

Среда обитания водных
биологических ресурсовДиагноз и прогноз условий среды
обитания гидробионтов

УДК 551.467:639.2

**Региональные особенности ледовитости
в Западно-Камчатской промысловой подзоне
и термобарические условия их формирования.***Л.С. Муктепавел*

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

E-mail: Larisa.Muktepavel@tinro-center.ru

В целях освоения биологических ресурсов шельфовой зоны Охотского моря ставится задача дистанционного изучения региональных особенностей развития ледовых процессов в промысловых районах моря. Одним из основных промысловых районов Охотского моря является Западно-Камчатская подзона — это район северо-восточного сектора акватории к востоку от 153°30' в. д., ограниченный с юга широтой 54° с. ш. В каждом из районов моря реализуются присущие ему особенности сезонного хода ледовитости, отличные от смежных акваторий, и независимые от общей площади льда. Геофизические процессы влияют на ледяной покров через сложную опосредованную связь, включающую в себя изменения параметров атмосферной циркуляции. Выявлены критические, аномальные состояния ледяного покрова в районах Западно-Камчатской промысловой подзоны и причинно-следственные связи его формирования в период проведения минтаевой путины за период 2006–2017 гг. Представлен механизм влияния термобарических условий, подтверждающий влияние Охотского тропосферного циклона (ОТЦ) и Тихоокеанского тропосферного гребня на формирование аномальных ледовых условий в Охотском море в целом и в отдельных локальных районах его акватории.

Ключевые слова: спутниковая информация, ледяной покров, атмосферная циркуляция, охотский тропосферный циклон, минтай, промысловая подзона.

DOI: 10.36038/2307-3497-2020-180-128-139

ВВЕДЕНИЕ

Минтай Охотского моря вот уже несколько десятилетий является главным объектом крупномасштабного промысла, о чем свидетельствуют объёмы вылова и количество добывающего флота, задействованного в период промысла минтая. В 1990-х гг. в северной части Охотского моря ежегодно добывалось

более 1,5 млн. т минтая, что составляло 65% суммарного вылова по дальневосточному бассейну (по данным рейсового отчёта БМРТ «Пеленга», 2017). Основной промысел охотоморского минтая осуществляется в Западно-Камчатской подзоне — это район северо-восточного сектора акватории к востоку от 153°30' в. д., ограниченный с юга ши-

ротой 54° с. ш. С учётом стратегического значения минтая как объекта промысла, особую актуальность имеет постоянный контроль состояния запасов, анализ влияния факторов среды на урожайность поколений, оценка реального вылова. Метеоусловия и ледовая обстановка существенно влияют на результативность промысла. Знание причинно-следственных связей изменчивости ледовой обстановки и термобарических полей позволяет выделять районы и сроки благоприятные для ведения промысла в зимних условиях. В этой связи продолжение работ по выявлению различных взаимозависимостей между характеристиками атмосферы и льда, нуждаются в дальнейшей конкретизации и являются важным этапом исследования причинно-следственных связей необходимых в прогностических разработках [Семенов, Соколина, 2015]. В условиях изменения климата полученные данные помогут оценивать возможный отклик экосистем морских водоёмов на аномальные явления погоды и прогнозируемые ледовые условия.

Важной практической задачей является регулярный мониторинг состояния ледяного покрова в промысловых подзонах Охотского моря в период проведения минтаевой путины с января по апрель для формирования прогнозов. Последние используются для определения районов формирования промысловых скоплений, для расстановки добывающего флота в целях безопасного проведения промысловых операций вдоль границы льда.

Целью работы являлось выявлению критического, аномального состояния ледовитости в районах Западно-Камчатской промысловой подзоны в период проведения минтаевой путины и причинно-следственных связей его формирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основной информации для детального анализа структуры ледяного покрова и пространственное положение ледовой кромки в отдельных промысловых районах Охотского моря используются материалы регулярных съёмок российских и американских спутников с высоким пространственным разрешением.

Дополнительно используются ежедневные цветосинтезированные спутниковые изображения ледяного покрова (данные радиометра AMSR2/Sea ice concentration. JAXA EORC).

Используется созданный в лаборатории космических методов исследования ТИНРО, электронный архив карт ледовых условий и декадной площади льда в Западно-Камчатской промысловой подзоне.

Для ежедневного анализа барических полей над Азией и Тихим океаном использовались:

- карты приземного давления и геопотенциала H_{500} , составляемые Японским Метеорологическим Агентством [JMA 2018] и карты вертикальных профилей геопотенциала поля H_{500} и H_{925} за 2014 и 2015 гг., построенные в ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» [ДЦ ФГБУ, 2018].

При характеристике атмосферных процессов использованы:

- архивы реанализа ESRL/Physical Sciences Division атмосферного давления, геопотенциала H_{500} и температуры воздуха в узлах регулярной сетки $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ за период с 1948–2018 гг. [ESRL, 2018]

- архивы–данные системы Cliware ESRL ВНИИГМИ-МЦД: карты полей температуры воздуха и давления на уровне моря, векторные поля направления и скорости ветровых переносов [ВНИИГМИ-МЦД, 2018];

- векторные ветровые поля скатерометров OceanSat-2 (NOAA), ASCAT (Метеор-А, В).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С 2006 г. выделяется период 2008–2013 гг., когда район Западно-Камчатской подзоны характеризовался преимущественно повышенной ледовитостью (рис. 1). Пик ледовитости в 2012 г зафиксирован в 3-й декаде февраля и составил 94,5% от площади подзоны. Сезоны 2014, 2015 гг. отличались минимальными значениями площади льда. Абсолютный минимум (61%) пришёлся на 2-ю декаду февраля 2014 г.

