

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ И ИХ МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

канд. геогр. наук *И.М.АШИК*, млад. науч. сотр. *И.В.РЫЖОВ*

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: ashik@aari.nv.ru

В статье описывается режим экстремальных (годовой максимум, минимум и величина) колебаний уровня по станциям арктических морей России. Проанализировано пространственное распределение параметров экстремальных колебаний уровня, и показана их связь с морфометрическими характеристиками арктических морей и их районов. Выполнена оценка трендов годовых максимумов, минимумов и величин колебаний уровня, и показано существование многолетней тенденции к уменьшению значений годовых максимумов и величин колебаний уровня. Предложена гипотеза, объясняющая отмеченные закономерности.

Ключевые слова: арктические моря, уровень моря, экстремальные колебания уровня, тренд, климатические изменения.

Крупномасштабные долгопериодные изменения положения среднего уровня моря оказывают существенное влияние на хозяйственную деятельность в прибрежных районах морей, на их побережье и в устьевых участках рек. Особенно пристальное внимание к проблеме современных изменений положения среднего уровня арктических морей было проявлено в последнее десятилетие XX в. и первые годы XXI в. Именно в эти годы в арктических морях отмечался повсеместный существенный рост уровня, приведший к резкой интенсификации процессов разрушения берегов и отступления береговой линии. Оценка многолетней изменчивости положения среднего уровня арктических морей, выявление основных факторов, влияющих на эту изменчивость, и определение степени их влияния является важной комплексной научной проблемой, имеющей прямое прикладное значение.

В 1995 г. ученые, работавшие в Межправительственной комиссии по изменениям климата, пришли к выводу, что наиболее вероятный сценарий для Мирового океана (за исключением Северного Ледовитого океана) предполагает повышение уровня моря к 2100 г. приблизительно на 50 см, с диапазоном оценок от 15 до 95 см. Однако позже эти оценки были пересмотрены. Последние официальные данные 2007 г. говорят о том, что к концу XXI в. уровень Мирового океана вырастет в зависимости от сценария от 18 до 59 см, т.е. в среднем примерно на 35–40 см [Church, White, 2006].

Результаты, полученные при исследованиях многолетних изменений среднего уровня, зачастую без всякого обоснования переносятся на экстремальные уровни, отмечающиеся на побережье морей. При этом предполагается, что повышение среднего уровня моря и усиление циклонической активности, наблюдающиеся в арктических морях в течение последних 20–25 лет, являются достаточным основанием для того, чтобы сделать вывод об увеличении повторяемости значительных сгонно-нагонных

колебаний уровня и росте их величины. На самом деле характер многолетних изменений экстремальных колебаний уровней арктических морей имеет более сложную природу.

В арктических морях России инструментальные наблюдения за уровнем моря начались в 1920–1930 гг. Первоначально эти наблюдения носили отрывочный характер и предназначались для получения данных, необходимых для оценки основных характеристик приливных колебаний уровня моря. Регулярные инструментальные наблюдения за уровнем моря были начаты в Карском море на станции о. Диксон в 1933 г. на станции Амдерма в 1935 г., в море Лаптевых в бухте Тикси в 1934 г., в Восточно-Сибирском море на станции м. Шалаурова в 1935 г., в Чукотском море на станции м. Шмидта в 1935 г. До конца 1940-х – начала 1950-х гг. наблюдения за уровнем на станциях арктических морей не привязывались к постоянной высотной основе, что делает невозможным использование этих данных в целях многолетнего анализа изменчивости уровня. В конце 1970-х – начале 1980-х гг. наблюдения за уровнем моря велись почти на 70 станциях, расположенных на материковом побережье, островах и в устьях рек арктических морей. Однако в 1990-е гг. произошло резкое сокращение сети полярных станций и программ гидрометеорологических наблюдений.

В последние годы наблюдения за уровнем моря ведутся на десяти станциях в Карском море, пять из которых расположены в юго-западной части моря (им. Е.К.Федорова (м. Большой Болванский Нос), Амдерма, Усть-Кара, о. Диксон и Сопочная Карга) и пять в северо-восточной части моря (о-ва Известий ЦИК, о. Визе, м. Стерлегова, о. Голомянный, ГМО им. Е.К.Федорова (м. Челюскина)), на четырех станциях в море Лаптевых (Анабар, м. Кигилях, пр. Санникова, о. Котельный) и трех станциях Восточно-Сибирского моря (Амбарчик, Рау-Чуа, Певек). Чукотское море наблюдениями за уровнем моря в настоящее время не освещается. При этом на станциях Амбарчик и Рау-Чуа наблюдения ведутся только в летний период года, нередким явлением стали длительные перерывы в наблюдениях и недостаточно высокое качество.

По данным наблюдений за уровнем арктических морей, осуществлявшихся после перехода к постоянной высотной основе, в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте были определены месячные и годовые максимальные и минимальные уровни по каждой станции, рассчитаны месячные и годовые величины колебаний уровня как разности между соответствующими максимумами и минимумами и сформирован электронный архив «Аномалии месячных и годовых экстремальных уровней по станциям арктических морей России» (табл. 1).

Колебания уровня арктических морей носят чрезвычайно сложный характер и определяются сочетанием динамического и консервативного факторов. Размеры и положение арктических морей позволяют считать действие динамического фактора достаточно однородным на всей акватории отдельного моря. Таким образом, различия в характере колебаний уровня, особенности формирования экстремальных колебаний в отдельных районах арктических морей обусловлены в первую очередь морфометрией этих районов: рельефом дна, положением береговой черты и т.п. Значительную роль в режиме экстремальных колебаний уровня арктических морей играет также сток рек.

По своим морфометрическим характеристикам каждое из арктических морей может быть разделено на несколько районов: районы со значительными глубинами, как правило, расположенные в северной части моря, и относительно мелководные прибрежные районы. Так, в центре северной части Карского моря расположена

**Станции, представленные в электронном архиве
«Аномалии месячных и годовых экстремальных уровней
по станциям арктических морей России»**

| Станция | Северная широта | Восточная долгота | Период | N |
|---------------------|-----------------|-------------------|-----------|----|
| Карское море | | | | |
| м. Желания | 76°57' | 68°33' | 1951–1995 | 45 |
| им. Е.К.Федорова | 70°27' | 59°05' | 1951–1992 | 40 |
| Югорский Шар | 69°49' | 60°45' | 1950–1989 | 40 |
| Амдерма | 69°45' | 61°42' | 1950–2011 | 62 |
| Усть-Кара | 69°15' | 64°31' | 1950–2011 | 56 |
| Моржовая | 71°25' | 67°35' | 1954–1993 | 40 |
| им. М.В.Попова* | 73°20' | 70°03' | 1950–1989 | – |
| Тадебяха | 70°22' | 74°08' | 1955–1989 | 35 |
| Сеяха | 70°09' | 72°34' | 1967–1989 | 23 |
| Антипаюта | 69°05' | 76°51' | 1965–1988 | 24 |
| м. Лескина* | 72°19' | 79°34' | 1951–1989 | – |
| Сопочная Карга | 71°52' | 82°42' | 1958–2011 | 44 |
| о. Диксон | 73°30' | 80°24' | 1950–2011 | 49 |
| о-ва Известий ЦИК | 75°57' | 82°57' | 1954–2011 | 54 |
| о. Уединения | 77°30' | 82°12' | 1957–1994 | 38 |
| о. Визе | 79°30' | 76°59' | 1953–2011 | 51 |
| о. Голомянный | 79°33' | 90°37' | 1955–2011 | 49 |
| о-ва Краснофлотские | 78°36' | 98°50' | 1954–1987 | 34 |
| о. Исаченко | 77°09' | 89°12' | 1954–1993 | 39 |
| м. Стерлегова | 75°25' | 88°54' | 1950–2011 | 52 |
| о. Правды | 76°16' | 94°46' | 1950–1994 | 45 |
| о. Русский | 77°10' | 96°26' | 1955–1989 | 35 |
| о-ва Гейберга | 77°36' | 101°31' | 1951–1994 | 43 |
| м. Челюскина | 77°43' | 104°18' | 1950–2011 | 47 |
| б. Солнечная | 78°12' | 103°16' | 1951–1989 | 39 |
| море Лаптевых | | | | |
| м. Песчаный | 79°26' | 102°29' | 1962–1991 | 30 |
| о. Малый Таймыр | 78°05' | 106°49' | 1950–1990 | 41 |
| о. Андрея | 76°48' | 110°45' | 1951–1994 | 44 |
| б. М. Прончищевой | 75°32' | 113°26' | 1952–1968 | 17 |
| о. Преображения | 74°40' | 112°56' | 1954–1991 | 38 |
| м. Косистый | 73°39' | 109°44' | 1954–1989 | 36 |
| Анабар | 73°13' | 113°30' | 1991–2011 | 21 |
| м. Терпий-Тумса | 73°33' | 118°40' | 1959–1996 | 37 |
| Усть-Оленёк | 73°00' | 119°52' | 1950–1995 | 24 |
| о-ва Дунай | 73°56' | 124°30' | 1955–2011 | 53 |
| Сагыллах-Ары | 73°09' | 128°51' | 1962–1980 | 19 |
| о. Мальшева* | 72°03' | 128°39' | 1954–1980 | – |
| Быков мыс | 72°00' | 129°07' | 1982–2003 | 13 |

