

В.В. МОРОЗ, Т.А. ШАТИЛИНА, Н.И. РУДЫХ

Формирование аномальных термических режимов в северной части Татарского пролива и Амурском лимане под воздействием атмосферных процессов

На основе многолетних данных за период 1977–2017 гг. изучены особенности изменчивости термических условий в летний период в системе Татарский пролив – Амурский лиман в зависимости от атмосферной циркуляции. Выявлены экстремальные флуктуации термического режима акватории в отдельные годы. Показаны различия в механизмах формирования теплых и холодных режимов. Установлено, что формирование аномально холодных термических режимов обусловлено влиянием тропосферной ложбины и охотского антициклона, южным положением летней дальневосточной депрессии. Аномально теплые режимы района формируются при отсутствии тропосферной ложбины, смещении на север летней дальневосточной депрессии, усилении влияния гребня гавайского антициклона.

Ключевые слова: Татарский пролив, Амурский лиман, экстремальные термические режимы, атмосферная циркуляция.

The abnormally thermal regime forming in the North part of the Tatar Strait and Amur Liman under the influence of atmosphere processes. V.V. MOROZ (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok), T.A. SHATILINA (Pacific Research and Fisheries Centre (TINRO-Centre), Vladivostok), N.I. RUDYKH (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

On the base of summary of the 1977–2017 multi-year observations the temperature conditions variability in the Tatar Strait and Amur Liman system as related to atmospheric circulation were studied. The extreme fluctuations of summer temperature regimes in any years were revealed. The differences in forming mechanism of the cold and warm regimes were shown. It was found, that High Depression, Okhotsk High impact and Far East Depression southern displace caused abnormally cold thermal regime forming. Extreme warm regimes of the area are conditioned by lack of the tropospheric depression over the Okhotsk Sea, by Far East Depression northern displace and by increase influence of the Hawaiian anticyclone ridge.

Key words: Tatar Strait, Amur Liman, extreme thermal regimes, atmospheric circulation.

Введение

Татарский пролив и Амурский лиман – весьма динамически активная система, соединяющая Японское и Охотское моря. Исследуемый район – это протяженная по

*МОРОЗ Валентина Васильевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток), ШАТИЛИНА Татьяна Александровна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник (Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии – ТИНРО, Владивосток), РУДЫХ Наталья Ивановна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: moroz@poi.dvo.ru

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме АААА-А17-117030110042-2.

долготе (от 48° с.ш. до 53°30' с.ш.) и узкая по широте (от 2° на юге до 1° на севере) акватория между побережьем Азии и западным берегом о-ва Сахалин со сложными гидрологическими условиями [9]. Вместе с тем этот район характеризуется высокой биологической продуктивностью и является одним из экономически важных промысловых районов России. Основным и одним из наиболее ценных промысловых объектов здесь считаются лососевые. Их жизненный цикл определяется таким важным фактором, как термический режим. Аномально низкие температуры в устье реки могут привести к гибели молоди при ее скате в море, а экстремально высокий температурный фон у побережья района может стать препятствием для миграции и нереста лососей [14]. В связи с этим особое значение имеет выявление причинно-следственных связей, определяющих формирование аномальных термических условий акватории.

Гидрологические условия исследуемого района формируются комплексом факторов, включающих изменчивость циркуляции вод в проливе и лимане, водообмен между ними, а также приливо-отливные процессы и сгонно-нагонные явления при сложной орографии на фоне муссонного характера атмосферной циркуляции. При этом, как известно, воздействие атмосферы является основным фактором, определяющим циркуляцию верхнего деятельного слоя океана, сезонные и межгодовые вариации его структуры [7]. Особенности атмосферных процессов над Дальневосточным регионом еще с 50-х годов прошлого столетия связывались с региональными центрами действия атмосферы – охотским антициклоном и летней дальневосточной депрессией. Было высказано предположение об определяющем влиянии изменчивости их интенсивности развития на формирование летних гидрометеорологических условий [4, 5]. Современные исследования роли региональных центров действия атмосферы в формировании особенностей термического режима вод некоторых промысловых районов Охотского и Японского морей, северо-западной части Тихого океана [11, 17] позволили выдвинуть предположение о различиях в изменчивости барических полей в годы аномальных термических условий.

Между тем вопрос о влиянии региональных особенностей изменений структуры атмосферных полей и их роли при формировании аномальных термических режимов в исследуемом районе остается открытым. Цель настоящего исследования – выявить причинно-следственные связи данных процессов, определить механизмы влияния изменчивости барических ситуаций на формирование аномальных термических режимов Татарского пролива и Амурского лимана с учетом особенностей гидрологических условий района.

