На основании данных гидрометеополей, представленных в Climate Atlas of the Baltic Sea (2008), рассчитаны климатические (средние для месяцев и года) карты осадков Pr и испарения Ev. С учетом данных по суммарному стоку R (Andersson, 2009) получены климатические величины пресноводного баланса Балтийского моря B и его регионов. Рассмотрены сезонная и межгодовая изменчивости составляющих пресноводного баланса Pr, Ev, R и B. Сезонный ход (СХ) составляющих пресноводного баланса Балтики характеризуется годовой волной, при этом наибольшей устойчивостью СХ отличается Ev, наименьшей – R, а наступление годового максимума для R и B наблюдается в апреле-мае, для Pr– в августе-сентябре и Ev – в сентябре-октябре. Анализ временных рядов элементов пресноводного баланса моря в целом или отдельных суббассейнов позволил выделить некоторые квазицикличности: квазидвухлетние, 3-4-, 5-7-, 10-12-, 20-22-летние. Есть основание утверждать, что отмеченные квазицикличности изменчивости составляющих пресноводного баланса в Балтийском море подтверждают гипотезу Г.К.Ижевского (1964), так как создаются одновременным влиянием механизма взаимодействия океана и атмосферы и внешних геокосмических сил.

Владимир Дубравин

Владимир Дубравин - Доктор географических наук, Доцент, МГУ, Старший научный сотрудник в Атлантическом отделении Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Калининград.
Григорий Маслянкин - Кандидат биологических наук, КГТУ, заведующий отделом в Атлантическом научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии, Калининград

978-3-659-15719-6

Пресноводный баланс Балтики

Владимир Дубравин
Григорий Маслянкин

Атлас пресноводного баланса Балтийского моря

Атлас пресноводного баланса Балтийского моря

LAP LAMBERT Academic Publishing

Дубравин, Маслянкин

Владимир Дубравин
Григорий Маслянкин

Атлас пресноводного баланса Балтийского моря

Владимир Дубравин
Григорий Маслянкин

Атлас пресноводного баланса Балтийского моря

Атлас пресноводного баланса Балтийского моря

LAP LAMBERT Academic Publishing

Impressum/Imprint (nur für Deutschland/only for Germany)
Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.
Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Coverbild: www.ingimage.com

Verlag: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland
Telefon +49 681 3720-310, Telefax +49 681 3720-3109
Email: info@lap-publishing.com

Herstellung in Deutschland:
Schaltungsdienst Lange o.H.G., Berlin
Books on Demand GmbH, Norderstedt
Reha GmbH, Saarbrücken
Amazon Distribution GmbH, Leipzig
ISBN: 978-3-659-15719-6

Только для России и стран СНГ
Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу http://dnb.d-nb.de.
Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany
Телефон +49 681 3720-310, Факс +49 681 3720-3109
Email: info@lap-publishing.com

Напечатано в России
ISBN: 978-3-659-15719-6

АВТОРСКОЕ ПРАВО ©2012 принадлежат автору и LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG и лицензиарам
Все права защищены. Saarbrücken 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Введение..... 3

1 Общие замечания. Материал и методика обработки данных……..... 7

2 Климатические средние элементов пресноводного баланса…….…..... 13

3 Вклад регулярного сезонного хода и межгодовой составляющей в общую изменчивость……...……...…….. 21

4 Сезонный ход элементов пресноводного баланса……...…...… 25

5 К вопросу об устойчивости сезонного хода элементов пресноводного баланса Балтийского моря……..…….…..……... 51

6 Межгодовая изменчивость элементов пресноводного баланса……..…. 63

7 Некоторые причины, вызывающие межгодовую изменчивость…….…..... 73

Заключение……...…...……... 81

Список использованных источников…..... 85

Список сокращений……...……..……..... 91

Список рисунков……..……..……..... 95

Список таблиц……..……..……... 99

Приложение. Атлас элементов пресноводного баланса Балтийского моря 105

Приложение А. Карты распределения элементов пресноводного баланса Балтийского моря по месяцам……..... 107

Осадки…….……....……. 109

Испарение……..……..... 123

Эффективные осадки……..……....…… 137

Приложение Б. Карты гармонических постоянных сезонной изменчивости элементов пресноводного баланса Балтийского моря…..... 151

Осадки…… 153

Испарение…….……...…….. 157

Эффективные осадки…..……..... 161

ВВЕДЕНИЕ

В системе взаимодействия океана и атмосферы большая роль принадлежит круговороту воды. Круговорот влаги обеспечивает круговорот тепла. Вместе с общей циркуляцией атмосферы эти процессы формируют климат Земли.

Изучение водного баланса является, таким образом, основной предпосылкой для изучения климата Земли и решения проблем расчетов баланса тепла, газов, растворенных и взвешенных частиц и других видов обмена энергии и веществ в Мировом океане, и, в частности, для изучения формирования водных масс, их распределения и структуры вод Мирового океана и его частей [15], в том числе и Балтийского моря [1].

Основу круговорота воды (влагооборота) составляет обмен пресными водами. Количественную оценку этого обмена дает пресноводный баланс. Уравнение пресноводного баланса средиземного моря в общем виде, как известно, можно записать так:

$$B_0 = \mathrm{Pr} - Ev + R_\Sigma, \qquad (1)$$

при этом

$$R_\Sigma = R_{пов} + R_{подз}, \qquad (2)$$

где $\mathbf{B_0}$ – пресноводный баланс, **Pr** – осадки, $\mathbf{R_\Sigma}$ – суммарный речной: $\mathbf{R_{пов}}$ – поверхностный и $\mathbf{R_{подз}}$ – подземный сток, **Ev** – испарение.

Составляющие (статьи, элементы) пресноводного баланса могут быть рассчитаны или измерены. Однако пресноводный баланс Балтики изучен пока недостаточно, поэтому данные о нем достаточно разноречивы (таблица 1).

Следует иметь ввиду, что различия в оценках $\mathbf{B_0}$ Балтийского моря могут быть связаны как с различием в оценке площади зеркала моря, из-за выбора той или иной границы Балтийского моря от 373 [48, 55] до 423 [42] тыс. км^2, так и с разным выбором временного интервала исследуемых рядов. Ниже будет показано, что из-за большой межгодовой изменчивости составляющих пресновод-

ного баланса их усреднение на различных участках временного ряда может привести к неоднозначным результатам.

Что же касается среднемесячных климатических карт составляющих пресноводного баланса, то нам известна только одна работа – атлас [9], в котором приведены среднемесячные и среднегодовые карты атмосферных осадков и испарения на акватории Балтийского моря за 1951-1970 гг., рассчитанные сотрудниками ГОИНа [38].

Таблица 1 – Пресноводный баланс $\mathbf{B_0}$ (км^3) Балтийского моря по [21, 28, 38, 41, 44, 47, 48, 50, 52, 54, 55, 57, 59, 62-65]

Авторы	Pr	R_Σ	Ev	Pr- Ev	B_0
Brogmus [52]	172	472	172	0	472
Федосов, Зайцев [44]	210	440	185	25	465
Соскин [41]	172	472	172	0	472
Микульский [28]		444, 433			
Арсеньева [38]	208, 196	444, 433	206, 246	-2 50	445, 383
Хупфер [48]	183	479	183	0	479
HELCOM [57]	237	428	184	53	481
Хоканссон [47]	223	436	184	39	475
Meier, Doscher [59]	214; 245	509; 464	210; 191	5; 54	514; 518
Omstedt, Nohr [63]		442		47	489
Richter, Ebel [64]		582			
Andersson [50]		450			
Есюкова [21]		430			
Hansson [54]		509		60	569
Omstedt [62]	229	474	175	54	528
HELCOM [55]	225	440	185	40	480
Данная работа	182	450	300; 203	-119; -21	332 429

Появление наиболее полного многолетнего гидрометеорологического массива [65], позволило с учетом новых данных не только рассчитать климатические поля осадков, испарения и их разности с месячной дискретностью, средние за 1951-2000 гг. (рисунок 1), но и исследовать крупномасштабную пространственно-временную изменчивость элементов пресноводного баланса Бал-

тийского моря.

