

Сезонная изменчивость приземного атмосферного давления на Дальнем Востоке России

Д. М. Ложкин¹, Г. В. Шевченко^{1,2}

¹ Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Южно-Сахалинск, 693023, Россия
E-mails: dima-lm@rambler.ru, tshay@yandex.ru, shvchenko_zhora@mail.ru

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
Южно-Сахалинск, 693022, Россия

На основе материалов многолетних спутниковых наблюдений приземного атмосферного давления рассчитаны средние многолетние показатели (нормы) за период с 1998 по 2019 г. Также для каждого месяца построены карты пространственных распределений аномалий (отклонений фактического атмосферного давления от рассчитанной нормы). Наиболее значимые аномалии, как по величине, так и по масштабу, наблюдались в январе 2007, 2009 гг. и в июле 2003, 2004 гг. В январе 2009 г. это привело к понижению площади ледового покрова в Охотском море. В июле 2003 г. вторжение арктического воздуха и его длительное пребывание над Охотским морем замедлило прогрев поверхностного слоя воды, а в июле 2004 г. вторжение тихоокеанского воздуха привело к значительным положительным аномалиям температуры поверхности океана (ТПО). Помимо оценки аномалий проведён гармонический анализ сезонных вариаций приземного атмосферного давления. При анализе пространственного распределения амплитуды годовой гармоника выявлена узкая область с низкими значениями, разделяющая зоны с различным характером годовых вариаций над материком (максимум — зимой, минимум — летом) и Тихим океаном (противоположная динамика). Вблизи восточного побережья Сахалина имеется точка, в окрестности которой фаза этой составляющей изменяется на 360° , — аналог амфидромии в теории приливов. При этом над материком фаза изменяется слабо, а вдоль границы раздела между областями с различным характером годового хода — очень резко. Амплитуда полугодовой гармоника невелика над материком и возрастает над океаном, максимальные значения (4–4,5 гПа) отмечены в области, ограниченной координатами $40\text{--}45^\circ$ с. ш. и $162\text{--}178^\circ$ в. д. Фаза этой составляющей возрастает в направлении от материка в открытый океан. Амплитуды третьгодовой и четвёртьгодовой циклических составляющих незначительны во всём изучаемом регионе.

Ключевые слова: приземное атмосферное давление, центры действия атмосферы, сезонные гармоника, данные реанализа, амфидромия, аномалии, ледовитость, температура поверхности океана

Одобрена к печати: 22.06.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-249-260

Введение

Особенности пространственного распределения приземного атмосферного давления над Дальним Востоком: характер атмосферной циркуляции и температуру атмосферного воздуха, а также термические условия в дальневосточных морях — во многом определяют погодные условия в регионе, поэтому их исследованию посвящён ряд работ специалистов рыбопромысловой науки (Глебова, 2007; Глебова и др., 2009; Мезенцева, Федулов, 2017; Шатилина, Анжина, 2008, 2011). В этих публикациях рассматриваются преимущественно особенности отдельных лет, влияющих на гидрометеорологические условия в регионе, а также предприняты попытки поиска закономерностей в межгодовых вариациях приземного атмосферного давления. Взаимосвязь между пространственно-временными вариациями данного параметра и термических условий в Охотском море и прилегающих акваториях анализировалась в исследовании (Новиненко, Шевченко, 2007), в котором для этой цели применялось разложение соответствующих полей по естественным ортогональным функциям.

В то же время вопросам сезонной изменчивости после выхода известного обобщения (Гидрометеорология..., 1998) уделялось мало внимания, так как основные её характеристики

были представлены в этом издании. Хорошо известно, что скорость и направление воздушных потоков северного и северо-западного румбов в осенне-зимний период, несущих на акваторию дальневосточных морей холодный арктический воздух (зимний муссон), формируются благодаря градиенту давления между крупномасштабными центрами действия атмосферы (ЦДА) — Сибирским максимумом и Алеутской депрессией. Этот фактор во многом определяет образование ледяного покрова в Охотском море, северной части Японского моря и западной части Берингова моря. В тёплый период года преобладают ветры южного и близких к нему румбов (летний муссон), обусловленные другими ЦДА — Гонолульским максимумом и областью низкого давления над юго-восточной Азией.

Интересно сравнить сложившиеся представления о характере пространственных распределений приземного атмосферного давления с результатами, полученными на основе современных цифровых массивов данных в условиях меняющегося климата, а также оценить наиболее значимые отклонения от них, имевшие место в последнее двадцатилетие. Также ранее детально не рассматривался вклад сезонных гармоник (годовой и её обертонов, обычно хорошо описывающих характер годового хода давления) на различных участках Дальневосточного региона. Именно эти задачи составляли цель настоящей работы.

Материалы и методы

В качестве исходных данных были использованы среднемесячные данные европейского ре-анализа (ERA-5) по приземному атмосферному давлению в Сахалино-Курильском регионе с января 1998 г. по декабрь 2019 г. (с четвертьградусным разрешением) (<http://cds.climate.copernicus.eu>). Полученная исходная матрица имела 270 временных слоёв, а размерность каждого слоя составила 201 на 141 точек. При расчёте аномалий сравнивалось значение приземного атмосферного давления в каждом слое с его среднемноголетним (за 22 года) показателем за месяц. Таким же способом были рассчитаны аномалии температуры поверхности океана (ТПО), подробнее о расчёте аномалий ТПО по данным Сахалинского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО) написано в статье (Цхай, Шевченко, 2013).

Сезонные вариации любого гидрометеорологического параметра в каждой точке можно описать годовой гармоникой и несколькими составляющими с кратными частотами: полугодовой, третьгодовой и четвертьгодовой. Для оценки сезонной изменчивости в каждой ячейке матрицы (201×141) методом наименьших квадратов были рассчитаны амплитуды и фазы сезонных гармоник. Построены пространственные распределения вышеуказанных параметров за каждый отдельный год и по средним многолетним данным. Таким образом, сезонный ход давления в любой точке можно представить в виде:

$$P(t) = A_0 + \sum_{i=1}^4 A_i \cdot \cos(\omega t - \varphi_i) + \xi(t), \quad (1)$$

где A_0 — свободный член, равный среднегодовому значению в данной точке; A_i — амплитуда; φ_i — фаза i -й гармоники; ω — годовая частота ($\omega = 2\pi/12$, если время задано в месяцах); $\xi(t)$ — остаточные вариации.

