

СЕЗОННЫЕ И МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ В МОРЯХ СЕВЕРО-ЕВРОПЕЙСКОГО БАССЕЙНА СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

канд. географ. наук И.М.АШИК¹, канд. географ. наук В.К.ПАВЛОВ²

¹ – ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, aaricoor@arfi.nw.ru

² – Норвежский полярный институт, г. Тромсё, Норвегия, pavlov@npolar.no

В статье представлены результаты анализа многолетних изменений среднегодового уровня по 31 станции, расположенной на побережье Гренландского, Норвежского и Баренцева морей. Определена величина линейного тренда, наблюдавшаяся в течение второй половины XX в. Установлено, что на 17 станциях тренд имел отрицательный знак, а на 14 станциях положительный. Различия в характере многолетних изменений среднего уровня во многом объясняются особенностями структуры вертикальных движений земной коры. Получены оценки основных статистических характеристик рядов наблюдений и выполнено их районирование по акваториям. В статье также приведены оценки ожидаемых изменений уровня морей Северо-Европейского бассейна к середине XXI в., полученные на основе использования различных климатических сценариев.

Ключевые слова: уровень моря, Северный Ледовитый океан, изменчивость, тренд, климат

Колебания уровня морей и океанов являются следствием реакции свободной поверхности на воздействие большого числа внешних факторов: изменений атмосферного давления и касательного напряжения ветра, приливообразующих и гелиогеофизических сил, изменения полей плотности и циркуляции вод, изменений водного баланса и морфометрических особенностей того или иного бассейна. Таким образом, колебания уровня моря могут рассматриваться как интегральный показатель гидрометеорологических процессов, протекающих в атмосфере, гидросфере, криосфере и литосфере.

Одним из проявлений глобального потепления климата может стать повышение уровня Мирового океана. Так, в 1995 г. ученые, работающие в Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC), 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. Повышение уровня моря и увеличение штормовой активности приведут к интенсификации процессов разрушения берегов и отступления береговой линии, затоплению прибрежных участков суши. Для Северного Ледовитого океана негативные последствия повышения уровня могут оказаться более значительными, чем для других акваторий, что связано с низменным положением обширных участков береговой черты и преобладанием вечной мерзлоты.

Изучению многолетних колебаний уровня в арктических морях Северного Ледовитого океана уделено немало внимания [3–11, 14–18, 20], в то же время

многолетние колебания уровня в морях Северо-Европейского бассейна СЛО (Гренландское, Норвежское, Баренцево моря) исследованы весьма слабо. Можно утверждать, что в последнее десятилетие опубликованных работ, посвященных данной проблеме, практически не было.

Для анализа многолетней изменчивости уровня, как правило, используются сведения о среднегодовом уровне моря, полученные путем осреднения за соответствующий период данных наблюдений на отдельных станциях. Непременным условием при этом является приведение этих наблюдений к одному горизонту.

В морях Северо-Европейского бассейна СЛО инструментальные наблюдения за уровнем моря проводились еще в XIX в. Однако 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 Гренландском море на станции Баренцбург в 1949 г., в Норвежском море на станции Нарвик в 1929 г., в Баренцевом море на станции Полярный в 1926 г. В течение 1960–1980-х гг. наблюдения за уровнем моря в этом регионе велись почти на 30 станциях (табл. 1), расположенных на материковом побережье и островах.

Таблица 1

Станции, представленные в электронном архиве «Среднемесячные и среднегодовые уровни по станциям морей Северо-Европейского бассейна СЛО»

Станция	Широта	Долгота	Период	Станция	Широта	Долгота	Период
Северная Атлантика				Норвежское море			
Рейкьявик	64°09' с.ш.	21°56' з.д.	1957–01	Молей	61°56' с.ш.	05°07' в.д.	1946–04
Гриндавик	63°50' с.ш.	22°26' з.д.	1958–65	Кьолсдал	61°55' с.ш.	05°38' в.д.	1935–87
Торсхавн	62°01' с.ш.	06°46' з.д.	1957–01	Олесунн	62°28' с.ш.	06°09' в.д.	1945–04
Северное море				Кристиансунн	63°07' с.ш.	07°44' в.д.	1953–04
Ставангер	58°58' с.ш.	05°44' в.д.	1928–01	Хеймсьо	63°26' с.ш.	09°07' в.д.	1935–04
Берген	60°24' с.ш.	05°18' в.д.	1928–04	Тронхейм	63°26' с.ш.	10°26' в.д.	1949–01
Гренландское море				Рервик	64°52' с.ш.	11°15' в.д.	1972–04
Баренцбург	78°04' с.ш.	14°15' в.д.	1949–02	Бреннейсунн	65°29' с.ш.	12°13' в.д.	1957–67
Нью-Олесунн	78°56' с.ш.	11°56' в.д.	1977–01	Мушеэн	65°51' с.ш.	13°12' в.д.	1956–62
Баренцево море				Саннеспеэн	66°01' с.ш.	12°38' в.д.	1965–71
Лиинахамари	69°39' с.ш.	31°22' в.д.	1931–89	Буде	67°17' с.ш.	14°23' в.д.	1950–04
Мыс Пикшув	69°33' с.ш.	32°26' в.д.	1956–90	Кабелвог	68°13' с.ш.	14°29' в.д.	1948–04
Полярный	69°12' с.ш.	33°29' в.д.	1926–90	Нарвик	68°26' с.ш.	17°25' в.д.	1929–04
Мурманск	68°58' с.ш.	33°03' в.д.	1952–02	Эвенскьяер	68°35' с.ш.	16°33' в.д.	1947–68
Териберка	69°12' с.ш.	35°07' в.д.	1941–90	Харстад	68°48' с.ш.	16°33' в.д.	1953–04
Бутрино	68°48' с.ш.	49°20' в.д.	1963–90	Анденес	69°19' с.ш.	16°09' в.д.	1938–01
м. Белый Нос	69°36' с.ш.	60°13' в.д.	1958–80	Тромсе	69°39' с.ш.	18°58' в.д.	1953–04
м. Болванский Нос	70°27' с.ш.	59°05' в.д.	1951–93	Хаммерфест	70°40' с.ш.	23°40' в.д.	1957–01
Малые Кармакулы	72°22' с.ш.	52°42' в.д.	1950–00	Хоннигсвог	70°59' с.ш.	25°59' в.д.	1972–01
Русская Гавань	76°12' с.ш.	62°35' в.д.	1953–92	Берлевог	70°51' с.ш.	29°06' в.д.	1939–43
им. Кренкеля	80°37' с.ш.	58°03' в.д.	1962–99	Варде	70°20' с.ш.	31°06' в.д.	1948–98
				Валсе	70°04' с.ш.	29°45' в.д.	1969–86

Однако в 1990-е гг. произошло заметное сокращение российской сети полярных станций и программ гидрометеорологических наблюдений.

Массив исходных данных, использовавшихся в данной работе, формировался на основе материалов представленных Глобальной системой наблюдений за уровнем (GLOSS) <http://www.pol.ac.uk/psmsl/datainfo/>, <http://ilikai.soest.hawaii.edu/uhscl/data.html> и данных Арктического и антарктического научно-исследовательского института.

Многолетние изменения уровня на отдельных станциях (ΔH) в общем виде определяются тремя основными факторами: геологическим ($\Delta H_{geo.}$), объемным ($\Delta H_{об.}$) и динамическим ($\Delta H_{дин.}$):

$$\Delta H = \Delta H_{geo.} + \Delta H_{об.} + \Delta H_{дин.}$$

Действие геологического фактора ($\Delta H_{geo.}$) обусловлено преимущественно процессами, происходящими в земной коре, проявляется в ее вертикальных движениях

и соответствующем видимом изменении положения среднего уровня. Наиболее существенными составляющими геологического фактора можно считать изостатические движения земной коры ($\Delta H_{изост.}$) и вертикальную составляющую тектонических движений земной коры ($\Delta H_{тек.}$). Определенный вклад могут вносить также такие явления, как деформации геоида и накопление осадков на морском дне:

$$\Delta H_{гео.} = \pm \Delta H_{изост.} \pm \Delta H_{тек.}$$

Изменения положения среднего уровня моря могут быть обусловлены колебаниями общего объема воды в водоеме ($\Delta H_{об.}$), который зависит от величины материкового стока, складывающегося из поверхностного ($\Delta H_{пов.}$) и подземного стока ($\Delta H_{подз.}$); величины баланса осадков ($\Delta H_{осад.}$) и испарения ($\Delta H_{исп.}$); величины баланса фазовых превращений воды, то есть процессов, связанных с увеличением или уменьшением объема воды при таянии льда ($\Delta H_{таян.}$) и его образовании ($\Delta H_{ледооб.}$); изменений плотности воды ($\Delta H_{стер.}$), зависящей преимущественно от температуры и солёности; изменений баланса водообмена ($\Delta H_{водооб.}$) с соседними бассейнами и в некоторой степени от притока ювенильных вод из мантии Земли:

$$\Delta H_{об.} = \Delta H_{пов.} + \Delta H_{подз.} + \Delta H_{осад.} - \Delta H_{исп.} + \Delta H_{таян.} - \Delta H_{ледооб.} \pm \Delta H_{стер.} \pm \Delta H_{водооб.}$$