Материалы и методы

Для исследования межгодовой изменчивости термических условий района использовались среднемесячные значения температуры воды за сорокалетний период (1977–2017 гг.) по данным наблюдений на гидрометеорологических станциях (ГМС) Росгидромета из электронных баз данных ЕСИМО (<http://portal.esimo.ru/portal/>) и ВНИИГМИ-МЦД (<http://meteo.ru>).

Анализ атмосферной циркуляции проводился над центральными областями второго естественного синоптического района. Использовались данные архивов реанализа NCEP/NCAR атмосферного давления P_0 , температуры воздуха T_a и геопотенциала H_{500} в узлах регулярной сетки $2,5 \times 2,5^\circ$ за период 1977–2017 гг. Ежедневный анализ барических полей основывался на картах приземного давления и геопотенциала H_{500} за 2000–2017 гг., составляемых JMA (Japan Meteorological Agency).

Исследование особенностей формирования температурного фона акватории проводилось в промысловый период (июль–август) в северной части Татарского пролива (севернее 48° с.ш.) и Амурском лимане.

Межгодовая изменчивость термических условий в каждом из районов оценивалась по данным ГМС с помощью кластерного анализа методом К-средних, позволяющего

выделить однородные по режиму группы лет и определить годы с экстремальными термическими режимами вод.

Результаты и обсуждение

Формирование и изменчивость термических режимов

В формировании температурного режима акватории Татарского пролива и Амурского лимана значительную роль играют динамические факторы на фоне морфометрических особенностей каждого из подрайонов.

Амурский лиман. Обширный Амурский лиман с юга сообщается с акваторией Татарского пролива через прол. Невельского, а с севера через Сахалинский залив – с Охотским морем (рис. 1). Большая часть Амурского лимана мелководна (средние глубины 3,0–4,5 м). Максимальные глубины составляют около 20 м на фарватерах лимана [9].

В западную часть Амурского лимана впадает р. Амур. Многолетняя динамика температуры воды в лимане и прол. Невельского оценивалась по данным наблюдений на ГМС Пронге и Лазарев (рис. 1).

ГМС Пронге находится на южном берегу устья реки. Согласно данным наблюдений, температура поступающих в лиман речных вод в июле–августе отличается наиболее высокими значениями на исследуемой акватории (табл. 1). Термическое состояние акватории в устье Амура определяется прогревом вод обширной зоны его водосбора. Эти воды оказывают отепляющее влияние на температурный фон лимана благодаря особенностям циркуляции. В теплый период года имеет место практически равное поступление стока вод Амура на юг и север лимана [18]. Наличие порога глубины менее 10 м в прол. Невельского препятствует проникновению в прилегающую акваторию Татарского пролива значительной части южного стока речных вод. Основная часть вод уходит в Сахалинский залив Охотского моря с направленным на север вдоль берега о-ва Сахалин течением, формирующимся преобладающими южными муссонными ветрами [15]. Вместе с тем сток в устье реки (водность) год от года в летний сезон может отличаться в несколько десятков раз [6, 10], что соответственно влияет на динамику вод и определяет температурные условия в лимане.

ГМС Лазарев находится на материковом берегу прол. Невельского. Прол. Невельского – зона неустановившихся течений [13]. Водобмен через пролив определяется рядом локальных факторов: изменчивостью направления ветров, приливо-отливными течениями, циркуляцией вод прилегающих акваторий. Наряду с преобладающим

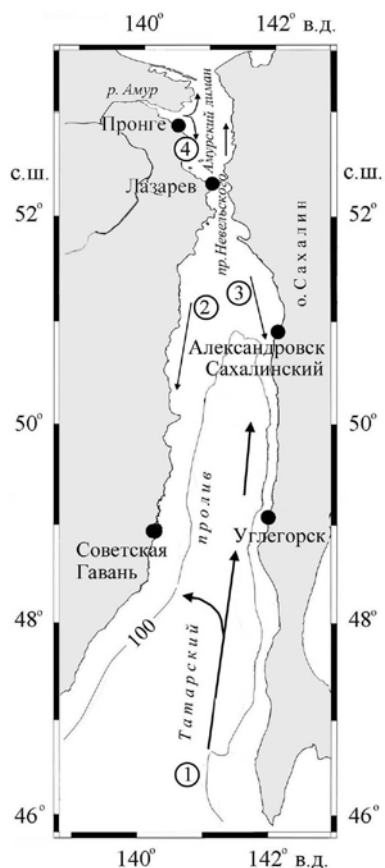


Рис. 1. Район исследований, положение ГМС, схема циркуляции вод. 1 – Цусимское течение, 2 – течение Шренка, 3 – Сахалинское течение, 4 – циркуляция вод в Амурском лимане

Таблица 1
Среднеголетние значения температуры (°С) воды по данным ГМС за 1977–2017 гг.