| Станция | Северная широта | Восточная долгота | Период | <i>N</i> |
|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------|----------|
| б. Тикси | 71°35' | 128°55' | 1949–2011 | 62 |
| о. Муостах | 71°33' | 130°02' | 1951–1995 | 45 |
| Найба | 70°51' | 130°45' | 1982–1995 | 11 |
| м. Буор-Хая | 71°57' | 132°46' | 1955–1991 | 21 |
| Юэдей* | 71°31' | 136°25' | 1953–1994 | – |
| м. Святой Нос | 72°50' | 140°44' | 1956–1986 | 31 |
| м. Кигилях | 73°20' | 139°52' | 1951–2011 | 61 |
| пр. Санникова | 74°40' | 138°54' | 1950–2011 | 60 |
| о. Котельный | 76°00' | 137°52' | 1952–2011 | 60 |
| Восточно-Сибирское море | | | | |
| о. Жохова | 76°09' | 152 50' | 1959–1992 | 33 |
| Земля Бунге | 74°53' | 142 07' | 1954–1987 | 34 |
| м. Шалаурова | 73°11' | 143 14' | 1950–1999 | 50 |
| о. Немкова* | 71°25' | 150 45' | 1956–2001 | – |
| о. Четырехстолбовой | 70°38' | 162 29' | 1951–1993 | 43 |
| Амбарчик | 69°37' | 162 18' | 1950–2011 | 46 |
| Рау-Чуа | 69°30' | 166 35' | 1950–2011 | 47 |
| о. Айон | 69°56' | 167 59' | 1954–2007 | 47 |
| Певек | 69°42' | 170 15' | 1950–2011 | 56 |
| м. Валькаркай | 70°05' | 170 56' | 1956–1991 | 36 |
| м. Биллингса | 69°53' | 175°46' | 1953-1994 | 41 |
| Чукотское море | | | | |
| о. Врангеля | 70°59' | 178°29*** | 1950–2000 | 50 |
| м. Шмидта | 68°54' | 179°22*** | 1950–1993 | 44 |
| Ванкарем | 67°50' | 175°50*** | 1950–2001 | 51 |
| о. Колючин | 67°29' | 174°39*** | 1950–1991 | 42 |
| Нетген | 66°58' | 171°56*** | 1950–1994 | 44 |
| о. Ратманова | 65°51' | 169°08*** | 1950–1992 | 37 |

Примечание: * – водопосты, проводившие наблюдения за уровнем моря только в навигационный (июль–октябрь) период года; ** – западная долгота; *N* – количество годовых реализаций.

Центральная Карская возвышенность, ограниченная с запада желобом Святой Анны с глубинами, превышающими 600 м, а с востока – желобом Воронина с глубинами около 200–300 м. Таким образом, глубина в этой части моря довольно значительна, а величина экстремальных колебаний уровня на станциях, расположенных в этом районе (м. Желания, о. Визе, о. Уединения, о. Голомянный, о. Исаченко, о-ва Краснофлотские, о-ва Гейберга, б. Солнечная, м. Челюскина) сравнительно невелика и не превышает 200 см (рис. 1). Значения абсолютных максимумов и абсолютных минимумов, под которыми понимается положительная или отрицательная величина наибольшего наблюдавшегося отклонения уровня от среднееголетнего, на большинстве станций этого района не превышают 100 см (рис. 1).

По мере уменьшения глубин районов величина экстремальных колебаний уровня начинает увеличиваться, составляя 200–250 см для станций им. Е.К.Федорова

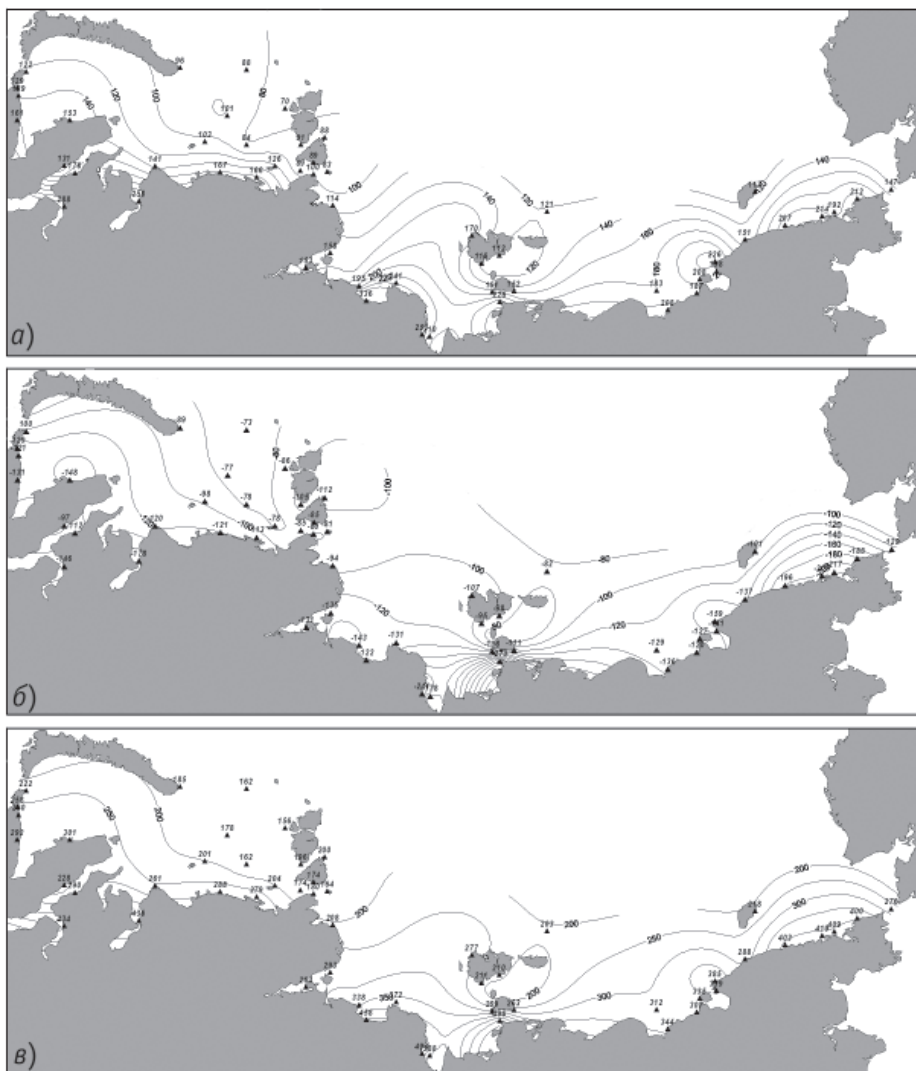


Рис. 1. Характеристики экстремальных колебаний уровня в арктических морях России: *а* – максимальный уровень; *б* – минимальный уровень; *в* – величина колебаний уровня.