Авторы считают приятным долгом выразить искреннюю признательность А.В. Смирнову, который выполнил обработку массива [65] на персональном компьютере.

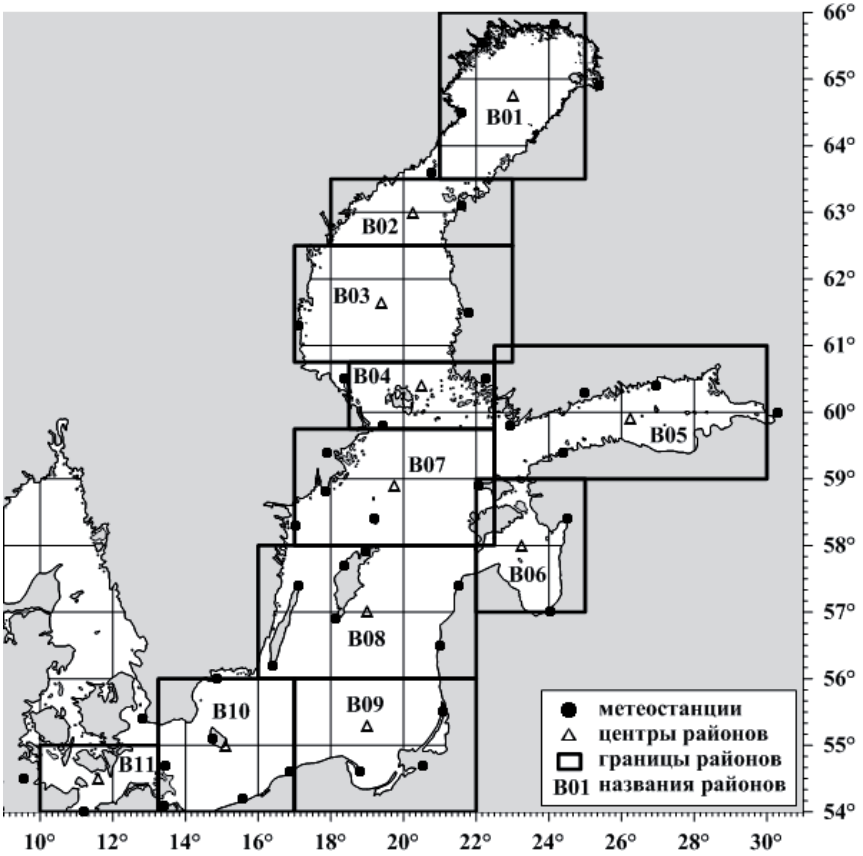


Рисунок 1 – Районирование Балтийского моря по [65]

1 ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Для характеристики общих режимообразующих факторов Балтийского моря и анализа пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических элементов нами использованы данные атласов и справочных изданий [9, 25, 29, 30, 34, 35, 65].

Следует остановиться на особенностях обработки каждого элемента пресноводного баланса более подробно.

Осадки. Атмосферные осадки **Pr** над акваторией Балтики пока еще относятся к трудноопределяемым метеопараметрам, из-за отсутствия измерений в открытой части моря. Имеющиеся количественные оценки базируются на результатах измерений на береговых и островных метеостанциях, которые путем введения поправок распространяются и на открытую акваторию [29, 48].

Как известно [29], территория бассейна Балтийского моря относится к зоне избыточного увлажнения, на которую в среднем за год выпадает более 600-800 мм. На акваторию моря выпадает, примерно, на 20% меньше, чем на окружающую сушу [48]. При этом количество осадков возрастает от открытой его части к прибрежной зоне [9, 38, 48].

Расчет количества осадков, выпадающих на поверхность моря, в настоящей работе выполнялся по методике В.С. Самойленко [43] с некоторой модификацией. В [65] приводятся средние за период 1961-1990 гг. среднемесячные величины осадков $\mathbf{Pr_{st}}$ (мм) и их повторяемости $\mathbf{p_{st}}$ (число дней с осадками) на прибрежных и островных метеостанциях, а также средние за период 1951-2000 гг. среднемесячные значения повторяемости $\mathbf{p_{mr}}$ (число дней с осадками) для морских районов (см. рисунок 1). Поэтому для каждой метеостанции за каждый месяц рассчитывался коэффициент пропорциональности $\mathbf{I_{st}}$:

$$I_{st} = \mathrm{Pr}_{st} / p_{st}, \qquad (3)$$

По своему физическому смыслу этот коэффициент является мерой интенсивности осадков. Затем рассчитывался средний коэффициент $\overline{Ist}$ из $\mathbf{I_{st}}$ прибрежных и островных станций в пределах данного морского района. Полученная величина, умноженная на $\mathbf{p_{mr}}$, дает среднемесячную величину осадков для морского района:

$$\mathrm{Pr}_{mr} = \overline{Ist} \times p_{mr}, \tag{4}$$

Мерой контроля счета являлось сравнение результата с ближайшей к центру морского района островной метеостанцией. Таким образом, выполненные нами расчеты осадков, отражают средние ситуации за период 1961-1990 гг. на прибрежных и островных метеостанциях и за период 1951-2000 гг. для морских районов.

Суммарный речной сток. В Балтийское море впадает более 250 рек разной величины [35], а по [55] – 634. Речной сток $\mathbf{R_{\Sigma}}$ как элемент водного баланса начали изучать еще в начале прошлого столетия. По данным разных авторов суммарный среднегодовой многолетний сток оценивается в 428-582 км^3 (см. таблицу 1), в том числе подземный – 3-10 км^3 [11, 35], или не превышает 0,5% от поверхностного [48]. Таким образом, как следует из таблицы 1, речной сток является главным компонентом не только пресноводного, но и водного баланса Балтийского моря. Кроме того, следует иметь ввиду, что $\mathbf{R_{\Sigma}}$ – один из режимообразующих факторов, непосредственно воздействующих на режим мелководий и верхнего квазиоднородного слоя, а опосредованно – на бароклинную циркуляцию и интенсивность водообмена с Северным морем [35]. Площадь водосборного бассейна Балтики более чем в четыре раза превышает площадь зеркала самого моря (см. ниже п. 2, таблица 4). Согласно оценок в [53] из 102 рек с интенсивностью среднегодового расхода $\geq$ 10 м^3/с; для 50 рек годовой расход не превышает 25 м^3/с; 32 реки имеют расход $\geq$ 50 м^3/с, из которых только 27 – с расходом $\geq$ 100 м^3/с. К наиболее многоводным рекам Балтийского бассейна авторы относят Неву, Вислу, Даугаву, Неман, Одер, Гёта-Эльв (Швеция), Кемийоки (Финляндия), Лулеэльвен (Швеция). Как видим, большинство крупных

рек впадает в море в северной его части и только несколько – впадает в море с юга. Кроме того, известно [53, 60], что 17 крупнейших рек Балтики общей площадью водосбора 1091223 км^2 (63% общей площади) характеризуют 2/3 суммарного стока, что и позволяет исследователям по мониторингу за этими реками получать величину стока для всей Балтики.