Существенное влияние на положение среднего уровня моря на отдельных станциях могут оказывать динамические факторы ($\Delta H_{дин.}$), в частности: статическое действие атмосферного давления ($\Delta H_{дав.}$), получившее название «обратного барометра» и выражающееся в изменении уровня моря приблизительно на 1 см при изменении атмосферного давления на 1 мм рт. ст.; влекущее действие ветра ($\Delta H_{ветр.}$); характер и интенсивность циркуляции вод ($\Delta H_{цирк.}$); долгопериодные приливные колебания уровня ($\Delta H_{прил.}$).

$$\Delta H_{дин.} = \pm \Delta H_{дав.} \pm \Delta H_{ветр.} \pm \Delta H_{цирк.} \pm \Delta H_{прил.}$$

Определение роли отдельных факторов в общем процессе многолетних изменений уровня моря является задачей крайне сложной, как в силу отсутствия или недостаточности информации для оценки отдельных составляющих, так и в силу взаимосвязанности некоторых составляющих, существовании сложных взаимнообратных связей между ними.

На первом этапе исследований представляется крайне важным получить основные статистические характеристики многолетних колебаний уровня на отдельных станциях и их пространственное распределение, оценить основные параметры многолетних изменений положения среднего уровня, определить его основные тенденции. В связи с этим первоначальной задачей является выявление линейного тренда в многолетних изменениях уровня моря, оценка его величины и исключение из дальнейшего анализа. Необходимо отметить, что если раньше предполагалось, что по величине линейного тренда можно судить о скорости вертикальных движений земной коры (исходя из гипотезы о неизменности положения поверхности моря за период исследования), то в настоящее время стало очевидным наличие долгопериодного тренда в колебаниях уровня моря, обусловленного климатическими изменениями. Разделить эти составляющие, оперируя только данными наблюдений за колебаниями уровня, практически невозможно.

Для оценки линейного тренда в колебаниях уровня моря, как правило, используется величина коэффициента уравнения линейной регрессии, связывающего величину среднегодового уровня с номером года. Вычисление величины линейного тренда и среднего уровня осуществляется на основе метода наименьших квадратов. Результаты вычислений линейного тренда среднего уровня на станциях морей Северо-Европейского бассейна СЛО представлены в табл. 2.

Величина линейного тренда колебаний уровня, осредненного по 31 станции, составила $+0,014 \pm 0,060$ см/год, при этом на 17 станциях тренд имел отрицательный знак, а на 14 станциях положительный. Представляется очевидным существо-

Таблица 2

**Величина линейного тренда (см/год) колебаний уровня
на станциях морей Северо-Европейского бассейна СЛО**

Станции	Годы							За период наблюдений	
	1931–40	1941–50	1951–60	1961–70	1971–80	1981–90	1991–00	C	S _C
	C	C	C	C	C	C	C		
1. Рейкьявик	–	–	–	–0,178	0,070	0,868	0,164	0,227	0,049
2. Торсхавн	–	–	–	–	–0,393	–	0,518	0,168	0,030
3. Ставангер	–0,382	–	–0,447	–0,202	–0,104	0,494	0,724	0,015	0,017
4. Берген	–0,590	0,143	–0,602	–0,469	–0,118	0,798	0,618	–0,027	0,017
5. Молей	–	–	–1,105	0,710	–1,393	0,685	0,598	0,091	0,034
6. Кьолсдал	–0,766	0,949	–0,057	–0,884	–0,778	–	–	–0,093	0,041
7. Олесунн	–	–	–1,776	0,868	–0,503	1,714	0,440	0,118	0,039
8. Кристиансунн	–	–	–2,452	0,779	0,105	0,818	0,312	0,087	0,048
9. Хеймсьо	–0,397	1,604	–0,792	–0,944	–0,898	0,365	0,042	–0,172	0,025
10. Тронхейм	–	–	0,259	–0,875	–0,059	–0,219	0,071	0,073	0,059
11. Рервик	–	–	–	–	–0,882	0,447	0,014	–0,076	0,069
12. Буде	–	–	–1,622	–0,943	–1,350	–	–0,199	–0,200	0,050
13. Кабелваг	–	–	–2,470	0,634	–0,776	0,234	–0,073	–0,121	0,045
14. Нарвик	–0,292	–	–1,325	–0,941	–1,882	0,762	–0,303	–0,302	0,030
15. Эвенскьяер	–	–	–0,721	–0,709	–	–	–	–0,494	0,167
16. Харстад	–	–	–2,230	0,228	–0,570	0,449	–0,006	–0,024	0,042
17. Тромсе	–	–	–2,321	0,276	–1,349	0,274	–0,059	–0,006	0,045
18. Хаммерфест	–	–	–	–1,212	–1,681	0,635	–0,266	–0,038	0,066
19. Хоннингсвог	–	–	–	–	–0,760	1,059	–0,223	0,205	0,094
20. Лианакамари	–0,733	0,921	–0,467	–0,558	–0,994	–0,067	–	–0,045	0,029
21. Мыс Пикшув	–	–	–	–0,806	–1,012	0,824	–	0,044	0,076
22. Полярный	–0,873	1,030	–0,745	–0,776	–0,861	0,533	–	–0,158	0,026
23. Мурманск	–	–	–1,083	–0,897	–0,679	0,552	0,754	0,303	0,066
24. Терiberка	–	1,085	–0,509	–0,321	–0,842	1,188	–	–0,017	0,050
25. Бугрино	–	–	–	–0,512	0,794	2,042	–	0,852	0,138
26. м. Белый Нос	–	–	–	–0,285	–0,697	–	–	0,166	0,197
27. м. Бовванский Нос	–	–	0,103	–0,430	–0,442	1,648	–	0,296	0,061
28. Малые Кармакулы	–	–	–0,091	–2,452	0,279	0,926	2,234	0,206	0,074
29. Русская Гавань	–	–	–1,333	–0,806	–0,848	0,794	–	–0,061	0,060
30. им. Кренкеля	–	–	–	–1,300	–1,236	0,079	–0,200	–0,240	0,071
31. Баренцбург	–	–	–0,982	–0,218	–0,597	–0,208	–2,448	–0,339	0,048
Среднее	–0,576	0,955	–1,035	–0,472	–0,668	0,681	0,129	0,014	0,060

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

вание достаточно хорошо выраженной закономерности в географическом распределении величин тренда. На двадцати станциях, расположенных вдоль побережья Скандинавского полуострова от Ставангера до Полярного, преобладает отрицательный тренд, средняя величина которого составляет $-0,056 \pm 0,051$ см/год. На шести станциях, расположенных в юго-восточной части Баренцева моря, преобладает положительный тренд со средней величиной $+0,301 \pm 0,098$ см/год. На трех станциях, расположенных в северной части Баренцева моря, отмечается отрицательный тренд со средней величиной $-0,213 \pm 0,060$ см/год. И на двух станциях, расположенных в районе границы Северного Ледовитого и Атлантического океанов, наблюдается положительный тренд со средней величиной $+0,198 \pm 0,040$ см/год.

Значительный интерес при анализе однонаправленных тенденций в многолетних колебаниях уровня моря представляет вопрос о степени их устойчивости. Анализируя изменения величины линейного тренда колебаний уровня на отдельных станциях по десятилетиям (табл. 2), нетрудно заметить, что практически на всех станциях меняется не только величина тренда, но и его знак. Единственными станциями, на которых знак тренда сохранялся на протяжении всего периода наблюдений, являются Буде и Баренцбург. На большинстве станций отмечается изменение знака тренда при переходе от десятилетия к десятилетию, что позволяет предположить существование циклических колебаний среднегодового уровня с периодом около 20 лет.