ГМС	Июль	Август
Пронге	19,4	19,5
Лазарев	16,7	17,8
Александровск-Сахалинский	14,9	16,9
Углегорск	15,3	17,6
Советская Гавань	13,3	15,5

переносом вод из Татарского пролива в лиман в прол. Невельского в отдельные годы был зафиксирован в июле–августе разнонаправленный перенос вод – как в северном, так и в южном направлениях [8]. Высокая динамическая активность в проливе влияет на формирование температурного фона и определяет межгодовую изменчивость термического режима.

Татарский пролив. В изменчивости термического режима акватории в Татарском проливе, как и в Амурском лимане, важную роль играет динамика вод. В крайней северной мелководной части пролива термические условия в летний период определяются разнонаправленными круговоротами [13]. Формирование антициклональной циркуляции здесь связано с поступлением в Татарский пролив вод из лимана при увеличенном стоке Амура [1]. В период максимального летнего прогрева (июль–август) температура воды в лимане выше, чем в северной части Татарского пролива на 2–4 °С. В случае поступления вод из лимана в северную часть пролива здесь повышается температурный фон. Циркуляция вод в этой части пролива, согласно преобладающим муссонным ветрам, преимущественно представляет собой циклонический круговорот, обуславливающий подъем холодных вод и понижение температуры акватории. Вдоль материкового берега здесь наблюдается направленное на юг течение Шренка. Это течение в значительной мере влияет на температурный режим вод у ГМС Советская Гавань, находящейся на материковом побережье. Южнее эти воды определяют характеристики вод Приморского течения. Воды акватории Татарского пролива в теплый период года формируются также морскими водами северной части Японского моря, когда с юга в пролив поступает теплое Цусимское течение. В отдельные годы течение достигает северной части пролива, доходя до ГМС Углегорск (около 49° с.ш.) и даже до ГМС Александровск-Сахалинский (51° с.ш.) [2], что приводит к повышению температуры вод в акватории.

Изменчивость развития составляющих системы циркуляции вод в Татарском проливе и стока р. Амур в лимане в значительной степени определяет поступление в летний период тепла и холода по акватории района и тем самым влияет на многолетний ход изменений температурного режима. О значительных флуктуациях межгодовой изменчивости термических условий на акватории свидетельствует многолетняя динамика температурных аномалий поверхностных прибрежных вод (рис. 2).

Следует отметить хорошую сопряженность изменчивости аномалий температуры воды в Амурском лимане на ГМС Пронге и Лазарев, в районе Татарского пролива – на ГМС Александровск-Сахалинский и Углегорск. При этом в Татарском проливе амплитуды межгодовой изменчивости температуры воды больше, чем в лимане, что, очевидно, связано с изменчивостью распространения Цусимского течения в проливе. Есть некоторые различия в ходе аномалий на ГМС Советская Гавань в отдельные годы. Здесь температурный фон может корректироваться влиянием холодного течения Шренка и формированием прибрежного апвеллинга [3, 13].

Оценка межгодовой изменчивости термического режима на ГМС в Татарском проливе и Амурском лимане за сорокалетний период (1977–2017 гг.), проведенная с помощью кластерного анализа методом К-средних, позволила выделить однородные по термическому режиму группы лет (близкие к норме – с аномалиями по абсолютной величине менее 1,0 °С, с холодным или теплым режимом – с аномалиями в 1,0–1,5 °С, с аномальными термическими режимами – с отклонениями по абсолютной величине более чем на 1,5 °С). Наиболее важный результат классификации – определение экстремально холодных и теплых по термическому режиму лет (табл. 2).

Экстремальность термического режима в отдельные годы отмечается на акватории всего исследуемого района. В июле аномально холодными как в лимане, так и в проливе были 1992, 1997, 2001 гг., в августе – 1981, 1992, 2002, 2003 годы. Июль аномально теплым на всей акватории был в 1988, 1990, 2013 гг., август – в 1989, 2000, 2006, 2011, 2013 гг.