Ледовые сезоны 2010, 2012, 2016, 2017 гг. можно считать экстремальными по ледовым условиям. С января по март 2016 г. сце-

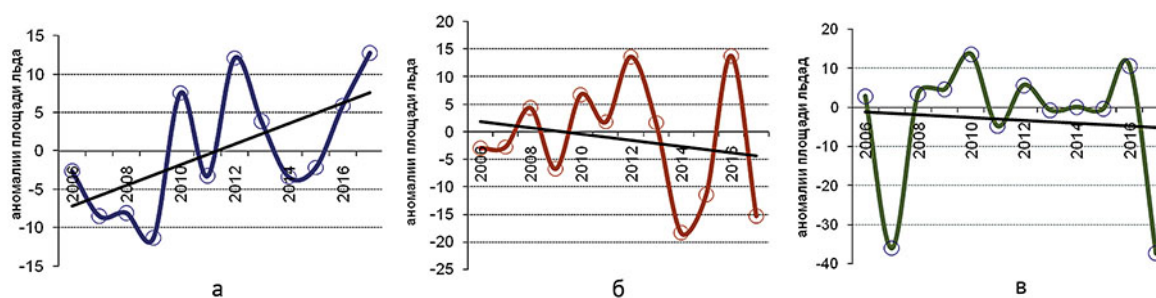


Рис. 1. Многолетний ход аномалий площади льда в Западно-Камчатской промысловой подзоне в центральных декадах января (а), февраля (б), марта (в)

нарий развития ледяного покрова в районе Западно-Камчатской подзоны развивался по типу аномально ледовитых зим (рис. 1 а, б, в). В период максимального развития льда с первой половины февраля по март сезонное выхолаживание северных и центральных районов Охотского моря вызывало активизацию нарастания зоны тяжёлых льдов (рис. 2 а, б).

К концу февраля площадь льда достигала максимума (97,5%), что на 3% выше, чем в экстремально ледовитом для района 2012 г. (рис. 1 б).

Сезон 2017 г. в Западно-Камчатской подзоне можно классифицировать как экстремально малоледовитый (рис. 1 б, в). Отличительной особенностью являлось быстрое разрушение ледяного пояса на шельфе западной Камчатки в период максимального развития ледяного покрова. Уже со 2-й декады февраля по середину марта в заливе Шелихова и вдоль северного побережья от Охотска до Магадана площадь и сплочён-

ность льда существенно уменьшалась (рис. 2 в, г). Среднее значение площади льда в центральной декаде февраля в подзоне составляло 64,1%, что почти на 20% ниже значения прошедшего сезона (рис. 1 б).

В силу сложившихся погодных условий, фаза весеннего разрушения отличалась резким сокращением ледяного покрова (более чем на 50%) с середины 2-й декады марта по 2-ю декаду апреля (с 59% до 6,36%). Значения площади льда с марта по апрель являлись минимальными за последний 10-летний период наблюдения, а темпы сокращения опережали темпы самого малоледовитого в подзоне 2014 г.

Процесс ледообразования в восточной части Охотского моря связан как с глобальными атмосферными процессами, так и с динамикой вод. Ледовитость в южной части Западно-Камчатской подзоны зависит и от адвективного притока тёплых океанских вод через северные Курильские проливы. Район подзоны находится в зоне влияния,

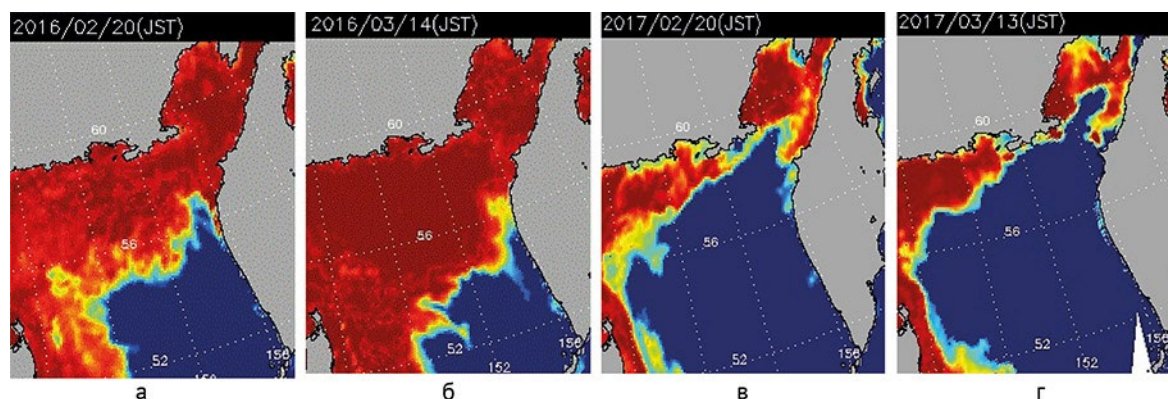


Рис. 2. Ледовые условия в Западно-Камчатской промысловой подзоне в аномальные сезоны 2016 и 2017 гг. (GCOM-W1/AMSR2)