В многолетних изменениях линейного тренда в морях Северо-Европейского бассейна СЛО можно усмотреть определенные параллели с изменениями температуры воздуха. В 1940-е гг. температура воздуха в Арктике была выше средних значений, в этот же период уровень моря вдоль побережья Скандинавии повышался. В 1950–1980-х гг. температура воздуха в Арктике опустилась ниже средних значений, в это же время на большинстве станций Норвежского и Баренцева морей происходило понижение уровня. В последнее двадцатилетие XX в. в Арктике преобладала положительная аномалия температур воздуха, в это же время отмечался рост уровня.

Связь между температурой воздуха и уровнем моря определяется наличием следующих физически обусловленных причинно-следственных цепочек:

1) увеличение температуры воздуха – увеличение температуры воды – увеличение удельного объема морской воды – рост уровня;

2) увеличение температуры воздуха – интенсификация таяния материкового льда – увеличение материкового стока – увеличение количества воды в море и уменьшение ее солености – увеличение общего объема вод – рост уровня.

В то же время представляется очевидным, что реализация такого рода цепочек, в силу значительной инерционности процессов, требует достаточно длительного периода времени. Поэтому в данном случае более вероятным представляется действие не объемного, а динамического фактора. В этом случае повышение температуры воздуха следует рассматривать как одно из проявлений усиления циклонической активности над акваторией Северо-Европейского бассейна СЛО, то есть увеличения повторяемости и интенсивности циклонов. Как следствие этого усиливается циклоническая циркуляция вод Гренландского, Норвежского и Баренцева морей, при этом в центральной части этих морей уровень моря опускается, а на периферии, вдоль побережья, поднимается. Объем вод при этом остается постоянным.

В процессе исследования изменчивости среднегодовых уровней по станциям морей Северо-Европейского бассейна СЛО были получены оценки основных статистических характеристик, позволяющих составить «статистический портрет» анализируемых рядов: средней арифметической величины, медианы, моды, среднего квадратического отклонения, коэффициентов асимметрии и эксцесса, максимальных и минимальных значений рядов, амплитуд их изменений (табл. 3). Полученные при этом результаты показывают, что исследуемые функции имеют сложный характер распределения и не всегда подчиняются нормальному закону распределения (Кабелваг, Териберка, Малые Кармакулы). Положение среднего уровня вдоль побережья Скандинавии имеет свои особенности: в южной и северной части побережья уровень выше, чем в центральной части (рис. 1). Такое распределение носит устойчивый характер и, очевидно, обусловлено распределением температуры и солености морской воды. У южного и северного побережья Скандинавии плотность морских вод меньше, чем в центральной части, соответствующим образом формируется и положение уровневой поверхности.

Наименьшая многолетняя изменчивость среднегодовых уровней (табл. 3) отмечается в южной части региона, где среднеквадратическое отклонение составляет 2–4 см при амплитуде колебаний 10–20 см. Практически вдоль всего побережья Скандинавии от Олесунна до Полярного среднеквадратическое отклонение изменяется в пределах от 4 до 6 см при амплитуде колебаний 20–25 см, аналогичные величины изменчивости уровня наблюдаются и в северной части Баренцева моря. В юго-восточной части Баренцева моря среднеквадратическое отклонение увеличивается до 5–7 см при амплитуде колебаний среднегодового уровня 20–40 см. Характер пространственного распределения изменчивости напрямую связан с морфометрией бассейнов: на станциях, расположенных в районах с малыми глубинами, в вершинах заливов или фиордов, изменчивость уровня выше, чем на станциях,

расположенных в районах больших глубин, на островах или открытом побережье. Колебания уровня в мелководных районах моря в большей степени зависят от ветровой составляющей, имеющей значительную многолетнюю изменчивость.

Исключение из рядов наблюдений за уровнем моря линейного тренда даст возможность рассмотреть межгодовую изменчивость уровня без влияния долго-

Таблица 3

Оценки трендов и основных статистических характеристик распределения среднемесячных уровней по станциям морей Северо-Европейского бассейна СЛО (за период наблюдений)

Станция	N	C	S_c	M_c	M_o	σ	S_a	S_e	h_{\max}	t_{\max}	h_{\min}	t_{\min}	Amp
1. Рейкьявик	43	0,227	0,049	-1,188	-3,564	4,293	0,502	-0,754	9	1990	-8	1995	18
2. Торсхавн	30	0,168	0,030	-0,542	-1,627	2,426	0,384	-0,796	5	1998	-4	1962	9
3. Ставангер	62	0,015	0,017	-0,454	-1,361	2,908	0,106	-0,742	6	1964	-6	1996	12
4. Берген	73	-0,027	0,017	-0,030	-0,089	3,280	0,248	-0,373	8	1990	-7	1976	15
5. Молде	51	0,091	0,034	0,227	0,681	4,182	-0,284	1,243	10	1946	-13	1960	23
6. Клоддал	36	-0,093	0,041	-0,293	-0,880	3,948	0,614	0,892	12	1961	-8	1940	20
7. Олесунн	50	0,118	0,039	-0,137	-0,410	4,631	-0,082	1,053	13	1967	-14	1960	26
8. Кристиансунн	50	0,087	0,048	-0,267	-0,801	5,256	0,150	0,416	13	1989	-13	1960	26
9. Хеймсьо	66	-0,172	0,025	0,103	0,310	4,105	0,447	0,106	11	1950	-8	1941	19
10. Тронхейм	53	0,073	0,059	0,798	2,394	6,576	-0,174	-0,316	13	1983	-15	1987	28
11. Рервик	32	-0,076	0,069	-0,366	-1,098	3,813	0,336	0,370	8	1989	-9	1996	17
12. Буде	42	-0,200	0,050	0,998	2,993	5,382	-0,109	-0,580	12	1950	-11	1978	23
13. Кабелваг	54	-0,121	0,045	-0,218	-0,653	5,533	-0,612	1,995	10	1990	-20	1960	30
14. Нарвик	63	-0,302	0,030	0,351	1,053	5,028	-0,239	-0,188	12	1990	-13	1977	24
15. Эвенсъяер	21	-0,494	0,167	0,120	0,361	5,000	-0,270	-0,746	8	1949	-10	1960	18
16. Харстад	46	-0,024	0,042	-0,515	-1,545	4,503	0,143	1,478	13	1989	-14	1960	26
17. Тромсье	52	-0,006	0,045	-0,961	-2,883	4,962	-0,062	0,791	11	1983	-15	1960	26
18. Хаммерфест	40	-0,038	0,066	0,048	0,145	5,512	0,195	-0,656	11	1957	-10	1977	21
19. Хонningsвог	25	0,205	0,094	-0,608	-1,824	4,541	0,070	-0,869	9	1990	-8	1974	17
20. Линахамари	59	-0,045	0,029	0,637	1,911	3,845	0,085	-0,485	9	1975	-8	1960	17
21. Мыс Пикшуев	35	0,044	0,076	-0,241	-0,724	4,589	0,302	-1,070	10	1989	-7	1980	17
22. Подлярный	65	-0,158	0,026	-0,124	-0,372	3,937	0,140	-0,217	11	1989	-9	1960	20
23. Мурманск	48	0,303	0,066	0,710	2,131	6,683	-0,183	-1,123	11	1953	-14	1974	25
24. Териберка	50	-0,017	0,050	-0,041	-0,124	5,125	0,924	1,475	18	1989	-10	1960	28
25. Вутрино	28	0,852	0,138	0,368	1,105	6,009	0,162	-0,933	11	1986	-10	1984	21
26. м. Белый Нос	23	0,166	0,197	0,482	1,447	6,415	0,611	0,003	16	1975	-11	1958	26
27. м. Болванский Нос	43	0,296	0,061	-0,134	-0,401	5,052	-0,148	0,240	11	1989	-14	1977	25
28. Малые Кармакулы	47	0,206	0,074	-0,390	-1,169	7,532	1,128	1,957	26	1950	-13	1958	39
29. Русская Гавань	39	-0,061	0,060	-0,318	-0,955	4,265	0,288	0,069	10	1953	-9	1966	19
30. им. Крепкеля	37	-0,240	0,071	0,606	1,818	4,828	-0,194	2,280	14	1962	-13	1980	28
31. Барендбург	45	-0,339	0,048	0,487	1,461	4,795	-0,701	0,259	8	1990	-13	1996	21

Примечание: N – количество реализаций; C – тренд (см/мес); S_c – средняя квадратическая ошибка определения величины тренда (см/мес); M_c – медиана; M_o – мода; σ – среднее квадратическое отклонение; S_a – коэффициент асимметрии; S_e – коэффициент эксцесса; h_{\max} , t_{\max} – величина и время реализации максимума; h_{\min} , t_{\min} – величина и время реализации минимума; Amp – амплитуда. Статистики рассчитаны после исключения линейного тренда