(м. Большой Болванский Нос), Сеяха, о-ва Известий ЦИК, о. Русский и 250–300 см для станций Югорский Шар, Амдерма, Усть-Кара, Тадебяха, о. Диксон, м. Стерлегова, о. Правды, Моржовая, причем если величина абсолютного максимума для станций первой группы колеблется от +100 см до +130 см, а минимума – от –80 см до –100 см, то для станций второй группы эти величины составляют от +130 см до +170 см и от –100 см до –130 см соответственно (рис. 1).

Резкое возрастание, по сравнению с другими станциями, величины экстремальных колебаний уровня на станциях Антипаюта (434 см) и Сопочная Карга (436 см) обусловлено уже не столько морфометрией районов их расположения, сколько положением этих станций в устьях таких рек, как Таз и Енисей. Абсолютный максимум

на этих станциях почти в два раза превышает абсолютный минимум, а сам максимум наблюдается в июне, в период весеннего половодья. Вторичный максимум на этих станциях, отмечающийся в сентябре–октябре, составляет +144 см и +196 см, при минимуме –147 см и –174 см соответственно. Таким образом, величина колебаний уровня, обусловленная влиянием только морских факторов, на этих станциях составляет 291 см для Антипаюты и 370 см для Сопочной Карги.

Хорошо выраженный максимум в период прохождения весеннего половодья отмечается на всех станциях, расположенных в устьях рек (Усть-Кара, Сеяха, Тадебьяха, Антипаюта, Сопочная Карга), а также и на некоторых других: им. Е.К.Федорова, Моржовая, о. Диксон, м. Стерлегова, но величина абсолютного максимума на этих станциях в период весеннего половодья уже не превышает абсолютный максимум, обусловленный влиянием морских факторов.

Характерной особенностью режима экстремальных колебаний уровня Карского моря является превышение величин абсолютных максимумов над величинами абсолютных минимумов. Исключение составляют только две станции: о-ва Краснофлотские и о. Голомянный, где величина абсолютного минимума приблизительно на 15 см превышает величину абсолютного максимума. На ряде станций (Югорский Шар, Амдерма, Моржовая, м. Желания, о-ва Известий ЦИК, о. Исаченко, о-ва Гейберга, о. Визе, б. Солнечная) различие в величинах абсолютного максимума и абсолютного минимума сравнительно невелико и составляет не более 15 см. На станциях им. Е.К.Федорова, Усть-Кара, Сеяха, о. Диксон, о. Уединения, м. Челюскина превышение величины абсолютного максимума над величиной абсолютного минимума составляет 20–35 см. Самая значительная разница в величинах абсолютных максимумов и минимумов, обусловленная морскими факторами, отмечается для станций м. Стерлегова, о. Правды и о. Русский, где она составляет 45–55 см.

Очевидно, что существование этой особенности в режиме экстремальных колебаний уровня говорит об однородности эффективных сгонно-нагонных направлений для большинства станций Карского моря и о превышении скоростей ветров нагонных направлений над скоростями ветров сгонных направлений, что подтверждается анализом ветрового режима отдельных районов Карского моря.

Таким образом, наиболее значительные по своей величине колебания уровня в Карском море отмечаются вдоль Югорского и Ямальского побережий, в Обской и Тазовской губах, в Енисейском заливе и к востоку от него вдоль побережья полуострова Таймыр до архипелага Нордшельда, то есть в прибрежном мелководном районе, ограниченном изобатой приблизительно 20–25 м. К сожалению, в связи с отсутствием наблюдений нельзя охарактеризовать экстремальные колебания уровня в Байдарацкой губе и вдоль Новоземельского побережья, однако анализ морфометрии этих районов позволяет предположить возможность возникновения значительных подъемов и спадов уровня моря в Байдарацкой губе и сравнительно небольшие колебания уровня в районе, прилегающем к побережью Новой Земли [Ashik, Dvorkin, Vanda, 1997].

Экстремальные колебания уровня моря Лаптевых [Ashik, Dvorkin, Vanda, 1999] формируются в основном под воздействием глубоких обширных циклонов, захватывающих под свое влияние, как правило, всю акваторию моря. При этом для значительных сгонов характерно преобладание над акваторией моря передней части циклона, центр которого в это время располагается над полуостровом Таймыр, и усиление южных, юго-восточных ветров. В свою очередь, значительные нагоны

обычно связаны с тыловой частью циклона, центр которого в это время располагается над Новосибирскими островами, и над акваторией моря господствуют сильные северные, северо-западные ветры. Различия в характере колебаний уровня, особенности формирования экстремальных колебаний в отдельных районах моря Лаптевых обуславливаются морфометрией этих районов, влиянием стока рек, а также наличием припая, покрывающего в зимний период всю юго-восточную часть моря.

По характеру экстремальных колебаний уровня море Лаптевых может быть разделено на три района: северный, центральный и южный. Условно южной границей северного района можно считать 77° с.ш. Именно в этом районе располагается материковый склон и часть ложа океана, в связи с чем отмечается резкое увеличение глубин от 50–100 м до 2000–3000 м. На станциях м. Песчаный и о. Малый Таймыр, расположенных в этом районе, величина экстремальных колебаний уровня сравнительно невелика и находится в пределах 150–200 см. Значение абсолютного максимума и минимума близки к 100 см.

За южную границу центрального района можно принять положение изобаты 20 м. Глубины в этом районе плавно увеличиваются от 20–25 м до 50–100 м, соответственно происходит рост величины экстремальных колебаний уровня от 200–220 см для станций о. Андрея и пр. Санникова до 250–300 см для станций о. Преображения и м. Косистый на западном побережье моря, о. Котельный и м. Кигилях на восточном побережье. При этом необходимо отметить, что увеличение размаха экстремальных колебаний в юго-западной части моря обусловлено возрастанием вклада приливных колебаний уровня в формирование уровня этого района. Амплитуда сизигийного прилива на станциях о. Преображения и м. Косистый может достигать 50–100 см, соответствующим образом увеличивая размах экстремальных колебаний уровня. В восточной части моря приливы не так велики. При этом если величина абсолютного максимума для станций первой группы колеблется от +130 см до +160 см, а минимума – от –130 см до –140 см, то для станций второй группы эти величины изменяются соответственно от +160 см до +170 см и от –105 см до –115 см.

Южный район моря весьма мелководен, средняя глубина составляет здесь приблизительно 10–15 м, естественным образом величина экстремальных колебаний уровня в этом районе резко увеличивается и составляет 300–400 см для станций м. Терпий-Тумса, о-ва Дунай, о. Муостах и 400–500 см для станций Усть-Оленёк, б. Тикси, м. Святой Нос. Таким образом, морфометрические условия юго-восточной части моря Лаптевых способствуют возникновению в этом районе значительных колебаний уровня, достигающих катастрофических величин. Абсолютный максимум для станций первой группы этого района изменяется от +200 см до +250 см, а абсолютный минимум – от –130 см до –180 см. Для станций второй группы величины абсолютного максимума и минимума возрастают и находятся в пределах от +220 до +330 см и от –240 до –270 см соответственно.

