

Промысловые виды и их биология

УДК 597.555.5 (265.51)

**Межгодовая изменчивость экологических условий
и пространственная дифференциация минтая в Беринговом море***М.А. Степаненко, Е.В. Грицай*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»),
г. Владивосток

E-mail: mikhail.stepanenko@tinro-center.ru

Межгодовая изменчивость экологических условий в Субарктике и Беринговом море в отдельные периоды имеет большое значение и оказывает значительное влияние как на выживаемость и численность поколений минтая, так и на его поведение, распределение, сезонные миграции, состояние планктонного сообщества. В результате возникает необходимость изменять и стратегию промысла минтая, в частности, уменьшать или увеличивать уровень промыслового использования и распределение промысловых усилий во временном и пространственном аспекте. Особенное значение понимания изменчивости экологических условий и их влияния на поведение, распределение и сезонные миграции минтая имеет для управления рыболовством в российских водах северо-западной части Берингова моря, так как восточно-берингоморский минтай в массе распространяется в этот регион только в летне-осенний период. Известно, что 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 (прежде всего, температуры вод), численности, видового состава и распределения кормового зоопланктона.

Ключевые слова: Берингово море, экологические условия, межгодовая изменчивость, минтай *Theragra chalcogramma*, поведение, сезонные миграции, пространственная дифференциация, управление рыболовством.

ВВЕДЕНИЕ

Климатические и океанологические условия в северной части Тихого океана и Беринговом море в последнее десятилетие значительно изменялись в межгодовом плане. В свою очередь изменялись и экологические условия, биологические процессы и экосистемные связи. Реакция живых организмов, в том числе объектов рыбных ресурсов носит разнонаправленный

характер. Изменения условий обитания могут значительно влиять на состояние популяции восточно-берингоморского минтая. Воспроизводство, численность поколений, биомасса популяции, сезонные миграции, распространение в большей степени варьируют в зависимости от изменчивости экологических условий. Сезонные миграции минтая и распространение в нагульный, летне-осенний период в большей

степени зависят от температуры, численности и распределения предпочтительной, высококалорийной пищи — зоопланктона крупной фракции (эвфаузииды и крупные копеподы). При небольшой численности зоопланктона в Беринговом море минтай мигрирует из восточной части моря в северо-западную часть, включая российские воды, раньше, по сравнению со среднемноголетними показателями, — в конце весны и начале лета и с большей скоростью. Кроме того, в такие периоды обратная миграция в юго-восточном направлении из северо-западной части моря начинается раньше — в конце лета и начале осени. Основная причина ранней миграции — возникающий дефицит высококалорийной пищи в северо-западной части моря.

Долгопериодная и короткопериодная межгодовая изменчивость экологических условий характерна для субарктических морей и оказывает большое влияние на состояние планктонного сообщества, воспроизводство, сезонные миграции, распределение, питание рыб. Рыбы и беспозвоночные организмы Субарктики ежегодно подвергаются экстремальной сезонной и межгодовой изменчивости температуры и ледовых условий. Знание тенденций влияния изменчивости экологических условий на популяции рыб может способствовать более точному прогнозированию изменений их численности, распространения и использованию этих данных для совершенствования управления рыболовством. Для этих целей необходимо определить и выделить долгопериодную изменчивость, как часть вариабельности климато-океанологических процессов в обширном регионе северной части Тихого океана, и локальную, короткопериодную. Стратегия рыболовства должна соответствовать изменчивости численности и пространственной дифференциации популяций промысловых рыб под влиянием природных факторов.

Распространение минтая в летне-осенний период в значительной степени зависит от океанологических условий. Наибольшее распространение его во всех батиметрических зонах отмечается в периоды относительно тёплых лет и, напротив, распространение в северо-западную часть моря может быть ограничено низкой температурой воды в придонном слое.

Понимание характера изменчивости экологических условий, биоразнообразия экосистемы может предоставить возможность совершенствования стратегии и тактики управления рыболовством. В этой связи необходимо выделить компоненты экосистемы, которые могут служить индикаторами её изменчивости, и определить те из них, которые потенциально могут иметь наибольшее влияние на функционирование популяции минтая.

Особенности управления рыболовством минтая в российской части Берингова моря состоят в том, что этот регион составляет небольшую, краевую часть ареала восточно-берингоморской популяции, куда он в массе распространяется только в летне-осенний период из восточной части моря (зона США). Поскольку ресурсы восточно-берингоморского минтая являются общими для России и США, контроль за их состоянием производится по координированным программам в соответствии с Двусторонним межправительственным соглашением от 1988 г. Управление рыболовством восточно-берингоморского минтая производится в экономических зонах России и США независимо, в соответствии с национальным законодательством каждой страны. Обе страны в рамках Межправительственного Консультативного Комитета (МКК) предпринимают действия по совершенствованию управления рыболовством минтая в Беринговом море.

Основная цель данной работы показать влияние межгодовой изменчивости некоторых экологических факторов, в частности климато-океанологических условий, состояния планктонного сообщества на сезонные миграции, пространственную дифференциацию восточно-берингоморского минтая, а также необходимость выбора наиболее значимых экологических индикаторов для использования в совершенствовании управления его рыболовством в Беринговом море.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Данные по межгодовой изменчивости климато-океанологических показателей, планктонных сообществ, численности, пространственного распределения, сезонных миграций минтая в Беринговом море собраны в регу-

лярных тралово-акустических и донных траловых съёмках в восточной и северо-западной частях Берингова моря, проводимых ФГБНУ «ТИНРО-Центр» и Аляскинским центром рыбохозяйственных исследований США (AFSC) начиная с 1970-х гг.

Информация о продуктивности планктонных сообществ, функционировании экосистемы в северо-западной и западной частях Берингова моря собраны в комплексных съёмках ФГБНУ «ТИНРО-Центр» начиная с 1986 г.

ФГБНУ «ТИНРО-Центр» выполнял крупномасштабные экспедиции на всём беринговоморском шельфе и прилегающем континентальном склоне (включая экономическую зону США) ежегодно вплоть до 1992 г. и с 1996 г. проводит регулярные учётные съёмки 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, 2016 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 ФГБНУ «ТИНРО-Центр» программе. С 1992 г. Аляскинский центр проводит тралово-акустические съёмки в Беринговом море с участием сотрудников ФГБНУ «ТИНРО-центр».

Данные по температурным условиям собраны при проведении донных и тралово-акустических съёмок в восточной (AFSC, США) и северо-западной (ФГБНУ «ТИНРО-Центр») частях Берингова моря гидрологическим зондом Seabird и ХВТ.

Использованы многолетние материалы планктонных съёмок Аляскинского центра (AFSC) в разных районах Берингова моря в 2000–2016 гг., в том числе полученные при реализации международной программы исследования лососей (NPAFC-BASIS).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Межгодовая изменчивость экологических условий в Беринговом море и возможность их использования для определения в качестве индикаторов, пространственная дифференциация минтая в Беринговом море.

Океанологические условия в северной части Тихого океана характеризовались положительными температурными аномалиями, начиная с 2013 г. В 2015–2016 гг. положительные аномалии температуры усилились влиянием очередного явления Эль-Ниньо.