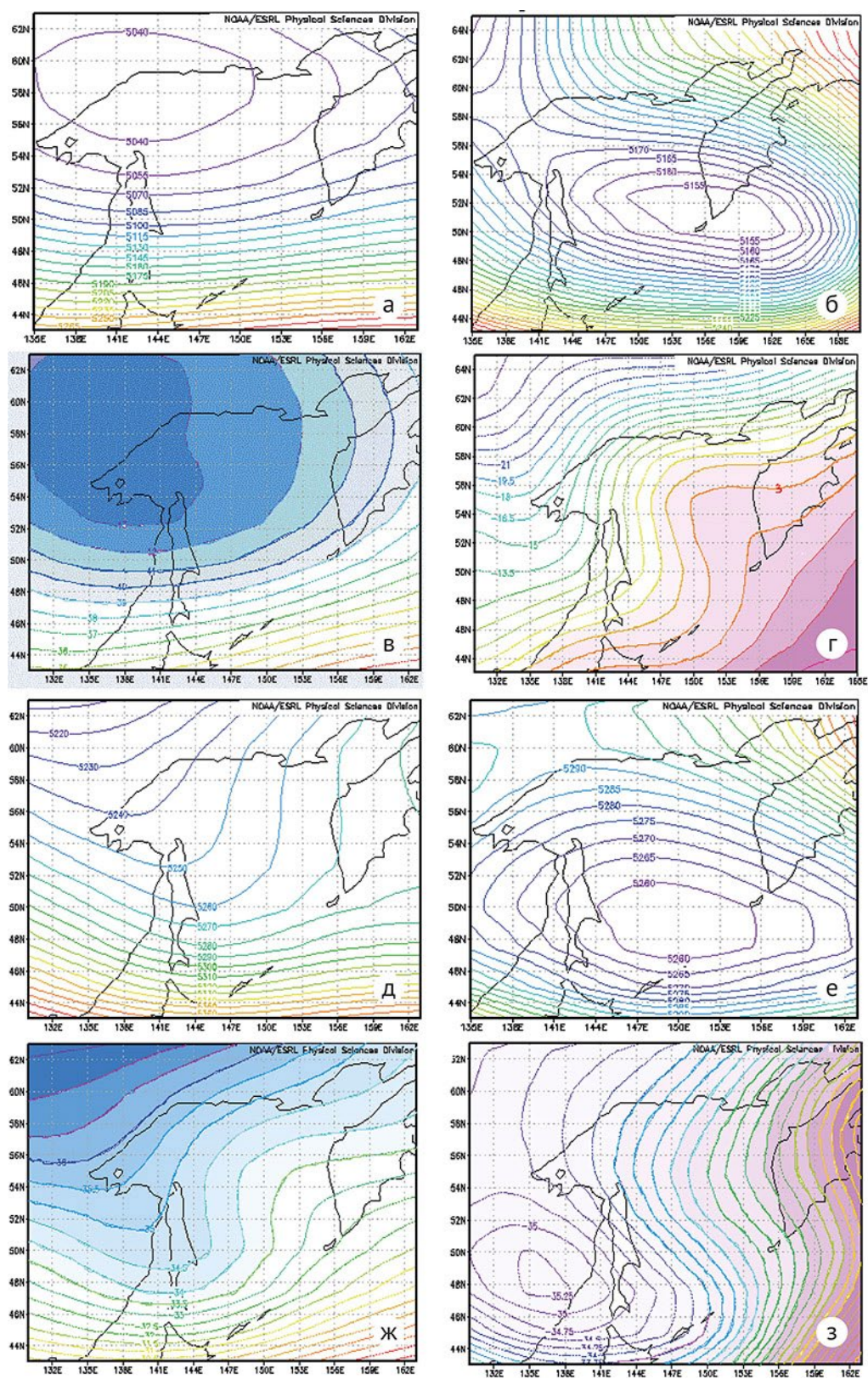


Рис. 3. Карты среднемесячного поля H_{500} и приземной температуры воздуха:

а — H_{500} в феврале 2016 г.; б — 2017 г.; д — H_{500} в марте 2016 г.; е — 2017 г.; в — T° в феврале 2016 г.; г — 2017 г.; ж — T° в марте 2016 г.; з — 2017 г.

сменяющих друг друга холодного Охотского тропосферного циклона, образующегося в арктической ложбине и обогревающего высотного тихоокеанского гребня, периодически распространяющегося на восточные, северо-восточные районы моря [Шатилина и др. 2002]. Состояние региональных центров действия атмосферы влияют на траектории движения циклонов в приземном поле атмосферного давления и на теплозапас вод Охотского моря. Циклоническая деятельность является основным механизмом межширотного обмена. Под её влиянием формируется комплекс погодных условий в конкретном районе. В 2000-е гг. в холодное полугодие циклогенез был очень интенсивный. Увеличилось число суперциклонов, оказывающих влияние на Дальневосточные моря. Мощные приземные циклоны, были очень активны и прослеживались в тропосфере.

Для понимания механизма формирования аномальной ледовитости на всей акватории Охотского моря ранее были изучены и проанализированы их синоптические условия [Шатилина, Анжина, 2008; Муктепавел, 2009].

В настоящей работе показаны особенности циркуляции атмосферных образований в средней тропосфере, формирующих сценарии развития ледяного покрова в восточной части Охотского моря. Синоптические аспекты экстремальной ледовитости в Западно-Камчатской подзоне были проанализированы для зимних месяцев на период проведения минтаевой путины (январь-апрель). В данной работе наиболее показательные результаты показаны для февраля и марта.

Карты, представленные на рис. 3, демонстрируют яркое различие барических полей и термического состояния атмосферы, характерных для экстремальных зим в районах Западно-Камчатской подзоны на примерах ледовитого 2016 г. и малоледовитого 2017 г.