Испарение. Прямые измерения **Ev** в океане (море) редки и трудновыполнимы; одним из косвенных методов является аэродинамический, в котором турбулентные потоки влаги выражаются через средние значения характеристик на стандартном уровне измерений (как правило, сравниваются высота уровня наблюдателя z = 10 м и поверхность моря). Не останавливаясь на обосновании этого метода (сводка работ по физическим основам параметризаций приводится в [26]), перейдем к формулам для расчета испарения:

$$Ev = 0{,}622 \times P_0^{-1} \times \rho \times C_E \times (E_{0w} - e_a) \times Ws, \qquad (5)$$

где $\mathbf{P_0}$ – атмосферное давление на уровне моря (гПа); $\boldsymbol{\rho}$ – плотность воздуха (кг/м^3); $\mathbf{e_a}$ – упругость водяного пара (гПа); $\mathbf{E_{0w}}$ – максимальная упругость водяного пара при температуре воды $\mathbf{T_w}$ (°C); **Ws** – скорость приводного ветра (м/с). В формулу (5) входит коэффициент обмена влагой ($\mathbf{C_E}$), определение которого и является задачей параметризации потоков влаги на границе океан-атмосфера [26]. Известно [2-4, 13, 23, 27, 33, 37, 49, 51, 58], что коэффициент $\mathbf{C_E}$ зависит от скорости ветра **Ws**, перепадов влажности и высоты z, на которой выполнялись измерения. Многообразие подходов к параметризации процессов обмена привело к весьма широкому диапазону значений коэффициентов обмена, предлагаемых разными авторами. Обобщения, позволяющие сопоставлять различные методы расчета, можно найти в [23, 26, 51]. Как правило, значения коэффициента $C_E \approx (1{,}0 \div 1{,}7) \cdot 10^{-3}$. Одни авторы считают, что величина $\mathbf{C_E}$ может быть постоянной в [32] ($C_E = 1{,}3 \cdot 10^{-3}$). Другие – наоборот, что использование средних значений коэффициентов обмена без учета различий в гидрометеорологических условиях приводит к погрешностям в расчетах потоков тепла и влаги на ±27% [24]; кроме того, – что зависимость $\mathbf{C_E}$ от гидротермодинами-

ческих условий должна дополняться зависимостью от масштабов пространственно-временного усреднения ξ_E, возникающей из-за нелинейности в выражении (5) [13, 26]. Для лучшего понимания обратимся к таблице 2, в которой, кроме размаха сезонного хода и климатических среднегодовых величин **Ev** и $\mathbf{C_E}$, рассчитанных по [25] для Балтийска по методикам разных авторов, представлены и отношения этих $\mathbf{C_E}$ к $\mathbf{C_E}$ С.К. Гулева [13, 26]. В этой таблице приводятся примеры расчета $\mathbf{C_E}$ по трем методикам [4, 27, 37] для данных срочных наблюдений, где получены наименьшие величины $\mathbf{C_E}$, а также – по шести методикам [2, 3, 13, 32, 33, 49] для месячных данных, в которых получены наибольшие значения $\mathbf{C_E}$. Отношения коэффициентов влагообмена $\mathbf{C_E}$ по методикам [2, 3, 49] к $\mathbf{C_E}$ Гулева в среднегодовом масштабе составили 0,94÷0,96 (среднее – 0,95). Следует иметь ввиду, что в [36] для Северной и Центральной Атлантики, а в [20] для Юго-Восточной Балтики было показано, что **при расчете потоков по климатическим среднемесячным значениям предпочтение следует отдавать методике С.К. Гулева [13, 26], а при расчете потоков по среднегодовым данным можно использовать любую методику по [2, 3, 13, 49]**. На этом основании, для расчетов испарения **Ev** с поверхности Балтики по данным [65] использовалась методика С.К. Гулева [13, 26].

Эффективные осадки. Эффективное испарение. Эффективное испарение (разность испарения и осадков) или эффективные осадки[1] (разность осадков и испарения) имеет смысл использовать в открытой части Мирового океана (вдали от берегов, где не сказывается влияние речного стока). Как известно еще Вюст (1936) обратил внимание на соответствие зональных величин эффективного испарения (**Ev**-**Pr**) и поверхностной солености S для всех океанов, а позднее в 1954 г. Вюстом [8] были проведены численные оценки этой связи в сред-

[1] Следует иметь ввиду неоднозначность трактовки термина эффективные осадки (**ЭО**): кроме ЭО – разность осадков и испарения [16], используемого и в данной работе, в литературе можно встретить и другие. Так, по С.П. Хромову и Л.И. Мамонтовой [46], ЭО – та часть осадков, которая остается в почве (не стекает) и может потребляться растениями. По словарям естественных наук (glossary.ru) и экологического образования (ecoedu.ru) ЭО – та часть осадков, в результате которых возникает непосредственный сток.

нем для Мирового океана:

$$S = 34{,}47 + 0{,}0150 \times (Ev - \mathrm{Pr})$$ между 70 и 10°с.ш. (6)

$$S = 34{,}92 + 0{,}0125 \times (Ev - \mathrm{Pr})$$ между 10°с.ш. и 60°ю.ш.,

где **Ev** и **Pr** даны в см/год.

Таблица 2 – Размах колебаний сезонного хода и среднегодовые значения испарения **Ev** (мм), коэффициента влагообмена $\mathbf{C_E} \cdot 10^{-3}$ и отношения последнего к $\mathbf{C_E} \cdot 10^{-3}$ Гулева [13], рассчитанные по методикам [2-4,13, 27, 32, 33, 37, 49], по данным [25] для Балтийска (1867-1955 гг.)

Авторы методики	Испарение Ev, мм		Коэффициенты влагообмена $C_E\ 10^{-3}$		$C_E\ 10^{-3}$ / $C_E\ 10^{-3}$ Гулева	
	размах	ср. год	размах	ср. год	размах	ср. год
Радикевич [37]*	13,3÷51,5	366,2	1,07÷1,31	1,16	0,47÷0,66	0,55
Бортковский [4]	11,6÷66,9	430,5	0,85÷1,46	1,32	0,46÷0,73	0,65
Масагутов [27]	10,8÷51,1	328,0	0,71÷1,13	0,97	0,42÷0,57	0,50
Ариель [33]	18,1÷76,4	498,0	1,38÷1,66	1,55	0,70÷0,84	0,75
Ефимов [32]	15,4÷60,4	411,9	1,3÷1,3	1,30	0,56÷0,71	0,62
Шулейкин [49]	22,5÷93,4	619,4	1,88÷2,01	1,95	0,86÷1,06	0,94
Атлас теплового баланса Земного шара [2]	22,9÷95,3	632,1	1,92÷2,06	1,98	0,88÷1,08	0,96
Атлас теплового баланса океанов [3]	22,2÷92,5	613,2	1,86÷1,99	1,92	0,85÷1,04	0,93
Гулев, Украинский [13]	21,6÷108,4	661,1	1,83÷2,33	2,02	1,00÷1,00	1,00

Примечание – *Величины получены с учетом z = 10 м, а не z = 6 м (скорость ветра увеличена на ~ 5÷10%)

Для таких средиземных морей, как Балтийское, параметры эффективные осадки или эффективное испарение не могут на прямую увязываться с поверхностной соленостью, поскольку, как было показано выше, основной составляющей не только пресноводного, но и водного баланса является речной сток $\mathbf{R_\Sigma}$, воздействующий не только на режим мелководий и верхнего квазиоднородного слоя Балтики, но и на бароклинную циркуляцию и интенсивность водообмена с

Северным морем [35]. В данной работе параметр эффективные осадки используется для сравнения, поскольку в некоторых работах, упоминавшихся выше [54, 63], в балансовых расчетах не приводятся данные по осадкам и испарению, а показана только их разность.

Долгое время считалось, что осадки над Балтикой значительно превышают испарение. Это мнение основывалось на том факте, что климат бассейна Балтийского моря относится к гумидному типу [38]. Появление работ [41, 48, 52], в которых показано что осадки в среднем за год уравновешиваются испарением, поколебало первую точку зрения. С выходом работ [9, 38] можно с уверенностью говорить, что для Балтики испарение не только равняется осадкам, но в отдельные десятилетия, даже может значительно (на 50 км^3/год) их превышать (таблица 1).

Исходя из модели временного ряда, предложенной С.С. Лаппо [26], будем считать, что временная изменчивость складывается из нормального (регулярного или климатического) сезонного хода (**СХ**), нерегулярной внутригодовой (**ВИ**) и межгодовой (**МИ**) составляющих. Регулярный годовой ход получается из многолетнего ряда после усреднения значений для каждого месяца за все годы, межгодовая изменчивость – из многолетнего ряда после усреднения за каждый год.