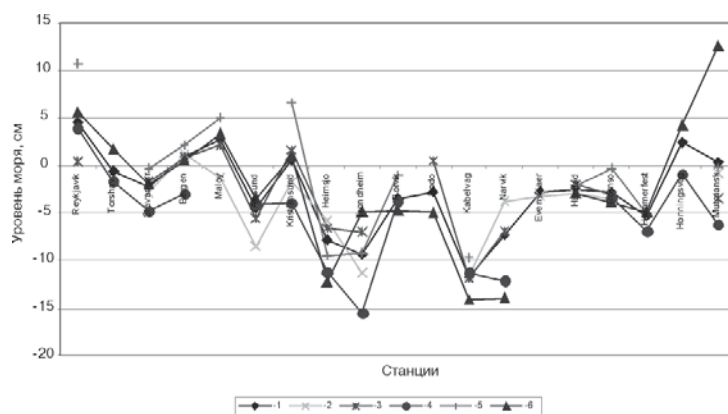


Рис. 1. Изменение положения среднего уровня моря вдоль побережья Скандинавии: 1 – за период наблюдений; 2 – в 1950-х гг.; 3 – в 1960-х гг.; 4 – в 1970-х гг.; 5 – в 1980-х гг.; 6 – в 1990-х гг.

временной («вековой») составляющей, обусловленной преимущественно геологическими и климатическими факторами. Для выяснения степени однородности реакции уровня моря на отдельных станциях на действие основных вынуждающих сил были выполнены оценки величины связи колебаний уровня между всеми станциями (табл. 4). Полученные при этом коэффициенты корреляции были использованы как показатели меры расстояния между объектами [13] для районирования исследуемой области, в результате чего было выделено два основных района, хорошо совпадающих с географическими объектами: Норвежское и Баренцево моря (рис. 2). Граница между этими районами проходит через станцию Хоннингсвог, колебания уровня на которой хорошо связаны и со станциями, расположенными в Баренцевом море, и со станциями, расположенными в Норвежском море. Район Норвежского моря, в свою очередь, можно разделить на два подрайона: северный и южный. Граница между этими подрайонами проходит в районе станций Буде и Рервик, коэффициент корреляции между которыми равен 0,83. Коэффициенты корреляции между станциями, отнесенными к южному подрайону (Ставангер, Берген, Молей, Олесунн, Кристиансунн, Хеймсьо), составляют от 0,66 до 0,85. Коэффициенты корреляции каждой из этих станций с Рервиком составляют от 0,72 до 0,87. Коэффициенты корреляции между станциями, отнесенными к северному подрайону (Кабелваг, Нарвик, Харстад, Тромсе, Хаммерфест, Хоннингсвог), составляют от 0,67 до 0,86. Коэффициенты корреляции каждой из этих станций с Рервиком составляют от 0,70 до 0,89.

В районе Баренцева моря уверенно можно выделить только подрайон Кольского полуострова, включающий в себя станции Лиинахамари, Мыс Пикшуев,

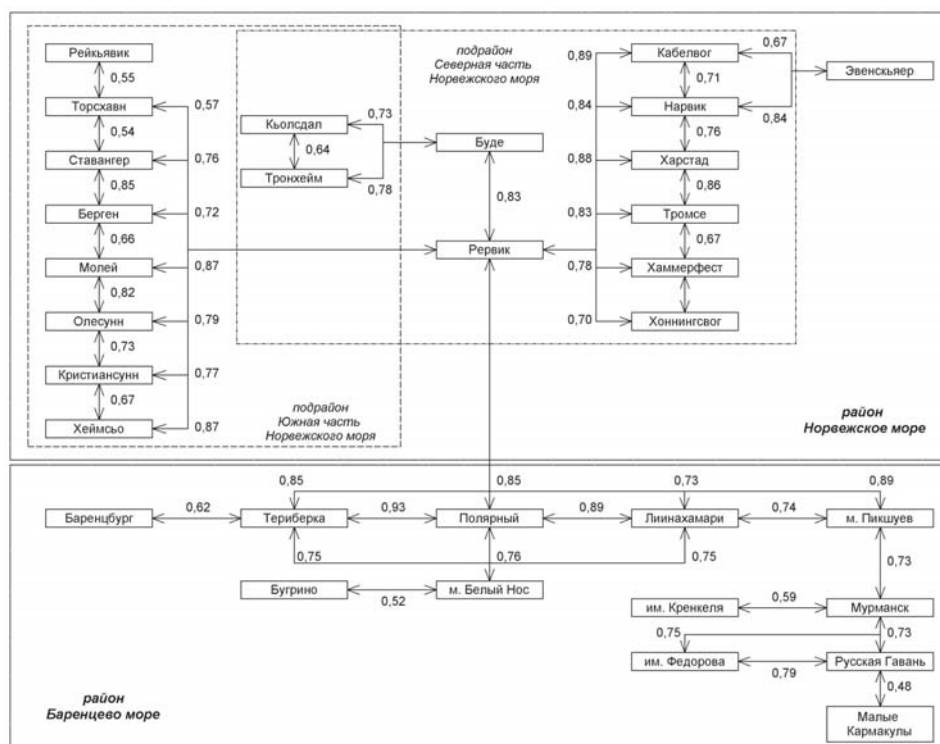


Рис. 2. Взаимосвязь среднегодовых уровней на станциях морей Северо-Европейского бассейна СЛО

Таблица 4

Корреляционная матрица среднегодовых уровней по станциям морей Северо-Европейского бассейна С.ЛО (×10⁻²)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1. Рейкьявик	100	55	42	31	31	42	39	36	34	4	48	28	39	31	-34	42	14	28	31	40	47	-7	39	24	7	25	19	38	-12	36	
2. Торсхавн		100	54	51	47	-	41	42	48	23	57	27	16	32	-30	30	24	7	9	28	28	8	37	-7	2	22	39	29	2	22	
3. Ставангер			100	85	70	53	64	78	61	47	76	48	52	58	44	61	52	49	43	43	47	51	34	48	32	7	51	25	47	17	24
4. Берген				100	66	68	52	73	74	61	72	68	45	63	62	51	44	48	39	41	51	59	46	57	26	4	65	41	57	30	21
5. Молей					100	21	82	73	67	39	87	60	76	59	56	74	67	48	49	42	30	47	11	52	-	2	24	5	19	4	35
6. Кьольдал						100	-1	36	69	64	-	73	32	60	-	26	31	70	-	47	55	51	54	43	13	11	49	48	58	12	24
7. Олсеунн							100	73	56	17	79	37	82	53	54	81	70	38	35	40	16	48	10	50	18	19	28	12	28	14	48
8. Кристиансунн								100	67	51	77	63	70	57	69	79	63	43	43	34	35	53	32	57	13	-2	50	14	41	10	34
9. Хеймсьо									100	60	87	87	63	75	75	70	62	80	60	63	63	74	51	73	36	40	66	48	50	40	28
10. Тронхейм										100	66	78	33	61	53	40	45	49	41	48	49	49	54	55	12	3	54	31	40	61	23
11. Рервик											100	83	89	84	-	88	83	78	70	73	89	85	37	85	19	0	66	30	71	25	57
12. Буле												100	63	65	67	68	77	75	61	67	69	71	67	54	26	61	46	63	36	23	
13. Кабелваг													100	71	67	85	84	43	74	61	34	64	18	66	23	27	24	17	39	-2	49
14. Нарвик														100	84	76	77	85	78	76	77	77	61	82	37	52	71	33	72	39	39
15. Эвенсъяер															100	-	64	-	58	-	60	43	64	-	-	61	17	32	-	42	
16. Харстал																100	86	62	59	66	48	75	41	78	8	34	47	12	44	11	56
17. Тромсе																	100	67	74	77	64	79	39	78	25	54	45	12	58	26	57
18. Хаммерфест																		100	79	74	87	80	59	76	23	61	64	9	70	39	40
19. Хоннингсвог																			100	-	86	83	45	83	50	-	68	5	76	26	45
20. Линнахамари																				100	74	89	47	79	50	75	56	23	59	52	58
21. Мыс Пикшуев																					100	84	73	79	36	53	76	23	81	42	49
22. Полярный																						100	59	93	40	76	73	29	73	47	59
23. Мурманск																							100	56	25	44	75	41	73	59	-7
24. Терiberка																								100	20	75	72	24	67	45	62
25. Бурино																									100	52	39	46	38	38	-7
26. м. Белый Нос																										100	48	21	60	27	58
27. м. Болванский Нос																											100	32	79	53	43
28. Малые Кармакулы																												100	48	28	-17
29. Русская Гавань																													100	34	49
30. им. Кренкеля																														100	3
31. Баренцбург																															100

Примечание: нумерация станций соответствует нумерации, приведенной в табл. 2, выделены коэффициенты корреляции, превышающие значение 0,60

Полярный, Мурманск и Териберка. Коэффициенты корреляции между этими станциями составляют от 0,73 до 0,93. Обращает на себя внимание тот факт, что среднегодовой уровень на станциях, расположенных, казалось бы, в одном географическом подрайоне Баренцева моря, скоррелированы слабо. Так, коэффициент корреляции между станциями Бугрино, мыс Белый Нос, мыс Болванский Нос и Малые Кармакулы, расположенными в юго-восточной части Баренцева моря, не превышает 0,52, а между станциями Русская Гавань и им. Кренкеля, расположенными в северо-восточной части Баренцева моря, равен 0,34.