Температура воды в Беринговом море была выше среднемноголетних показателей в 2002–2005 гг., близкой к средней в 2006 г., ниже среднего значения в 2007–2012 гг. [Eisner, 2016; Eisner et al., 2016]. Температурные показатели имели значения выше среднемноголетних начиная с конца 2013 г. и продолжались до 2018 г. В 2016 г. распространение льда в зимний период и площадь области холодных вод в северо-западной части моря летом были минимальными, а температура в придонном и поверхностном слоях на шельфе и над континентальным склоном была максимальной за последние 35 лет [Zador et al., 2016]. Ещё более высокие положительные аномалии температуры воды отмечены в Беринговом море в 2017–2018 гг.

Численность зоопланктона крупной фракции в Беринговом море значительно изменяется в межгодовом плане, главным образом, в зависимости от термического режима. Численность эуфазиид была очень низкой в 2001–2006 гг., в период с 2004 по 2010 гг. она увеличивалась и вновь уменьшалась с 2010 по 2016 гг. [Kimmel, 2016; Ressler, 2016]. Увеличение их численности, как правило, связано с относительно холодными периодами. Численность крупных копепод была на среднем уровне в 2003–2005 гг., и максимальной — в холодный период 2007–2012 гг. Мелкие копеподы преобладают в тёплые периоды. Например, мелкие копеподы преобладали в планктоне шельфовой зоны Берингова моря в 2015–2017 гг. Весной 2016 г. они составляли 99% зоопланктона, крупные копеподы отмечались только в некоторых локальных районах внешнего шельфа юго-восточной части моря. В осенний период этого года крупные копеподы составляли 20% планктона только в мелководной зоне (глубина около 70 м) северо-западной части моря.

Выживаемость сеголеток минтая может зависеть от их энергообеспеченности в предзимний период. Энергообеспеченность сеголеток

минтая в Беринговом море была минимальной в 2003 г., увеличивалась в последующие годы вплоть до 2010 г. и затем снижалась до 2016 г. [Heintz, 2016]. Очевидно, что энергообеспеченность сеголеток выше в относительно холодные годы и обеспечение их большим количеством энергии происходит за счёт крупных копепод с большим содержанием жира. Энергетический запас в сеголетках был низким в тёплые 2003–2005 гг., высоким — в холодные 2007–2012 гг. и на среднем уровне — в тёплые 2014–2015 гг. [Andrews et al., 2016].

Существует положительная зависимость между численностью крупных копепод и эвфазиид в период жизнедеятельности поколения минтая на стадии сеголеток в летне-осенний период и численностью его 1-годовиков в последующий год [Eisner et al., 2016].

Кроме того, обнаружена зависимость между значениями температуры в Беринговом море в предзимний период (август), послезимний период следующего года (июнь) и воспроизводством минтая [Yasumiishi, 2016]. В условиях относительно прохладного лета численность крупного зоопланктона и энергообеспеченность сеголеток минтая выше [Coyle et al., 2011; Heintz, et al., 2013]. Относительно тёплый весенний период способствует лучшему развитию фитопланктона и хорошей обеспеченности пищей зоопланктона. Сделан вывод, что при прохладном лете и тёплой весне выживаемость сеголеток минтая выше.

В качестве индикаторов сдвига климата некоторыми исследователями использованы данные о состоянии популяций 16 видов рыб (численность поколений, вылов на усилие, общий вылов) в 1965–2015 гг.: в том числе минтая, донных видов, лососей [Frandsen, 2016]. По этим признакам заметный сдвиг климата отмечен в 1976–1977 гг. и 2008 г.

Таким образом, наиболее надёжными индикаторами изменчивости экологических условий в Беринговом море, которые потенциально могут иметь значительное влияние на функционирование популяции минтая, являются температура воды и численность зоопланктона крупной фракции (эвфаузииды и крупные виды копепод с большим содержанием жира).

Межгодовая изменчивость поведения, миграций, распределения восточно-берингоморского минтая и условия промысла в российской части моря. Промысел минтая в Западно-Берингоморской зоне основан преимущественно на минтае восточно-берингоморской популяции, воспроизводство которого происходит, главным образом, в восточной части Берингова моря [Степаненко, 2003; Грицай, Степаненко, 2003]. Численность и биомасса восточно-берингоморского минтая подвержена большим межгодовым изменениям. В середине 1990-х гг. биомасса, по данным съёмки, уменьшилась до 5,5–6,0 млн т, в начале 2000-х гг. — увеличилась до 7,0–8,0 млн т; к 2006–2008 гг. вновь уменьшилась до 4,5–5,5 млн т, а в 2009 г. снизилась до минимального за предыдущие 30 лет уровня — 3,4 млн т. Вследствие этого снизился ежегодный улов как в северо-западной части Берингова моря (зона России), так и в восточной (зона США).

Экспедиционные исследования, проведённые в 2010–2017 гг. практически на всем ареале восточно-берингоморского минтая, показали, что его численность и биомасса в этот период значительно изменялись. В последние годы появились многочисленные (2008 и 2012 гг.) и несколько средних по численности поколений (2006, 2009–2011, 2013–2014 гг.), в результате чего к 2014 г. биомасса минтая увеличилась до уровня выше среднего (около 10,0 млн т). Увеличение биомассы может быть одной из предпосылок значительного распространения минтая в северо-западную часть моря (в том числе в российские воды) в летне-осенний период. В 2015–2017 гг. его численность и биомасса уменьшилась в результате выбывания ряда старшевозрастных высокочисленных и средних по численности поколений, но остаётся на уровне выше среднего. Численность поколений, которые появились в аномально тёплые по гидрологическим условиям 2015–2016 гг., — ниже среднего уровня.

Межгодовая изменчивость численности восточно-берингоморского минтая определяется, большей частью, причинами природного характера. Российские воды Берингова моря составляют лишь небольшую северо-западную часть ареала восточно-берингомор-

ского минтая, куда он в массе распространяется только в нагульный (летне-осенний) период. Численность его в этом регионе и результативность промысла зависят не только от состояния ресурсов, но и масштаба распространения в северо-западную часть моря летом и в начале осени, сроков и динамики обратной предзимовальной миграции в восточную часть моря. Распространение минтая в российские воды ежегодно варьирует в зависимости от его общей биомассы, численности отдельных поколений, возрастного состава, численности и распределения кормового зоопланктона в разных районах моря, изменчивости океанологических условий.

В 1990-е гг. минтай (как посленерестовый, так и неполовозрелый) начинал распространяться в значительном числе из восточной части Берингова моря в северо-западную уже в конце весны и начале лета. На рубеже 1990-х — 2000-х гг., напротив, все большее количество минтая оставалось в нагульный период на восточно-берингоморском шельфе, в том числе в юго-восточной части моря. В 2004–2017 гг. масштаб распространения минтая в северо-западную часть Берингова моря вновь увеличился, хотя в абсолютном выражении он существенно изменялся в межгодовом плане в зависимости от численности и биомассы популяции и других факторов.

Основная причина увеличения распространения минтая в северо-западную часть моря в 2004–2006 гг. — дефицит кормового зоопланктона в юго-восточной части Берингова моря, так как численность его в этом регионе (как на шельфе, так и прилегающей глубоководной части) в период 2002–2006 гг. существенно уменьшилась. В то же время в эти годы океанологические условия в Беринговом море, были относительно «тёплыми» и температура вод не лимитировала распространение минтая в северо-западную часть моря в нагульный период.