Расчеты статистик исходного ряда гидрометеоэлементов проведены в соответствии с [5]. Для выявления их «нормального сезонного хода» (**СХ)** по [26], выполнен гармонический анализ для первых четырех гармоник[2], позволивший определить их квоты **q** (вклад в общую дисперсию сезонного хода), амплитуды **A**, фазы **Θ**, даты наступления максимума $\mathbf{T_{max}}$, начиная с 1 января, и отношения амплитуд годовой волны к полугодовой. Межгодовая изменчивость элементов исследована с помощью дисперсионного, корреляционного и спектрального методов анализа [5].

[2] Здесь рассматриваются только первые две.

2 КЛИМАТИЧЕСКИЕ СРЕДНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕСНОВОДНОГО БАЛАНСА

Осадки. По нашим оценкам, среднемноголетняя годовая величина осадков на прибрежных и островных метеостанциях менялась в пределах от 431 мм (Эландс-Норра-Удде, о. Эланд) до 927 мм (Шлезвиг) (рисунок 2). При этом для собственно Балтики (исключая заливы) можно говорить о *циркумконтинентальной* зональности, когда величина осадков возрастает от 421-500 мм в открытой части моря к прибрежной зоне до 600-800 мм на юге, юго-востоке и востоке и до 495-577 мм у побережья Швеции.

В Ботническом заливе величина осадков убывает от 561-631 мм на западном побережье до 433-500 мм на восточном, а в Финском и Рижском заливах – не превышает 500-661 мм.

Из таблицы 3, в которой показана доля отдельных суббассейнов в объеме **Pr** всей Балтики в разные годы, видно, что наибольший вклад в суммарный объем осадков моря приходится на собственно Балтику (55-59%), наименьший – на Рижский (4-6%) и Финский (4-6%) заливы, а вклад Ботнического залива – (27-32%). Если же говорить об относительном (нормированном на относительную площадь региона) вкладе суббассейнов, то здесь картина обратная: наибольший относительный вклад дает Рижский залив (1,05-1,36)[3], наименьший – Ботнический (0,87-1,03), а относительный вклад Финского залива и собственно Балтики примерно одинаков (0,90-1,15 и 0,97-1,04).

Суммарный речной сток. По оценкам разных авторов во второй половине XX столетия $\mathbf{R_{\Sigma}}$ в Балтику составляет 440-450 км^3/год (таблица 1). При этом, согласно таблицы 4, в разные годы, наибольший вклад в суммарный речной сток моря оказывают реки Ботнического залива (42-43%), наименьший – Рижского залива (7%), а вклад рек Финского залива и собственно Балтики пример-

[3] Например, если за период 1951-2000 гг. средний вклад Рижского залива в общий объем осадков моря составил 6,0% при относительной площади этого залива 4,4% от площади зеркала всей Балтики, то относительный вклад составит 6,0% / 4,4% = 1,36.

но одинаков (25-27%). Если же говорить об относительном (нормированном на относительную площадь региона) вкладе суббассейнов в $\mathbf{R_{\Sigma}}$ всего моря**,** то здесь картина иная: наибольший относительный вклад дает Финский залив (3,18-3,37), наименьший – собственно Балтика (0,43-0,46), а относительный вклад Ботнического и Рижского заливов примерно одинаков (1,35-1,38 и 1,41-1,66, соответственно).

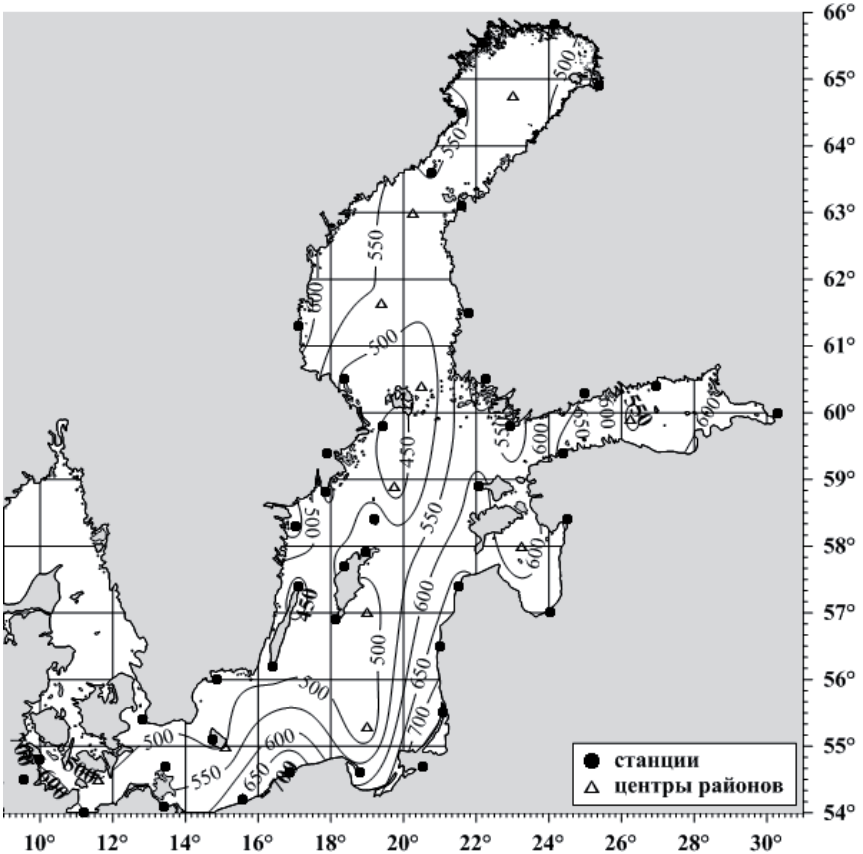


Рисунок 2 – Атмосферные осадки **Pr** (мм/год) на поверхности Балтийского моря, рассчитанные по [65]

Таблица 3 – Доля отдельных суббассейнов в общем объеме атмосферных осадков **Pr** ($км^3$/год) в Балтику за 1951-1960 гг. и 1961-1970 гг. [38] и за 1951-2000 гг. (данная работа)

Регион	Площадь зеркала		**Pr** за 1951-1960 гг.		**Pr** за 1961-1970 гг.		**Pr** за 1951-2000 гг.	
	($км^2$)	(%)	($км^3$)	(%)	($км^3$)	(%)	($км^3$)	(%)
Ботнический залив	115516	31,0	56	26,9	54	27,6	58	31,9
Финский залив	29600	7,9	19	9,1	17	8,7	13	7,1
Рижский залив	16330	4,4	10	4,8	9	4,6	11	6,0
Собственно Балтика	211069	56,7	123	59,1	116	59,2	100	54,9
Балтика в целом	372515	100,0	208	100,0	196	100,0	182	100,0

Таблица 4 – Доля отдельных суббассейнов в общем объеме речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ ($км^3$/год) в Балтику за 1951-1960 гг. и 1961-1970 гг. [28] и за 1950-2000 гг. [50]

Регион	Площадь водосбора ($км^2$)	Площадь зеркала		Сток за 1951-1960 гг.		Сток за 1961-1970 гг.		Сток за 1950-2000 гг.	
		($км^2$)	(%)	($км^3$)	(%)	($км^3$)	(%)	($км^3$)	(%)
Ботнический залив	489870	115516	31,0	184,8	41,7	185,0	42,7	192,2	42,7
Финский залив	420990	29600	7,9	117,9	26,6	109,8	25,4	112,9	25,1
Рижский залив	130960	16330	4,4	32,4	7,3	26,7	6,2	32,4	7,2
Собственно Балтика	607730	211069	56,7	108,5	24,5	111,6	25,8	112,8	25,1
Балтика в целом	1649550	372515	100,0	443,6	100,0	433,1	100,0	450,2	100,0

Испарение. В среднем за период 1951-2000 гг. среднегодовая величина **Ev** менялась в пределах моря от 709 мм (B03 – Ботническое море) до 881 мм (B10 – Южная Балтика). При этом для собственно Балтики (исключая заливы) можно говорить о *меридиональной* изменчивости, когда величина испарения убывает от 833-881 мм на юге (регионы B11- B09) до 751 мм в Аландском море (B04). В тоже время, в какой-то мере, можно говорить и о *циркумконтинентальной* зональности, когда величина испарения возрастает от 709 мм (B03 – Ботническое море) до 815 мм на севере Ботнического залива (B01), до 821 мм в Финском заливе (B05) и до 833-881 мм на юге (регионы B11- B09) (рисунок 3).