В море Лаптевых так же, как и в Карском море, отмечается превышение величин абсолютных максимумов над величинами абсолютных минимумов. Исключение составляют только станции м. Песчаный и м. Святой Нос, где величина абсолютного минимума на 24 и 46 см соответственно превышает величину абсолютного максимума. На станциях о. Малый Таймыр, м. Косистый и б. Тикси различие в величинах абсолютного максимума и абсолютного минимума сравнительно невелико и не превышает 15 см. На станциях о. Андрея, о. Преображения, о. Муостах и пр. Санникова пре-

вышение величины абсолютного максимума над величиной абсолютного минимума составляет 20–30 см. Для станций м. Терпий-Тумса, м. Кигилях и о. Котельный эта разница увеличивается до 50–60 см. Самая значительная величина превышения абсолютного максимума над величиной абсолютного минимума отмечается для станций о-ва Дунай –110 см и Усть-Оленёк –214 см.

Наиболее ярко влияние весеннего половодья на режим экстремальных колебаний уровня проявляется на станции Усть-Оленёк. На станциях о. Малый Таймыр, о. Андрея, о. Котельный наличие максимума в период весеннего половодья не прослеживается вообще, что объясняется значительным удалением этих станций от устьевых районов крупных рек. На станциях м. Косистый, м. Терпий-Тумса, о-ва Дунай, б. Тикси вторичный максимум камуфлируется увеличением абсолютных максимумов, носящим фоновый характер. И только на станциях о. Преображения, о. Муостах, пр. Санникова, м. Кигилях, м. Святой Нос можно выделить вторичный максимум, приходящийся на июнь и обусловленный весенним паводком.

Таким образом, наиболее значительные по своей величине колебания уровня в море Лаптевых отмечаются в районах Оленёцкого залива, губы Буор-Хая и Янского залива, то есть в прибрежном районе моря, ограниченном изобатой 20 метров. Колебания уровня в указанных районах могут принимать характер опасных или стихийных явлений, затапливая обширные районы низменных побережий при значительных нагонах или понижая глубины на перекатах и баровых участках рек при значительных сгонах.

Восточно-Сибирское море из всех арктических морей является самым мелководным и полностью расположено на шельфе. В северной части моря на станциях о. Жохова и Земля Бунге величина колебаний экстремальных уровней составляет 200–210 см, при значении абсолютных максимумов от +110 до +120 см и абсолютных минимумов от –80 до –100 см. При уменьшении глубины эти характеристики увеличиваются, и на станциях м. Шалаурова и м. Биллингса величина экстремальных колебаний уровня повышается до 200–250 см, абсолютных максимумов до +150... +160 см, а минимумов до –110... –140 см. Вдоль южного побережья моря от устья р. Индигирки до Чаунской губы величина экстремальных колебаний уровня составляет 300–400 см, абсолютных максимумов от +180 до +230 см, а минимумов от –120 до –160 см. Превышение величины абсолютных максимумов над абсолютными минимумами отмечается на всех станциях Восточно-Сибирского моря, при этом если на станциях Земля Бунге и м. Биллингса эта разница составляет 10–15 см, а на станциях о. Жохова и м. Шалаурова около 40 см, то на остальных станциях она возрастает до 50–80 см.

Рельеф дна Чукотского моря характеризуется наличием ряда желобов и поднятий со сравнительно небольшими перепадами глубин. Изобата 20 м проходит в непосредственной близости от берега, что делает его похожим на чашу. При этом вдоль южного побережья моря могут формироваться значительные сгонно-нагонные колебания уровня. Величина колебаний уровня в центральной части моря составляет 200–300 см, при значениях абсолютного максимума от +120 до +140 см и минимума от –100 до –140 см. На материковом побережье Чукотского полуострова при этом величина экстремальных колебаний возрастает до 400–420 см, при значениях абсолютного максимума от +200 до +220 см и минимума от –180 до –220 см. Асимметрия в величинах экстремальных максимумов и минимумов в Чукотском море выражена слабо, и превышение величин максимумов над минимумами на большинстве станций находится в пределах 10–25 м. Только на станции о. Колочин величина абсолютного минимума превышает величину максимума.

Многолетние изменения экстремальных уровней на побережье арктических морей определяются в первую очередь климатическими изменениями состояния атмосферы и гидросферы, но на их величины может оказывать влияние и наличие тренда в многолетних изменениях уровня, обусловленных не только климатическими изменениями, но и вертикальными движениями земной коры. Для исключения влияния однонаправленных тенденций в многолетних колебаниях уровня на величины экстремумов исходные ряды данных были преобразованы согласно рекомендациям Руководства по расчету элементов гидрологического режима [Руководство, 1973] в отклонения экстремальных годовых высот уровня от среднегодовых значений:

$$h_{\max, \min} = H_{\max, \min} - \bar{H},$$

где $h_{\max, \min}$ – отклонение экстремальных годовых высот уровня от среднегодовых значений; $H_{\max, \min}$ – экстремальная годовая высота уровня; \bar{H} – среднегодовой уровень.

Характерной чертой уровня режима для большинства районов арктических морей является наличие положительного тренда изменений среднегодового уровня, с одной стороны, и различие в характере колебаний уровня в периоды до 1985 г. и после, с другой стороны. Практически во всех районах арктических морей колебания среднего уровня моря до 1985 г. носили стационарный характер, линейный тренд среднего уровня в этот период был близок нулю [Ашик, 2011]. После 1985 г. характер колебаний уровня на станциях арктических морей существенным образом изменился: в 1985 г. начался резкий подъем среднего уровня, и в конце 1980-х – начале 1990-х его колебания происходили на повышенном фоне. Затем наблюдалось понижение среднего уровня, во многих районах арктических морей он даже вернулся к средним величинам, но затем в конце 1990-х – начале 2000-х гг. средний уровень вновь стал расти и в 2005–2010 гг. достиг наблюдавшихся ранее максимумов или превысил их.

В связи с этим при оценке тенденций изменений экстремальных уровней арктических морей имеет смысл проанализировать характер и величины трендов экстремальных уровней не только для всего периода наблюдений, но и отдельно для периода до 1985 г. и после (табл. 2, рис. 2, 3, 4).

В период 1955–1986 гг. почти на всех станциях Чукотского моря отмечался значимый отрицательный тренд годовых максимумов уровня моря, аналогичная ситуация наблюдалась и на станциях Восточно-Сибирского моря, исключение составила только станция Земля Бунге. На станциях моря Лаптевых также преобладали отрицательные значения значимых величин тренда годовых максимумов, однако в районе губы Буор-Хая (станции б. Тикси и о. Муостах) и у восточного побережья п-ва Таймыр (станция о. Преображения) эти значения были положительными. В Карском море значимые отрицательные величины трендов годовых максимумов наблюдались на пяти станциях (о. Уединения, им. Е.К.Федорова, Амдерма, о. Русский и б. Солнечная), положительные – на двух станциях (о. Исаченко и о-ва Гейберга). На большинстве станций Карского моря значимых трендов годовых максимумов уровня моря не отмечено.