Отличия в характере многолетних колебаний уровня на станциях различных районов хорошо видны при анализе автокорреляционных функций и спектров [12]. Так, для Рейкьявика (рис. 3) основная часть спектра смещена в сторону низких частот, что позволяет классифицировать его как спектр «красного шума». Слабо выделяются пики на периодах, соответствующих 7,3, 3,7 и 2,5 года. Совсем другой характер спектра получен для станции Хеймсё (рис. 4). Здесь четко выделяются пики на периодах 17,5, 7,8, 5,4, 3,7–3,9 и 2,0 года. Полученный спектр можно отнести к спектру случайного процесса с присутствием периодических колебаний. В спектре уровня для станции Тромсе хорошо выделяется пик на частоте, соответствующей периоду 8,7 лет, и слабовыраженные пики на периодах

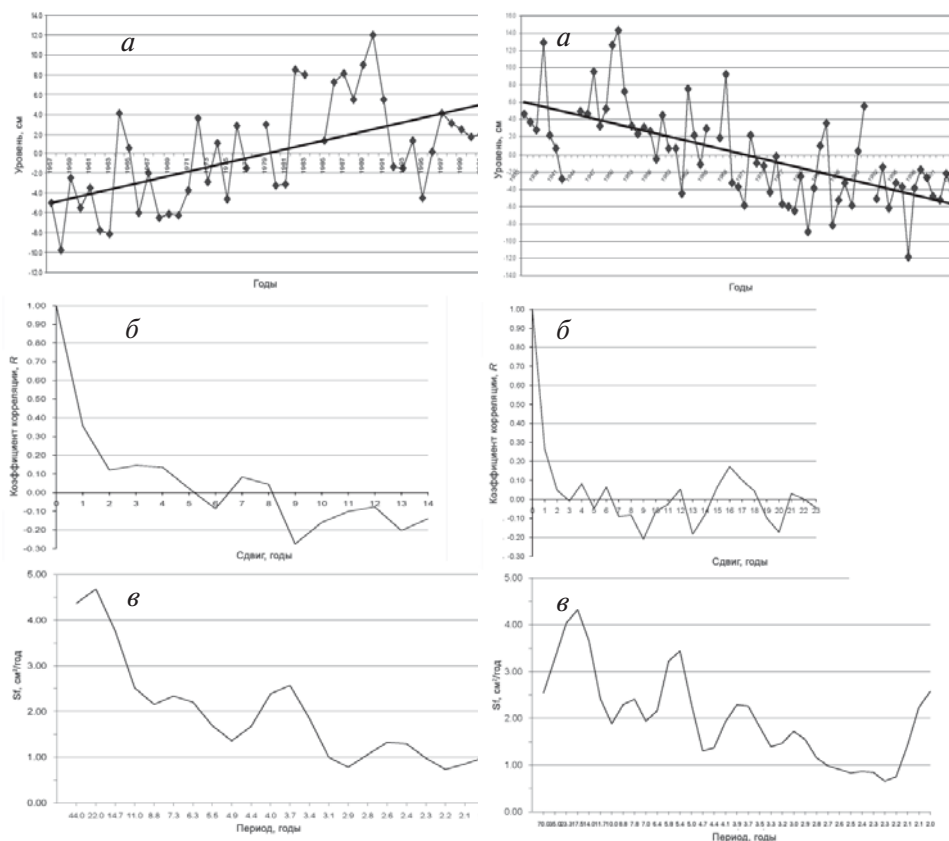


Рис. 3. Временной ход (а), автокоррелограмма (б) и спектр (в) среднегодовых уровней моря на станции Рейкьявик

Рис. 4. Временной ход (а), автокоррелограмма (б) и спектр (в) среднегодовых уровней моря на станции Хеймсё

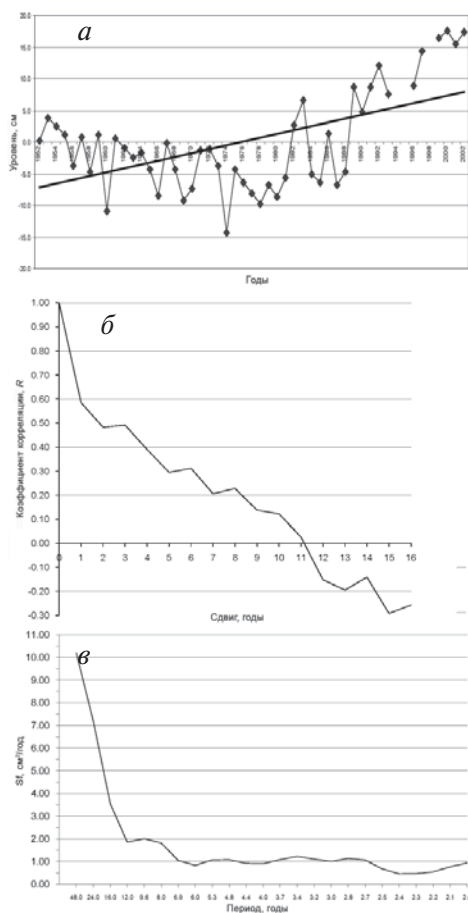


Рис. 5. Временной ход (а), автокоррелограмма (б) и спектр (в) среднегодовых уровней моря на станции Мурманск

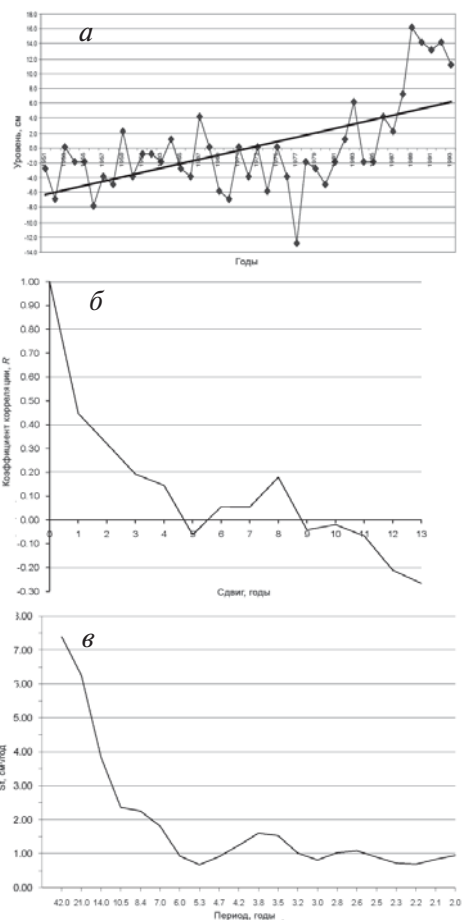


Рис. 6. Временной ход (а), автокоррелограмма (б) и спектр (в) среднегодовых уровней моря на станции мыс Болванский Нос

17,3, 2,6–2,7 и 2,0 года. В данном случае спектр показывает, что случайный сигнал модулирован гармоническим колебанием. Резко отличается характер колебаний уровня на станциях Полярный и Мурманск (рис. 5), несмотря на то, что станции находятся в непосредственной близости друг от друга. Если в спектре колебаний уровня на станции Полярный выделяются пики на периодах 21,3, 7,1, 3,6, 2,7, 2,3 и 2,0 года, то в спектре колебаний уровня на станции Мурманск, как и на станции Рейкьявик, основная часть спектра смещена в сторону низких частот, а пики спектра в области высоких частот выделены очень слабо. Столь резкое различие в характере колебаний уровня на двух близлежащих станциях может быть объяснено влиянием чисто местных условий, в частности влиянием стока реки Колы, впадающей в Кольский залив недалеко от равномерного водопоста станции Мурманск. Спектр многолетних колебаний уровня для станции мыс Болванский Нос (рис. 6) аналогичен по своему характеру спектрам уровня на станциях Рейкьявик и Мурманск. Слабые пики в этом случае можно выделить на периодах 8,4, 3,5–3,8 и 2,6 года. Основная часть спектра для станции Баренцбург (рис. 7) также