Вычисления были выполнены в созданном ранее программном комплексе BIN_READ, дополненном функцией расчёта сезонных гармоник и построения соответствующих графиков. Все исходные данные внесены в базу данных института.

Средние многолетние распределения атмосферного давления

На *рис. 1* (см. с. 251) представлены осреднённые распределения приземного атмосферного давления, построенные на основе цифровых массивов данных за 1998–2019 гг. над Дальневосточным регионом в январе, апреле, июле и октябре.

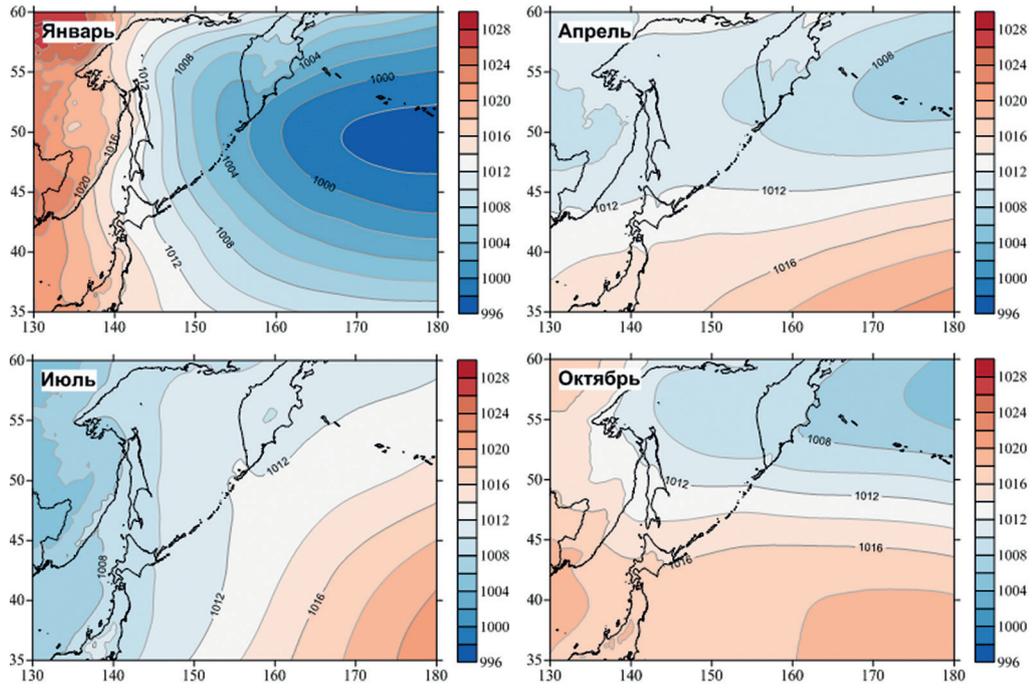


Рис. 1. Среднее многолетнее распределение приземного атмосферного давления (гПа) по месяцам за период с 1998 по 2019 г. (по данным ERA-5, <https://cds.climate.copernicus.eu> (дата обращения 19.04.2021))

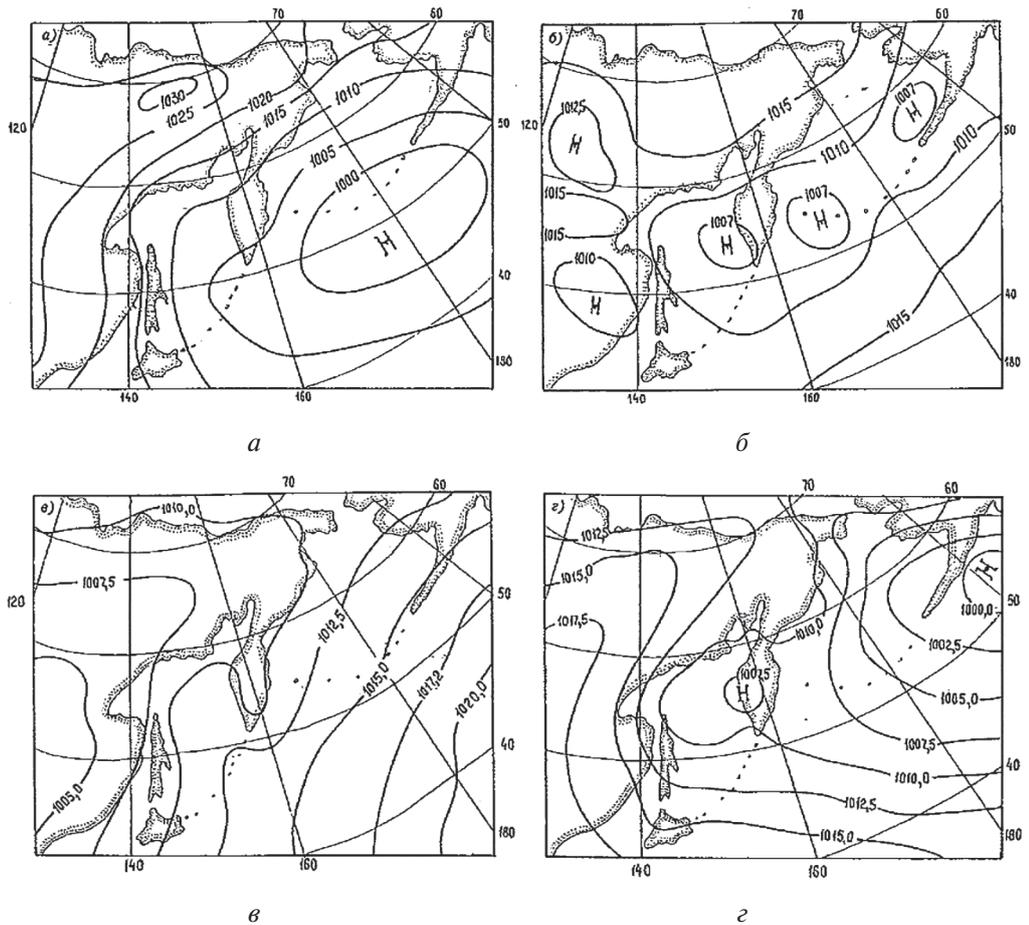


Рис. 2. Среднее многолетнее распределение атмосферного давления (гПа) на уровне моря в январе (а), апреле (б), июле (в) и октябре (г) (из работы (Гидрометеорология..., 1998))

