг. По термическому режиму в 2003–2014 гг. в Беринговом море выделяются два периода: теплый (2003–2006 гг.) и холодный (2007–2013 гг.). В 2014–2015 гг. температура воды в Беринговом море была самой высокой за период 2007–2015 гг. (Zador, 2014, 2015).

Другими словами, очевидно, что термический режим не оказывал существенного влияния на масштаб распространения минтая в российские воды и время начала его массовой миграции в северо-западную часть моря и обратную в юго-восточном направлении, на прилегающий восточноберингоморский шельф.

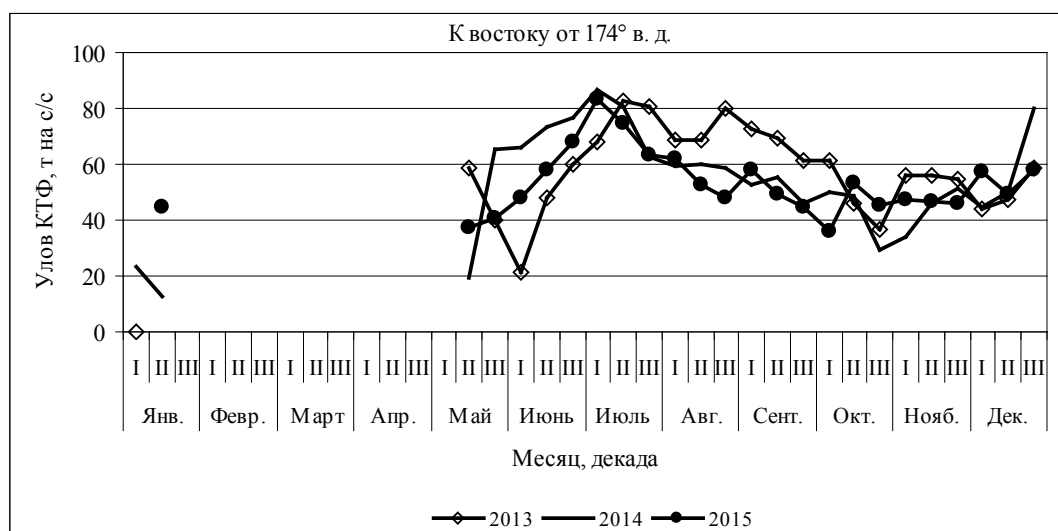


Рис. 2. Динамика декадных уловов минтая (т/судо-сутки лова) крупнотоннажным флотом в северо-западной части Берингова моря (зона Западно-Берингоморская, к востоку от 174° в.д.) в 2013–2015 гг.

Fig. 2. Seasonal dynamics of pollock CPUE (t/day) by factory trawlers in the northwestern Bering Sea (eastward from 174°E) in 2013–2015

Вероятно, основной причиной относительно ранней (конец весны и начало лета) и быстрой миграции минтая из восточной части моря в северо-западную и ранней (конец лета и начало осени) обратной миграции является невысокая численность зоопланктона крупной фракции. Вполне очевидно, что чем ниже численность кормового планктона в восточной части моря, в районах зимовки и основных нерестилищ, тем быстрее мигрирует минтай в северо-западном направлении в весенний период. Масштаб распространения в северо-западную часть моря (в том числе в российские воды) при термическом режиме, близком к среднемуголетнему, остается на высоком уровне. В то же время при небольшой численности планктона в зоне России в конце лета и начале осени может возникать дефицит пищевых объектов для минтая даже при среднем масштабе его распространения в российские воды в летний период (около 1,5 млн т). В результате минтай начинает в массе смещаться на прилегающий обширный восточнберингоморский шельф, где общие ресурсы планктона потенциально в несколько раз выше. Таким образом, при уменьшении численности зоопланктона крупной фракции в Беринговом море изменяются поведение минтая и динамика сезонных миграций.

В годы, когда в российские воды в летне-осенний период распространялось относительно небольшое количество минтая, а численность планктона была высокой, снижения улова на усилие в конце лета и начале осени не было. Например, в 2008–2009 гг., когда биомасса восточнберингоморского минтая находилась на минимальном за последние 30 лет уровне и масштаб его распространения в российскую часть моря в летне-осенний период был относительно небольшим, признаков раннего смещения минтая за пределы российских вод не отмечалось. Напротив, относительно рано минтай начинал смещаться в юго-восточном направлении в конце летнего и начале осеннего периода в годы, когда численность зоопланктона крупной фракции была невысокой (2005–2007 и 2012–2015 гг.) (Zador, 2015; Eisner, 2016). В 2012–2015 гг. в связи с ранними подходами минтая и наибольшей его численностью устойчивые промысловые скопления отмечались в Западно-Берингоморской зоне на участке к востоку от 174° в.д. только в летний период. В 2014–2015 гг. промысловые суточные уловы крупнотоннажного флота достигали 80–120 т уже в первой половине июня.