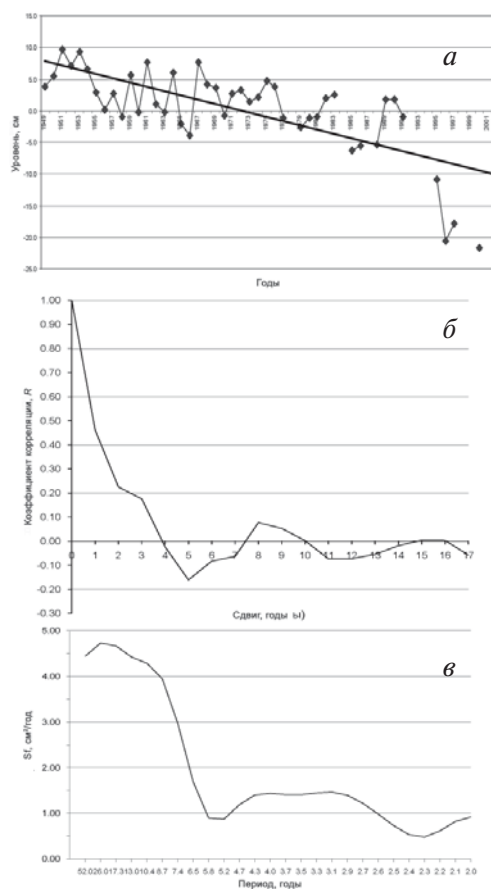


Рис. 7. Временной ход (а), автокоррелограмма (б) и спектр (в) среднегодовых уровней моря на станции Баренцбург

смещена в область низких частот, но здесь можно выделить пик на периодах 17,3–26,0 лет и слабо выраженные пики на частотах 4,0, 3,1, и 2,0 года.

Таким образом, частотная структура колебаний уровня в разных районах исследуемой области подтверждает справедливость полученного районирования. В диапазоне межгодовой изменчивости среднего уровня в той или иной степени прослеживаются: низкочастотные колебания уровня с периодом более 17–18 лет и колебания с периодами 7–10 лет, определяемые астрономическими и климатическими факторами; колебания с периодами 5–6 лет и 2–4 года, связанные с изменениями глобальных атмосферных процессов, и колебания с периодом 2 года, обусловленные влиянием полюсного прилива.

Из перечисленных выше факторов, определяющих изменение среднего уровня, наибольшей изменчивостью в многолетнем плане обладают атмосферное давление, ветер и плотность морской воды. В той или иной степени каждый из этих факторов зависит от изменений глобальных атмосферных процессов. Для численного выражения интенсивности атмосферных процессов и их направленности используются разнообразные индексы атмосферной циркуляции, наибольшее распространение среди которых в последние годы получил индекс Северо-атлантичес-

кого колебания (NAO). Корреляция между этим индексом и среднегодовым уровнем на станциях Северо-Европейского бассейна СЛО показывает, что связь этих показателей сравнительно невелика. Наибольшая связь отмечается для станций, расположенных в Норвежском море, где коэффициент корреляции изменяется от 0,35 до 0,70. Для станций, расположенных на побережье Кольского полуострова, коэффициент корреляции уменьшается до 0,12–0,51, а в юго-восточной части Баренцева моря до 0,01–0,44. В качестве индекса климатических процессов можно использовать такой показатель, как речной сток, интегрированно отображающий баланс осадков и испарений над крупными материковыми районами. Однако корреляция стока Северной Двины, впадающей в Белое море, и Печоры, впадающей в Баренцево море, показала практически полное отсутствие связи как со средним уровнем на станциях морей Северо-Европейского бассейна СЛО, так и с NAO.

Изменения атмосферного давления над акваторией Северного Ледовитого океана в течение последних пятидесяти лет оказывали влияние не только на межгодовую изменчивость среднего уровня, но и на его вековую составляющую. Линейные тренды атмосферного давления, вычисленные за период 1948–2000 гг. (рис. 8), показали устойчивое падение давления над акваторией СЛО в эти годы. Соответствующим образом по закону «обратного барометра» должен был расти уровень моря. Его более интенсивный рост должен был отмечаться на севере Гренландского, Норвежского и Баренцева морей. Однако при этом необходимо учитывать, что в прибрежных районах, где расположено подавляющее большинство станций, проявление закона «обратного барометра» может затушевываться или сильно искажаться влиянием морфометрии бассейна. Корреляция уровня на станции с атмосферным давлением над акваторией водного бассейна показывает, что область максимальных значений коэффициента корреляции оказывается лежащей не над самой станцией, а в стороне от нее [18]. Как правило, эти области располагаются над

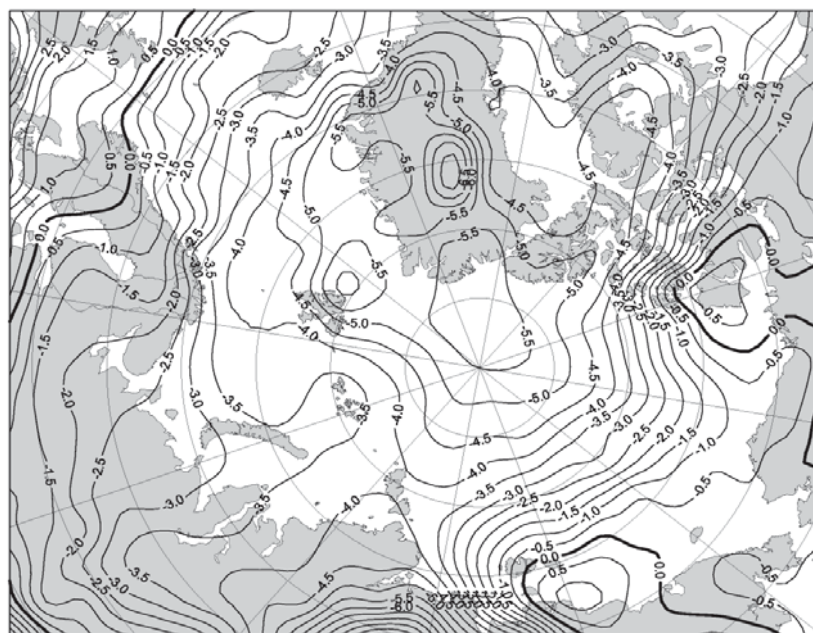


Рис. 8. Линейный тренд изменения атмосферного давления на уровне моря (мб/100 лет) за период 1948–2000 гг.

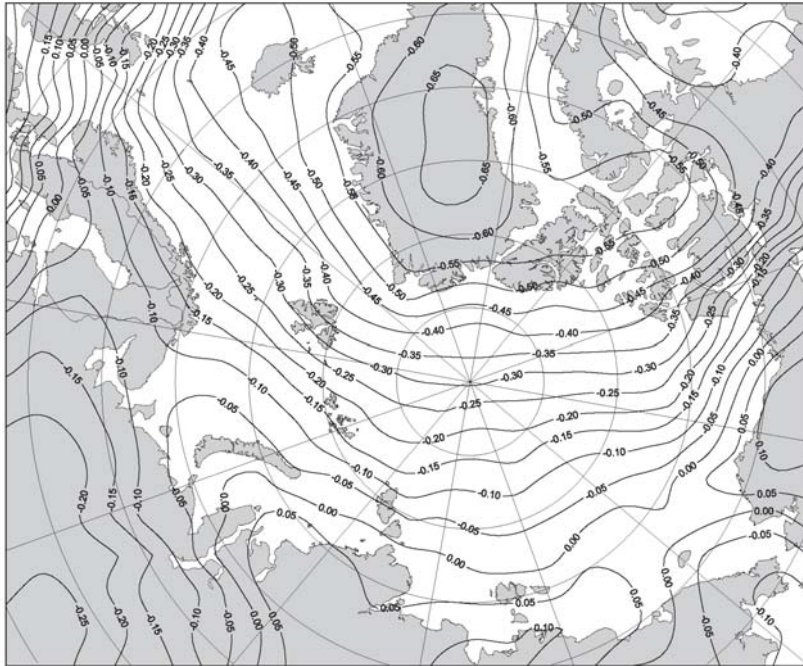


Рис. 9. Корреляция среднегодового уровня на станции Рейкьявик с атмосферным давлением на уровне моря