В конце первого десятилетия 2000-х гг. ситуация изменилась: термический режим в Беринговом море в 2007–2008 гг. сдвинулся в сторону похолодания, а численность зоопланктона во всей шельфовой зоне Берингова моря в 2007–2011 гг. увеличилась. Относительно холодный период продолжался

до 2013–2014 гг. Низкая температура воды в зимне-весенний период и в первой половине лета в 2006–2008 гг. отмечалась как в северо-западной части Берингова моря (в том числе в зоне России), так и в юго-восточной. «Холодные» условия в северо-западной части моря, особенно выраженные в российских водах, явились одной из причин более поздней (конец лета — начало осени) массовой миграции минтая в Наваринский район, а общий масштаб её в течение всего промыслового сезона был ниже среднеевропейского. Кроме того, дефицита кормового зоопланктона в восточной части Берингова моря в эти годы не возникало, так как биомасса минтая была относительно небольшой, а численность планктона высокой.

Невысокая обеспеченность пищей минтая в восточной части моря может отмечаться в летний период при его высокой биомассе и относительно небольшой численности зоопланктона крупной фракции. Увеличение масштаба распространения и скорости миграции минтая в северо-западную часть моря в такой ситуации является естественным проявлением фактора плотности.

В 2012–2014 гг. в зимний период условия были «холодными», но сезонный прогрев вод шёл относительно быстро, а в 2015–2018 гг. аномально «тёплые» гидрологические условия отмечались в течение всего года. В летний период 2012–2018 гг. температурный фактор не препятствовал распространению минтая в северо-западную часть моря, в том числе в российские воды. Быстрый сезонный прогрев вод в северо-западной части моря в весенний период 2012–2018 гг. явился одной из причин более масштабного распространения минтая в российские воды в первой половине лета.

Большое, а в отдельные годы или периоды лет определяющее влияние на распространение минтая и результативность промысла в северо-западной части моря в летне-осенний период оказывает численность, видовой состав и распределение зоопланктона в Беринговом море, прежде всего, основных, предпочтительных объектов питания минтая — эвфаузиид и крупных видов копепод. Наличие большого количества кормового, высококалорийного планктона является необходимым условием масштабного распространения минтая в этот

регион и устойчивости здесь его промысловых скоплений.

В 2012–2017 гг. в планктонном сообществе Берингова моря произошли большие изменения — численность эвфаузиид и крупных видов копепод с большим содержанием жира значительно уменьшилась, в планктоне и питании минтая стали преобладать мелкие виды копепод. Численность зоопланктона крупной фракции резко снизилась в 2013 г. и была по данным съёмки в 1,5–2,0 раза ниже, чем в 2012 г. Высокой продукция нехищного зоопланктона была в 2010–2011 гг. (до 5081 мг/м³), не-большой — в 2012–2013 гг. (до 2716 мг/м³) [Дулепова, 2017]. В 2014–2016 гг. тенденция снижения численности эвфаузиид, по данным этого автора, продолжилась. Общая биомасса эвфаузиид и копепод в эти годы снизилась по сравнению с 2011 г. в 3,9–4,3 раза.

По оценкам состава планктонного сообщества Берингова моря проведённых в экспедициях Аляскинским центром рыбохозяйственных исследований (AFSC) в мае — октябре 2016 г. абсолютно преобладали мелкие виды копепод [Eisner, 2017]. Их численность составляла в весенне-летний период около 4000 экз/м³, в осенний — более 8000 экз/м³. Численность эвфаузий и хетогнат была очень низкой во все сезоны. Максимальное количество крупных (более 2 мм) копепод (около 80 экз/м³) отмечалось весной, в летний период и в начале осени численность их многократно снизилась. Многолетние данные по межгодовой изменчивости численности, видового состава зоопланктона показали их большую зависимость от изменчивости климата и термического режима вод [Дулепова, 2014, 2017; Eisner et al., 2016; Kimmel, 2016; Ressler, 2016; Zador, 2015, 2016]. Увеличение численности эвфаузиид и крупных видов копепод, как отмечено выше, происходит в относительно «холодные» периоды, мелкие копеподы многочисленны в относительно «тёплые» периоды лет.

В соответствии с изменением в составе планктонного сообщества изменяется и поведение минтая в нагульный период. В связи с относительно небольшой численностью зоопланктона крупной фракции в Беринговом море значительно увеличилась скорость миграции в северо-западную часть моря как по-

сленерестового, так и младшевозрастного минтая в начале нагульного периода [Степаненко, Грицай, 2016]. В последние годы он начинает распространяться в большом числе в российские воды уже в первой половине июня.

В 2012–2017 гг. в северо-западной, российской части Берингова моря относительно большая численность кормового зоопланктона (эвфаузииды, крупные копеподы) отмечалась только весной и в первой половине лета. Уже в конце августа — начале сентября численность его значительно уменьшалась в результате выедания планктоноядными рыбами, возникал дефицит предпочтительной высококалорийной пищи. Поэтому обратная миграция минтая в юго-восточном направлении начиналась необычно рано, и в конце лета — начале осени значительная его часть (в основном крупной половозрелой рыбы) смещалась в юго-восточном направлении, в том числе в прилегающую восточную часть моря (в 2012 г. — в октябре, в 2013 г. — в конце августа — сентябре, в 2014–2017 гг. — в первой половине августа).

В годы с высокой численностью зоопланктона крупной фракции в Беринговом море (как это отмечалось в 2011 г.) минтай распространяется в российскую часть моря медленно в течение лета, максимальная численность отмечается в первой половине осени, и численность его остаётся высокой в этом регионе до ноября (рис. 1). Совершенно другая ситуация отмечается в период низкой численности планктона крупной фракции. Минтай распространяется в российские воды в большом масштабе в самом начале летнего периода, но численность его здесь значительно уменьшается уже в августе (рис. 2).

Данные многолетних наблюдений за работой флота на промысле минтая показывают, что даже при разных условиях среды интенсивный промысел в российской части Берингова моря отмечается в июле. Тем не менее, межгодовая изменчивость количества минтая в этом регионе и соответственно вылов в этот период значительно варьируют в межгодовом плане (рис. 3).

Таким образом, наиболее надёжными экологическими индикаторами для прогнозирования поведения, распределения, миграций