Сразу отметим, что они лишь в некоторых деталях отличаются от приведённых в работе (Гидрометеорология..., 1998) типовых карт атмосферного давления для этих месяцев, построенных на основе обобщения более ранних наблюдений (рис. 2). Это показывает, что, несмотря на существенные климатические изменения, характерные для последних десятилетий, выраженные в глобальном потеплении, повышении температуры атмосферного воздуха в высоких широтах, снижении ледовитости Охотского моря и других особенностях гидрометеорологического режима, значимых отличий в характере распределения изучаемого параметра в последние 20 лет от карт, построенных по более ранним наблюдениям, не отмечено.

Зимой распределение давления воздуха определяется двумя центрами действия атмосферы: Сибирским максимумом и Алеутской депрессией. Высокое давление наблюдается практически над всей территорией северо-восточной Азии, за исключением п-ова Камчатка, о. Сахалин и ряда других прибрежных районов. Центр области низкого давления находится над Алеутскими островами. Депрессия охватывает практически всю акваторию Берингова моря, восточную часть Охотского моря и прилегающую к Камчатке и Курильским островам акваторию северо-западной части Тихого океана (СЗТО). Над Охотским морем проходят изобары 1020 гПа (северо-западная часть в районе Шантарских островов) и 1005 Гпа (Северные Курилы, южная оконечность Камчатки), характерный перепад составляет 15 гПа, что указывает на достаточно высокие скорости и устойчивость воздушных потоков, несущих на его акваторию холодный арктический воздух.

Летом ситуация противоположная: область высокого давления расположена над Тихим океаном, низкого — над Азией, над регионом устанавливаются ветра южного — юго-западного румбов, несущие тёплый влажный воздух (летний муссон). Изобары 1020 и 1005 гПа проходят над океаном и материком, достаточно далеко от Охотского моря. В районе Северных Курил проходит изобара 1012,5 гПа, в районе Шантарских островов — 1007,5 гПа, соответственно, градиент давления над морем примерно в три раза меньше, чем зимой, скорость воздушного потока тоже.

Весной и осенью (последняя декада апреля и первая декада октября являются характерным периодом перестройки от одного муссона к другому) изобары вытянуты приблизительно зонально, за исключением восточной части моря, где сказывается влияние Алеутской депрессии. Градиенты давления над морем невелики, атмосферная циркуляция не выражена.

Аномалии пространственного распределения атмосферного давления

Значительный интерес также представляли существенные отклонения поля приземного атмосферного давления от средних многолетних распределений для различных месяцев года, прежде всего для зимнего и летнего периодов, когда атмосферная циркуляция наиболее выражена. В подобных случаях ориентация изобар может существенно отклоняться от своего обычного положения и воздушные потоки могут иметь направление, отличное от среднего многолетнего. Для изучения пространственного распределения аномалий из значений давления в каждой пространственной ячейке для каждого месяца вычиталось среднемноголетнее значение. Для количественной оценки значимости (когда они не только имели существенную величину в отдельных районах, но и проявлялись на значительной площади), рассчитывалась сумма квадратов аномалий по всем ячейкам в изучаемом регионе.

На рис. 3 (см. с. 253) приведены примеры пространственного распределения наиболее значительных аномалий, имевших место в январе 2007 и 2009 гг. Так, в 2007 г. положительные аномалии величиной до 6–7 гПа наблюдались в южной и юго-западной части изучаемого района, главным образом в СЗТО, к югу от 45-й параллели. Отрицательные отклонения от нормы отмечены на севере и северо-западе региона, над континентом. Такой характер аномалий привёл к отклонению изобар от их среднего многолетнего положения, преобладающие ветра имели более выраженную зональную составляющую, в особенности ветер в СЗТО. Над Охотским морем градиент давления был лишь немного меньше обычного, направление

преобладающих ветров над ним также сильно не изменилось (наибольшие отклонения отмечены в южной части изучаемого района, над океаном, где воздушный поток был ориентирован на восток-юго-восток).