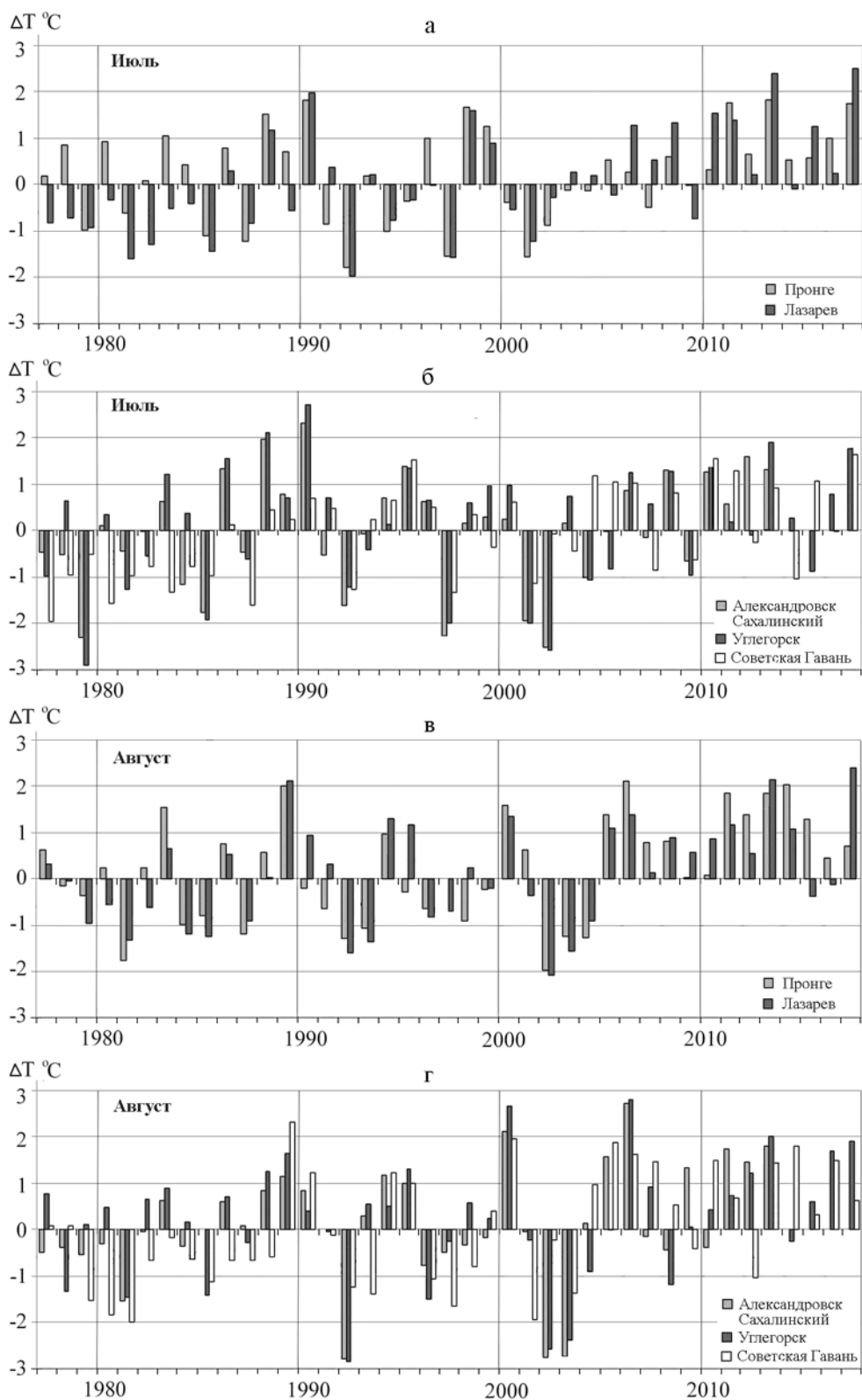


Рис. 2. Межгодовая изменчивость аномалий температуры воды на ГМС в Амурском лимане (а, в) и Татарском проливе (б, г)

Экстремальные термические режимы в Татарском проливе и Амурском лимане в 1977–2017 гг.