В 2012 г. массовая миграция минтая из российских вод происходила в сентябре и начале октября. Численность минтая в зоне России в октябре снизилась по сравнению с августом в 2,6 раза, биомасса — в 2,0 раза. В основном в юго-восточном направлении мигрировали половозрелый минтай и молодь в возрасте два года.

В 2013 г. масштабная миграция минтая из российских вод началась раньше — в конце августа. В конце августа и начале сентября большая часть минтая сместилась из Анадырского залива и прилегающих вод в нижнюю часть внешнего шельфа и к югу от разделительной линии, в зону США. В то же время, судя по уловам на усилие промыслового флота, в летний период 2013 г. масштаб распространения минтая в российские воды и Анадырский залив по сравнению с 2011–2012 гг. был значительнее.

В 2014–2015 гг. минтай, прежде всего половозрелый, из российских вод начал активно смещаться еще раньше — в первой половине августа. В 2014 г. в сентябре в Западно-Беринговоморской зоне и в прилегающих водах США преобладал младшевозрастной неполовозрелый минтай поколений 2012–2013 гг. В 2015 г. поколения 2013–2014 гг. преобладали в российских водах уже в августе.

Выше уже отмечалось, что наиболее вероятная причина необычно ранней массовой миграции минтая из российских вод в юго-восточном направлении — относительно небольшая общая численность основных объектов питания, зоопланктона крупной фракции (эвфаузииды и копеподы), в северо-западной части Берингова моря (Дулепова, 2014) и возникающий в конце лета и начале осени дефицит пищи.

По данным съемок, биомасса зоопланктона в северо-западной части Берингова моря в 2011 г. была относительно большой, но ее рост произошел в основном за счет сагитт и в меньшей степени копепод. В 2012 г. биомасса планктона была на 30–40 % ниже, чем в 2011 г., а в 2013 г. — в 1,5–2,0 раза ниже по сравнению с летне-осенним периодом 2012 г. и в 2–3 раза меньше, чем в 2011 г. (Волков, 2013).

По данным планктонологических съемок в последние годы отмечалась тенденция снижения продукции и общей биомассы зоопланктона в северо-западной части Берингова моря. Общая биомасса уменьшилась с 955 мг/м³ (2002–2006 гг.) до 856 мг/м³ (2007–2011 гг.), а биомасса доминирующего вида эвфаузиид *Th. inermis* в этот период сократилась в три раза (Дулепова, 2014). Кроме того, по данным Е.П. Дулеповой (2014), биомасса зоопланктона в 2013 г. уменьшилась в 3,0 раза по сравнению с 2011 г. и в 1,3 раза по сравнению с 2012 г. Наиболее благоприятная кормовая обеспеченность планктоноядных рыб была в 2002–2006 гг., когда величина «реальной» продукции была положительной. В одном из основных районов распространения минтая в летний период, шельфе и прилегающем континентальном склоне, расположенном между мысом Наварин и Наваринским каньоном, биомасса планктона уменьшилась с 271 мг/м³ в 2012 г. до 139 мг/м³ в 2013 г., и «реальная» продукция планктона в 2013 г. впервые стала отрицательной.

По результатам планктонных обловов и гидроакустического зондирования планктона (120 kHz) в восточной и северо-западной частях Берингова моря при проведении стандартных тралово-акустических съемок по минтаю численность эвфаузиид в 2010–2015 гг. ежегодно снижалась, и в 2014–2015 гг. обеспеченность пищей планктоноядных рыб была низкой (Zador, 2014). В 2014–2015 гг. в Беринговом море в составе планктона преобладали мелкие виды копепод, численность эвфаузиид и крупных видов копепод с большим содержанием жира по-прежнему была небольшой (Ianelli et al., 2014, 2015; Zador, 2014, 2015; Eisner, 2016). Численность эвфаузиид на среднем и внешнем шельфе Берингова моря в 2010–2015 гг. была значительно ниже уровня, отмечавшегося в 2004–2009 гг.