В тот же период тренд годовых минимумов на станциях Чукотского моря имел положительные значения. Такая же картина наблюдалась и на большинстве станций Восточно-Сибирского моря и моря Лаптевых, исключение составили только станции м. Биллингса и о. Преображения. В Карском море значимый положительный тренд годовых минимумов был зафиксирован на станциях м. Желания, им. Е.К.Федорова, Усть-Кара и о. Исаченко, значимый отрицательный тренд – на станциях о. Уединения,

Величина линейного тренда (см/г.) экстремальных уровней на станциях арктических морей России

| Станция | Минимум | | | | | | Максимум | | | | | | Амплитуда | | | | | |
|---------------------|----------------------|-------|---------------|-------|----------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|----------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|--|--|
| | За период наблюдений | | 1985–2011 гг. | | За период наблюдений | | 1955–1986 гг. | | 1985–2011 гг. | | За период наблюдений | | 1955–1986 гг. | | 1985–2011 гг. | | | |
| | S_c | C | S_c | C | S_c | C | S_c | C | S_c | C | S_c | C | S_c | C | S_c | C | | |
| м. Желания | 0,308 | 0,092 | 0,166 | 0,159 | -0,254 | 0,140 | 0,016 | 0,254 | - | - | -0,562 | 0,175 | -0,149 | 0,308 | - | - | | |
| о. Визе | 0,024 | 0,068 | 0,060 | 0,138 | -0,076 | 0,080 | 0,133 | 0,184 | -0,563 | 0,227 | -0,102 | 0,113 | 0,019 | 0,228 | -0,468 | 0,439 | | |
| о. Уединения | -0,215 | 0,108 | -0,217 | 0,156 | -0,152 | 0,173 | -0,297 | 0,251 | - | - | 0,064 | 0,218 | -0,081 | 0,303 | - | - | | |
| о. Голомянный | 0,081 | 0,070 | -0,137 | 0,152 | -0,213 | 0,072 | -0,114 | 0,162 | -0,400 | 0,192 | -0,294 | 0,117 | 0,023 | 0,250 | -0,646 | 0,326 | | |
| им. Е.К. Федорова | 0,173 | 0,136 | 0,436 | 0,187 | -0,383 | 0,178 | -0,418 | 0,228 | - | - | -0,556 | 0,221 | -0,854 | 0,301 | - | - | | |
| Югорский Шар | -0,201 | 0,155 | -0,286 | 0,218 | 0,090 | 0,163 | 0,217 | 0,224 | - | - | 0,291 | 0,240 | 0,503 | 0,323 | - | - | | |
| Амлерма | 0,110 | 0,075 | 0,086 | 0,193 | -0,443 | 0,094 | -0,344 | 0,295 | -0,589 | 0,195 | -0,550 | 0,130 | -0,430 | 0,374 | -0,847 | 0,390 | | |
| Усть-Кара | 0,477 | 0,089 | 0,256 | 0,171 | -0,480 | 0,161 | -0,102 | 0,406 | -0,098 | 0,534 | -0,951 | 0,176 | -0,359 | 0,462 | -0,613 | 0,555 | | |
| Моржовая | 0,222 | 0,201 | 0,055 | 0,301 | 0,241 | 0,275 | 0,237 | 0,423 | - | - | 0,019 | 0,337 | 0,292 | 0,510 | - | - | | |
| Тадлеяха | -0,093 | 0,205 | -0,130 | 0,244 | 0,166 | 0,370 | -0,318 | 0,417 | - | - | 0,259 | 0,385 | 0,448 | 0,429 | - | - | | |
| Сеяха | 0,051 | 0,293 | - | - | 0,344 | 0,447 | - | - | - | - | 0,292 | 0,619 | - | - | - | - | | |
| Ангиланюта | -0,710 | 0,513 | - | - | -0,954 | 1,559 | - | - | - | - | -0,244 | 1,657 | - | - | - | - | | |
| Солопная Карга | 0,321 | 0,255 | -1,040 | 0,539 | -0,676 | 0,359 | 0,058 | 0,818 | -0,794 | 0,790 | -0,997 | 0,463 | 1,099 | 1,003 | -1,716 | 0,941 | | |
| о. Диксон | 0,064 | 0,152 | -0,084 | 0,311 | -0,097 | 0,167 | -0,010 | 0,333 | - | - | -0,167 | 0,190 | 0,074 | 0,386 | - | - | | |
| о-ва Известий ЦИК | -0,010 | 0,072 | -0,105 | 0,177 | -0,121 | 0,082 | 0,076 | 0,223 | -0,426 | 0,173 | -0,111 | 0,104 | 0,181 | 0,273 | -0,251 | 0,232 | | |
| м. Стерлегова | 0,205 | 0,125 | -0,160 | 0,265 | -0,363 | 0,154 | 0,091 | 0,329 | - | - | -0,413 | 0,238 | 0,251 | 0,444 | - | - | | |
| о. Исаченко | 0,126 | 0,103 | 0,170 | 0,145 | 0,189 | 0,184 | 0,426 | 0,265 | - | - | 0,064 | 0,221 | 0,255 | 0,320 | - | - | | |
| о. Правды | -0,167 | 0,130 | -0,093 | 0,191 | 0,031 | 0,231 | -0,038 | 0,413 | - | - | 0,198 | 0,289 | 0,056 | 0,483 | - | - | | |
| о. Русский | 0,119 | 0,141 | 0,119 | 0,141 | -0,790 | 0,283 | -0,790 | 0,283 | - | - | -0,909 | 0,280 | -0,935 | 0,325 | - | - | | |
| о-ва Краснофлотские | -0,064 | 0,202 | -0,308 | 0,204 | 0,102 | 0,141 | 0,049 | 0,157 | - | - | 0,373 | 0,258 | 0,357 | 0,290 | - | - | | |
| о-ва Гейбрга | -0,021 | 0,078 | -0,107 | 0,135 | 0,066 | 0,105 | 0,334 | 0,166 | - | - | 0,090 | 0,132 | 0,433 | 0,201 | - | - | | |
| б. Солнечная | 0,080 | 0,097 | 0,017 | 0,121 | -0,149 | 0,178 | -0,264 | 0,250 | - | - | -0,229 | 0,200 | -0,280 | 0,262 | - | - | | |
| м. Челюскина | 0,103 | 0,067 | 0,025 | 0,111 | -0,313 | 0,111 | 0,059 | 0,222 | - | - | -0,416 | 0,141 | 0,035 | 0,256 | - | - | | |
| м. Песчаный | -0,480 | 0,271 | - | - | 0,031 | 0,190 | - | - | - | - | 0,511 | 0,335 | - | - | - | - | | |
| о. Малый Таймыр | -0,054 | 0,090 | 0,091 | 0,131 | -0,041 | 0,093 | 0,021 | 0,123 | - | - | 0,013 | 0,133 | 0,111 | 0,181 | - | - | | |
| о. Андрея | -0,041 | 0,092 | 0,017 | 0,160 | 0,198 | 0,176 | 0,052 | 0,302 | - | - | 0,240 | 0,198 | 0,068 | 0,329 | - | - | | |
| б. М. Прончищевой | -0,640 | 0,674 | - | - | -1,343 | 0,612 | - | - | - | - | -0,703 | 1,027 | - | - | - | - | | |
| о. Преображения | -0,367 | 0,180 | -0,339 | 0,251 | 0,016 | 0,194 | 0,393 | 0,236 | - | - | 0,383 | 0,276 | 0,733 | 0,359 | - | - | | |