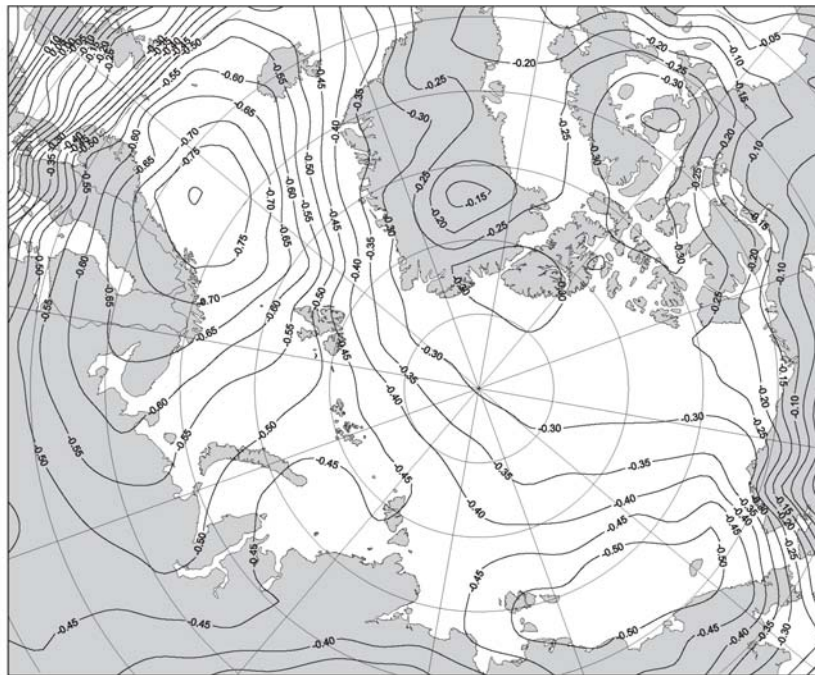


Рис. 10. Корреляция среднегодового уровня на станции Хеймсьо с атмосферным давлением на уровне моря

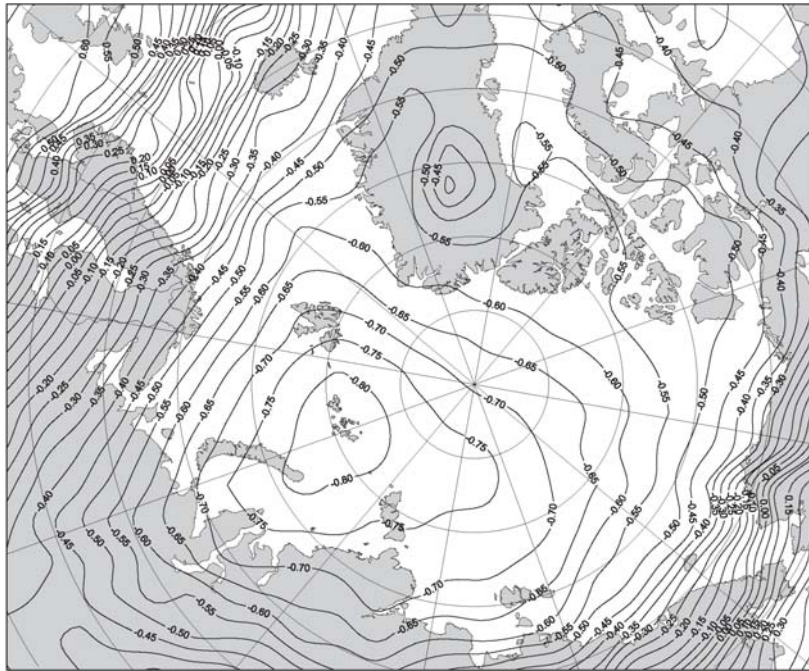


Рис. 11. Корреляция среднегодового уровня на станции м. Белый Нос с атмосферным давлением на уровне моря

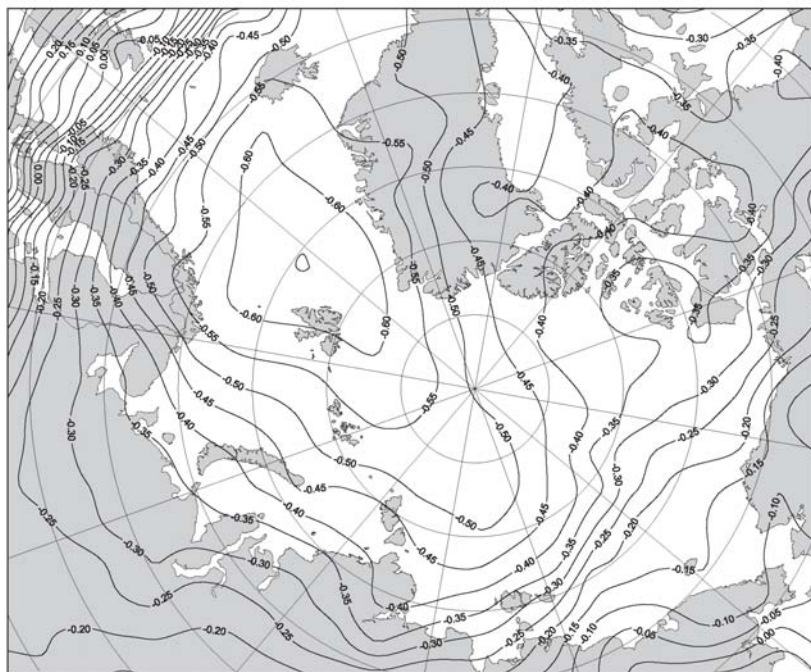


Рис. 12. Корреляция среднегодового уровня на станции Баренцбург с атмосферным давлением на уровне моря

глубоководными акваториями бассейна, на берегах которого находятся станции. В целом эта закономерность находит свое подтверждение и для акватории морей Северо-Европейского бассейна СЛО. Для станции Хеймсьо (рис. 10) область максимальных значений коэффициента корреляции с атмосферным давлением расположена над южной частью Норвежского моря, для станций Тромсе и Баренцбург (рис. 12) – над северной частью Норвежского моря, для станции Полярный – над северо-западной частью Баренцева моря, для станции мыс Белый Нос (рис. 11) – над северо-восточной частью Баренцева моря. Однако для станции Рейкьявик (рис. 9) эта область расположена над центральными районами острова Гренландия. Коэффициенты корреляции между среднегодовым уровнем и атмосферным давлением на уровне моря в области их максимальных значений достигают весьма больших величин: для станций Хеймсьо, Тромсе, Полярный, мыс Белый Нос они достигают величин $-0,82... -0,88$, для станций Рейкьявик и Баренцбург $-0,67... 0,68$. При этом разница между коэффициентом корреляции в районе станции и коэффициентом корреляции в области его максимальных значений составляет от 0,10 до 0,20.

Для оценки связи среднегодового уровня с приводным ветром были рассчитаны коэффициенты корреляции между уровнем и проекциями ветра по четырём основным направлениям (С–Ю, З–В, СВ–ЮЗ, СЗ–ЮВ). В качестве исходных данных использовались те же поля атмосферного давления на уровне моря (NCAR/NCEP) за период с 1948 по 2000 г. По этим полям в узлах географической сетки с шагом $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ рассчитывался геострофический ветер, который пересчитывался в приводный ветер путем введения эмпирических поправок в скорость и направление. Затем производилось проецирование полученных значений ветра на основные направления, после чего срочные значения ветра осреднялись за годовой период. Как известно, наилучшими показателями связи уровня с ветром обладают не значения ветра в точках наблюдений за уровнем, а значения регионального ветра, то есть ветра, осредненного над акваторией, в пределах которой формируются сгонно-нагонные колебания уровня. В связи с этим следовало ожидать, что области максимальных значений коэффициента корреляции уровня и ветра будут располагаться в центральной части Норвежского и Баренцева морей. Однако в реальности в большинстве случаев области максимальных значений коэффициента корреляции оказались локализованы в южной части Норвежского моря, на границе с Северным морем. Как уже указывалось выше, колебания уровня в морях Северо-Европейского бассейна СЛО в значительной степени определяются циклонической активностью Исландского минимума. Средние поля атмосферного давления в этом районе характеризуются преимущественно положением центра циклона над центральной частью Норвежского моря и высокоградиентной зоной в южной части циклона, которая располагается на границе Норвежского и Северного морей. Сопряженная с этой областью зона штормовых ветров является, таким образом, наряду с давлением в центре циклона, показателем интенсивности циклоничности. Коэффициенты корреляции между проекциями ветра и средним уровнем достигают при этом довольно больших значений от 0,66–0,68 для Буде и Тронхейма до 0,80–0,84 для таких станций, как Хеймсьо, Нарвик и Лиинахамари. Преобладающим направлением, при котором проекция ветра наилучшим образом коррелирует с уровнем, является в основном юго-запад.