Некоторые закономерности межгодовой изменчивости численности поколений минтая

Традиционно большинство исследователей динамики численности рыб считают, что поскольку икра и личинки в наибольшей степени чувствительны к изменчивости экологических условий, то именно выживаемость на ранних стадиях онтогенеза опреде-

ляет численность поколений морских рыб, в том числе минтая Берингова моря (Bailey et al., 1996; Wespestad et al., 1997; Bailey, 1998; Brodeur et al., 1998; Napp et al., 2000). Большая часть специалистов по исследованиям минтая исходит из предположения, что условия обитания и численность личинок, сеголеток могут служить предикторами уровня выживаемости на первом году жизни и в итоге численности его поколений.

Существует предположение, что высокочисленные поколения минтая в Беринговом море появляются в годы с высокой температурой воды и большим переносом течениями икры и личинок в северном направлении, на внутренний шельф (Wespestad et al., 2000; Mueter et al., 2006). Тем не менее в последние годы обнаружено, что теплые океанологические условия могут являться причиной низкой численности пополнения минтая в восточной части Берингова моря (Mueter et al., 2011). Это связывается с гипотезой о том, что в годы с относительно высокой температурой и стратификацией вод на восточноберинговоморском шельфе сеголетки минтая затрачивают больше энергии на рост из своего липидного запаса и к зимнему периоду остаются с меньшей энергообеспеченностью. В свою очередь небольшая энергообеспеченность может иметь следствием низкую выживаемость в зимний период (Swartzman et al., 2005; Winter et al., 2005). Выдвинуто предположение, что в периоды лет с относительно теплыми условиями существует потенциальная вероятность появления поколений небольшой численности (Ianelli et al., 2011). Например, в относительно «теплые» 2003–2005 гг. энергообеспеченность сеголеток минтая в конце летнего периода находилась на низком уровне, который обычно отмечается весной. В период относительно холодных лет (2006–2010 гг.) энергообеспеченность сеголеток минтая в конце летнего периода была значительно выше, что позволило предположить вероятность их лучшей выживаемости зимой.

Другая гипотеза (Mueter et al., 2011) определения индекса выживаемости молоди минтая в зимний период применительно к конкретному поколению основана на значениях температуры воды в Беринговом море и ее изменчивости в июне текущего года и в августе предыдущего года. Положительные значения этого индекса, или хорошие условия выживаемости, соответствуют относительно теплым условиям в весенний период текущего года и холодным в августе предыдущего года.

Сделано предположение, что холодные условия летом способствуют большей энергообеспеченности сеголеток в предзимний период, а теплые условия весной соответствуют раннему таянию льда, лучшему развитию планктона и большей обеспеченности пищей молоди минтая в возрасте 1 года. Названные условия предположительно позитивно влияют на выживаемость на первом году жизни в зимний и весенний периоды. Такие условия отмечались в 2010 и 2011 гг. (относительно холодные в августе 2010 г. и относительно теплые в июне 2011 г.), что принято аргументом в пользу появления в 2010 г. поколения численностью выше среднего. Прогнозировалось (Ianelli et al., 2011; Mueter et al., 2011), что численность поколения 2010 г. должна быть выше средней, однако это предположение не подтвердилось.

Многолетние наблюдения за динамикой численности минтая показали, что прямая зависимость выживаемости поколения на первом году жизни от температуры воды едва ли существует. Минтай как вид потому и достиг стабильно высокой численности в субарктических морях (где условия обитания, в первую очередь температурные, подвержены большой межгодовой изменчивости), что обладает очень высокой устойчивостью к такой изменчивости на всех стадиях онтогенеза (Wespestad et al., 2000).

Недостаток обеих гипотез состоит в том, что они совершенно не учитывают обеспеченность пищей и питание сеголеток в зимний период.

Питание минтая учитывается в другой схеме, предложенной Дж. Хантом с соавторами (Hunt et al., 2011). Однако и здесь основным исходным фактором, определяющим численность минтая, признана температура воды (поверхностная) и в отношении питания подразумевается общая обеспеченность пищей популяции минтая. Сделано предположение, что в относительно теплые годы (в качестве теплого взяты 2004 г.) численность крупного зоопланктона низкая, возникает дефицит пищи, у мин-

тая уменьшается содержание накопленного жира как энергоносителя, увеличивается уровень каннибализма. В результате выживаемость минтая уменьшается, сокращаются численность поколений, общая численность и биомасса популяции. В относительно холодные годы численность крупного зоопланктона высокая, содержание накопленного жира у минтая большое, за счет чего увеличиваются выживаемость рыбы, численность поколений и общая биомасса популяции. Названная схема предполагает, что в периоды относительно теплых лет регулярно возникает голодание минтая и, как следствие, высокая элиминация всех его возрастных групп.