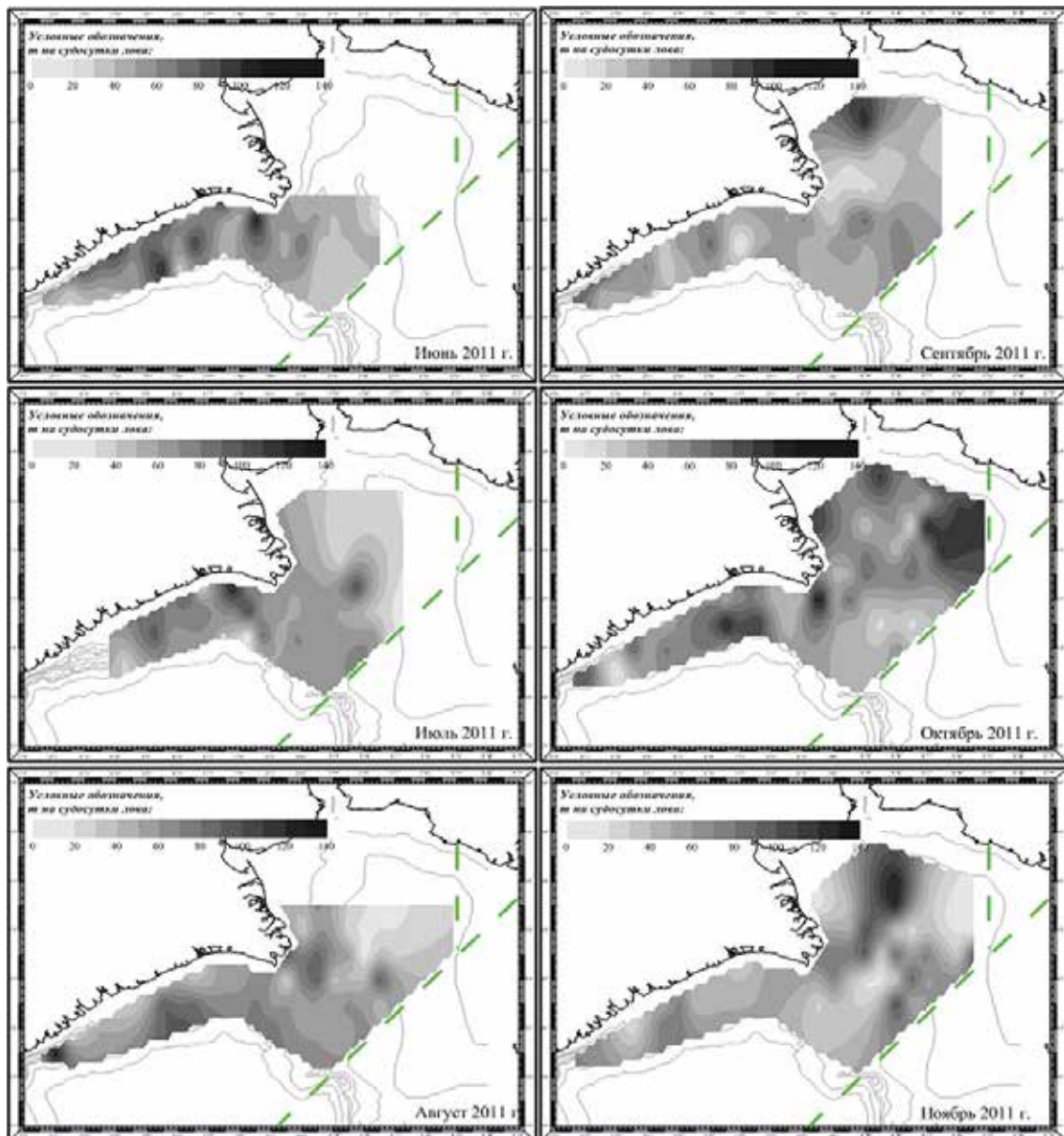


Рис. 1. Распределение плотности скопления мияты в Западно-Беринговоморской зоне (на участке к востоку от 174° в. д.) в июне — ноябре 2011 г. (по данным уловов крупнотоннажного флота)

мияты, необходимыми в целях построения наиболее оптимальной стратегии рыболовства, являются изменчивость климата, температурный режим, видовой состав и численность зоопланктона. Воспроизводство и численность зоопланктона в Беринговом море в большой степени зависит от межгодовой изменчивости климата и термического режима вод. При сдвиге климата в сторону похолодания в Беринговом море сезонный прогрев вод в северо-западной части моря происходит относительно медленно, увеличивается численность

предпочтительной, высококалорийной пищи мияты — зоопланктона крупной фракции. В результате миграция мияты в северо-западном направлении из районов зимовки и нереста в нагульный период идёт относительно медленно, в большом числе он начинает распространяться в российскую часть моря, как правило, только со второй половины июля, и до конца осени его численность здесь остаётся высокой.

В относительно тёплые периоды лет в Беринговом море в составе зоопланктона преобладают мелкие виды копепоид, сезонный

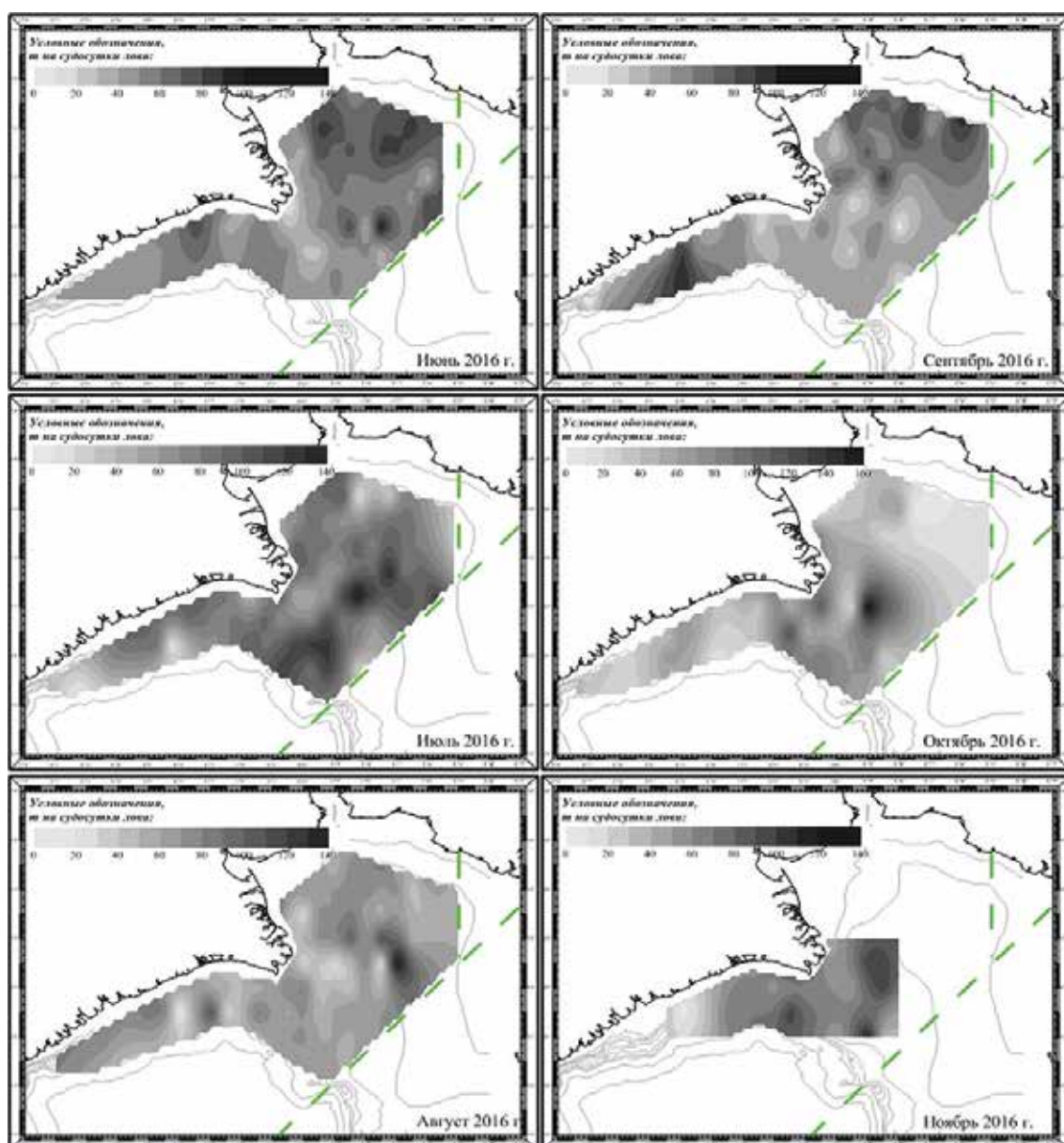


Рис. 2. Распределение плотности скоплений минтая в Западно-Беринговоморской зоне (на участке к востоку от 174° в. д.) в июне — ноябре 2016 г. (по данным уловов крупнотоннажного флота, т на судо-сутки лова)

прогрев вод в северо-западной части моря происходит быстро. Поэтому минтай всех возрастных групп мигрирует в северо-западную часть моря быстрее и распространяется в российские воды в большом числе уже в самом начале лета.