Из таблицы 5, в которой показана доля отдельных суббассейнов в общем для всей Балтики объеме **Ev** за разные годы, видно, что наибольший вклад приходится на собственно Балтику (60-61%), наименьший – на Рижский залив (4-5%). Если же говорить об относительном (нормированном на относительную площадь региона) вкладе регионов, то здесь картина достаточно пестрая: наибольший относительный вклад испарения дает собственно Балтика при наименьшем разбросе данных (1,06-1,08), наименьший – Ботнический залив (0,84-0,90), а относительный вклад Финского и Рижского заливов примерно одинаков (0,89-1,13 и 0,93-1,07, соответственно).

Таблица 5 – Доля отдельных регионов в общем объеме испарения **Ev** ($км^3$/год) с поверхности Балтики за 1951-1960 гг. и 1961-1970 гг. [38] и за 1951-2000 гг. (данная работа)

Регион	Площадь зеркала		Ev за 1951-1960 гг.		Ev за 1961-1970 гг.		Ev за 1951-2000 гг.	
	($км^2$)	(%)	($км^3$)	(%)	($км^3$)	(%)	($км^3$)	(%)
Ботнический залив	115516	31,0	54	26,2	64	26,0	84	28,0
Финский залив	29600	7,9	18	8,7	22	8,9	21	7,0
Рижский залив	16330	4,4	9	4,4	10	4,1	14	4,7
Собственно Балтика	211069	56,7	125	60,7	150	61,0	181	60,3
Балтика в целом	372515	100,0	206	100,0	246	100,0	300	100,0

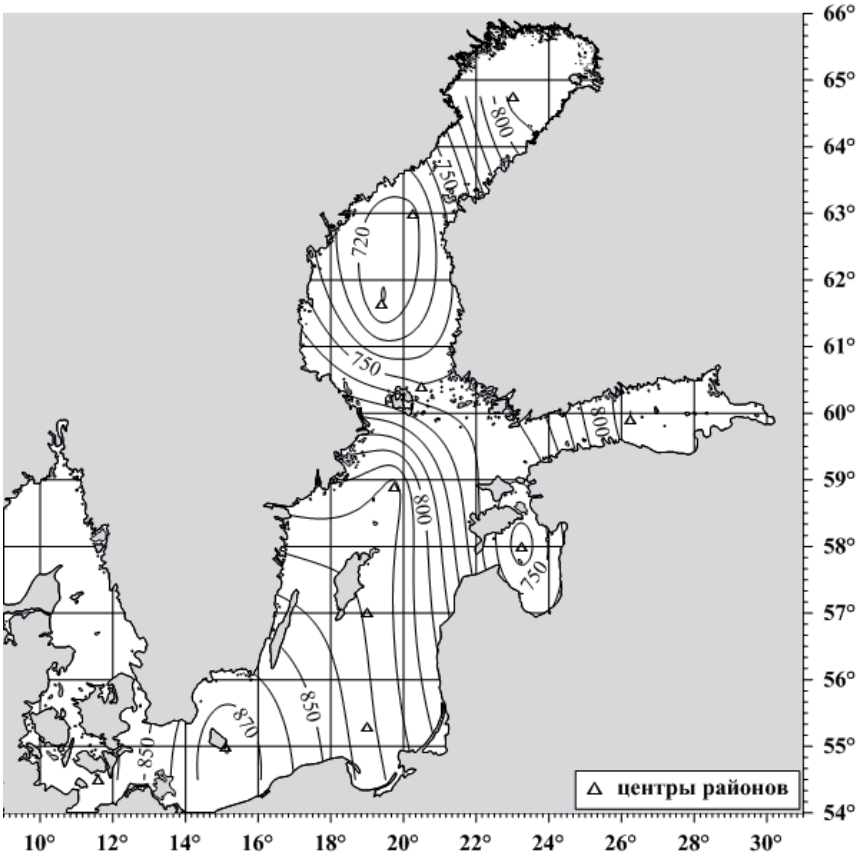


Рисунок 3 – Испарение **Ev** (мм/год) с поверхности Балтийского моря, рассчитанное по [65]

Разность осадков и испарения (эффективные осадки). В среднем за период 1951-2000 гг. среднегодовая величина разности (**Pr-Ev)** менялась в пределах моря от -404 мм (B07 – Северная Балтика) и до -163 мм (B03 – Ботническое море) (рисунок 4). При этом для Балтики, в какой-то мере, можно говорить как о *циркумконтинентальной* зональности, когда, величина разности возрастает от -404 мм (регион B07) до -163 мм – в Ботническом (регион B03), до -285 мм – в Финском (регион B05), до -177 мм – в Рижском (регион B06) заливах и до -358 мм – в Центральной Балтике (регион B08), так и о *меридиональной* зонально-

сти: в Ботническом заливе и в юго-восточной части моря. С той лишь разницей, что в первом случае величина разности убывает в северном направлении от -163 мм (регион B03) до -304 (регион B01), а во втором, **–** в южном от -354 мм (регион B08) до (-383)÷(-382) мм (регионы B10 и B09). Таким образом, согласно нашим оценкам, в Балтике испарение превышает осадки и, поэтому, уместнее было бы пользоваться разностью (**Ev-Pr**) **–** эффективное испарение.

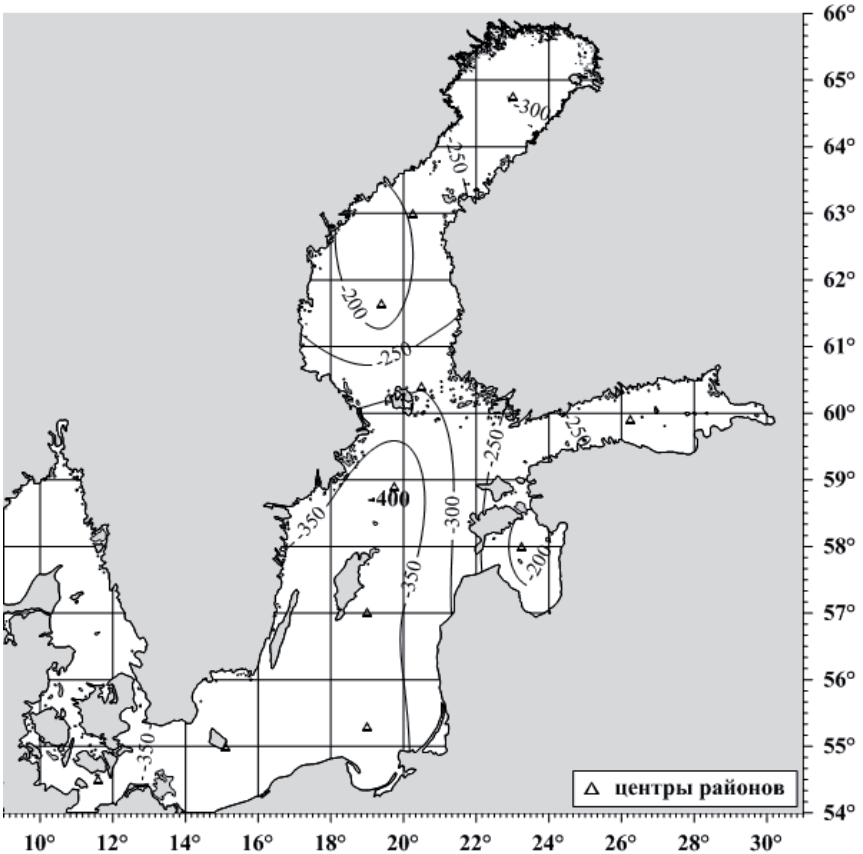


Рисунок 4 – Эффективные осадки (**Pr**-**Ev**) (мм/год) на поверхности Балтийского моря, рассчитанные по [65]

Из таблицы 6, в которой показана доля отдельных суббассейнов в общем для всей Балтики объеме разности (**Pr-Ev**) за разные годы, видно, что наиболь-

ший отрицательный вклад приходится на собственно Балтику (-2 ÷ -81 км^3), наименьший – на Рижский и Финский заливы (1 ÷ -3 и 1 ÷ -8 км^3, соответственно).