Съемки, проведенные ТИНРО-центром и Аляскинским центром рыбохозяйственных исследований в 1990-х и 2000-х гг., показали, что выживаемость сеголеток минтая в предзимний период в разных районах Берингова моря (даже в очень удаленных друг от друга Бристольском и Анадырском заливах), несмотря на региональные различия экологических условий, часто идентична. Поколение 2000 г. являлось многочисленным для минтая шельфового и глубоководного происхождения. Вероятно, это обусловлено тем, что сеголетки и молодь разных нерестовых группировок на первом году жизни, несмотря на то что нерест на шельфе и в батии происходит в резко различающихся экологических условиях, часто обитают совместно, практически на одних и тех же участках шельфа.

Выживаемость молоди с шельфовых нерестилищ на ранних стадиях развития потенциально может зависеть от таких условий, характерных для шельфовой зоны, как большие градиенты температуры и солености, распространение льда, штормовая активность, направление течений. Экологические условия на глубоководных нерестилищах более стабильны и менее подвержены межгодовой изменчивости. На выживаемость личинок и сеголеток глубоководного происхождения потенциально влияет масштаб водного дрейфа из юго-восточной части Алеутской котловины. Обычно личинки и сеголетки переносятся генеральным течением из шельфовых нерестилищ, расположенных у о. Уника, и глубоководных от о. Богослова в Бристольский залив и в район о-вов Прибылова. Численность сеголеток по данным осенних мальковых съемок может быть высокой в северной мелководной части Бристольского залива и в прибрежных водах о-вов Прибылова.

Исследования возможной зависимости численности поколений от межгодовой динамики общей или нерестовой биомассы восточноберингоморского минтая, проведенные по данным стандартных съемок Аляскинского центра рыбохозяйственных исследований США, величины батимальной нерестовой группировки, температурного фона или распространения льда в Беринговом море показали отсутствие сколько-нибудь значимой связи с этими показателями (рис. 3). Прямой зависимости величины поколений (в возрасте 1 года) от численности их сеголеток в предзимний период также нет (Stepanenko, 2006, 2012; Stepanenko, Gritsay, 2006). Следует отметить, что многолетние данные показали, что численность годовиков достоверно отражает численность поколений.

Исследования причин межгодовой изменчивости численности поколений берингоморского минтая показали ее зависимость от выживаемости на первом году жизни в зимний период (Stepanenko, 2006). Низкий уровень выживаемости минтая на первом году жизни в зимний период, вполне вероятно, связан с резким ограничением рациона видовым составом и размером потенциальных пищевых организмов (Schabetsberger et al., 2003). В настоящее время взаимосвязь изменчивости океанологических условий, состава планктонных сообществ и выживаемости поколений минтая на первом году жизни изучена недостаточно.

Данные многолетних исследований показали, что появление высокочисленных или относительно высокочисленных поколений минтая в Беринговом море, как следствие благоприятных условий воспроизводства и выживания на ранних стадиях онтогенеза, ассоциируется не с продолжительными периодами теплых или холодных климато-океанологических условий, а с короткими периодами перехода от одного термического режима к другому, что для региона Берингова моря является регулярным явлением.