Тем не менее, он начинает в массе смещаться в юго-восточном направлении (в восточную часть моря, в том числе за пределы российских вод) из-за возникающего дефицита пищи уже в конце летнего и начале осеннего периода.

Исследования показали, что существует не только значительная межгодовая изменчи-

вость распространения минтая в российскую часть Берингова моря из восточной части, но и различия пространственной дифференциации минтая различных размерно-возрастных групп в этом регионе. Пространственная дифференциация этих групп может значительно варьировать в межгодовом плане, прежде всего, в зависимости от океанологических условий, направления и силы течений, температуры вод, распределения и численности основного пищевого объекта — зоопланктона крупной фракции. Знание названных закономерностей име-

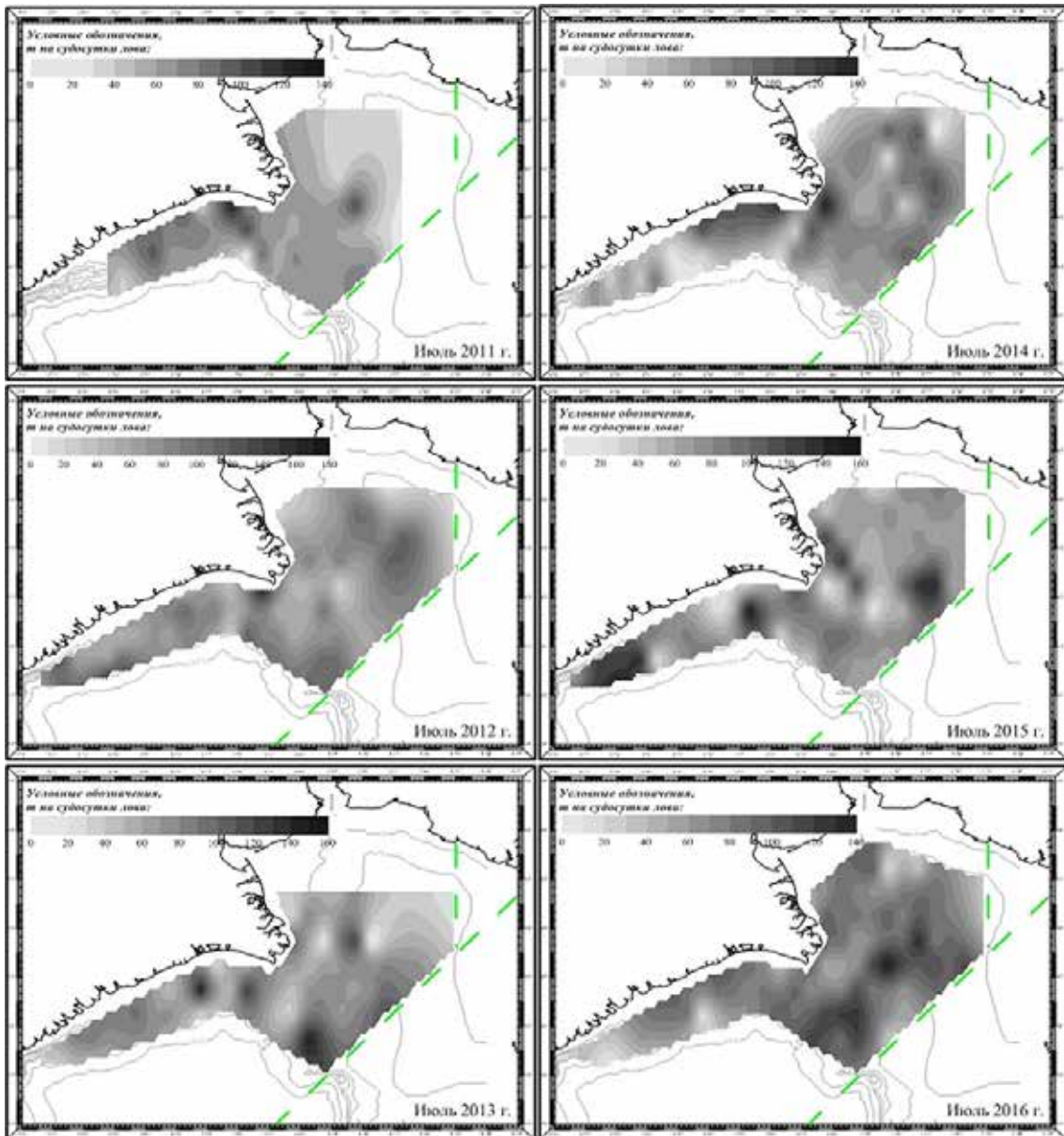


Рис. 3. Распределение плотности скопления минтая в Западно-Беринговоморской зоне (на участке к востоку от 174° в. д.) в июле 2011–2016 гг. (по данным уловов крупнотоннажного флота, т на судо-сутки лова)

ет и практическое значение, так как промысел минтая в северо-западной части моря ведётся в двух смежных зонах — Западно-Беринговоморской и Чукотской.

Для сравнения использованы результаты летних донных траловых съёмок в 2012 г. (относительно холодный год) и в 2015 г. (относительно тёплый год).

Биомасса минтая в придонном слое Западно-Беринговоморской зоны в летний период 2012 г. оценена в 902,5 тыс. т, численность —

2,66 млрд. экз.; в 2015 г. — 1,07 млн т и 10,98 млрд. экз., соответственно (КУ — 1,0). В Чукотской зоне биомасса минтая в 2012 г. оценена в 61,8 тыс. т, численность — в 109,5 млн экз.; в 2015 г. — 44,07 тыс. т и 263,0 млн экз., соответственно.

Обращает на себя внимание тот факт, что масштаб распространения младшевозрастного минтая в российскую часть моря в 2015 г. значительно выше по сравнению с 2012 г. Численность молоди размером до 17 см в 2015 г.