Таблица 6 – Эффективные осадки (**Pr-Ev**) (км^3/год) в отдельных суббассейнах и Балтике в целом за 1951-1960 гг. и 1961-1970 гг. [28] и за 1951-2000 гг. (данная работа)

Регион	Площадь зеркала (км^2)	(Pr-Ev) за 1951-1960 гг.	(Pr-Ev) за 1961-1970 гг.	(Pr-Ev) за 1951-2000 гг.
Ботнический залив	115516	2	-10	-26
Финский залив	29600	1	-5	-8
Рижский залив	16330	1	-1	-3
Собственно Балтика	211069	-2	-34	-81
Балтика в целом	372515	2	-50	-118

Пресноводный баланс. Из таблицы 7, в которой показана доля отдельных суббассейнов в общем для всей Балтики объеме пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ за разные годы, видно, что наибольший вклад приходится на Ботнический залив (42-50%), наименьший Рижский залив (7-9%). Если же говорить об относительном (нормированном на относительную площадь региона) вкладе регионов, то здесь картина достаточно пестрая: наибольший относительный вклад в пресноводный баланс моря дает Финский залив при наибольшем разбросе данных (3,38-3,96), наименьший – собственно Балтика при наименьшем разбросе (0,18-0,42), а относительный вклад Ботнического и Рижского заливов примерно одинаков (1,35-1,60 и 1,48-1,98, соответственно).

Представляет так же интерес и оценка вклада пресноводных составляющих по суббассейнам и Балтике в целом (таблица 8). В этой таблице представлены не только величины элементов баланса по регионам, но и их нормированные на величину объема речного стока значения. Данные таблицы подтверждают, что речной сток является главным компонентом пресноводного баланса не только для Балтики в целом (где превышает **Pr** в 2,5 раза и **Ev** – в 1,5), но и для боль-

шинства ее регионов (где превышает **Pr** в 3,0-3,3 раза в Рижском и Ботническом заливах и 8,3 раза в Финском и **Ev** – в 2,3; 2,3 и 5,6 крат, соответственно). И только для собственно Балтики испарение является преобладающим (превышает $\mathbf{R_\Sigma}$ в 1,56 и **Pr** – в 1,88 раза).

Таблица 7 – Пресноводный баланс $\mathbf{B_0}$ ($км^3$/год) в отдельных суббассейнах и Балтике в целом за 1951-1960 гг. и 1961-1970 гг. [38] и за 1951-2000 гг. (данная работа)

Регион	Площадь зеркала		$\mathbf{B_0}$ за 1951-1960 гг.		$\mathbf{B_0}$ за 1961-1970 гг.		$\mathbf{B_0}$ за 1951-2000 гг.	
	($км^2$)	(%)	($км^3$)	(%)	($км^3$)	(%)	($км^3$)	(%)
Ботнический залив	115516	31,0	187	41,9	175	45,7	166	49,6
Финский Залив	29600	7,9	119	26,7	105	27,4	106	31,3
Рижский Залив	16330	4,4	33	7,4	25	6,5	29	8,7
Собственно Балтика	211069	56,7	107	24,0	78	20,4	31	10,4
Балтика в целом	372515	100,0	446	100,0	383	100,0	332	100,0

Таблица 8 – Составляющие пресноводного баланса ($км^3$/год) суббассейнов и Балтийского моря в целом (верхняя строка) и нормированные на объем речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (нижняя) за 1951-2000 гг.

Регион	Pr	$\mathbf{R_\Sigma}$	Ev	$\mathbf{B_0}$
Ботнический залив	57,9 0,30	192,2 1,00	84,6 0,44	165,5 0,86
Финский залив	13,5 0,12	112,9 1,00	20,6 0,18	105,7 0,94
Рижский залив	10,7 0,33	32,4 1,00	14,2 0,44	29,0 0,90
Собственно Балтика	99,8 0,86	112,8 1,00	181,1 1,61	31,5 0,28
Балтика в целом	181,9 0,40	450,2 1,00	300,4 0,67	331,7 0,74

3 ВКЛАД РЕГУЛЯРНОГО СЕЗОННОГО ХОДА И МЕЖГОДОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ В ОБЩУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Для оценки вклада **СХ** и **МИ** в общую долгопериодную изменчивость любого метеопараметра необходим достаточно длительный временной ряд с месячной дискретностью. Для Балтики в целом из всех пресноводных составляющих в нашем распоряжении имеется только один подходящий ряд – $\mathbf{R_{\Sigma}}$ по [28], имеются также несколько рядов **Pr** в отдельных пунктах Балтийского моря, для остальных элементов имеются либо ряды **СХ**, либо **МИ** (таблица 9). Перейдем к их анализу.

Для *осадков* в некоторых пунктах Балтики (Осло, Стокгольм и Балтийск) структура временных рядов примерно одинакова: невысокая доля вклада регулярного сезонного хода (20-23%), заметный вклад межгодовой изменчивости (7-13%), составляющие в сумме 28-33% и преобладающая доля нерегулярной внутригодовой изменчивости (67-72%), связанная с «медленными» синоптическими процессами [12]. Исходя из предположения, что для временного ряда для моря в целом (как более сглаженного ряда) величина дисперсии должна быть значительно меньше, чем для ряда в отдельном пункте, можно утверждать, что структура ряда **Pr** для Балтики в целом, примерно такая же, что и для пунктов Осло, Стокгольм и Балтийск., а именно: не высокая доля **СХ**, заметный вклад **МИ** и преобладающая доля **ВИ**, во всяком случае, для осадков всей Балтики доля **СХ** (данная работа) в 5,4 раза больше вклада **МИ** [62].

Для *речного стока* для Балтики в целом по [61] структура ряда иная: преобладающая доля **СХ** (67%), заметный вклад **МИ** (10%) и не высокая доля **ВИ** (23%). По величине дисперсии **СХ** (данная работа) и **МИ** [62] можно оценить соотношение между долями вкладов **СХ** и **МИ**, как 12,6 : 1,0.

Таблица 9 – Дисперсия (верхняя строка) и относительная доля (нижняя строка) исходного ряда (ИР), регулярного сезонного хода (СХ), внутригодовой (ВИ) и межгодовой (МИ) изменчивости составляющих пресноводного баланса **Pr**, $\mathbf{R_\Sigma}$, **Ev**, (**Pr-Ev**), $\mathbf{B_0}$ (мм/мес.) в некоторых пунктах Балтийского моря, рассчитанная по модели [26]

Пункт, период	Дисперсия				
	ИР	**СХ**	**ВИ**	**МИ**	**СХ+МИ**
	Осадки, Pr (мм/мес.)				
Стокгольм[1] (1951-1993 гг.)	870,0 100,0	198,4 22,8	611,7 70,3	59,8 6,9	258,3 29,7
Осло[1] (1951-1988 гг.)	1644,0 100,0	360,7 21,9	1179,5 71,7	103,9 6,3	464,5 28,3
Балтийск[2] (1962-1990 гг.)	1141,7 100,0	226,7 19,9	762,6 66,8	152,5 13,4	379,1 33,2
Вся Балтика[3] (1979-2002 гг.)				18,4	
Вся Балтика[4] (1951-2000 гг.)		98,8			
	Суммарный речной сток, $\mathbf{R_\Sigma}$ (мм/мес.)				
Вся Балтика[5] (1921-1975 гг.)	1397,2 100,0	937,8 67,1	321,8 23,0	137,7 9,9	1075,5 77,0
Вся Балтика[3] (1979-2002 гг.)				64,4	
Вся Балтика[4] (1951-2000 гг.)		723,2			
	Испарение, Ev (мм/мес.)				
Балтийск[2] (1961-1990 гг.)	892,9 100,0	615,6 68,9	219,3 24,6	58,0 6,5	673,6 75,4
Вся Балтика[3] (1979-2002 гг.)				21,8	
Вся Балтика[4] (1951-2000 гг.)		1005,6			
	Разность (Pr-Ev) (мм/мес.)				
Балтийск[2] (1962-1990 гг.)	1664,6 100,0	336,6 20,2	1045,5 62,8	282,6 17,0	619,2 37,2
Вся Балтика[3] (1979-2002 гг.)				50,2	
Вся Балтика[4] (1951-2000 гг.)		624,4			
	Пресноводный баланс $\mathbf{B_0}$ (мм/мес.)				
Вся Балтика[3] (1979-2002 гг.)				173,7	
Вся Балтика[4] (1951-2000 гг.)		2400,7			