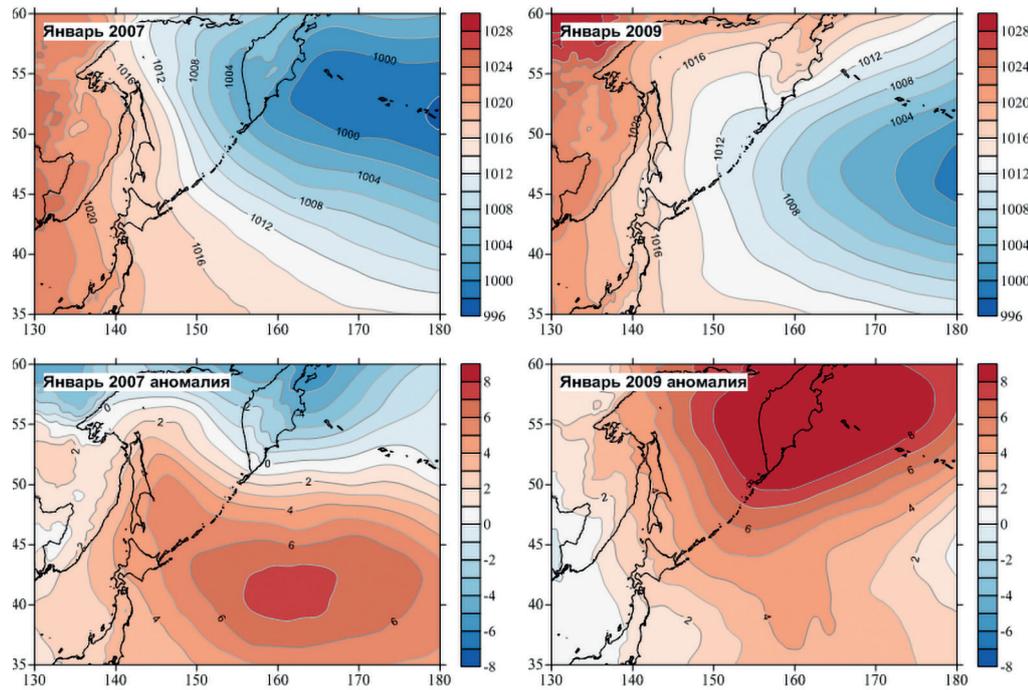


Рис. 3. Фактические значения (сверху) и аномалии (снизу) приземного атмосферного давления в январе 2007 и 2009 гг.

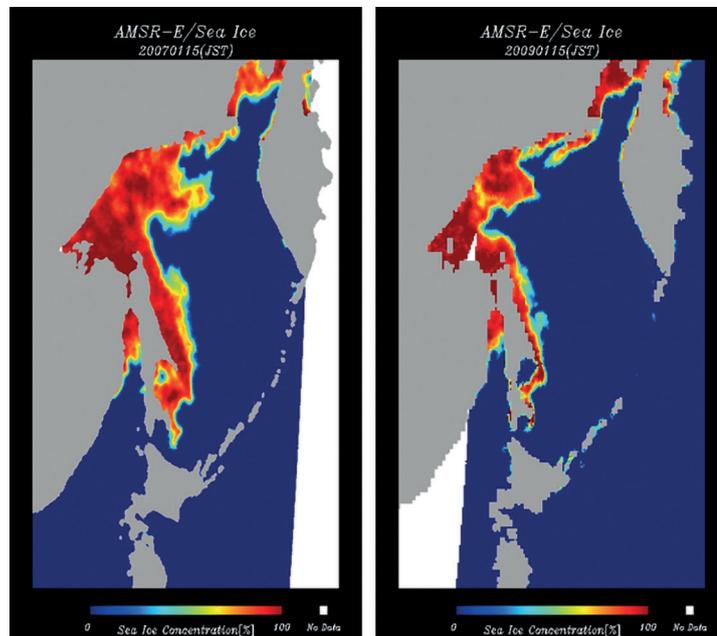


Рис. 4. Концентрация льда (%) 15 января 2007 г. (слева) и 2009 г. (справа) по данным Японского метеорологического агентства (<https://sharaku.eorc.jaxa.jp> (дата обращения 19.04.2021))

В январе 2009 г., напротив, из-за значительных положительных аномалий давления (до 9–10 гПа) в районе Камчатки, Командорских и Алеутских островов (где обычно проявляется влияние Алеутской депрессии и значения низкие) градиент давления был существенно меньше

обычного и зимний муссон был в значительной мере ослаблен. Вероятно, именно это стало причиной сравнительно тёплой зимы на севере Сахалина (по наблюдениям на гидрометеорологических станциях Одопту, Комрво и Пограничное) и аномально низкой ледовитости Охотского моря (Пищальник и др., 2016). Но изобары при этом в целом сохраняли ориентацию, типичную для зимнего сезона, существенного изменения направления преобладающих ветров не наблюдалось.

В связи с тем, что наличие столь сильных аномалий в январе 2007 и 2009 гг. не привело к значительному отклонению изобар на акватории Охотского моря (изменились лишь абсолютные значения, но не градиент давления и основное направление ветра), максимальная площадь ледового покрова в эти годы была в пределах нормы (<https://sharaku.eorc.jaxa.jp> (дата обращения 19.04.2021)). Однако если сравнить пространственное распределение концентрации льда в указанные годы в середине января, очевидно, что в январе 2009 г. льдообразование сильно отставало от более близкого к норме 2007 г. (рис. 4, см. с. 253). Вероятно, это связано с вторжением континентального арктического воздуха, более тёплого зимой, чем континентальный умеренный воздух.

В июле 2003 г. над Охотским морем наблюдалась обширная положительная аномалия атмосферного давления, превышавшая 6–7 гПа (рис. 5). Сформировался антициклон в центральной части его акватории. В восточной части Охотского моря воздушные потоки были ослаблены, в прилегающей к Курильским островам части СЗТО наблюдались ветры восточного румба.