| Станция | Минимум | | | | | | Максимум | | | | | | Амплитуда | | | | | |
|------------------|----------------------|-------|---------------|-------|----------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|----------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|--------|-------|
| | За период наблюдений | | 1985–2011 гг. | | За период наблюдений | | 1955–1986 гг. | | 1985–2011 гг. | | За период наблюдений | | 1955–1986 гг. | | 1985–2011 гг. | | | |
| | C | S_c | C | S_c | C | S_c | C | S_c | C | S_c | C | S_c | C | S_c | C | S_c | | |
| м. Косиетский | 0,616 | 0,251 | 0,565 | 0,311 | – | – | –0,551 | 0,231 | –0,415 | 0,285 | – | – | –1,166 | 0,342 | –0,980 | 0,420 | – | |
| Анабар | 1,747 | 0,630 | – | – | 1,747 | 0,630 | 0,920 | 1,408 | – | – | 0,920 | 1,408 | –1,322 | 1,574 | – | – | –1,574 | |
| м. Терпий-Тумса | 0,233 | 0,220 | 0,792 | 0,339 | – | – | –1,043 | 0,344 | –1,349 | 0,529 | – | – | –0,737 | 0,487 | –2,193 | 0,725 | – | |
| Усть-Оленёк | 0,310 | 0,232 | – | – | – | – | 0,698 | 0,665 | – | – | – | – | 0,317 | 0,683 | – | – | – | |
| о-ва Дунай | 0,130 | 0,136 | 0,673 | 0,255 | 0,971 | 0,476 | –0,146 | 0,263 | –0,802 | 0,350 | –0,794 | 1,172 | –0,276 | 0,354 | –1,475 | 0,453 | –1,765 | 1,539 |
| Сагыллах-Ары | 0,828 | 0,431 | – | – | – | – | –0,063 | 1,104 | – | – | – | – | –0,891 | 1,071 | – | – | – | |
| б. Тикси | 0,418 | 0,203 | 0,537 | 0,626 | 1,734 | 0,507 | 0,324 | 0,236 | 0,952 | 0,675 | –2,544 | 0,858 | 0,094 | 0,333 | 0,414 | 0,990 | –4,277 | 1,004 |
| о. Муостях | –0,135 | 0,292 | 0,366 | 0,454 | – | – | 0,250 | 0,306 | 0,777 | 0,463 | – | – | 0,385 | 0,349 | 0,411 | 0,604 | – | |
| Найба | 1,547 | 1,538 | – | – | – | – | 2,272 | 1,932 | – | – | – | – | 0,726 | 2,382 | – | – | – | |
| м. Буор-Хая | 0,728 | 0,269 | – | – | – | – | –0,157 | 0,402 | – | – | – | – | –0,841 | 0,539 | – | – | – | |
| м. Святой Нос | 1,079 | 0,773 | 1,079 | 0,773 | – | – | 0,531 | 0,648 | 0,531 | 0,648 | – | – | –0,549 | 1,024 | –0,549 | 1,024 | – | |
| м. Киглях | –0,081 | 0,133 | 0,331 | 0,332 | –0,654 | 0,479 | –0,263 | 0,174 | –0,755 | 0,384 | –0,805 | 0,648 | –0,182 | 0,229 | –1,086 | 0,480 | –0,150 | 0,896 |
| пр. Санникова | –0,022 | 0,083 | 0,348 | 0,214 | –0,405 | 0,284 | –0,205 | 0,099 | –0,099 | 0,243 | –0,611 | 0,364 | –0,183 | 0,152 | –0,447 | 0,353 | –0,206 | 0,596 |
| о. Котельный | –0,309 | 0,168 | 0,008 | 0,171 | –1,262 | 0,754 | –0,174 | 0,150 | –0,598 | 0,188 | –1,168 | 0,643 | 0,135 | 0,231 | –0,583 | 0,272 | 0,094 | 1,045 |
| о. Жохова | 0,240 | 0,131 | 0,275 | 0,181 | – | – | –0,292 | 0,238 | 0,031 | 0,308 | – | – | –0,532 | 0,290 | –0,244 | 0,384 | – | |
| Земля Бунге | 0,131 | 0,176 | 0,194 | 0,196 | – | – | 0,491 | 0,206 | 0,353 | 0,225 | – | – | 0,360 | 0,290 | 0,160 | 0,316 | – | |
| м. Шалаурова | 0,159 | 0,133 | 0,486 | 0,274 | – | – | –0,083 | 0,234 | –0,434 | 0,451 | – | – | –0,248 | 0,265 | –0,922 | 0,503 | – | |
| о. Чельехтоловой | 0,123 | 0,234 | 0,319 | 0,390 | – | – | –0,310 | 0,273 | –0,686 | 0,432 | – | – | –0,432 | 0,346 | –1,005 | 0,556 | – | |
| Амбарчик | 0,244 | 0,193 | 0,695 | 0,354 | – | – | –0,196 | 0,290 | –0,675 | 0,510 | – | – | –0,455 | 0,350 | –1,418 | 0,589 | – | |
| Рау-Чуа | 0,007 | 0,143 | 0,305 | 0,294 | – | – | –0,192 | 0,309 | 0,055 | 0,549 | – | – | –0,199 | 0,323 | –0,250 | 0,599 | – | |
| о. Айон | 0,299 | 0,194 | 0,579 | 0,403 | – | – | –0,830 | 0,287 | –1,217 | 0,567 | – | – | –1,128 | 0,373 | –1,796 | 0,747 | – | |
| Певек | 0,204 | 0,152 | 0,915 | 0,373 | 0,211 | 0,463 | –0,168 | 0,194 | –0,582 | 0,492 | –0,719 | 0,592 | –0,432 | 0,278 | –1,497 | 0,720 | –1,044 | 0,835 |
| м. Валькаркай | 0,715 | 0,325 | 0,866 | 0,431 | – | – | –0,378 | 0,504 | –1,240 | 0,488 | – | – | –1,092 | 0,666 | –2,105 | 0,717 | – | |
| м. Врингса | –0,152 | 0,250 | –0,102 | 0,371 | – | – | –0,018 | 0,238 | –0,095 | 0,331 | – | – | 0,177 | 0,400 | 0,007 | 0,553 | – | |
| о. Врангеля | –0,193 | 0,110 | 0,023 | 0,189 | – | – | 0,044 | 0,099 | –0,056 | 0,206 | – | – | 0,238 | 0,154 | –0,079 | 0,290 | – | |
| м. Шмидта | –0,062 | 0,312 | 0,106 | 0,432 | – | – | –0,060 | 0,305 | –0,594 | 0,534 | – | – | 0,001 | 0,454 | –0,701 | 0,724 | – | |
| Ванкарем | 0,419 | 0,265 | 0,782 | 0,606 | – | – | –0,815 | 0,214 | –1,643 | 0,321 | – | – | –1,234 | 0,382 | –2,425 | 0,735 | – | |
| о. Колочин | 0,824 | 0,316 | 0,808 | 0,429 | – | – | –0,564 | 0,253 | –0,978 | 0,398 | – | – | –1,387 | 0,386 | –1,786 | 0,546 | – | |
| Неттен | 0,877 | 0,315 | 0,912 | 0,549 | – | – | –0,845 | 0,310 | –1,369 | 0,548 | – | – | –1,722 | 0,443 | –2,281 | 0,792 | – | |
| о. Рагманова | 0,425 | 0,211 | 0,551 | 0,245 | – | – | –0,377 | 0,318 | –0,819 | 0,391 | – | – | –0,802 | 0,403 | –1,369 | 0,467 | – | |
| Среднее | 0,185 | 0,234 | 0,216 | 0,286 | 0,292 | 0,412 | –0,131 | 0,331 | –0,250 | 0,357 | –0,661 | 0,600 | –0,307 | 0,421 | –0,456 | 0,473 | –1,016 | 0,798 |

Примечание: C – величина линейного тренда, S_c – средняя квадратическая ошибка определения величины тренда.