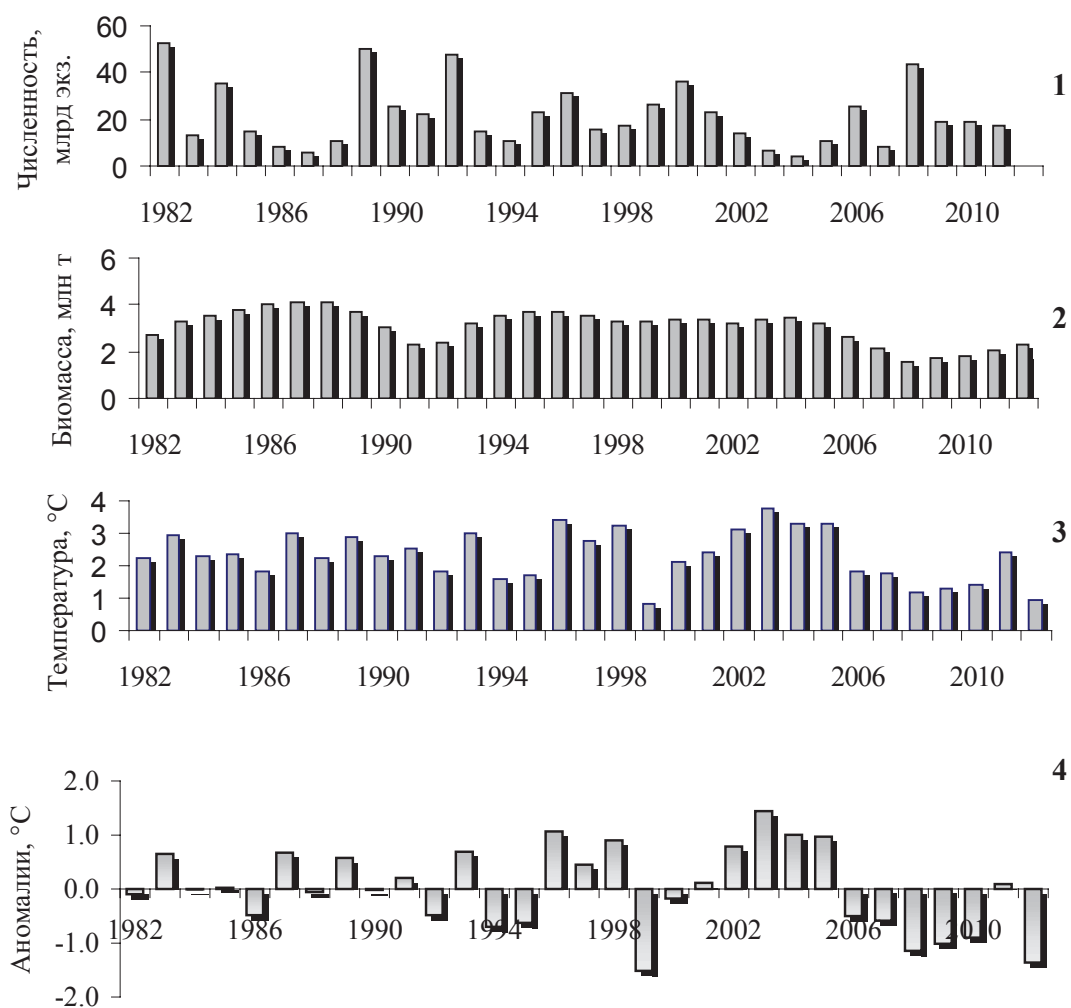


Рис. 3. Межгодовая изменчивость численности поколений (1), биомассы нерестовой части популяции (2) минтая, средней температуры (3) и аномалий температуры воды (4) в придонном слое в Беринговом море в 1982–2012 гг.

Fig. 3. Dynamics of year-classes strength (1) and female spawning biomass (2) for walleye pollock, mean area-weighted bottom temperature (3), and mean bottom temperature anomaly (4) in the eastern Bering Sea in 1982–2012

Например, существование теплого периода в 1997–1999 или в 2002–2005 гг. не вызвало появления многочисленных поколений у минтая Берингова моря.

Не появились высокочисленные поколения в относительно продолжительный холодный период 1985–1988 гг. В то же время на фоне короткого по продолжительности периода изменчивости океанологических условий в сторону похолодания (1978–1979 гг.) появилось самое мощное поколение 1978 г. Поколения высокой и относительно высокой численности (начиная с первой половины 1970-х гг.) появлялись в 1977–1979, 1982–1984, 1989–1992, 1995–1996, 1999–2001, 2006–2008 и 2009–2010 гг. (рис. 3). Как раз в эти годы был отмечен переход или от теплых условий к холодным (1978–1979, 1986–1988, 1994–1995, 1999–2000, 2006–2008 гг.), или от холодных к теплым (1982–1984, 1989–1992, 1996–1998, 2009–2011 гг.).