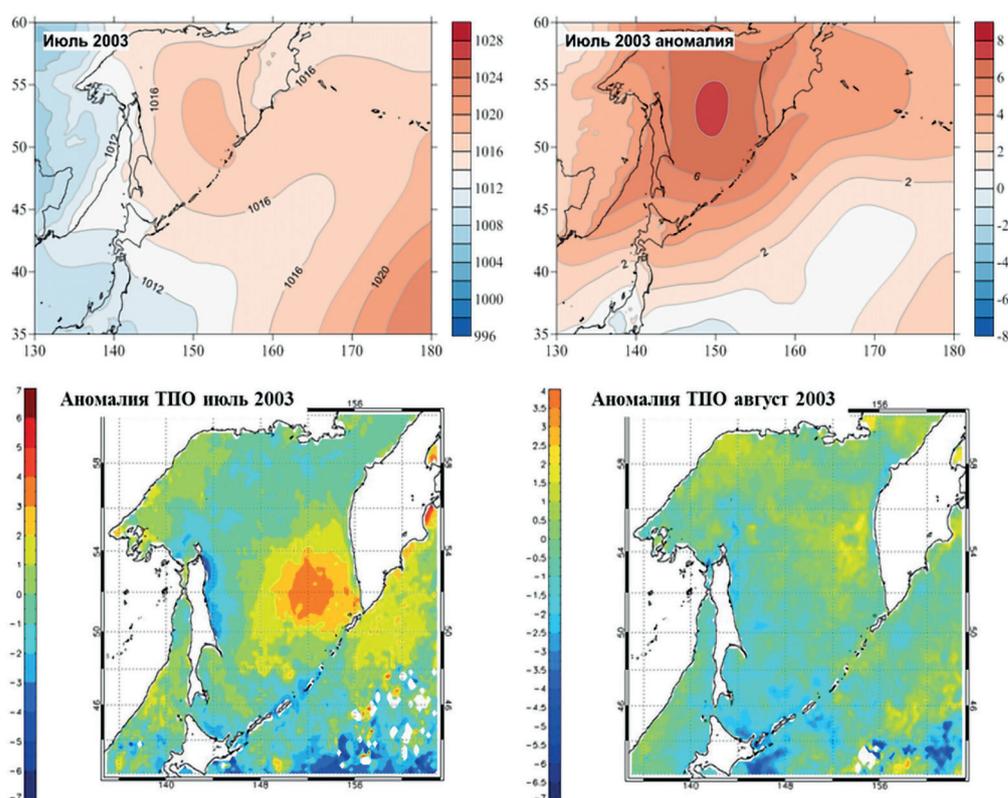


Рис. 5. Фактические значения и аномалии приземного атмосферного давления (гПа) в июле 2003 г. (сверху) и аномалии температуры поверхности Охотского моря (°С) в июле–августе 2003 г. (снизу) по данным СахНИРО (<http://www.sakhniro.vniro.ru> (дата обращения 19.04.2021))

Если посмотреть на аномалии температуры поверхности Охотского моря и прилегающих акваторий в 2003 г., то можно отметить, что вторжение тихоокеанского воздуха с формированием антициклона привело к значительным (в некоторых областях выше 3 °С) отклонениям ТПО от средней многолетней нормы. Менее значимые аномалии наблюдались и в августе 2003 г.

Также был ослаблен летний муссон и в 2004 г., хотя над центральной частью Охотского моря и прилегающей к Курильским островам частью СЗТО сформировалась область пониженного давления (рис. 6). Градиент давления был не выражен, атмосферная циркуляция над морем была ослаблена. Над Тихим океаном изобары имели нехарактерную для тёплого сезона ориентацию, преобладали ветры западного румба. Столь необычное поле давления над Охотским морем в 2004 г. привело к постепенному замедлению прогрева вод, что выразилось в слабых отрицательных аномалиях ТПО в июле 2004 г. и более значительных (вплоть до 4 °С) — в августе 2004 г.

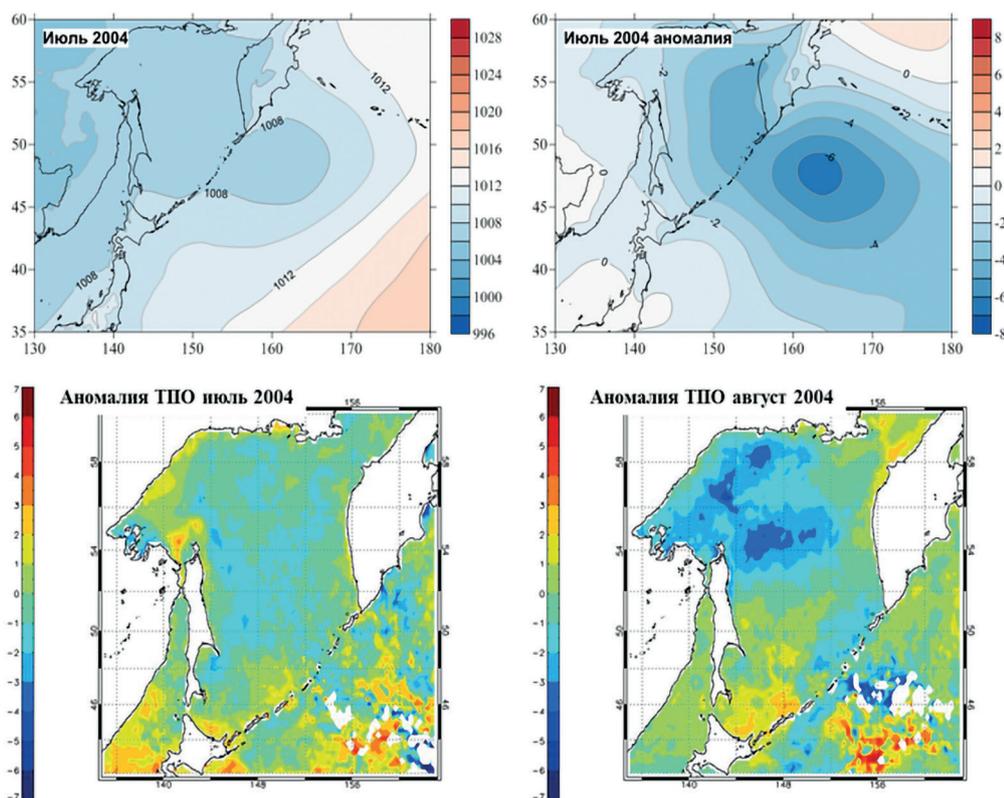


Рис. 6. Фактические значения и аномалии приземного атмосферного давления (гПа) в июле 2004 г. (сверху) и аномалии температуры поверхности Охотского моря (°С) в июле–августе 2004 г. (снизу) по данным СахНИРО (<http://www.sakhniro.vniro.ru> (дата обращения 19.04.2021))

В целом такие значительные и проявляющиеся на большой площади аномалии наблюдались в рассматриваемый период времени сравнительно редко. В годы, когда они были менее выражены, атмосферная циркуляция была близка к типичной для данного района.