Для аномально ледовитых 2012 и 2016 гг. в районах Западно-Камчатской подзоны основным погодообразующим фактором являлся глубокий, хорошо выраженный с января по март холодный Охотский

тропосферный циклон, формирующийся в арктической ложбине над центральными районами акватории (рис. 3 а, д). Данные Гидрометеоцентра России подтверждают, что в ледовитом 2016 г. очень глубокой была арктическая ложбина в феврале и марте. В годы с такими холодными условиями охотский тропосферный циклон (ОТЦ), образующийся в этой ложбине над акваторией Охотского моря активизируется. Этот очаг локализации холодных воздушных арктических масс — Охотский тропосферный циклон на средней карте февраля располагался над северо-западными районами моря. Аномалии геопотенциала в восточной части моря достигали минус 12 дам. Это связано с усилением арктического выноса холодной воздушной массы, распространявшейся на северо-восточные и центральные районы Охотского моря. В результате с первой декады февраля до марта включительно активизируется нарастания зон тяжёлых льдов. В районах Западно-Камчатской подзоны ледяной покров максимальной сплочённости (до 10 баллов) отмечался в зал. Шелихова, активно расширяясь к юго-западу в мористую часть. Арктический воздух постоянно обрушивался на Охотское море, Камчатку и Алеутские острова, где январь и февраль и март был гораздо холоднее обычного (рис. 3 в, ж). В связанной с ним ложбине на северо-западе Тихого океана отмечались огромные аномалии геопотенциала до минус 22 дам.

В аномально малоледовитом 2017 г. охотский тропосферный циклон над Охотским морем был существенно ослаблен. На среднемесячных картах февраля и марта, его центр располагался над южными, юго-восточными районами Охотского моря (рис. 3 б, е). Связанная с ним ложбина на западе Тихого океана оставалась глубокой, особенно в южной своей части. Следует отметить, что зональный перенос в тропосфере над Тихим океаном в феврале был нарушен устойчивыми блокирующими гребнями, распространявшимися далеко к северу. По данным Гидрометцентра России во второй и третьей декадах месяца они способствовали формированию самостоятельных тро-

посферных антициклонов над Беринговым морем и вблизи Алеутских островов, где аномалии геопотенциала составили плюс 12 дам. Область больших положительных аномалий температуры была очень обширной и включала в себя практически всю территорию Дальнего Востока России. Причиной же такой тёплой погоды стала чрезвычайно активная циклоническая деятельность в Арктике и на западе Тихого океана. В зимние месяцы активный циклогенез происходил над Охотским морем и над Камчаткой, восточнее Курильских островов. Карты, представленные на рисунке 3 г, з, демонстрируют, что локализация тёплой воздушной массы направлена по тёплому Тихоокеанскому гребню на восточные и центральные районы Охотского моря, где и формировалась аномально высокая температура воздуха.

Феномен зимы 2017 г. заключался в том, что на протяжении февраля и марта Охотское море отеплялось с юго-востока, северо-востока и периодически с юго-запада. Описанная атмосферная циркуляция аномальная для зимнего периода, была характерна для всего периода 1990-х годов [Шатилина, Анжина, 2008; Шатилина и др. 2014]. Подобные процессы называются «восточным выносом».

Показано, что сценарий развития ледовых условий в Охотском море в холодное

полугодие определяется в основном структурой термобарического поля тропосферы над Восточной Азией, основным элементом которой является полярная ложбина, в южной части которой образуется самостоятельный циклон (ОТЦ) — очаг холода. Анализ термобарических условий очередной раз подтверждает влияние ОТЦ и Тихоокеанского тропосферного гребня на формирование аномальных ледовых условий в Охотском море и в отдельных локальных районах его акватории. Очевидно, что одной из причин малоледовитых зим в эти годы являлись нетипичные ситуации в атмосферной циркуляции, связанные с ослаблением влияния ОТЦ и с вторжением тихоокеанского гребня на районы Охотского моря (рис. 4 а). В годы с суровыми ледовыми условиями центральные и восточные районы акватории находятся в зоне влияния арктической тропосферной ложбины, по оси которой происходит вынос холодных воздушных масс (рис. 4 б).

Проведённый анализ термобарических условий в экстремальные по ледовитости годы в отдельно взятом восточном районе Охотского моря — в Западно-Камчатской подзоне, показывает, что сценарий развития различной ледовитости согласуется с ранее представленной схемой для всей акватории моря [Муктепавел, Шатилина, 2009, 2012].

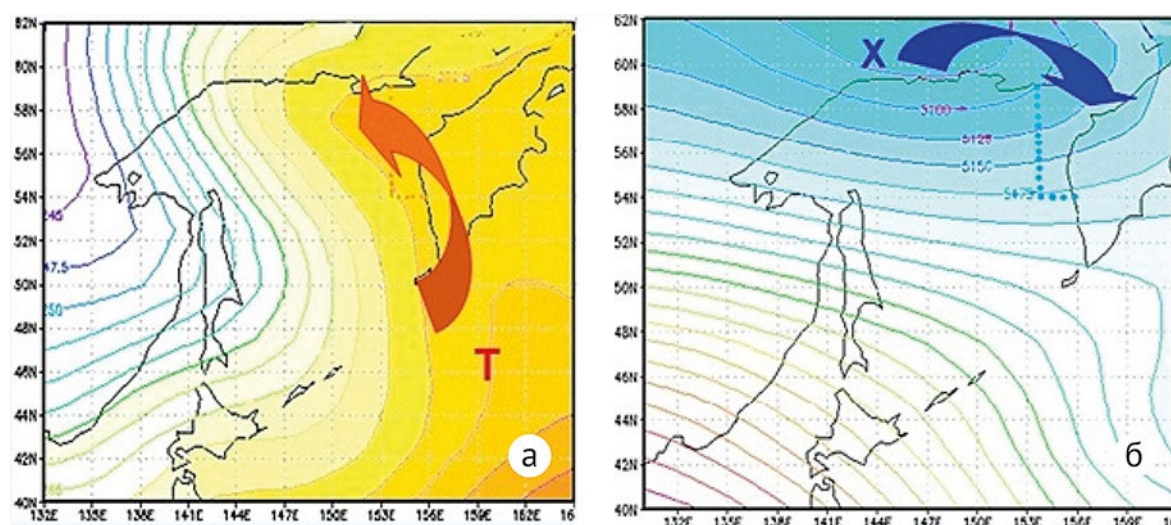


Рис. 4. Схематическое представление атмосферных полей, доминирующих при формировании аномальных ледовых условий в промысловых районах Западно-Камчатской подзоны

Причиной этому может являться тот факт, что существенным индикатором, характеризующим тип ледового сезона в Охотском море, является площадь льда в северо-восточной и центральной части моря. Полученные материалы используются для недельных прогнозов развития ледовой обстановки при обслуживании минтаевой путины в Западно-Камчатской промысловой подзоне.

ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ.

Процесс экспертного прогнозирования ледовой обстановки представляет систему, включающую в себя получение фактической и прогностической информации и анализа текущих ледовых условий (рис. 5).

В качестве фактической информации используются изображения, полученные усовершенствованным радиометром очень высокого разрешения (AVHRR) со спутников серии NOAA с пространственным разрешением 1100 м, так и высокого разрешения со спутника TERRA, AQUA — 250–500 м. в прямоугольной проекции (рис. 6). Инфор-

мация с космического аппарат Suomi NPP с 22-канальным радиометром, аналогичный MODIS (спутники Aqua и Terra), но с существенно улучшенными характеристиками, поступает с пространственным разрешением 375–750 м. Изображения морского льда с отечественного спутника серии Метеор-М с разрешением 500 м поступает на регулярной основе. Перечисленная оперативная продукция, поступающая из ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» представляют собой серию файлов на отдельную дату отдельных районов акватории (от 2 до 6 и более), охватывающих практически все море.

Дополнительно используются ежедневные цветосинтезированные спутниковые обзорные изображения ледяного покрова на текущую дату с наложением поля атмосферного давления и поля ветра — данные радиометра AMSR2/Sea ice concentration. [JAXA EORC, 2018].

Режим работы космических спутников позволяет отслеживать ледовую обстановку с дискретностью от 1 до 2 суток, высокое



Рис. 5. Общая схема линии недельного прогноза ледовых условий в районах проведения промысла

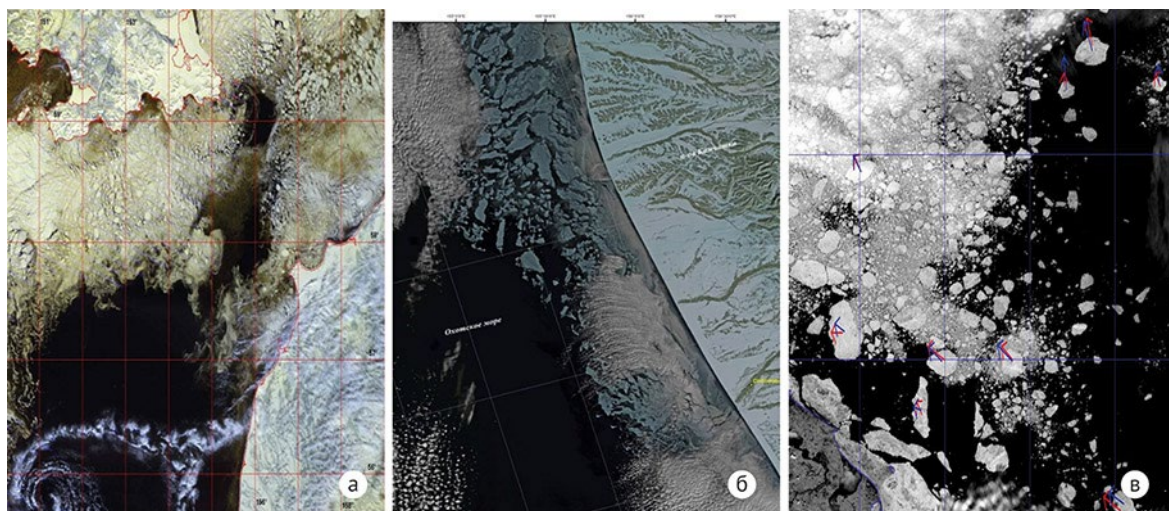


Рис. 6 Пример спутниковых изображения ледовой обстановки в районах Западно-Камчатской промысловой подзоны:

а — «Terra», 23.02.2014 г.; б — «Метеор-М2», 7.02.2015 г.; в — «Landsat», 12.02.2014 г.

разрешение изображений с большой долей достоверности определять сплочённость, положение ледовой кромки и т. д. в отдельно взятых небольших районах акватории.

Результаты данных дистанционного зондирования, с учётом полученных автором прогностических связей с атмосферными процессами, формируются в экспертные заключения о возможном развитии ледовой обстановки по всей акватории в целом, и в отдельных промысловых районах. Заблаговременность прогнозов составляет от месяца до года.

Основой, на которой строится методика ледовых прогнозов, является связь ледового режима с циркуляцией атмосферы и её температурным состоянием, с обязательным учётом фазового состояния льда. С этой целью ведётся текущий мониторинг за атмосферной циркуляцией (карты приземного давления и средней тропосферы). При прогнозировании с любой заблаговременностью учитывается существование сезонных типов атмосферной циркуляции и типов ледовых условий, лет аналогов и локальное своеобразие формирования ледяного покрова в различных районах акватории. Выборку времени действия соответствующих типов атмосферной циркуляции можно осуществлять оперативно, то есть ежедневно просматривать

приземные карты погоды, получаемые из ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета», Приморского ГМЦ и Метеорологического агентствами Токио, классифицировать по ним наличие действия требуемых типов и использовать при прогнозе тенденции развития ледовых условий.