Факт появления многочисленных или относительно многочисленных поколений именно в период значительных межгодовых градиентов температуры воды и их аномалий в Беринговом море является очевидным и прослеживается в течение всего периода современных наблюдений, хотя причины хорошей выживаемости поколений минтая в такие периоды пока точно неизвестны. Тем не менее вероятная причина появления

поколений высокой численности — не в изменчивости выживания на ранних стадиях онтогенеза (икра и личинки). Большие градиенты температуры, как правило, имеют негативное влияние на выживаемость на ранних стадиях развития большинства видов рыб. Используемые объяснения (в начале теплого периода увеличивается первичная и вторичная продукция и соответственно выживаемость поколения на ранних стадиях онтогенеза минтая и других видов рыб пелагического сообщества, а в начале холодного — уменьшается продукция планктона и выживаемость в этот период (Hunt et al., 2010)) в данном случае неприемлемы. Эта схема не учитывает многих экологических факторов. Тем не менее совершенно очевидно, что изменчивость термических условий, которая в Беринговом море является регулярным явлением, прежде всего оказывает влияние на функционирование планктонных сообществ.

Поскольку рацион питания минтая на первом году жизни в зимний период очень ограничен видовым составом и размером потенциальных пищевых организмов (Schabetsberger et al., 2003), то именно обеспеченность пищей в этот период может быть ключевым фактором, определяющим выживаемость поколения. Так, например, в зимний период 1998 и 1999 гг. в Беринговом море, несмотря на обилие видов кормового зоопланктона, молодь только двух массовых видов копепоид (*Oithona* sp. и *Pseudocalanus* sp.) могла быть потенциальной пищей для сеголеток минтая. В таких условиях вполне вероятно возникновение пищевого дефицита и высокая элиминация сеголеток минтая.

В 2002–2005 гг. (теплый период) общая численность зоопланктона в Беринговом море была небольшой (Волков и др., 2005, 2009), и вполне вероятно, что причиной низкой выживаемости молоди на первом году жизни явился дефицит пищи в зимний период. Появление в 2006 и 2008 гг. многочисленных поколений минтая соответствует сдвигу термического режима в Беринговом море к холодным условиям, когда численность массовых видов зоопланктона, в том числе копепоид, была относительно высокой. Это подтверждает предположение о существовании связи между численностью планктона и выживаемостью сеголеток минтая в зимний период.

В период сдвига климатических условий разнокачественность и численность зоопланктона потенциально может быть выше, чем при продолжительных относительно холодных или теплых термических условиях. В этот период численность видов планктона, которые были многочисленными в уходящих климатических условиях, еще высокая, а численность планктона, который будет преобладать в наступающих климатических условиях, уже увеличивается. Поэтому в такой период потенциально выше и обеспеченность пищей сеголеток минтая в зимний период.

Все имеющиеся в настоящее время данные свидетельствуют в пользу гипотезы о том, что зимний период может быть критическим для выживаемости сеголеток минтая в Беринговом море, что и определяет численность поколений восточноберингоморского минтая.

Заключение

Распространение минтая в российских водах северной части Берингова моря в летне-осенний период ежегодно значительно варьирует в зависимости от изменчивости общей биомассы популяции, численности отдельных поколений, океанологических условий, численности и распределения кормового зоопланктона.

Наиболее вероятно, что основной причиной относительно ранней и быстрой миграции минтая из восточной части моря в северо-западную, ранних обратных миграций минтая в юго-восточном направлении является невысокая численность зоопланктона крупной фракции, который составляет большую часть его рациона в Беринговом море. При низкой численности кормового планктона в восточной части моря (в районах зимовки и основных нерестилищ) минтай быстрее мигрирует в северо-западном направлении в весенний период. При возникающем дефиците пищи в северной части Берингова моря (российские воды) в конце лета — начале осени наблюдается и сдвиг сроков обратных миграций на более раннее время.

Исследования причин межгодовой изменчивости численности поколений берингоморского минтая показали ее зависимость от выживаемости на первом году жизни в зимний период. Низкий уровень выживаемости минтая на первом году жизни в этот период года, вполне вероятно, связан с большим ограничением рациона видовым составом и размером потенциальных пищевых организмов

Данные многолетних исследований показали, что появление поколений минтая в Беринговом море высокой или относительно высокой численности, как следствие благоприятных условий воспроизводства и выживания на ранних стадиях онтогенеза, ассоциируется не с продолжительными периодами теплых или холодных климато-океанологических условий, а с короткими периодами перехода от одного термического режима к другому, что в Беринговом море происходит регулярно.