Примечание – [1]Feistel [65]; [2]МГЕ [30]; [3]Omstedt [62];
[4]Данная работа; [5]Mikulski [61]

Для *испарения* в Балтийске по [30] структура ряда напоминает структуру для $\mathbf{R_{\Sigma}}$: преобладающая доля **СХ** (69%), заметный вклад **МИ** (6%) и не высокая доля **ВИ** (25%). Для испарения всей Балтики по величине дисперсии **СХ** (данная работа) и **МИ** [62] можно оценить соотношение между долями вкладов **СХ** и **МИ**, как 46 : 1.

Для *разности (**Pr**-**Ev**)* в Балтийске по [30] структура ряда напоминает структуру для **Pr**: преобладающая доля **ВИ** (63%) и не высокая доля **СХ** и **МИ** (20 и 17%, соответственно). Для разности (**Pr**- **Ev)** всей Балтики по величине дисперсии **СХ** (данная работа) и **МИ** [62] можно оценить соотношение между долями вкладов **СХ** и **МИ**, как 12,4 : 1,0.

Для *пресноводного баланса* всей Балтики, исходя из синхронности **СХ** $\mathbf{R_{\Sigma}}$ и $\mathbf{B_0}$ (см. ниже, п. 4)**,** можно ожидать преобладающую долю **СХ**, заметный вклад **МИ** и не высокую долю **ВИ**, а по величине дисперсии **СХ** (данная работа) и **МИ** [62] для всей Балтики можно оценить соотношение между долями вкладов **СХ** и **МИ**, как 14,8 : 1,0.

4 СЕЗОННЫЙ ХОД ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕСНОВОДНОГО БАЛАНСА

Осадки. В таблице 10 представлен **СХ** атмосферных осадков, рассчитанный как средний, для прибрежных и островных метеостанций за 1961-1990 гг. и для морских районов Балтийского моря 1951-2000 гг. (в мм/мес. и км^3/мес.), а на рисунке 5 а – **СХ Pr**, рассчитанный для суббассейнов. Как видим кривые **СХ** осадков для суббассейнов и моря в целом отличаются подобием, при этом максимальные трехмесячные суммы осадков приходятся на июль-сентябрь (рис. 2.7-2.9, Прилож.), минимальные – на февраль-апрель (рис. 2.2-2.4, Прилож.). Выделенные триместры соответствуют районированию **СХ** Европы в [29], а сезонный ход осадков согласно С.П. Хромову [45, 46] относится к континентальному (внутриматериковому) типу умеренных широт.

Таблица 10 – Усредненный для прибрежных и островных метеостанций за 1961-1990 гг. и для морских районов Балтийского моря 1951-2000 гг. сезонный ход осадков **Pr** (мм/мес. – верхняя строка; км^3/мес. – нижняя), рассчитанный по [65]

	Месяцы												Σ (I-XII)	Размах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Метеостанции	42,1	*29,0*	32,3	32,6	36,1	43,0	61,0	*65,4*	63,6	57,1	60,4	51,2	573,8	36,4
	15,7	*10,8*	12,0	12,1	13,5	*16,0*	22,7	*24,4*	23,7	21,3	22,5	19,1	213,9	13,6
Районы	38,1	*26,8*	28,5	29,7	31,5	*35,2*	49,3	*54,6*	53,9	47,4	51,3	41,4	487,9	27,8
	14,2	*10,0*	10,6	11,1	11,7	*13,1*	18,4	*20,4*	20,1	17,7	19,1	15,4	181,9	10,4

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

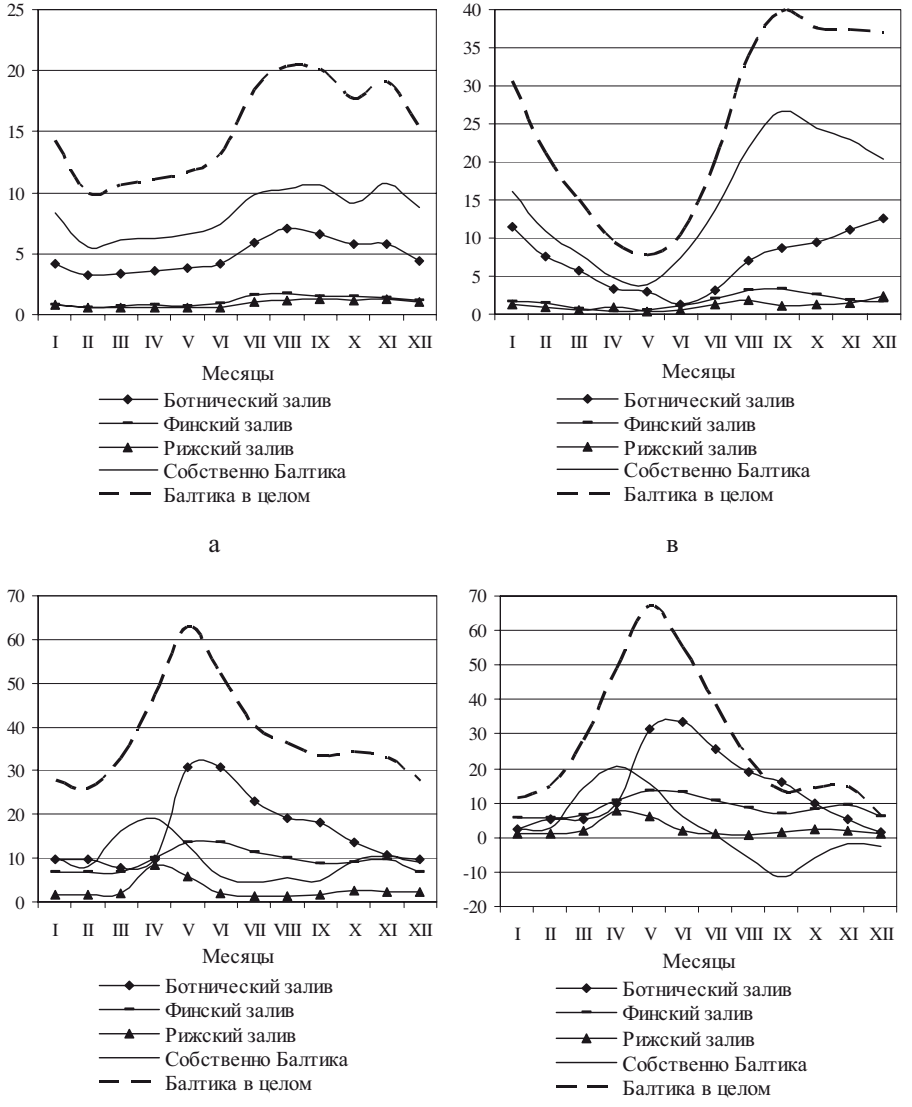


Рисунок 5 – Сезонный ход составляющих пресноводного баланса Балтийского моря (км^3/мес.): атмосферных осадков **Pr** – (а); суммарного речного стока $\mathbf{R_{\Sigma}}$ – (б); испарения **Ev** – (в); пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ – (г), рассчитанный для суббассейнов и Балтийского моря в целом

Для более наглядного представления о сезонной изменчивости величины атмосферных осадков моря обратимся к результатам гармонического анализа (рисунки 37-39 Приложения и таблицы 11, 12). Как видим, в **СХ** осадков преобладает годовая гармоника: над большей частью акватории величина квоты годовой волны $\mathbf{q_I} \geq 0{,}8$, и только на юго-западном побережье она уменьшается до $\mathbf{q_I} = 0{,}65$ в Болтенхагене и до $\mathbf{q_I} = 0{,}71 \div 0{,}75$ в Грейфсвальде и Колобжеге, где квота полугодовой гармоники достигает максимума ($\mathbf{q_{II}} = 0{,}12 \div 0{,}22$) (рисунок 37 Приложения). Расчеты показали, что среднее значение квоты годовой волны **Pr** для всего моря по данным метеостанций составило $\mathbf{q_I} = 0{,}85$ (таблица 11).