Для достоверной оценки возможных изменений положения уровня в морях Северо-Европейского бассейна СЛО в XXI в. в рамках климатических сценариев необходимо иметь сведения об ожидаемых распределениях: атмосферного давления на уровне моря; скорости и направления приводного ветра; баланса осадков и испарения; речного стока; температуры и солёности морской воды; положения кромки дрейфующих льдов и границ припая. К сожалению, в настоящее время в наше распоряжение были предоставлены только оценки ожидаемых изменений

полей атмосферного давления. Таким образом, в свою очередь оценка изменений положения среднего уровня Норвежского и Баренцева морей может быть выполнена весьма приближенно: в предположении сохранения существующих тенденций и на основе оценок ожидаемых изменений полей атмосферного давления с коррекцией на вертикальные движения земной коры.

Во втором случае, по сути дела, оценивается только вклад в ожидаемые изменения среднего уровня моря анемобарического фактора, то есть совместного действия атмосферного давления и ветра.

В первом случае ожидаемые изменения положения среднего уровня на станциях арктических морей оцениваются на основе расчетных величин тренда. В соответствии с полученными результатами, наиболее заметные изменения положения среднего уровня к середине XXI в. должны произойти в северной части Баренцева моря, где в результате подъема земной коры уровень моря понизится на 15–35 см.

Во втором случае оценка вклада в ожидаемые изменения среднего уровня арктических морей изменений атмосферного давления и ветра выполнялась с использованием разработанной в АНИИ модели совместной динамики воды и льда [1, 2]. Исходной информацией для расчета по модели служат поля приземного атмосферного давления и информация о распределении припая и сплоченности дрейфующего льда на акватории расчетной области. Использувавшиеся в данном случае поля приземного атмосферного давления были получены на основе информации, переданной в наше распоряжение из ГГО. Распределение припая и дрейфующего льда задавалось в соответствии с климатическими данными. Расчет осуществлялся при постоянно действующем поле вынуждающих сил до выхода модели на стационар.

Полученные результаты указывают на ослабление арктического антициклона и общую тенденцию к понижению атмосферного давления, в результате чего должно произойти повышение уровня Северного Ледовитого океана в целом и морей Северо-Европейского бассейна в частности. При этом наиболее заметное повышение уровня должно произойти в Баренцевом море: по оценкам, полученным на основе различных сценариев, максимальная величина этого повышения к 2060 г. составит 0,5–1,5 см. Подъем уровня в Норвежском и Гренландском морях будет менее заметен и составит 0,5–1,0 см. Таким образом, оценки изменения уровня морей Северо-Европейского бассейна, полученные на основе использования сценариев, предложенных ГГО, показали, что анемобарические факторы не являются определяющими и существенными при долгосрочном прогнозировании положения уровня поверхности в морях Северо-Европейского бассейна СЛО. В частности, изменения положения среднего уровня, обусловленные только вертикальными движениями земной коры, в ряде районов на порядок превышают изменения среднего уровня, обусловленные действием анемобарического фактора.

Работы по данной теме выполнялись в рамках проекта «Long-term Sea Level variability in the Nordic Seas (LEVANS)» («Долгопериодные изменения уровня в скандинавских морях»), являющегося частью кластера проектов МПП «Sea level and tidal science in the polar oceans» («Изучение уровня и приливов в полярных океанах»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашик И.М. Численные прогнозы колебаний уровня моря и сплоченности льдов в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском // Научные результаты экспедиции «ЛАПЭКС-93». СПб.: Гидрометеиздат, 1994. С. 199–209.
2. Ашик И.М. Численные расчеты и прогнозы колебаний уровня, течений и дрейфа льда на шельфе морей Западного сектора Арктики // Навигация и гидрография. 1997. № 4. С. 85–94.
3. Ашик И.М., Ванда Ю.А. Гидрологическое районирование шельфа арктических морей России // Метеорология и гидрология. 1999. № 1. С. 73–83.

4. Баннов-Байков Ю.Л. О статистической структуре крупномасштабных колебаний уровня моря в высоких широтах Северного полушария // Проблемы Арктики и Антарктики. 1974. Вып. 45. С. 21–26.
5. Баннов-Байков Ю.Л., Дворкин Е.Н., Захаров Ю.В., Мустафин Н.В. Плотностные колебания уровня Северного Ледовитого океана // Тр. ААНИИ. 1985. Т. 389. С. 71–78.
6. Баннов-Байков Ю.Л. Связь крупномасштабных неоднородностей полей уровня моря и атмосферного давления в Арктике // Тр. ААНИИ. 1976. Т. 319. С. 122–128.
7. Воробьев В.Н. и др. Сезонные и многолетние колебания уровня морей Северного Ледовитого океана. СПб.: РГГМУ. 2000. 114 с.
8. Дворкин Е.Н., Захаров Ю.В., Мустафин Н.В. О причинах сезонной и многолетней изменчивости уровня в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском // Тр. ААНИИ. 1978. Т. 349. С. 60–68.
9. Дворкин Е.Н., Захаров Ю.В., Мустафин Н.В. Причины сезонной и многолетней изменчивости уровня Чукотского моря // Тр. ААНИИ. 1978. Т. 349. С. 69–75.
10. Дворкин Е.Н., Захаров Ю.В., Мустафин Н.В. Сезонная и многолетняя изменчивость уровня Карского моря // Тр. ААНИИ. 1979. Т. 361. С. 63–71.
11. Дворкин Е.Н., Захаров Ю.В., Мустафин Н.В. Сезонные и многолетние колебания уровня арктических морей // Проблемы Арктики и Антарктики. 1985. Вып. 60. С. 10–17.
12. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир. 1971. Вып. 1. 316 с.; 1972. Вып. 2. 287 с.
13. Классификация и кластер / Под ред. Дж.В.Райзин. М.: Мир, 1980. 389 с.
14. Прошутинский А.Ю. Колебания уровня Северного Ледовитого океана. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. 216 с.
15. Советская Арктика (Моря и острова Северного Ледовитого океана). М.: Наука, 1970. 526 с.
16. Pavlov V.K. Seasonal and long-term sea level variability in the marginal seas of the Arctic Ocean // Polar Research. Vol. 20. № 2. P. 153–160.
17. Pavlov V.K., Pavlov P.V. Features of seasonal and interannual variability of the level regime and water circulation in the Laptev Sea. // H.Kassens et al. (eds.): Land-ocean systems in the Siberian Arctic: dynamics and history. Berlin, Springer, 1999. P. 3–16.
18. Pavlov V.K. Seasonal and Long-Term Sea Level Variability in the Arctic Ocean // Arctic Climate Feedback Mechanisms. Proceeding of a workshop at the Norwegian Polar Institute, Tromso, Norway, 17–19 November 2003. P. 37–40.
19. Peltier W.R. Global glacio isostasy and the surface of the ice-age Earth: The ICE-5G (VM-2) model and GRACE // Annual Review Earth and Planetary Sciences. 2004. Vol. 32. P. 111–149.
20. Proshutinsky A., Ashik I.M., Dvorkin E.N., Hakkinen S., Krishfield R., Peltier W.R. Secular sea level change in the Russian sector of the Arctic Ocean // Journal of Geophysical Research. 2004. Vol. 109. C03042. doi:10.1029/2003JC002007.

I.M.ASHIK, V.K.PAVLOV

SEASONAL AND LONG-TERM LEVEL OSCILLATIONS IN THE NORDIC SEAS

The results of analysis of the long-term changes of annual mean sea level at 31 coastal stations located in the Greenland, Norwegian and Barents seas are presented. For the period of 3–5 decades the magnitudes of the linear trend were determined. The trend has a negative sign at 17 stations and positive sign at 14 stations. The distinctions in character of the long-term changes of annual mean sea level are mostly explained by the features of vertical movements of the earth's crust. The estimations of the basic statistical characteristics of records were obtained, and they were ranged along the coastal line. This paper also contains the estimations of the expected sea level changes in the Nordic seas for the first half of 21 centuries based on the various climatic scenarios.

Key words: sea level, Arctic Ocean, variability, trend, climate