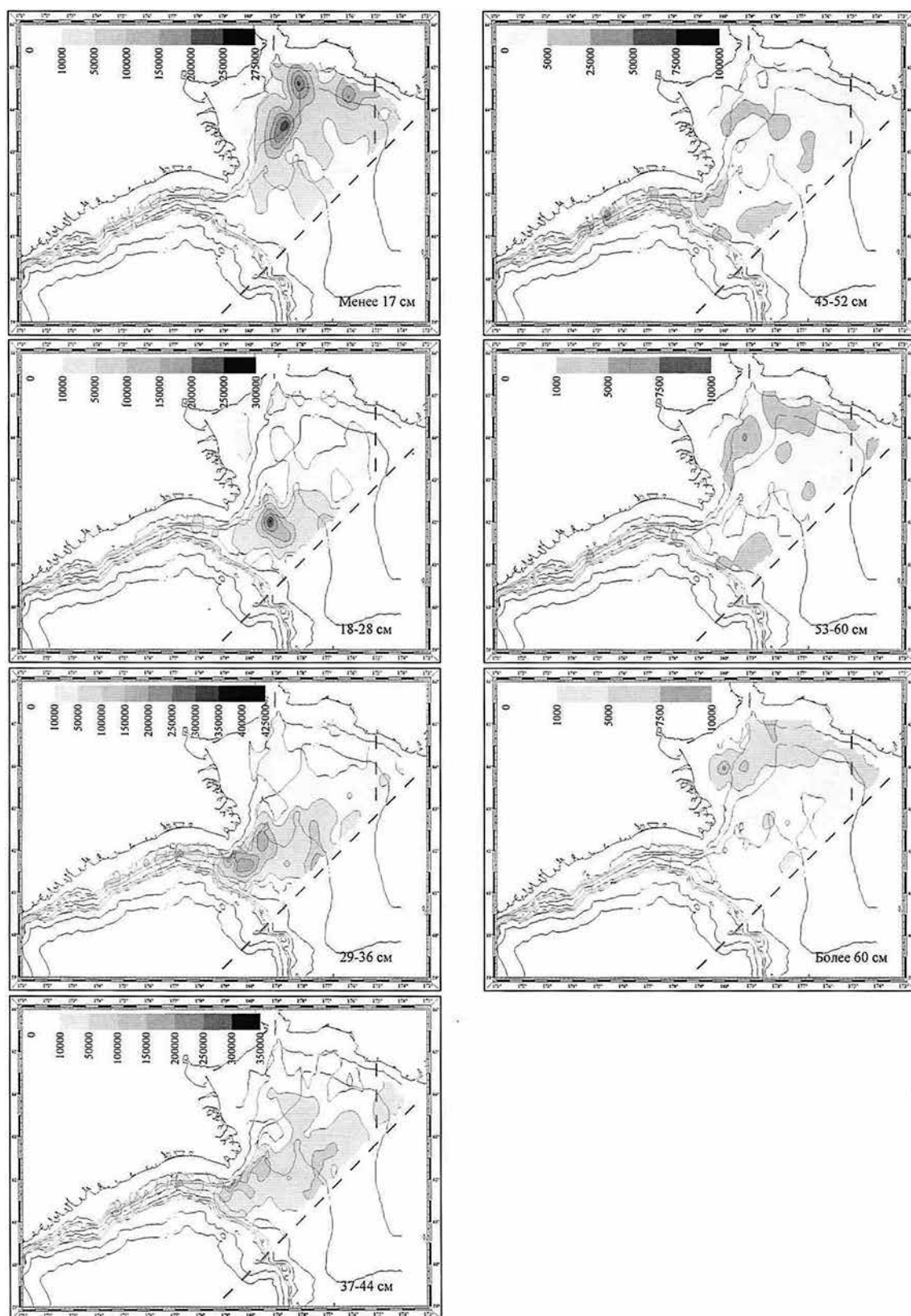


Рис. 4. Плотность распределения (экз/км²) различных размерных групп минтая в северной части Берингова моря в июле-августе 2012 г. (по результатам донной траловой съёмки)

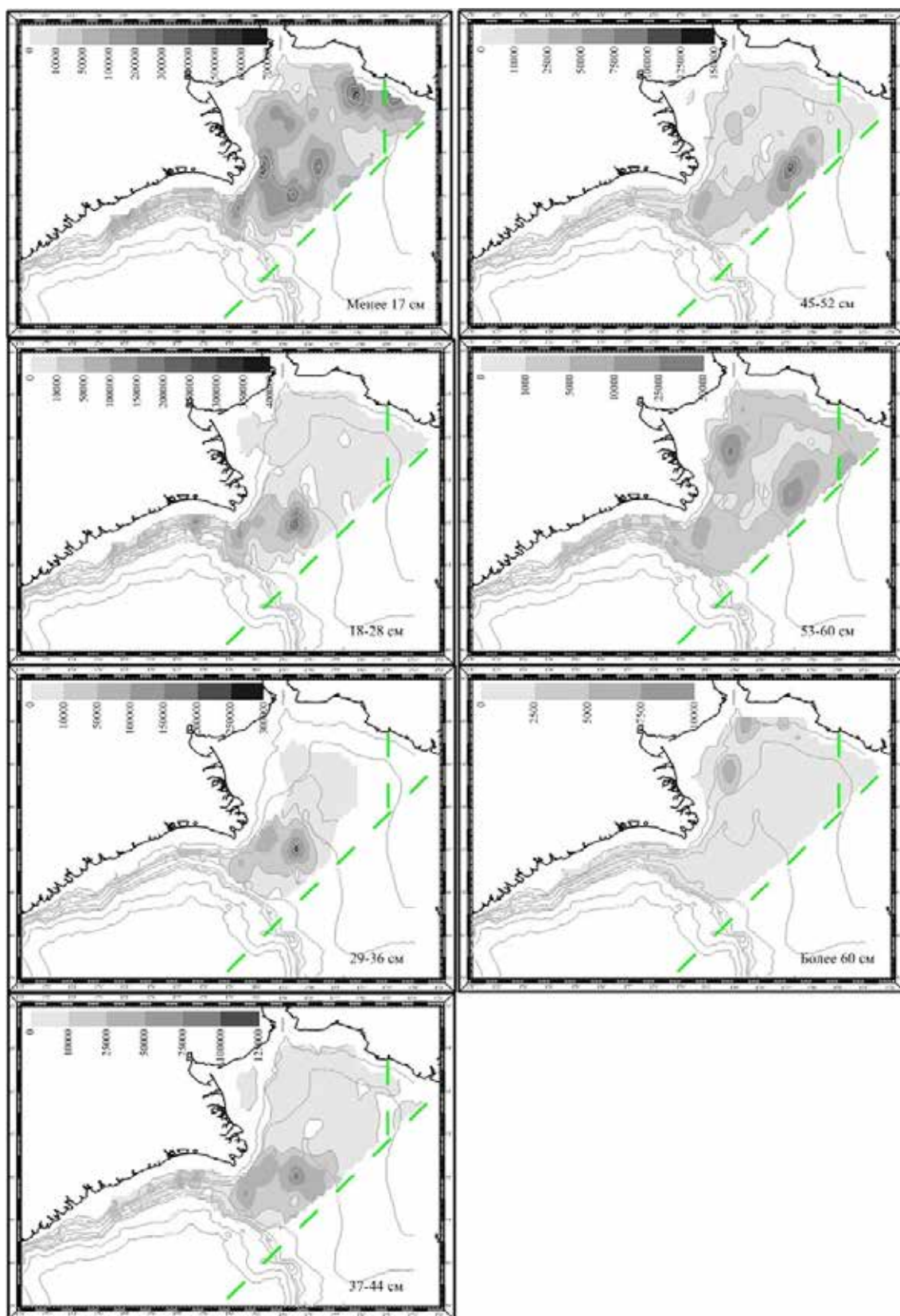


Рис. 5. Плотность распределения (экз/км²) различных размерных групп минтая в северной части Берингова моря в июне-августе 2015 г. (по результатам донной траловой съёмки)

в Западно-Беринговоморской зоне была в 4,8 раза, биомасса — в 8,1 раза выше, чем в 2012 г., в Чукотской зоне, соответственно — выше в 7,3 и 14,5 раза (рис. 4, 5).