Гармонический анализ сезонных вариаций

Пространственное распределение амплитуды и фазы годовой гармоник представлено на рис. 7. Высокие значения амплитуды (более 5 гПа) отмечены над Азией и в северной части Тихого океана, в зоне проявления Алеутской депрессии. К востоку от Сахалина наблюдается узкая полоса с низкими значениями, близкими к нулю, означающая, что годовые циклические вариации давления в ней отсутствуют (в принципе, они малы и над территорией острова, что согласуется с результатами анализа данных наблюдений на метеорологических станциях). Изменение фазы обнаруживает в этой полосе точку, в окрестности которой фаза изменяется на 360°, — полная аналогия с амфидромической точкой в теории приливов. Амфидромии в приливах обусловлены специфической волновой картиной, когда волна

Кельвина обходит в приливном цикле некоторую замкнутую или полужамкнутую область. Какое-то аналогичное движение наблюдается и в атмосфере: специальный расчёт по более обширному району показал, что полоса с близкими к нулю значениями амплитуды опоясывает область проявления Алеутской депрессии практически по эллипсу, сжато в меридиональном направлении (границы области проходят приблизительно по 30-й и 60-й параллелям и 150-му и 240-му меридианам). Это говорит об ином типе волновых движений в атмосфере, возможно, связанных с волнами Россби в указанной области. Квазиамфидами имеются только на её западной и восточной границах, на северной и южной фаза меняется резко, но в более узких пределах (30–150°). Изменения фазы над материком незначительны, здесь подобных движений не отмечено, просто в годовом цикле давление изменяется от высокого зимой до низкого летом.

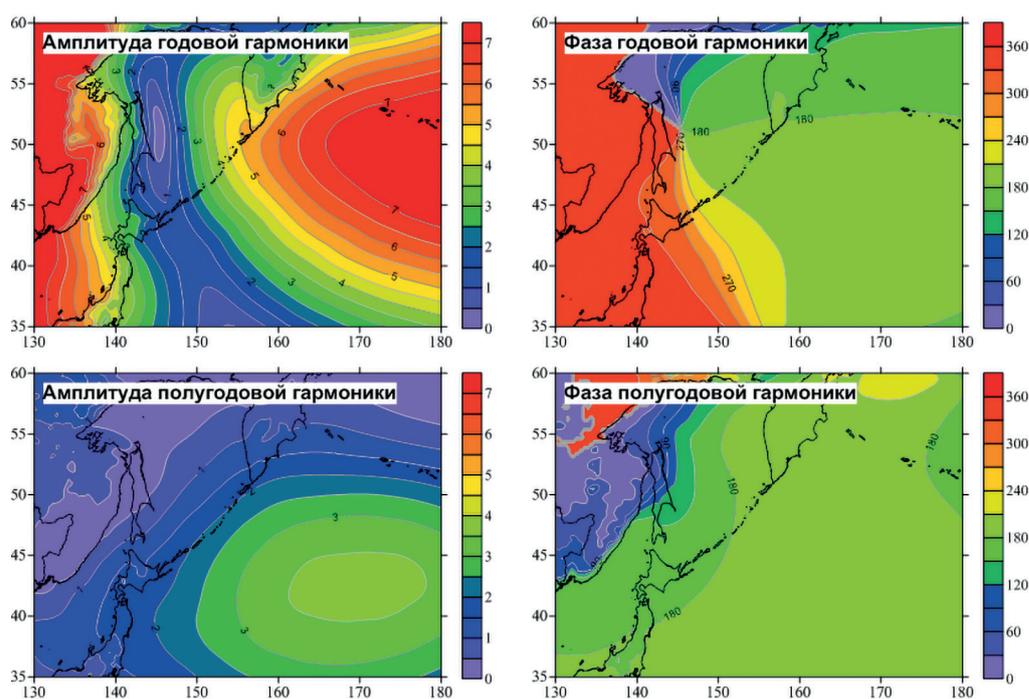


Рис. 7. Амплитуды (гПа) и фазы (град) годовой и полугодовой гармоники

Амплитуда полугодовой гармоники плавно увеличивается в юго-восточном направлении: над материком, а также северной и северо-западной частью Охотского моря её значения малы (менее 0,5 гПа), а по направлению в открытую часть Тихого океана возрастают до 3 гПа и достигают максимальных значений (4–4,5 гПа) в области, ограниченной координатами 40–45° с. ш. и 162–178° в. д. Из этого, в частности, следует, что в северной и западной частях Охотского моря, включая о. Сахалин, годовой ход давления отсутствует, что уже отмечалось выше. Изменение фазы указывает, что полугодовая волна давления распространяется от материка в направлении океана.

Амплитуды третьгодовой и четвёртоговой циклических составляющих незначительны во всём изучаемом регионе, их вклад в вариации приземного атмосферного давления мал.

Найдя амплитуды и фазы четырёх гармоник, можно получить функцию, описывающую типичный сезонный ход давления. В целом для указанного района ход давления можно разделить на три категории: континентальный, океанический и переходный. Выбрав три точки, находящиеся на одной широте, продемонстрируем годовой ход давления и аппроксимирующие кривые, являющиеся суммой первых N гармоник (рис. 8, см. с. 257).

Из графиков видно, что для описания континентального давления может быть достаточно одной годовой гармоники (остаточная дисперсия не превышает 3%), для океанического — годовой и полугодовой (для годовой гармоники остаточная дисперсия составляет около 13%,

а для суммы годовой и полугодовой — около 2 %), а в переходной зоне давление меняется весьма незначительно и сезонный ход фактически отсутствует (остаточная дисперсия для суммы четырёх гармоник — более 10 %, в зависимости от района увеличивается вклад треть-годовой и четвертьгодовой гармоник, вплоть до полного доминирования).