На этапе разработки краткосрочного прогноза, используются:

Регулярные оперативные данные:

- Карты полей геопотенциала и температуры воздуха в средней тропосфере и у земли, восстановленные по спутниковым данным ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» [ДЦ ФГБУ, 2018].

- Оперативные фактические данные Система–Cliware [ВНИИГМИ-МЦД, 2018]: поля температуры воздуха, поля давления на уровне моря, векторные поля направление и скорости ветровых переносов. Эталонными векторами являются вектора, построенные автоматически по изображениям MODIS.

- Фактические векторные ветровые поля скатерометров OceanSat-2 (NOAA), ASCAT (Метеор-А, В).

- Оперативные фактические данные Система–Cliware — Поля температуры воздуха и поля давления на уровне моря, векторные поля направление и скорости ветровых переносов.

– Векторные ветровые поля и поле атмосферного давления (MODIS)

2. Прогностические данные:

– Прогностические штормовые поля, заблаговременностью 72 часа — данные оперативного модуля Единой государственной системы информации об обстановке в мировом океане [ЕСИМО, 2018].

– Прогноз рассчитывается и обновляется 4 раза в сутки по данным наблюдений, приведённым к 00, 06, 12 и 18 час. ВСВ. Карты построены в Гидрометцентре России по данным прогноза метеоцентра NCEP/NOAA. На карте показаны векторы скорости ветра (м/с) на высоте 10 м. Величина скорости характеризуется цветом и длиной стрелок. Временная идентификация соответствует ВСВ (всемирное скоординированное время).

– Прогностические поля данных в коде GRIB — данные японского метеорологического агентства [JMA 2018]. Задаются параметры (первоначальное время, прогноз на 72 часа, координаты района (широта долгота) и элементы (температура воздуха у поверхности,

направление ветровых переносов с цветовой градацией скорости). GSM GRIB данные, декодируются и воспроизводятся как графическое изображение (GIF-файл) возможно наложение двух выбранных параметров.

– Используются 8-дневные прогностические поля приземного давления Японского метеоагентства, получаемые по каналам факсимильной связи.

При анализе и прогнозе вероятных изменений ледовой обстановки по отдельным районам акватории, на электронные карты положения ледовой кромки накладываются перечисленные выше прогностические данные поля давления, поля приповерхностной температуры воздуха и векторные ветровые поля.

На фоне общих закономерностей, в ходе ледовых процессов в районах Западно-Камчатской промысловой подзоне каждую зиму возникают непредвиденные ситуации [Муктепавел, 2012]. Ледовая обстановка может меняться буквально по часам. В этой связи детальный анализ вероятного влияния термобарических и динамических параметров

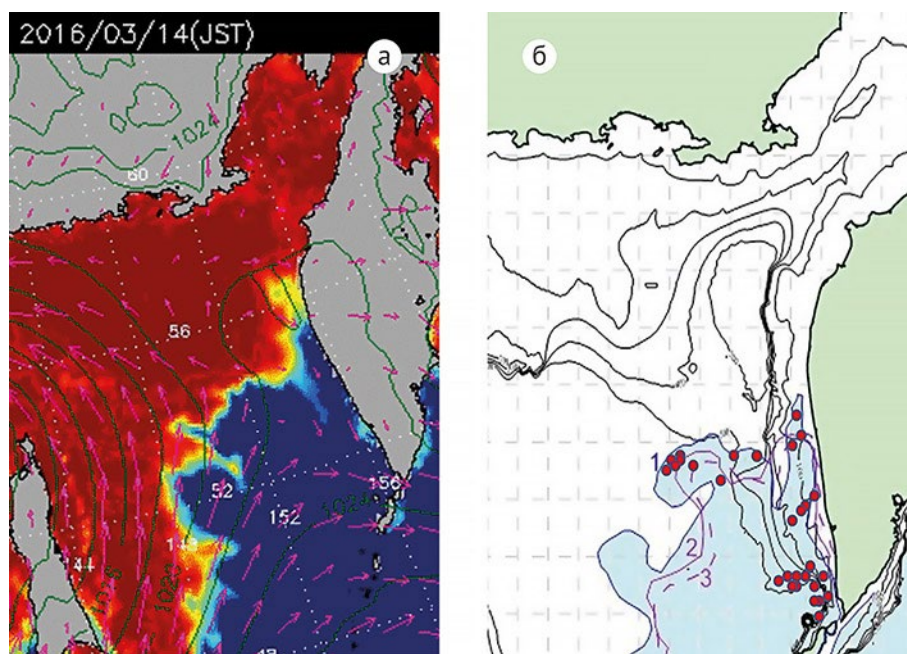


Рис. 7. Ледовая обстановка в северо-восточном секторе Охотского моря. Фрагмент изображения ледовой обстановки по данным GCOM-W/AMSR2 спутников Terra, Aqua с наложением поля приводного ветра и поля приземного давления (а); пример тенденции развития ледовой обстановки в районах проведения минтаевой путины в Охотском море (б):

- — дислокация добывающего флота; 1 — фактическое положение ледовой кромки за 14.03.2016 г.;
- 2 — ожидаемое положение ледовой кромки 16–17.03.2016; 3 — ожидаемое положение ледовой кромки 19–20.03.2016

позволяет с определенной долей достоверности выявлять кратковременные вариации сплочённости и дрейфа льда в районах больших барических градиентов.

В результате недельный прогноз тенденции развития ледяного покрова в районах Западно-Камчатской подзоны на время проведения минтаевой путины, представляет собой анализ основных изменений пространственного распределения льда в течение предшествующей недели и фактические данные на начальную дату прогноза.