В настоящее время взаимосвязь изменчивости океанологических условий, состава планктонных сообществ и выживаемости поколений минтая на первом году жизни изучена недостаточно. Полученные нами данные свидетельствуют в пользу гипотезы о том, что зимний период может быть критическим для выживаемости молоди в Беринговом море.

Список литературы

Волков А.Ф. Зависимость питания тихоокеанских лососей от состояния их кормовой базы (по результатам работ экспедиции BASIS в 2003–2012 гг.) // Бюл. № 8 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2013. — С. 58–67.

Волков А.Ф. Состав и распределение зоопланктона и питание тихоокеанских лососей в западной части Берингова моря и СЗТО в осенний период 2002–2008 гг. (результаты съемок по программе «BASIS») // Изв. ТИНРО. — 2009. — Т. 159. — С. 226–242.

Волков А.Ф. Структура планктонного сообщества в восточной части Берингова моря летом-осенью 2012 г. // Бюл. № 7 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2012. — С. 112–119.

Волков А.Ф., Кузнецова Н.А., Слабинский А.М. Структура планктонного сообщества Берингова моря в летне-осенний период (итоги 3-летней работы российско-японско-американской экспедиции по программе «BASIS») // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 143. — С. 219–239.

Волков А.Ф., Кузнецова Н.А., Фарли Е.В., Мёрфи Д.М. Состав и распределение зоопланктона и питание тихоокеанских лососей в восточной части Берингова моря в осенний период 2003–2008 гг. (результаты съемок по программе «BASIS») // Изв. ТИНРО. — 2009. — Т. 158. — С. 275–292.

Грицай Е.В., Степаненко М.А. Межгодовая изменчивость пространственной дифференциации и функционирование восточоберингоморской популяции минтая // Изв. ТИНРО. — 2003. — Т. 133. — С. 80–93.

Дулепова Е.П. Динамика продукционных показателей зоопланктона как основы кормовой базы нектона в западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2014. — Т. 179. — С. 236–249.

Степаненко М.А. Возрастная изменчивость пространственной дифференциации минтая *Theragra chalcogramma* в восточной и северо-западных частях Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 128. — С. 125–135.

Степаненко М.А. Межгодовая изменчивость пространственной дифференциации минтая *Theragra chalcogramma* и трески *Gadus macrocephalus* Берингова моря // Вопр. ихтиол. — 1997. — Т. 37, № 1. — С. 19–26.

Степаненко М.А., Грицай Е.В. Состояние ресурсов, условия обитания и промысел минтая в восточной и северо-западных частях Берингова моря в начале 2010-х годов // Вопр. рыб-ва. — 2013. — Т. 14, № 2(54). — С. 219–241.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. Минтай в экосистемах дальневосточных морей : моногр. — Владивосток : ТИНРО, 1993. — 426 с.

Bailey K.M. Population ecology and structural dynamics of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* // NOAA ERL Special Report. — 1998. — P. 3–54.

Bailey K.M., Brodeur R.D., Hollowed A.B. Cohort survival pattern in walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in Shelikof strait, Alaska: a critical factor analysis // Fish. Oceanogr. — 1996. — Vol. 5 (suppl. 1). — P. 179–188.

Brodeur R.D., Kruse G.H., Livingston P.A. et al. Living marine resources (Groundfish, salmon and crabs // Rept. FOCI Intern. Workshop — Recent Conditions in the Bering Sea, 1998. — P. 37.