Межгодовая изменчивость распределения сеголеток и годовиков разного размера связана как с динамикой и силой преобладающих течений, которые переносят в большом числе молодь на большие расстояния, так и районом происхождения молоди в восточной части Берингова моря. Как правило, более крупная рыба в возрасте 1 года преобладает в нижней части шельфа Западно-Беринговоморской зоны, прилегающей к разделительной линии, более мелкая — в Анадырском заливе. Причина такой закономерности распределения заключается в том, что в российскую зону Центрально-Беринговоморским течением в первую очередь выносятся молодь, имеющая происхождение с ближайшего крупного нерестилища, расположенного у о-вов Прибылова, и значительно позже — с нерестилищ юго-восточной части моря. Молодь из юго-восточной части моря всегда более крупная, так как нерест в этом регионе происходит в феврале — первой половине марта, а в районе о-вов Прибылова — в апреле.

Средняя плотность распределения минтая длиной более 17 см в Западно-Беринговоморской зоне в 2012 и 2015 гг. сравнима (17,4 и 19,7 т/км²). Основная часть младше- и средневозрастного минтая в эти годы концентрировалась на шельфе, расположенном между м. Наварин и разделительной линией, а также у северной части корякского побережья (см. рис. 4, 5). Старшевозрастной минтай в летний период наиболее многочислен в центральной и северной частях Анадырского залива, а также на наиболее холодном мелководном шельфе восточной части Западно-Беринговоморской зоны.

Межгодовая изменчивость температурных условий в северо-западной части Берингова моря, распределение зоопланктона крупной фракции оказывают значительное влияние на поведение и распределение разных размерных групп минтая в этом регионе в летний период. Об этом свидетельствуют данные по его размерному составу в придонном слое Западно-Беринговоморской (к западу от 175°00 з. д.)

и Чукотской (к востоку от 175°00 з. д.) зон в 2012 и 2015 гг. В 2012 г. в Западно-Беринговоморской зоне преобладающую размерную группу составлял минтай длиной 12–43 см. В 2015 г. в придонном слое преобладала молодь длиной 13–18 см, численность минтая длиной 20–55 см была небольшой. Это связано с тем, что в августе 2015 г., как отмечено выше, значительная часть крупного половозрелого минтая из-за дефицита предпочтительной пищи уже сместилась в прилегающую восточную часть моря.

Существует и межгодовая изменчивость распространения разных размерных групп в Чукотской зоне. В 2015 г. в Чукотской зоне минтай длиной 10–17 см составлял 94,9% общей численности. В 2012 г. молодь длиной менее 17 см также была многочисленной в Чукотской зоне, но преобладала более старшевозрастная рыба длиной 36–40 см, относительно многочисленным был и старшевозрастной минтай (50–65 см), а размерная группа 18–30 см отсутствовала совсем. Кроме того, в 2015 г. минтай в этой зоне был распространён преимущественно у дна, в 2012 г. — как у дна, так и в пелагиали.

Эти данные свидетельствуют о том, что распространение различных размерно-возрастных групп минтая в северо-западной части Берингова моря, их поведение, миграции в большей степени зависят от океанологических условий, численности и распределения зоопланктона крупной фракции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетние данные по распространению, поведению, сезонным миграциям минтая в Беринговом море, межгодовой изменчивости океанологических условий, видового состава и численности планктонного сообществ по результатам научно-исследовательских съёмок, наблюдения за работой промыслового флота показали, что основным фактором, определяющим поведение, распределение минтая в нагульный период, является обеспеченность пищей на всех стадиях жизненного цикла. Несмотря на высокую продуктивность Берингова моря, дефицит высококалорийной предпочтительной пищи, в разной степени проявления, является постоянным и неизменным эле-

ментом функционирования такого высокочисленного вида как минтай. Внутривидовая конкуренция за пищу может обостряться при большой численности популяции минтая в относительно тёплые периоды, когда численность зоопланктона крупной фракции относительно невелика.

Несмотря на большое многообразие экологических факторов, которые потенциально могут влиять на пространственную дифференциацию минтая, наиболее надёжными экологическими индикаторами для прогнозирования поведения, распределения, миграций минтая, распространения в российскую часть Берингова моря, и необходимыми в целях построения наиболее оптимальной стратегии рыболовства являются изменчивость климата, температурный режим, видовой состав и численность зоопланктона.

Существует не только значительная межгодовая изменчивость распространения минтая в российскую часть Берингова моря из восточной части, но и большие ежегодные различия пространственной дифференциации минтая различных размерно-возрастных групп в этом регионе. Пространственная дифференциация размерно-возрастных групп может варьировать в межгодовом плане в зависимости от океанологических условий, направления и силы течений, температуры вод, распределения и численности основного пищевого объекта — зоопланктона крупной фракции.

ЛИТЕРАТУРА

- Грицай Е.В., Степаненко М.А. 2003. Межгодовая изменчивость пространственной дифференциации и функционирование восточно-берингоморской популяции минтая // Известия ТИНРО. Т. 133. С. 80–93.
- Дулепова Е.П. 2014. Динамика продукционных показателей зоопланктона как основы кормовой базы нектона в западной части Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 179. С. 236–249.
- Дулепова Е.П. 2017. Динамика продукционных показателей зоопланктона в северо-западной части Берингова моря в современный период // Известия ТИНРО. Т. 187. С. 187–196.
- Степаненко М.А. 2003. Нерестовые группировки минтая в восточной части Берингова моря и их функционирование // Известия ТИНРО. Т. 133. С. 67–79.
- 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.
- Andrews A., Siddon E., Auburn-Cook M. 2016. A new index of age-0 walleye Pollock prey quality provides a leading indicator of energetic content // Techn. Report NPFMC. P. 124–125.
- Coyle, K.O., Eisner L., Mueter F., Pinchuk J., A., Janout M., Ciciel K., Farley E., Andrews A. 2011. Climate change in the southeastern Bering Sea: impacts on pollock stocks and implications for the Oscillating Control Hypothesis // Fisheries Oceanography. V. 20. P. 139–156.
- Eisner L. 2016. The Bering Sea: Current status and recent trends // PICES press. V. 24. No. 1. P. 42–45.
- Eisner L., Gann J., Ciciel K. 2016. Variations in temperature and salinity during late summer/early fall 2002–2015 in the eastern Bering Sea — BASIS // Techn. Report NPFMC. P. 69–72.
- Eisner L. 2017. The Bering Sea: Current status and recent trends // PICES press. V. 25. No. 1. P. 46–49.
- Frandsen M., Zador S. 2016. Regime shift indicators for the eastern Bering Sea // Techn. Report NPFMC. P. 149–154.
- Kimmel D. 2016. Eastern Bering Sea zooplankton assessment time-series hindcast // Techn. Report NPFMC. P. 97–98.
- Heintz, R. A., E.C. Siddon, E.V. Farley Jr, and J.M. Napp. 2013. Correlation between recruitment and fall condition of age-0 pollock (*Theragra chalcogramma*) from the eastern Bering Sea under varying climate conditions // Deep Sea Res. 94. P. 150–156.
- Heintz, R. A., E.C. Siddon, Farley E.V. 2016. Fall energetic condition of age-0 walleye pollock predicts survival and recruitment success // Techn. Report NPFMC. P. 122–124.
- Ressler P. 2016. Eastern Bering Sea Euphausiids ('krill') // Techn. Report NPFMC. P. 98–102.
- Yasumiishi E. 2016. Pre — and post-winter temperature change index and the recruitment of Bering Sea Pollock // Techn. Report NPFMC. P. 129–131.
- Zador S., Siddon E. Ecosystem considerations 2016. Status of the Eastern Bering Sea Marine Ecosystem // Techn. Report NPFMC. P. 208.
- Zador S. 2015. Ecosystem considerations 2015 — Stock Assessment and Fishery Evaluation Report for the Groundfish Resources of the Bering Sea/Aleutian Islands Region // Techn. Report NPFMC. P. 297.