Районы	Годы с холодным режимом	Годы с теплым режимом
Июль		
Амурский лиман	1981, 1992, 1997, 2001	1988, 1990, 1998, 2011, 2013, 2017
Татарский пролив	1979, 1985, 1992, 1997, 2001, 2002	1986, 1988, 1990, 1995, 2013
Август		
Амурский лиман	1981, 1992, 2002, 2003	1989, 2000, 2006, 2011, 2013, 2014
Татарский пролив	1981, 1992, 2002, 2003	1989, 2000, 2006, 2011, 2013, 2016

Факт совпадения в отдельные годы положительного или отрицательного знака термического режима на всей акватории (в лимане и проливе) на протяжении месяца и более может свидетельствовать о значительном влиянии на формирование термического режима единых процессов, а именно особенностей атмосферной циркуляции региона. Поскольку изменчивость атмосферной циркуляции определяется приземными ветровыми условиями, интенсивностью и направлением переноса воздушных масс, что в свою очередь влияет на перераспределение потоков тепла, состояние и гидродинамику подстилающей морской поверхности [7], нами изучены механизмы воздействия региональных атмосферных процессов на формирование аномальных термических режимов в данном районе.

Изменчивость региональных атмосферных процессов

Находясь на границе материка и океана, исследуемый район испытывает влияние атмосферной циркуляции как над дальневосточной азиатской частью материка, так и над северной тихоокеанской акваторией и дальневосточными морями. Взаимодействие воздушных масс материка и океана здесь определяется дальневосточным муссоном.

Как известно, летний дальневосточный муссон (период действия май–сентябрь) имеет две стадии развития [16]. Для первой стадии (май–июнь, начало июля) характерно формирование над материком (северо-восток Китая, бассейн р. Амур и Монголия) квазистационарной области низкого давления – летней дальневосточной депрессии (ЛДД), а над Охотским морем – локальной области приземного высокого давления – охотского антициклона (ОА) [4, 5]. ЛДД – результат преобладания над Азиатским материком полярно-фронтальных циклонов. Локализация ЛДД над Приамурьем в случае прохождения мощных циклонов с большим количеством осадков может вызывать быстрый подъем уровня воды на Амуре (паводок 2013 г.) и увеличение его стока в лимане [1, 10]. Траектории проходящих циклонов в значительной степени корректируются положением и интенсивностью развития ОА, который блокирует движение западных циклонов к Охотскому морю, направляя их на восток. Блокирующая роль ОА также проявляется при прохождении через северную часть Японского моря глубоких южных циклонов (тайфунов) с сильными ветрами. Изменение траектории южного циклона на восток под влиянием ОА влечет смену направления установившихся ветров, что приводит в свою очередь к резким изменениям циркуляции вод и аномальному похолоданию вод у западного побережья о-ва Сахалин [12].

Вторая стадия развития дальневосточного муссона (июль–сентябрь) характеризуется ослаблением ОА, увеличением интенсивности развития северотихоокеанского максимума (гавайского антициклона – ГА) и смещением его к западу [16, 19]. Вместе с тем в отдельные годы влияние ОА наблюдается в течение всего июля. В этом случае переход ко второй стадии муссона сдвигается, характерный для летнего муссона интенсивный вынос теплого воздуха на Охотское и Японское моря устанавливается лишь в августе. В связи с этим особый интерес представляет изменчивость атмосферного давления в области ОА и ЛДД в июле (рис. 3).

Ход межгодовой изменчивости аномалий приземного давления в указанных центрах действия атмосферы свидетельствует о значительных флуктуациях. Выделяются годы

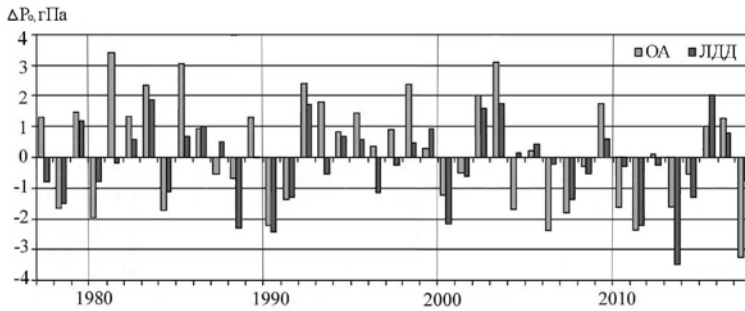


Рис. 3. Межгодовая изменчивость аномалий приземного давления в области охотского антициклона (ОА) и летней дальневосточной депрессии (ЛДД) в июле

активного развития ОА – 1981, 1985, 1992, 2003, годы его наименьшего развития – 1990, 2006, 2011, 2017, годы углубления ЛДД – 1988, 1990, 2000, 2011, 2013, годы ослабления ЛДД – 1983, 1992, 2002, 2003, 2015.