- Eisner L.** The Bering Sea: Current status and recent trends // PICES press. — 2016. — Vol. 24, № 1. — P. 42–45.
- Hunt G.L., Jr., Coyle K.O., Eisner L. et al.** Climate impacts on eastern Bering Sea foodwebs: a synthesis of new data and an assessment of the Oscillating Control Hypothesis // PICES press. XIX Ann. Conf. — 2010. — P. 15.
- Hunt G.L., Jr., Coyle K.O., Eisner L. et al.** Climate impacts on eastern Bering Sea foodwebs: a synthesis of new data and an assessment of the Oscillating Control Hypothesis // ICES Journ. of Marine Science. — 2011. — Vol. 68(6). — P. 1230–1243.
- Ianelli J.N., Hollowed A.B., Haynie F.J. et al.** Evaluating management strategies for Eastern Bering Sea walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in a changing environment // ICES Journ. of Marine Science. — 2011. — Vol. 68(6). — P. 1297–1304.
- Ianelli J.N., Honkalehto T., Barbeaux S., Kotwicki S.** Assessment of the walleye pollock stock in the Eastern Bering Sea // NPFMC Bering Sea and Aleutian Islands Stock assessment and fishery evaluation report for the groundfish resources for 2015. — 2014. — P. 102 (<http://www.afsc.noaa.gov/REFM/Stocks/assessment.htm>).
- Ianelli J.N., Honkalehto T., Barbeaux S., Kotwicki S.** Assessment of the walleye pollock stock in the Eastern Bering Sea // NPFMC Bering Sea and Aleutian Islands Stock assessment and fishery evaluation report for the groundfish resources for 2016. — 2015. — P. 100 (<http://www.afsc.noaa.gov/REFM/Stocks/assessment.htm>).
- Mueter F.J., Bond N.A., Ianelli J.N., Hollowed A.B.** Expected declines in recruitment of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern Bering Sea under future climate change // ICES Journ. of Marine Science. — 2011. — Vol. 68(2). — P. 1284–1296.
- Mueter F.J., Ladd C., Palmer M.C., Norcross B.L.** Bottom-up and top-down controls of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) on the eastern Bering Sea shelf // Progress in Oceanography. — 2006. — Vol. 68. — P. 152–183.
- Napp J.M., Kendall A.W., Schumacher J.D.** A synthesis of biological and physical processes affecting the feeding environment of larvae walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern Bering Sea // Fish. Oceanogr. — 2000. — Vol. 9(2). — P. 147–162.
- Schabetsberger R., Szatcensny M., Drozdowski G. et al.** Size-dependent, Spatial, and Temporal Variability of Juvenile Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) Feeding at a Structural Front in the Southeast Bering Sea // Marine Ecology. — 2003. — Vol. 24, № 2. — P. 141–164.
- Stepanenko M.A.** Bering Sea pollock recruitment, abundance, distribution and approach to fishery management under changing environment // PICES press. XXI Ann. Conf. — 2012. — P. 74–75.
- Stepanenko M.A.** Interannual variability of juvenile and 1-year-old pollock abundance and recruitment in the Bering Sea // Abstr. 24th Lowell Wakefield Fish. Symp. «Resiliency of Gadid Stocks to Fishing and Climate Change». — Anchorage, Alaska, 2006. — P. 151.
- Stepanenko M.A., Gritsay E.V.** Eastern Bering Sea Pollock recruitment, abundance, distribution and approach to fishery management // Fish. Sci. — 2014. — Vol. 80(1). — P. 151–160.
- Stepanenko M.A., Gritsay E.V.** Effect of biological and physical factors on recruitment variability of eastern Bering Sea pollock // PICES press. XIV Ann. Conf. — 2006. — P. 152.
- Swartzman G.L., Winter A.G., Coyle K.O. et al.** Relationship of age-0 pollock abundance and distribution around the Pribilof Islands with other shelf regions of the Eastern Bering Sea // Fish. Res. — 2005. — Vol. 74. — P. 273–287.
- Wespestad V.G., Fritz L., Ingraham W.J., Megrey B.A.** On relationships between cannibalism, climate variability, physical transport and recruitment success of Bering Sea walleye pollock, *Theragra chalcogramma* // ICES Intern. Symp. recruitm. dynamics expl. marine populations: physical-biological interactions. — Baltimore, 1997. — P. 12.
- Wespestad V.G., Fritz L.W., Ingraham W.J., Megrey B.A.** On relationships between cannibalism, climate variability, physical transport, and recruitment success of Bering Sea walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) // ICES Journ. of Marine Science. — 2000. — Vol. 57. — P. 272–278.
- Winter A.G., Swartzman G.L., Cianelli L.** Early- to late-summer population growth and prey consumption by age-0 pollock (*Theragra chalcogramma*), in two years of contrasting pollock abundance near the Pribilof Islands, Bering Sea // Fish. Oceanography. — 2005. — Vol. 14, № 4. — P. 307–320.
- Zador S.** Ecosystem considerations 2014 // 2014 Stock Assessment and Fishery Evaluation Report for the Groundfish Resources of the Bering Sea/Aleutian Islands Region // Techn. Rep. NPFMC. — 2014. — P. 263.
- Zador S.** Ecosystem considerations 2015 // 2015 Stock Assessment and Fishery Evaluation Report for the Groundfish Resources of the Bering Sea/Aleutian Islands Region // Techn. Rep. NPFMC. — 2015. — P. 297.

Поступила в редакцию 17.03.16 г.