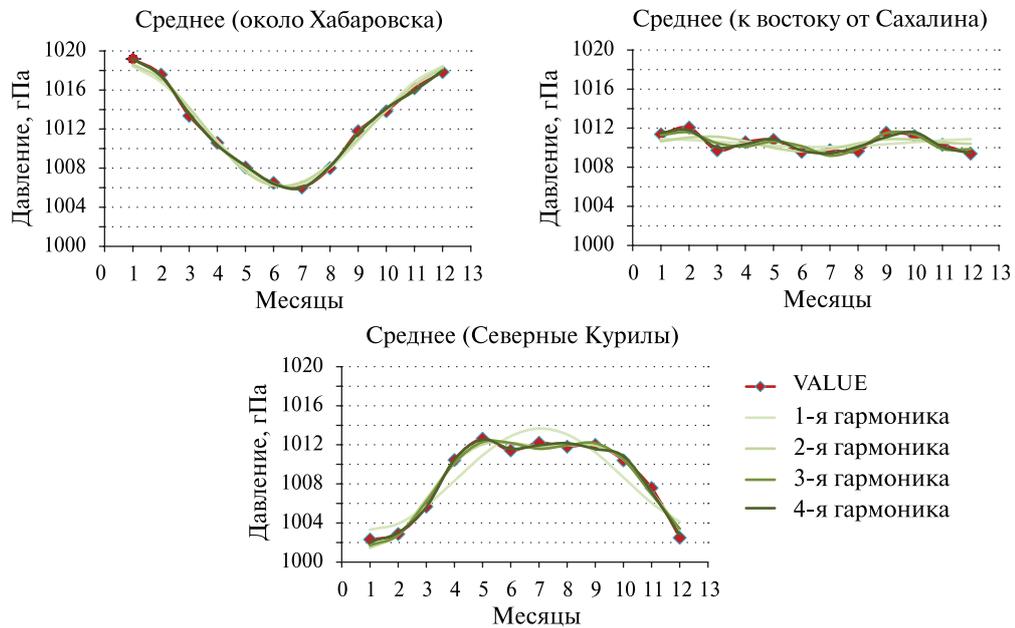


Рис. 8. Пример графиков годового хода среднего многолетнего приземного атмосферного давления на одной широте и аналитических кривых

Свободный член A_0 из формулы (1) в случае расчёта по средним многолетним месячным значениям будет равен среднему многолетнему значению давления в данной точке. На рис. 9 приведено пространственное распределение свободного члена в изучаемом районе.

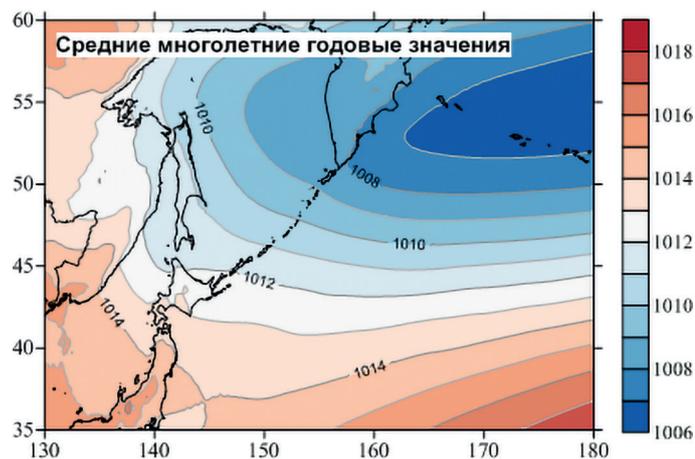


Рис. 9. Среднее многолетнее распределение годовых значений приземного атмосферного давления (гПа)

Средние многолетние значения атмосферного давления наиболее высоки над Сибирью и в южной части изучаемого района, в Тихом океане и над центральной частью Японского моря. Область низких значений находится в Беринговом море, в районе Командорских и Алеутских островов, но она не совпадает с характерным положением Алеутской депрессии.

Такой характер распределения указывает на общее преобладание ветров северного — северо-западного румбов над акваторией Охотского моря. Вариации среднего поля давления существенны, они превышают 10 гПа, однако над морем они значительно меньше — около 3 гПа.

Заключение

В результате анализа ежемесячных распределений приземного атмосферного давления в Дальневосточном регионе за 1998—2019 гг. построены средние многолетние карты для каждого месяца и отклонения от них (аномалии) в различные годы. Показано, что в последнее двадцатилетие, несмотря на значительные климатические изменения, типовые карты давления для различных сезонов мало изменились по сравнению с рассчитанными на основе более ранних наблюдений (Гидрометеорология..., 1998). Показано, что в отдельные годы наблюдались значительные аномалии давления, которые вызывали изменение характера атмосферной циркуляции относительно обычных условий. Наиболее существенные изменения отмечены зимой 2007 и 2009 гг., а также летом 2003 и 2004 гг.

Аномальное состояние поля давления не всегда приводит к аномалиям в распределении ледового покрова. Отчасти это может быть связано с тем, способствует ли текущее поле давления проникновению воздуха со стороны Северного Ледовитого океана (что зимой оказывает отепляющее действие, как, по-видимому, и случилось в начале зимы 2009 г.) или же со стороны Сибири (основного источника холода). Летом же вторжение арктического воздуха и его длительное пребывание над Охотским морем замедляет прогрев поверхностного слоя воды (2003), в то время как вторжение тихоокеанского воздуха приводит к значительным положительным аномалиям ТПО (2004).

При анализе пространственного распределения амплитуды годовой гармоники выявлена узкая область с низкими значениями, разделяющая зоны с различным характером годовых вариаций над материком (максимум — зимой, минимум — летом) и Тихим океаном (противоположная динамика). Вблизи восточного побережья Сахалина имеется точка, в окрестности которой фаза этой составляющей изменяется на 360° , — аналог амфидромии в теории приливов. При этом над материком фаза изменяется слабо, а вдоль границы раздела между областями с различным характером годового хода — очень резко.

Амплитуда полугодовой гармоники невелика над материком и возрастает над океаном, максимальные значения (4—4,5 гПа) отмечены в области, ограниченной координатами $40\text{--}45^\circ$ с. ш. и $162\text{--}178^\circ$ в. д. Фаза этой составляющей возрастает в направлении от материка в открытый океан.

Амплитуды третьгодовой и четвертьгодовой циклических составляющих незначительны во всём изучаемом регионе.

Построено пространственное распределение среднего поля атмосферного давления в изучаемом районе, которое характеризуется высокими значениями над Сибирью и южной частью изучаемого района (Тихий океан, о. Хонсю, центральная часть Японского моря) и низкими над южной частью Берингова моря, Командорскими и Алеутскими островами. Размах вариаций существенен, около 10 гПа, над Охотским морем значительно меньше — около 3 гПа.