Совместный анализ межгодовой изменчивости интенсивности развития ОА и ЛДД свидетельствует о том, что в исследуемом районе в годы активного развития ОА могут формироваться аномально холодные термические режимы, а в годы его ослабления и углубления ЛДД – аномально теплые режимы. Вместе с тем в отдельные годы эта связь неоднозначна. Формирование знака аномального температурного режима рассматриваемого района определяется не только интенсивностью развития данных центров действия атмосферы в приземных полях (это может быть причиной затруднений в прогнозировании экстремальных термических режимов вод). Важную роль играют структура высотных полей и изменчивость положения этих атмосферных барических образований.

Механизмы влияния региональной атмосферной циркуляции на формирование аномальных термических режимов вод

Анализ барических ситуаций в годы аномальных холодных и теплых термических условий на акватории исследуемого района показал различия в приземных и высотных полях.

Как отмечалось выше, формирование аномально холодных термических режимов, как правило, связано с активным развитием ОА в приземном поле над Охотским морем (рис. 3). При развитии ОА в высотных полях в средней тропосфере наблюдается холодная ложбина, отмечаемая на картах абсолютной топографии изобарической поверхности 500 мб (AT_{500}), с которой связан вынос с севера полярных холодных воздушных масс (рис. 4, а, б). От положения тропосферной ложбины и приземного антициклона зависит направление этого переноса. При ориентации ложбины на Охотское море и север Японского моря тропосферная циркуляция способствует выносу при нисходящих потоках по периферии приземного антициклона холодных арктических масс воздуха, скапливающихся в очаге экстремально низких значений геопотенциала H_{500} . В случае локализации ОА в северо-западной части Охотского моря вынос происходит в направлении исследуемого района, что способствует понижению здесь температурного фона подстилающей поверхности и приводит к формированию аномально холодного термического режима акватории. При этом под направленным воздействием атмосферных процессов может меняться циркуляция вод. Преобладание восточных ветров ослабляет приток теплых вод Цусимского течения в северную часть Татарского пролива, препятствуя повышению здесь температурного фона. Так, в аномально холодном 1985 г., когда имело место интенсивное развитие ОА, согласно инструментальным наблюдениям, отмечалось ослабление притока теплых вод с Цусимским течением: оно проникало лишь до 48° с.ш., а расходы воды через

сечение разреза по 46° с.ш. составляли лишь около 0,03 Св [2]. При пониженной интенсивности течения температурные аномалии вод в Татарском проливе достигали -2 °С (рис. 2). Вместе с тем аномально холодный режим на исследуемой акватории формируется также при ослаблении или отсутствии ОА, но при расположении ЛДД южнее своего среднемноголетнего положения (рис. 4, в, з). В этом случае смещающиеся через ее ложбину циклоны выносят на акваторию исследуемого района в тыловой части холодные воздушные массы, способствуя формированию низкого температурного фона в акватории.

Для экстремально теплых термических режимов характерны отсутствие высотных холодных депрессий над Охотским морем, усиление влияния ГА и развитие ЛДД (рис. 4, д, е). Субтропический теплый воздух выносится по периферии гребня гавайского антициклона, в вершине которого наблюдаются очаги повышения геопотенциала H_{500} , приземной температуры воздуха и прослеживаются очаги наибольших значений аномалий температуры воды. При такой структуре атмосферных полей, когда создаются условия формирования