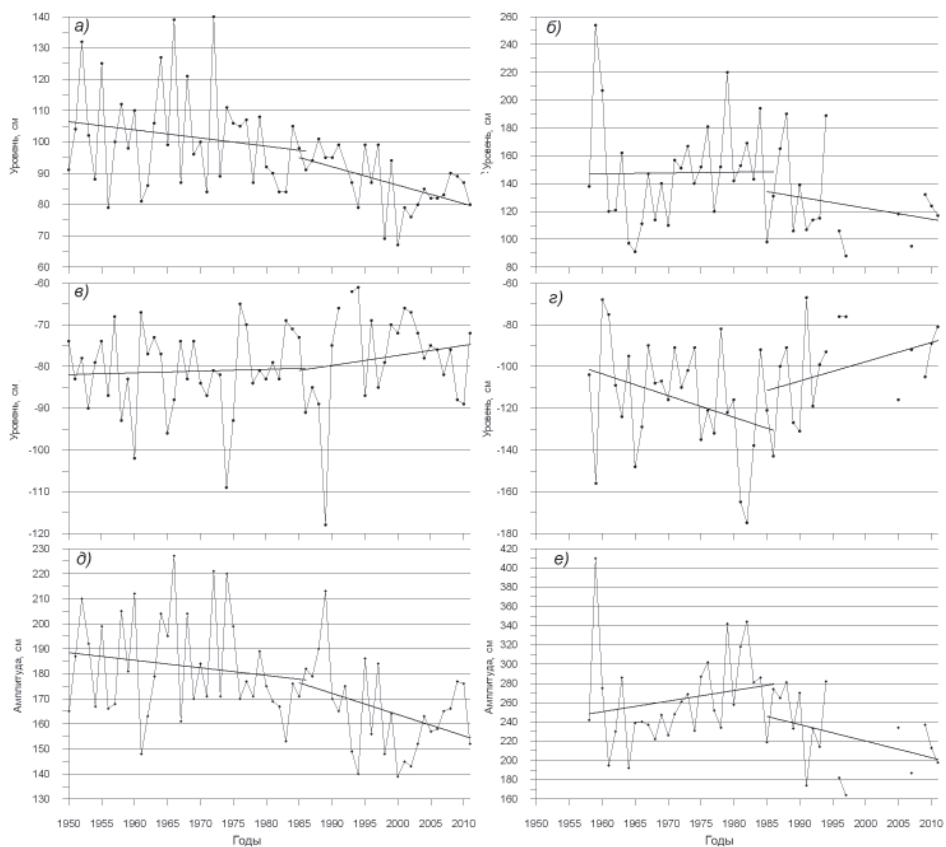


Рис. 2. Многолетние изменения экстремальных уровней на станциях Амдерма (а, в, д) и Сопочная Карга (б, г, е): максимальный (а, б), минимальный (в, г), величина колебаний (д, е).

Югорский Шар, Сопочная Карга и о-ва Краснофлотские. На большинстве станций Карского моря значимых трендов годовых минимумов уровня моря не наблюдалось.

Соответствующим образом в период 1955–1986 гг. менялась и годовая величина колебаний уровня: на всех станциях Чукотского моря тренд годовых величин колебаний уровня имел отрицательные значения. В Восточно-Сибирском море наблюдалась аналогичная ситуация, исключение составили только станции м. Биллингса и Земля Бунге, на которых отмечался положительный, но незначимый тренд. На большей части акватории моря Лаптевых тренд годовых величин колебаний уровня также был отрицательным, за исключением районов губы Буор-Хая и восточного побережья п-ва Таймыр. В Карском море значимый отрицательный тренд годовой величины колебаний уровня отмечался на станциях им. Е.К.Федорова, Амдерма, о. Русский и б. Солнечная, значимый положительный тренд на станциях Югорский Шар, Тедебяха, Сопочная Карга, о-ва Краснофлотские и о-ва Гейберга, при этом на большинстве станций Карского моря значимых трендов годовой величины колебаний уровня моря не отмечалось.

В период 1985–2011 гг. ситуация заметным образом изменилась. Практически на всех станциях, осуществлявших наблюдения за уровнем в арктических морях, отмечался зна-

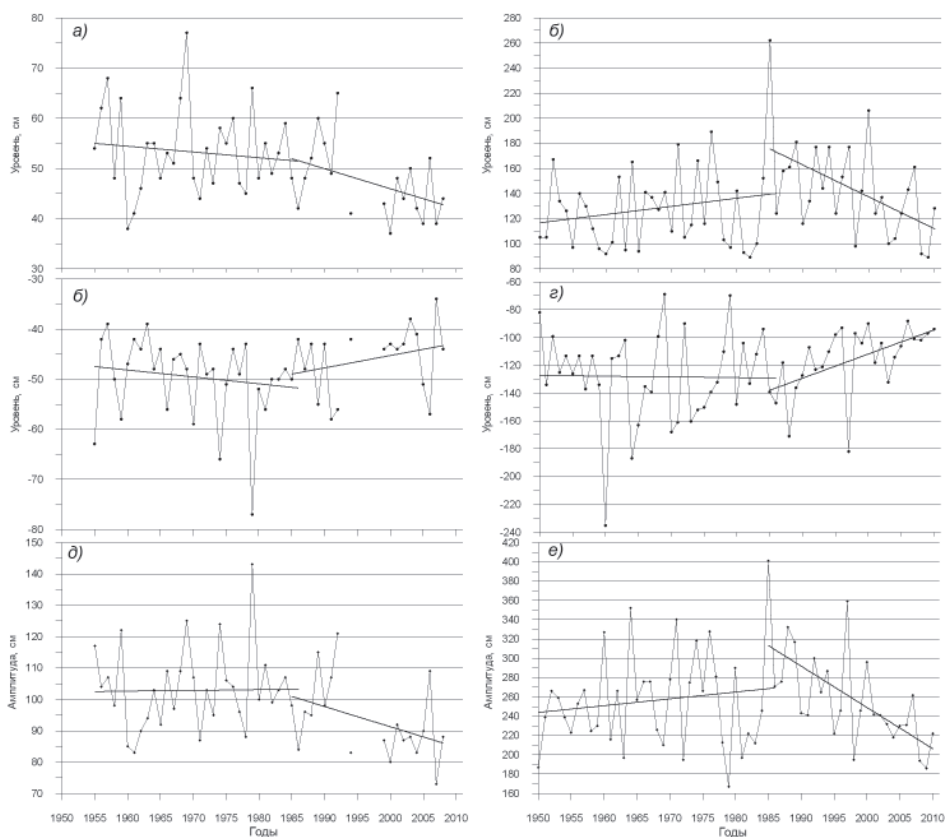


Рис. 3. Многолетние изменения экстремальных уровней на станциях о. Голомянный (а, в, д) и б. Тикси (б, г, е): максимальный (а, б), минимальный (в, г), величина колебаний (д, е).

чимый отрицательный тренд годовых максимумов, исключение составили только станция Анабар, на которой тренд был положительным, но незначимым, и станции Усть-Кара и о-ва Дунай, на которых тренд хотя и был отрицательным, но также незначимым. При этом необходимо отметить, что годовой максимум на станции Анабар формируется речным паводком и его увеличение может быть объяснено увеличением стока реки Хатанги в весенний период половодья. На всех остальных станциях арктических морей, за исключением вышеуказанных, от периода 1955–1986 гг. к периоду 1985–2011 гг. отмечалось или увеличение отрицательных значений тренда годовых максимумов (о. Голомянный, Амдерма, м. Кигилях, пр. Санникова, о. Котельный, Певек), или изменение знака тренда с положительного на отрицательный (о. Визе, Сопочная Карга, о-ва Известий ЦИК, б. Тикси). При этом на станции б. Тикси эти изменения имели наиболее ярко выраженный характер: величина тренда годовых максимумов изменилась с $+0,952$ см/г. для периода 1955–86 гг. на $-2,544$ см/г. для периода 1985–2011 гг. (табл. 2, рис. 3).

В этот же период произошли заметные изменения трендов годовых минимумов. Однако, в отличие от максимумов, эти изменения носили не столь однозначный характер: на восьми станциях из тринадцати отмечался положительный тренд годовых минимумов, а на пяти – отрицательный. При этом значимый положительный тренд на-