Литература

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9. Охотское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоздат, 1998. 342 с.
2. Глебова С. Ю. Особенности развития атмосферных процессов над Охотским морем в 2000—2006 гг. // Изв. Тихоокеанского научно-исслед. рыбохозяйств. центра. 2007. Т. 150. С. 200—216.
3. Глебова С. Ю., Устинова Е. И., Сорокин Ю. Д. Долгопериодные тенденции в ходе атмосферных процессов и термического режима дальневосточных морей за последний 30-летний период // Изв. Тихоокеанского научно-исслед. рыбохозяйств. центра. 2009. Т. 159. С. 285—298.

4. Мезенцева Л. И., Федулов А. С. Климатические тенденции атмосферной циркуляции на Дальнем Востоке // Изв. Калининградского гос. техн. ун-та. 2017. № 46. С. 175–183.
5. Новиненко Е. Г., Шевченко Г. В. Пространственно-временная изменчивость температуры поверхности Охотского моря по спутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 5. С. 50–60.
6. Цхай Ж. Р., Шевченко Г. В. Оценка температурных аномалий поверхности Охотского моря и прилегающих акваторий по спутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. 2013. № 2. С. 50–61. DOI: 10.7868/S0205961413020139.
7. Шатилина Т. А., Анжина Г. И. Особенности атмосферной циркуляции и климата на Дальнем Востоке в начале 21-го века // Изв. Тихоокеанского научно-исслед. рыбохозяйств. центра. 2008. Т. 152. С. 225–239.
8. Шатилина Т. А., Анжина Г. И. Изменчивость интенсивности дальневосточного муссона в 1948–2010 гг. // Изв. Тихоокеанского научно-исслед. рыбохозяйств. центра. 2011. Т. 167. С. 146–159.
9. Пищальник В. М., Романюк В. А., Минервин И. Г., Батухтина А. С. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1988 по 2015 г. // Изв. Тихоокеанского научно-исслед. рыбохозяйств. центра. 2016. Т. 185. С. 1–12.

Seasonal variability of sea level pressure in the Russian Far East

D. M. Lozhkin¹, G. V. Shevchenko^{1,2}

¹ *Sakhalin Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
Yuzhno-Sakhalinsk 693023, Russia*

E-mails: dima-lm@rambler.ru, tshay@yandex.ru, shevchenko_zhora@mail.ru

² *Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS
Yuzhno-Sakhalinsk 693022, Russia*

Based on the materials of long-term satellite observations of sea level pressure for each month, the long-term average values (norms) were calculated for the period from 1998 to 2019. Also, maps of spatial distributions of anomalies (deviations of the actual atmospheric pressure from the calculated norm) were built for each month. The most significant anomalies, both in size and scale, were observed in January 2007, 2009 and in July 2003, 2004. In January 2009, such anomalies led to a decrease in the area of ice cover in the Sea of Okhotsk. In July 2003, the invasion of the Arctic air and its long stay over the Sea of Okhotsk slowed down the heating of the surface water layer, and in July 2004, the invasion of the Pacific air led to significant positive SST anomalies. In addition to assessing the anomalies, a harmonic analysis of seasonal variations in surface atmospheric pressure was carried out. When analyzing the spatial distribution of the amplitude of the annual harmonic, a narrow region with low values was revealed, separating zones with different patterns of annual variations over the mainland (maximum in winter, minimum in summer) and the Pacific Ocean (opposite dynamics). There is a point near the eastern coast of Sakhalin, in the vicinity of which the phase of this component will change by 360° — an analogue of amphidromy in the theory of tides. At the same time, the phase changes weakly over the mainland, and very sharply along the interface between regions with a different character of the annual cycle. The amplitude of the semiannual harmonic is small over the mainland and increases over the ocean, the maximum values (4–4.5 gPa) are noted in the area bounded by coordinates 40–45° N and 162–178° E. The phase of this component increases in the direction from the mainland to the open ocean. The amplitudes of the third-year and quarter-year cyclical components are insignificant in the entire studied region.

Keywords: sea level pressure, centers of atmospheric action, seasonal harmonics, reanalysis data, amphidromy, anomalies, ice cover, sea surface temperature

Accepted: 22.06.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-249-260

References

1. *Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. Vol. 9. The Sea of Okhotsk. Issue 1. Hydrometeorological conditions*, Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, 342 p. (in Russian).
2. Glebova S. Yu., Features of atmospheric processes development over the Okhotsk Sea in 2000–2006, *Izvestiya Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhozyaistvennogo tsentra*, 2007, Vol. 150, pp. 200–216 (in Russian).
3. Glebova S. Yu., Ustinova E. I., Sorokin Yu. D., Long-term tendencies of atmospheric processes and thermal regime in the Far-Eastern seas of Russia in the last three decades, *Izvestiya Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhozyaistvennogo tsentra*, 2009, Vol. 159, pp. 285–298 (in Russian).
4. Mezentseva L. I., Fedulov A. S., Climatic trends of atmospheric circulation in the Far East region, *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2017, No. 46, pp. 175–183 (in Russian).
5. Novinenko E. G., Shevchenko G. V., Spatial and Temporal Variability of the Okhotsk Sea Surface Temperature from Satellite Data, *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2007, No. 5, pp. 50–60 (in Russian).
6. Tshay Zh. R., Shevchenko G. V., Estimate of Extreme Surface Temperature of the Okhotsk Sea and Adjacent Waters from Satellite Data, *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2013, No. 2, pp. 50–61 (in Russian).
7. Shatilina T. A., Anzhina G. I., Features of atmospheric circulation and climate in the Far East in the beginning of 21 century, *Izvestiya Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhozyaistvennogo tsentra*, 2008, Vol. 152, pp. 225–239 (in Russian).
8. Shatilina T. A., Anzhina G. I., Variability of the far-eastern monsoon intensity in 1948–2010, *Izvestiya Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhozyaistvennogo tsentra*, 2011, Vol. 167, pp. 146–159 (in Russian).
9. Pishchalnik V. M., Romanyuk V. A., Minervin I. G., Batukhtina A. S., Analysis of dynamics for anomalies of the ice cover in the Okhotsk Sea in the period from 1882 to 2015, *Izvestiya Tikhookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybokhozyaistvennogo tsentra*, 2016, Vol. 185, pp. 1–12 (in Russian).