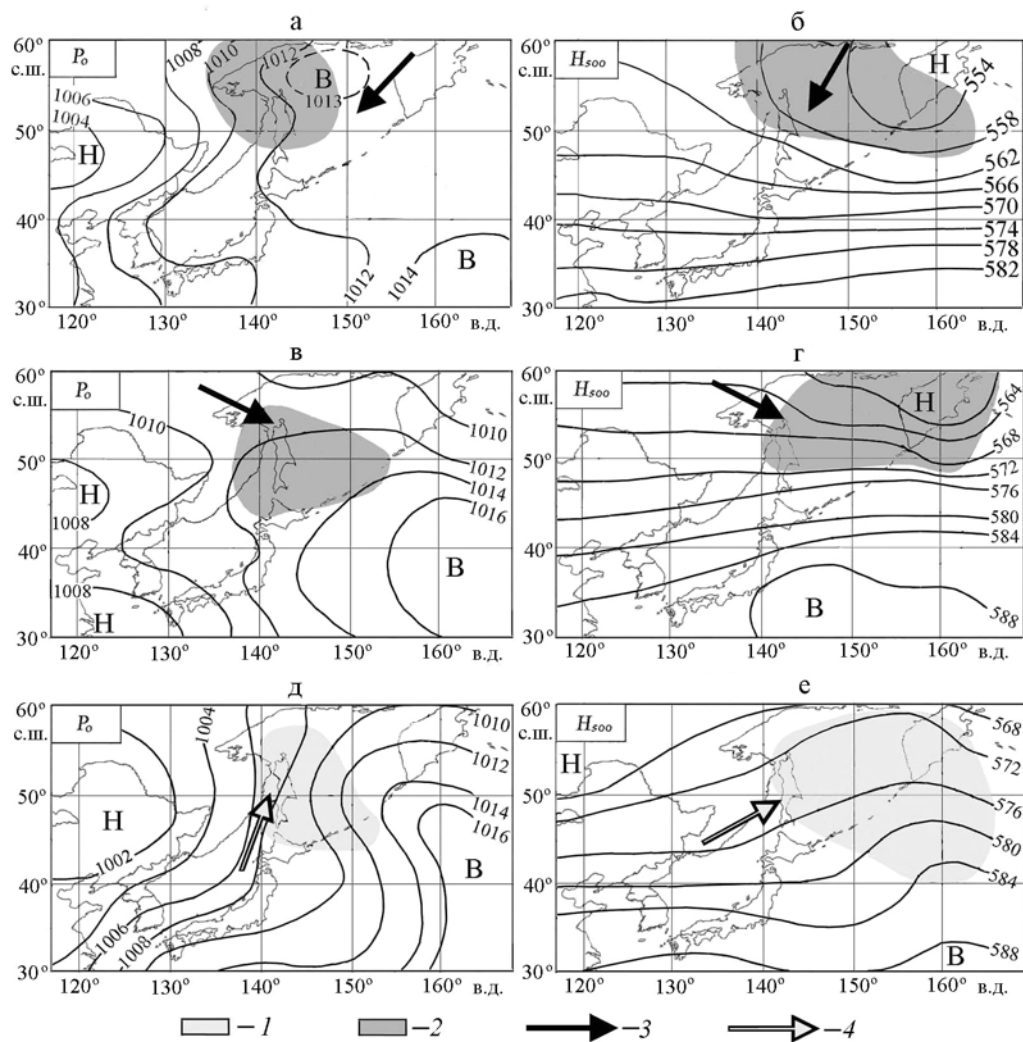


Рис. 4. Характерные структуры поля приземного давления P_0 (а, в, д) и геопотенциала H_{500} (б, з, е) в аномальные по термическим режимам годы. 1 – очаги положительных аномалий температуры воздуха и геопотенциала H_{500} , 2 – отрицательные аномалии температуры воздуха и геопотенциала H_{500} , Н – низкое давление, В – высокое давление. Стрелками показано перемещение холодных (3) и теплых (4) воздушных масс

аномально теплых термических режимов и когда имеет место усиление южных ветров, интенсивность Цусимского течения повышена. Так, в аномально теплом по термическому режиму 1990 г., согласно данным инструментальных наблюдений, ветвь Цусимского течения проникала до крайней северной части Татарского пролива – до $51^{\circ}30'$ с.ш., а расход воды через сечение разреза по 46° с.ш. при положительном балансе (приток превышал сток) составлял 0,68 Св [2]. Положительные аномалии температуры воды на ГМС Углегорск летом 1990 г. составили более $+2,5^{\circ}\text{C}$ (рис. 2). Механизмы формирования экстремально теплых термических режимов связаны также с изменениями локализации ЛДД. При положении ЛДД севернее ее среднемноголетней позиции смещающиеся вдоль ложбины континентальные циклоны в передней части выносят теплый воздух на исследуемую акваторию, происходит усиление западного переноса воздушных масс. Над исследуемым районом и западной частью Охотского моря при этом формируется очаг повышенных значений геопотенциала H_{500} , где отмечается область теплых воздушных масс и положительные аномалии температуры воды.

Таким образом, аномальные термические условия в исследуемом районе формируются в результате аномальной циркуляции – экстремальных колебаний интенсивности развития и изменений локализации региональных центров действия атмосферы. При этом хорошим индикатором различий в атмосферной циркуляции при экстремальных термических режимах являются барические структуры поля AT_{500} средней тропосферы, которые отличаются локализацией очагов повышения или понижения высот геопотенциала H_{500} .