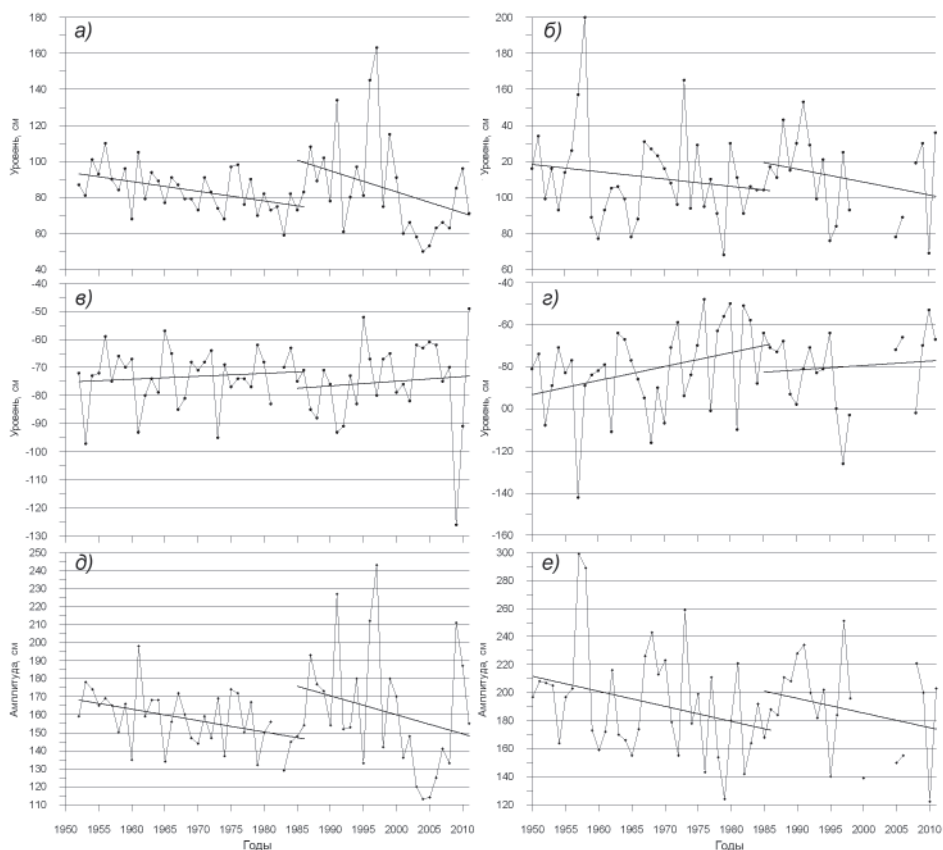


Рис. 4. Многолетние изменения экстремальных уровней на станциях о. Котельный (а, в, д) и Певек (б, з, е): максимальный (а, б), минимальный (в, з), величина колебаний (д, е).

блюдался на станциях о. Голомянный, Сопочная Карга, Анабар, о-ва Дунай и б. Тикси, а отрицательный на станциях м. Кигилях, пр. Санникова и о. Котельный. На ряде станций от периода 1955–1986 гг. к периоду 1985–2011 гг. произошло изменение знака тренда с положительного на отрицательный (о. Визе, м. Кигилях, пр. Санникова, о. Котельный) и с отрицательного на положительный (о. Голомянный, Сопочная Карга). При этом наиболее значительные изменения были отмечены для станций Сопочная Карга и б. Тикси, где величина тренда годовых минимумов изменилась с $-1,040$ см/г. на $+0,922$ см/г. и с $+0,537$ см/г. на $+1,734$ см/г. соответственно, а также станции о. Котельный, где величина тренда изменилась с $+0,008$ см/г. на $-1,262$ см/г.

В результате таких изменений годовых максимумов и минимумов в период 1985–2011 гг. произошло существенное изменение трендов годовых величин колебаний уровня: на всех станциях, за исключением станции о. Котельный, знак тренда был отрицательным, при этом на восьми станциях из тринадцати он был значимым по своей величине. Наиболее значительное уменьшение годовых величин колебаний уровня при этом отмечалось на станции б. Тикси, где величина тренда составила $-4,277$ см/г.

Проведенный анализ показывает, таким образом, общую тенденцию к снижению величин годовых максимумов на станциях арктических морей и снижению

величины годовых колебаний уровня моря. Такой вывод находится в противоречии с существующими представлениями о предполагаемых изменениях режима сгонно-нагонных колебаний уровня, которые основываются на наблюдающихся в настоящее время проявлениях изменений климата арктических морей, в частности: повышении среднего уровня моря, сокращении площади ледяного покрова и усилении циклонической активности. Все эти предпосылки должны были бы приводить к возрастанию штормовой активности и связанных с ней сгонно-нагонных колебаний уровня.

В то же время это противоречие может быть разрешено, если принять во внимание механизмы формирования и развития сгонно-нагонных колебаний на акватории арктических морей [Мустафин, 1965, 1970]. Хорошо известно, что значительные сгонно-нагонные колебания уровня возникают при пересечении мелководного шельфа арктических морей глубокими активными циклонами, то есть важной предпосылкой для развития значительных сгонов и нагонов является траектория движения циклонов. Траектория движения циклонов над морскими акваториями в значительной степени зависит от положения гидрофронтов, самым ярким из которых в Арктике является кромка льда. Во второй половине XX в. даже в периоды максимального очищения арктических морей от дрейфующего льда кромка льда, как правило, не выходила за пределы границ континентального шельфа, и циклоны, перемещаясь в генеральном направлении с запада на восток, пересекали мелководные районы арктических морей, вызывая значительные сгоны и нагоны на побережье. В течение последних 15 лет ледовая обстановка в Арктике претерпела существенные изменения: акватории арктических морей практически полностью очищаются ото льда к середине августа, кромка льда при этом проходит или в районе, или мористее границ континентального шельфа. При сезонной активизации циклонической активности, отмечающейся обычно в конце августа – начале сентября, траектории движения глубоких хорошо развитых циклонов пролегают в основном значительно севернее, чем это наблюдалось раньше. В результате циклоны, которые могли бы вызвать значительные сгоны или нагоны, если бы они пересекали арктические моря, захватывают шельф только своей периферией, и, хотя при этом на акватории морей может развиваться штормовое волнение, опасные подъемы или спады уровня моря не формируются.

Статья подготовлена с использованием данных, полученных по итогам работ в рамках государственного контракта от 26.08.2011 № 16.518.11.7093 по теме «Развитие приборной базы и проведение исследований в полярных областях Мирового океана с использованием уникальной установки научно-экспедиционное судно «Академик Федоров» (УСУ НЭС «Академик Федоров»)» Министерства образования и науки Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ашик И.М. Колебания уровня арктических морей в период МПГ // Океанография и морской лед. Вклад России в Международный полярный год 2007/08: Сб. статей. М.; СПб.: ООО «Паулсен», 2011. С. 261–271.

Мустафин Н.В. Методика прогноза сгонно-нагонных колебаний уровня для арктических морей // Тр. Центр. ин-та прогнозов. 1965. Вып. 142. С. 86–92.

Мустафин Н.В. О факторах, формирующих сгонно-нагонные колебания уровня арктических морей // Проблемы Арктики и Антарктики. 1970. Вып. 34. С. 5–12.

Руководство по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и в устьях рек при инженерных изысканиях. М.: Гидрометеиздат, 1973. 536 с.

Ashik I.M., Dvorkin Ye.N., Vanda Yu.A. Extreme oscillations of the Kara Sea level // Natur conditions of the Kara and Barents Seas. Oslo: Norsk Polar Institut Rapportserie, 1997. P. 115–117.

Ashik I., Dvorkin Ye., Vanda Yu. Extreme oscillations of the sea level in the Laptev sea // Land-Ocean Systems in the Siberian Arctic. Dynamics and History. Berlin: Springer Verlag, 1999. P. 37–41.

Church J.A., White N.J. A 20-th century acceleration in global sea-level rise // Geophysical Research Letters. 2006. Vol. 33. L01602. doi: 10.1029/2005 GL024826

I.M.ASHIK, I.V.RYZHOV

EXTREME SEA LEVEL OSCILLATIONS IN THE ARCTIC SEAS AND THEIR LONG-TERM CHANGES

The conditions of the extreme (an annual maximum, a minimum and size) sea level oscillations on stations of the Russian Arctic seas is described in article. Spatial distribution of the parameters of extreme sea level oscillations is analyzed and their dependence on morphometry of the Arctic seas and their areas is shown. The estimation of the trends of annual maxima, minima and sizes sea level oscillations is executed and the existence of the long-term tendency to reduction of the values of annual maxima and sizes of sea level oscillations is shown. The hypothesis explaining marked regularity is offered.

Keywords: the Arctic seas, sea level, extreme sea level oscillations, trend, climatic changes.