Даётся экспертное заключение вероятного возникновения опасных явлений в районах работы добывающего флота в течение предстоящих суток с указанием координат и времени суток их вероятного возникновения. К таким явлениям относится: угроза интенсивного дрейфа, угроза возникновения зон сжатия, резкие деформации в поле льда, в прикромочной зоне и другие кратковременные вариации сплочённости и перераспределения полей подвижного льда. К прогнозу прилагается изображение ледовой обстановки на начальную дату с нанесением векторных полей ветра и давления (рис. 7 а), карта фактического положения кромки льда на начальную дату и 2–3 кромки вероятного среднего положения кромок льда на предстоящую неделю (рис. 7 б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период 2006–2017 гг. выявлены критические, аномальные состояния ледовитости в районах Западно-Камчатской промысловой подзоны и причинно-следственных связей его формирования в период проведения минтаевой путины.

Самым ледовитым в районах Западно-Камчатской подзоны на с января по март оказался 2016 г. Площадь льда практически достигла абсолютного максимума в феврале. Февраль сезонов 2014 и 2015 гг. характеризовались экстремально низкими значениями ледовитости в подзоне. Причём абсолютный минимум для февраля отмечался в 2014 г.

Для аномально ледовитых 2012 и 2016 гг. в районах Западно-Камчатской подзоны основным погодообразующим фактором являлся глубокий хорошо выраженный

с января по март холодный Охотский тропосферный циклон над центральными районами акватории

В аномально тёплые зимы (2014, 2015, 2017 гг.) на ледовитость северо-восточных районов Охотского моря сказывается влияние высотных тропосферных гребней, распространяющихся из области Гавайского антициклона, часто выходящего на восточные, северные районы моря.

Для аномально ледовитых 2010, 2012 г. и 2016 г. в районах Западно-Камчатской подзоны, основным погодообразующим фактором с января по март, является хорошо выраженная полярная ложбина ориентированная на северо-восток моря с очагом холода (ОТЦ) над северными и северо-восточными районами акватории.

Анализ термобарических условий в экстремально по ледовитости годы в отдельно взятом восточном районе Охотского моря — в Западно-Камчатской подзоне, показал, что сценарий развития различной ледовитости согласуется с ранее представленной схемой для всей акватории моря [Муктепавел, Шатилина 2009].

Для увеличения заблаговременности прогноза в отдельных шельфовых районах, планируется статистически оценить значимость периодов различной продолжительности во временном ряде ледовитости [Шатилина и др., 2014].

ЛИТЕРАТУРА

- ВНИИГМИ-МЦД. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации–мировой центр данных. Доступно через: <http://cliware.meteo.ru/izomap/index.jsp>. 10.01 2018
- ЕСИМО. Единая государственная система информации об обстановке в мировом океане. Доступно через: <http://hmc.meteorf.ru/sea/storm/index.php> 18.12.2018
- Муктепавел Л.С., Шатилина Т.А. 2009. Некоторые особенности формирования экстремально малоледовитых зим в Охотском море // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса. Т. 1. Вып. 6. С. 429–440.
- Муктепавел Л.С., Шатилина Т.А. 2012. Основные причины формирования аномально тяжелых ледовых условий в районе северо-западной части Охотского моря с учётом распределения основных нерестилищ охотской сельди // Во-

- просы промысловой океанологии. Вып. 9. № 1. С. 89–103.
- ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» Доступно через: <https://www.dvrcpod.ru/Products.php> 15.01.2018
- Семенов Е.И., Соколихина Н.Н. 2015. Синоптические механизмы зимнего потепления в Арктике // Метеорология и гидрология. № 9. С. 20–30.
- Шатилина Т.А., Никитин А.А., Муктепавел Л.С. 2002. Особенности атмосферной циркуляции при аномальных океанологических условиях в Японском, Охотском морях и прилегающей части Тихого океана // Известия ТИНРО. Т. 130. С. 79–94.
- Шатилина Т.А., Анжина Г.И. 2008. Особенности атмосферной циркуляции и климата на Дальнем Востоке в начале 21 века // Известия ТИНРО. Т. 152. С. 225–239.
- Шатилина Т.А., Цицаишвили Г.Ш., Муктепавел Л.С., Никитин А.А., Радченкова Т.В. 2014. Статистические оценки трендов климатических изменений над Дальним Востоком в зимний и летний периоды 1980–2012 гг. // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 11. С. 76–97.
- JMA: Japan Meteorological Agency. NCEP/NCAR Accessible via: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.derived.surface.html> 24.09.2018.
- JAXA EORC: Earth Observation Research Center Japan Aerospace Exploration Agency Accessible via: <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/adeos2/seaice/seaice.cgi?lang=e&mode=large> 03.10.2018
- Поступила в редакцию 19.07.2019 г.
Принята после рецензии 26.12.2019 г.

Trudy VNIRO

Habitat of aquatic biological resources

2020. Vol. 180

Diagnosis and forecasting
of habitat conditions of hydrobionts

Regional features of ice cover in the West Kamchatka fishing subzone with considering of the thermobaric conditions (according to the satellite data)

L.S. Muktepavel

Pacific branch of FSBSI «VNIRO» («TINRO»), Vladivostok, Russia

Aiming to develop the biological resources of the Okhotsk Sea shelf zone, a remote study of regional features of the ice processes dynamics in fishing areas is important. One of the main fishing areas of the Okhotsk Sea is the West Kamchatka subzone — the northeastern sector of the water area to the east of 153°30' E, bounded from the south by latitude 54°N. Dynamics of seasonal changes in ice cover is inherent in every region of the sea, regardless of the total area of ice. Geophysical processes affect the ice cover through a complicated mediated correlation that includes changes of the atmospheric circulation parameters. Critical, anomalous states of the ice cover in the West Kamchatka fishing subzone and also the cause-effect relations of its formation are revealed during the pollock seasons in 2006–2017. The mechanism of influence of thermobaric conditions, confirming the influence of the Okhotsk tropospheric cyclone (OTC) and the Pacific tropospheric crest on the formation of abnormal ice conditions in the Okhotsk Sea both in general and in certain local areas is presented.