Заключение

Проведенное комплексное исследование особенностей межгодовой изменчивости формирования термических условий в промысловый период (июль–август) на акватории системы Амурский лиман – северная часть Татарского пролива с учетом гидрологических условий района и атмосферных процессов позволило выявить возможные причинно-следственные связи формирования аномальных термических режимов вод. Подтверждено выдвинутое нами ранее предположение о различиях в изменчивости структуры барических полей в годы формирования аномальных термических условий. Определены механизмы формирования аномальных холодных и теплых термических режимов.

Показано, что в годы активного развития охотского антициклона могут формироваться в исследуемом районе аномально холодные термические режимы, а в годы его ослабления и углубления летней дальневосточной депрессии – аномально теплые режимы. Однако выявленная связь не однозначна: формирование знака аномального температурного режима определяется не только интенсивностью развития региональных центров действия атмосферы. Важную роль играет изменчивость положения этих атмосферных барических образований.

Результаты исследования могут быть использованы в разработке региональных прогностических моделей формирования аномальных гидрологических условий, а также для решения проблем рыбного промысла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.Г. Влияние стока реки Амур и прибрежного апвеллинга на циркуляцию вод в Татарском проливе (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. 2020. № 1. С. 120–126. DOI: 10.25808/08697698.2020.209.1.013.
2. Дьяков Б.С. Межгодовая изменчивость циркуляции вод в Татарском проливе в летнее время // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 144. С. 281–299.
3. Жабин И.А., Дмитриева Е.В., Кильматов Т.Р., Андреев А.Г. Влияние ветровых условий на изменчивость апвеллинга у побережья Приморья (северо-западная часть Японского моря) // Метеорол. и гидрология. 2017. № 3. С. 58–67.
4. Ильинский О.К. Дальневосточная депрессия // Тр. ДВНИГМИ. 1965. Вып. 11. С. 3–53.

5. Ильинский О.К. Охотский антициклон // Тр. ДВНИГМИ. 1959. Вып. 7. С. 10–32.
6. Козловский В.Б. Некоторые особенности динамики вод устьевой области Амура // Тр. ГОИН. 1978. Вып. 152. С. 93–99.
7. Корт В.Г. О крупномасштабном взаимодействии океана и атмосферы // Океанология. 1970. Т. 10, вып. 2. С. 222–240.
8. Лобанова Н.И. Общая характеристика зоны смешения устьевой области Амура // Тр. ДВНИИ. 1987. Вып. 130. С. 33–44.
9. Лочия Татарского пролива, Амурского лимана и пролива Лаперуза. СПб.: ГУНиО МО РФ, 2003. 436 с.
10. Мещенина Л.А., Новороцкий П.В., Пономарев В.И. Климатические изменения и колебания стока Амура // Вестн. ДВО РАН. 2007. № 4. С. 44–54.
11. Мороз В.В., Шатилина Т.А. Влияние атмосферных процессов на формирование экстремальных гидрологических условий в южной части Охотского моря и прилегающих акваториях в летний период // Метеорол. и гидрология. 2020. № 9. С. 78–89.
12. Мороз В.В., Шатилина Т.А. Особенности изменчивости океанологических условий северо-восточной части Японского моря в летний период // Регион. проблемы. 2018. Т. 21, № 1. С. 31–36.
13. Пищальник В.М., Архипкин В.С., Леонов А.В. О циркуляции вод в Татарском проливе // Водные ресурсы. 2010. Т. 37, № 6. С. 657–670.
14. Рослый Ю.С. Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура. Хабаровск: Кн. изд-во, 2002. 212 с.
15. Ростов И.Д., Жабин И.А. Гидрологические особенности приустьевой области р. Амур // Метеорол. и гидрология. 1991. № 7. С. 94–99.
16. Сорочан О.Г. Некоторые соображения о природе летнего муссона восточной Азии // Тр. ГГО. 1957. Вып. 71. С. 184–208.
17. Шатилина Т.А., Цициашвили Г.Ш., Радченкова Т.В. Особенности изменчивости летних центров действия атмосферы над Дальним Востоком и климатические экстремумы в период 1980–2017 гг. // Уч. зап. РГМУ. 2019. № 56. С. 61–80. DOI: 10.33933/2074-2762-2019-56-61-80.
18. Якунин Л.П. Распределение речного стока по фарватерам устья Амура // Тр. ДВНИГМИ. 1978. Вып. 71. С. 162–166.
19. Jiang X., Li Y., Yang S., Wu R. Interannual and interdecadal variations of the South Asian and western Pacific summer climate // Meteorol. Atmos. Phys. 2011. Vol. 113, N 3/4. P. 171–180.