Поступила в редакцию 27.08.2018 г.
Принята после рецензии 25.09.2018 г.

Commercial species and their biology

Environmental variability and spatial differentiation pollock in the Bering Sea*M.A. Stepanenko, E.V. Gritsay*

Pacific Research Fisheries Centre (FSBSI «TINRO-Centre»), Vladivostok

Environmental variability in Subarctic and in the Bering Sea affects on recruitment, abundance, behavior and seasonal spatial distribution of pollock and plankton community which challenge on fishery management strategy. Understanding of environmental driven changes in pollock population can be used to improve predictions of assessed population and will positively affect on recreational fishing, commercial harvest and fishery-dependent coastal communities. Especially this knowledge explores the impacts of environmental projections to applied fishery problems in the northwestern Bering Sea, Russian waters, where eastern Bering Sea pollock (*Theragra chalcogramma*) migrates just in summer and autumn periods, for development of environmental-enhanced strategy of fishery management. The great annual differences of pollock seasonal migration and spatial distribution are related with variability of it population abundance, temperature condition and zooplankton species composition, abundance and distribution in the Bering Sea.

Keywords: Bering Sea, environmental conditions, annual variability, pollock *Theragra chalcogramma*, behavior, seasonal migrations, spatial differentiation, fishery management.

REFERENCES

- Gritsay E.V., Stepanenko M.A.* 2003. Mezhsobodovaya izmenchivost' prostranstvennoj differentsiatsii i funktsionirovanie vostochnoberingovomorskoj populyatsii mintaya // *Izvestiya TINRO*. T. 133. S. 80–93. [*Gritsay E.V., Stepanenko M.A.* 2003. Interannual variability of spatial differentiation of the pollock population in the eastern Bering Sea and its functioning // *Izv. TINRO*. Vol. 133. P. 80–93.].
- Dulepova E.P.* 2014. Dinamika produktsionnykh pokazatelej zooplanktona kak osnovy kormovoj bazy nektona v zapadnoj chasti Beringova morya // *Izvestiya TINRO*. T. 179. S. 236–249. [*Dulepova E.P.* 2014. Dynamics of production parameters for zooplankton at the main component of forage base for nekton in the western Bering Sea // *Izv. TINRO*. V.179. P. 236–249.].
- Dulepova E.P.* 2017. Dinamika produktsionnykh pokazatelej zooplanktona v severo-zapadnoj chasti Beringova morya v sovremennyj period // *Izvestiya TINRO*. T. 187. S. 187–196. [*Dulepova E.P.* 2017. Dynamics zooplankton production parameters in the north-western Bering Sea in the modern period // *Izv. TINRO*. V.187. P. 187–196].
- Stepanenko M.A.* 2003. Nerestovye gruppirovki mintaya v vostochnoj chasti Beringova morya i ikh funktsionirovanie // *Izvestiya TINRO*. T. 133. S. 67–79. [*Stepanenko M.A.* 2003. Structure and functioning of Bering Sea pollock spawning aggregations // *Izv. TINRO*. Vol. 133. P. 67–79].
- Stepanenko M.A., Gritsay E.V.* 2016. Sostoyanie resursov, prostranstvennaya differentsiatsiya i vosproizvodstvo mintaya v severnoj i vostochnoj chastyakh Beringova moray // *Izvestiya TINRO*. T. 185. S. 16–30. [*Stepanenko M.A., Gritsay E.V.* 2016. Assessment of stock, spatial distribution and recruitment of walleye pollock in the northern and eastern Bering Sea // *Izv. TINRO*. Vol. 185. P. 16–30].
- Andrews A., Siddon E., Auburn-Cook M.* 2016. A new index of age-0 walleye Pollock prey quality provides a

- leading indicator of energetic content // Techn. Report NPFMC. P. 124–125.
- Coyle, K.O., Eisner L., Mueter F. Pinchuk J., A., Janout M., Ciciel K., Farley E., Andrews A. 2011. Climate change in the southeastern Bering Sea: impacts on pollock stocks and implications for the Oscillating Control Hypothesis // Fisheries Oceanography. V. 20. P. 139–156.
- Eisner L. 2016. The Bering Sea: Current status and recent trends // PICES press. V. 24. No. 1. P. 42–45.
- Eisner L., Gann J., Ciciel K. 2016. Variations in temperature and salinity during late summer/early fall 2002–2015 in the eastern Bering Sea — BASIS // Techn. Report NPFMC. P. 69–72.
- Eisner L. 2017. The Bering Sea: Current status and recent trends // PICES press. V. 25. No. 1. P. 46–49.
- Frandsen M., Zador S. 2016. Regime shift indicators for the eastern Bering Sea // Techn. Report NPFMC. P. 149–154.
- Kimmel D. 2016. Eastern Bering Sea zooplankton assessment time-series hindcast // Techn. Report NPFMC. P. 97–98.
- Heintz, R. A., E.C. Siddon, E.V. Farley Jr, and J.M. Napp. 2013. Correlation between recruitment and fall condition of age-0 pollock (*Theragra chalcogramma*) from the eastern Bering Sea under varying climate conditions // Deep Sea Res. 94. P. 150–156.
- Heintz, R. A., E.C. Siddon, Farley E.V. 2016. Fall energetic condition of age-0 walleye pollock predicts survival and recruitment success // Techn. Report NPFMC. P. 122–124.
- Ressler P. 2016. Eastern Bering Sea Euphausiids ('krill') // Techn. Report NPFMC. P. 98–102.
- Yasumiishi E. 2016. Pre- and post-winter temperature change index and the recruitment of Bering Sea Pollock // Techn. Report NPFMC. P. 129–131.
- Zador S., Siddon E. Ecosystem considerations 2016 — Status of the Eastern Bering Sea Marine Ecosystem // Techn. Report NPFMC. P. 208.
- Zador S. 2015. Ecosystem considerations 2015 — Stock Assessment and Fishery Evaluation Report for the Groundfish Resources of the Bering Sea/Aleutian Islands Region // Techn. Report NPFMC. P. 297.

FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.** Pollock density distribution (CPUE, mt/per day) in the northwestern Bering Sea in June-November 2011 (by factory trawlers catch data)
- Fig. 2.** Pollock density distribution (CPUE, mt/per day) in the northwestern Bering Sea in June-November 2016 (by factory trawlers catch data)
- Fig. 3.** Pollock density distribution (CPUE, mt/per day) in the northwestern Bering Sea in July 2011–2016 (by factory trawlers catch data)
- Fig. 4.** Pollock size groups density distribution (sp/km²) in the northwestern Bering Sea in July-August 2012 (by bottom-trawl survey data)
- Fig. 5.** Pollock size groups density distribution (sp/km²) in the northwestern Bering Sea in June-August 2015 (by bottom-trawl survey data)