Keywords: satellite data, ice cover, West Kamchatka subzone, atmospheric circulation, Okhotsk atmospheric cyclone, pollock, fishing subarea.

DOI: 10.36038/2307-3497-2020-180-128-139

REFERENCE

- VNIIGMI–MCD. Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut gidrometeorologicheskoy informacii-mirovoj centr dannyh [Russian Scientific Research Institute of Hydrometeorological Information — World Data Center.]. Accessible via: <http://cliware.meteo.ru/izomap/index.jsp>. 10.01.2018
- ESIMO. Edinaya gosudarstvennaya sistema informacii ob obstanovke v mirovom okeane [Unified state system of information on the situation in the oceans]. Accessible via: <http://hmc.meteorf.ru/sea/storm/index.php>. 18.12.2018
- Muktepavel L.S., Shatilina T.A. 2009. Nekotorye osobennosti formirovaniya ekstremal'no maloledovitykh zim v Okhotskom more [Some features of the formation of extremely low-icewinters in the Okhotsk Sea] // *Sovremennye problemi dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*. T. 1. Vyp. 6. S. 429–440.
- Muktepavel L.S., Shatilina T.A. 2012. Osnovnye prichiny formirovaniya anomal'no tyazhelykh ledovykh uslovij v rajone severo-zapadnoj chaste Okhotskogo morya s uchetom raspredeleniya osnovnykh nerestilishch okhotskoj sel'di [Main reasons of the formation of anomalously severe ice conditions in the area of the northwestern part of the Okhotsk Sea taking into account the distribution of the main spawning grounds of the Okhotsk herring] // *Voprosy promyslovoj okeanologii*. Vyp. 9. № 1. S. 89–103.
- NIC Planeta. DC FGBU «NIC «Planeta». Accessible via: <https://www.dvrcpod.ru/Products.php> 15.01.2018
- Semenov E.I., Sokolikhina N.N. 2015. Sinopticheskie mekhanizmy zimnego potepleniya v Arktike [Synoptic mechanisms of winter warming in the Arctic] // *Meteorologiya i gidrologiya*. № 9. S. 20–30.
- Shatilina T.A., Nikitin A.A., Muktepavel L.S. 2002. Osobennosti atmosfernoj tsirkulyatsii pri anomal'nykh okeanologicheskikh usloviyakh v Yaponskom, Okhotskom moryakh i privileyushchej chaste Tikhogo okeana [Features of atmospheric circulation under abnormal oceanological conditions in the Japan, Okhotsk Seas and the adjacent part of the Pacific Ocean] // *Izvestiya TINRO*. T. 130. S. 79–94.
- Shatilina T.A., Anzhina G.I. 2008. Osobennosti atmosfernoj tsirkulyatsii i klimata na Dal'nem Vostoke v nachale 21 veka [Features of atmospheric circulation and climate in the Far East in the early 21st century] // *Izvestiya TINRO*. T. 152. S. 225–239.
- Shatilina T.A., Tsitsiashvili G.Sh., Muktepavel L.S., Nikitin A.A., Radchenkova T.V. 2014. Statisticheskie otsenki trendov klimaticheskikh izmenenij nad Dal'nim Vostokom v zimnij i letnij periody 1980–2012 gg. [Statistical estimates of trends in climatic changes over the Far East during the winter and summer periods of 1980–2012] // *Voprosy promyslovoj okeanologii*. Vyp. 11. S. 76–97.
- JMA: Japan Meteorological Agency. NCEP/NCAR Accessible via: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.derived.surface.html> 24.09.2018.
- JAXA EORC: Earth Observation Research Center Japan Aerospace Exploration Agency Accessible via: <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/adeos2/seaice/seaice.cgi?lang=e&mode=large> 03.10.2018

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1. The ice area anomalies long-term motion in the West Kamchatka fishing areas in the central decades of January (a), February (b), March (v).

Fig. 2. The West Kamchatka fishing areas ice conditions in the abnormal seasons of 2016 and 2017 (GCOM-W1/AMSR2).

Fig. 3. The average monthly field H_{500} and surface air temperature maps in February 2016 (a); 2017 (b), H_{500} in March 2016 (d), 2017 (e), T° in February 2016 (v), 2017 (g); T° in March 2016 (j), 2017 (z).

Fig. 4. The atmospheric field schematic picture dominating the abnormal ice conditions formation in the West Kamchatka fishing areas.

Fig. 5. The weekly forecast ice conditions line general scheme in the fishing areas.

Fig. 6. The ice conditions satellite picture example in the West Kamchatka fishing area: «Terra» 23.02.2014 (a); «Meteor-M2» 7.02.2015 (b); «Landsat» 12.02.2014 (v).

Fig. 7. The north-eastern sector ice conditions of the Sea of Okhotsk. The picture fragment of the ice condition according to GCOM-W1/AMSR2 satellites Terra, Aqua with the drive wind and ground pressure overlay (a); the ice situation development tendency example of pollock fishing in the Sea of Okhotsk (b):

- — the extractive fleet distribution; 1 — the ice edge actual position for 14.03.2016; 2 — the ice edge expected position for 16–17.03.2016; 3 — the ice edge expected position for 19–20.03.2016.