Таблица 11 – Статистики гармонических постоянных сезонного хода осадков **Pr** (мм) (1961-1990 гг.), рассчитанных для метеостанций Балтийского моря по [65]

Статистики	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (годовая волна)				
	Амплитуда I	Дата I	Квота I	Амплитуда II	Дата II	Квота II		
Все море в целом								
Среднее арифметическое	18,3	246	0,854	3,5	98	0,043	7,04	47,8
Мода	20,7	248	0,903	2,5	63	0,013	8,22	41,3
Медиана	18,4	248	0,869	3,2	132	0,028	5,56	46,3
Дисперсия	27,44	306,53	0,004	3,22	4185,41	0,002	21,37	71,02
Среднее квадратичное отклонение	5,24	17,51	0,065	1,82	64,70	0,046	4,62	8,43
Коэффициент асимметрии	0,10	-092	-1,27	0,55	-0,16	2,06	1,44	1,17
Коэффициент эксцесса	-0,96	0,82	1,68	-0,64	-1,82	4,72	1,30	2,03
Максимальное значение	29,3	273	0,946	7,4	180	0,221	20,16	77,3
Минимальное значение	9,2	195	0,649	0,7	3	0,002	1,71	35,9
Размах распределения	20,1	78	0,297	6,7	177	0,219	18,44	41,3

В то же время, расчеты **Pr** по данным регионов выявили снижение квоты первой гармоники до $\mathbf{q_I}$ = 0,76÷0,78 в регионах B09 (Юго-Восточная Балтика), B04 (Аландское море) и B11 (Западная Балтика), и увеличение – до $\mathbf{q_I}$ = 0,96 в регионе B01 (Ботнический залив), при среднем значение квоты годовой волны для всего моря по данным регионов $\mathbf{q_I}$ = 0,87 (таблица 12). Распределение амплитуды первой гармоники осадков $\mathbf{A_I}$ (рисунок 38 Приложения) напоминает карту годовых осадков (рисунок 2).

Таблица 12 – Статистики гармонических постоянных сезонного хода осадков **Pr** (мм) (1951-2000 гг.), рассчитанных для морских регионов Балтийского моря по [65]

Статистики	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Амплитуда I	Дата I	Квота I	Амплитуда II	Дата II	Квота II		
Все море в целом								
Среднее арифметическое	14,3	248	0,865	2,4	69	0,035	16,68	41,3
Мода	14,0	234	0,779	1,9	37	0,020	6,70	43,0
Медиана	13,1	244	0,875	2,9	37	0,022	6,25	41,7
Дисперсия	14,95	147,03	0,004	1,30	3347,40	0,001	1079,69	11,59
Среднее квадратичное отклонение	3,87	12,13	0,064	1,14	57,86	0,031	32,86	3,40
Коэффициент асимметрии	0,69	0,06	-0,43	-0,61	0,77	1,31	3,25	-0,30
Коэффициент эксцесса	-0,67	-1,96	-0,89	-0,42	-1,02	1,46	10,65	-0,82
Максимальное значение	21,4	265	0,962	4,0	175	0,107	119,97	46,3
Минимальное значение	9,2	232	0,758	0,2	5	0,000	2,70	35,1
Размах распределения	12,2	33	0,204	3,8	170	0,107	117,27	11,3

Как видим, величина годовой амплитуды возрастает от 9-15 мм у юго-западного побережья и в открытой части моря к прибрежной зоне до 20-29 мм на юге, юго-востоке и востоке и до 15-18 мм у побережья Швеции. Расчеты показали, что среднее значение амплитуды годовой волны для всего моря по данным метеостанций составило $\mathbf{A_I}$ = 18,3 мм (см. табл. 11). В то же время, расчеты по данным регионов выявили наименьшие величины амплитуд годовой волны: $\mathbf{A_I}$ = 9÷11 мм, в регионах B09 (Юго-Восточная Балтика), B07 (Северная Балтика) и B11 (Западная Балтика), наибольшие – $\mathbf{A_I}$ = 19÷21 мм в регионах B03, B05 и B06 (Ботническое море, Финский и Рижский заливы), при среднем значении амплитуды годовой волны для всего моря по данным регионов – $\mathbf{A_I}$ = 14,3 мм (таблица 12).

Наступление максимума годовой гармоники осадков $\mathbf{T_{maxI}}$ для большей части моря приходится на середину сентября (250-260 сут., начиная с первого января). Ранее всего максимум годовой волны наступает в Болтенхагене ($\mathbf{T_{maxI}}$ = 14.07 – 195 сут.) и в Грейфсвальде ($\mathbf{T_{maxI}}$ = 22.07 – 203 сут.), позднее всего – на островных станциях Висбю ($\mathbf{T_{maxI}}$ = 28.09 – 271 сут.) и Готска-Сандён ($\mathbf{T_{maxI}}$ = 30.09 – 273 сут.) (рисунок 39 Приложения). Согласно расчетам среднее значение даты максимума первой гармоники для всего моря по данным метеостанций составило $\mathbf{T_{maxI}}$ = 246 сут. (таблица 11). По данным регионов среднее значение даты максимума – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 248 сут. (таблица 12). При этом, самое раннее наступление максимума отмечается в регионе B04 (Аландское море) – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 20.08 (232 сут.), а самое позднее – в регионе B06 (Рижский залив) – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 22.09 (265 сут.). Имеет смысл сравнить наши расчеты **СХ** осадков для всей Балтики с результатами других исследователей (рисунок 5 а и таблица 13, рисунок 6 а). Данные этих таблицы и рисунка позволяют говорить о подобии **СХ** осадков, полученного всеми авторами, при этом среднее значение годовой суммы осадков для них составило 199,2±30,0 км^3, а среднее квадратичное отклонение для большинства месячных значений не превышает $\sigma_{Pr} \leq \pm$ 3,1 км^3/мес.

Таблица 13 – Сезонный ход атмосферных осадков,
выпадающих на всю Балтику **Pr** (км^3/мес.), рассчитанный по [48, 52, 59, 65]

Авторы	Месяцы												Σ (I-XII)	Раз мах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Brogmus [52]	13,5	10,8	*10,4*	10,9	11,8	12,9	16,0	*19,7*	17,1	17,8	16,2	14,8	171,9	9,3
Хупфер [48]	12,0	8,5	*8,3*	10,5	9,9	14,0	20,4	22,7	21,9	19,7	20,2	14,8	183,0	14,4
Meier, Doscher [59] (RCAO)	18,7	15,4	*15,3*	11,8	6,9	17,4	20,9	*23,3*	22,4	20,1	22,0	20,1	214,3	8,0
Meier, Doscher [59] (RCO)	17,0	*15,0*	17,5	12,6	14,4	21,3	23,2	32,9	26,1	19,9	26,9	18,0	244,7	17,9
Данная работа	14,2	*10,0*	10,6	11,1	11,7	13,1	18,4	*20,4*	20,1	17,7	19,1	15,4	181,9	10,4
Среднее значение	15,1	11,9	12,4	*11,4*	10,9	15,7	19,8	**23,8**	21,5	19,0	20,9	16,6	199,2	12,4
Среднее квадратичное отклонение	2,7	3,1	3,8	0,8	2,8	3,6	2,7	5,3	3,3	1,2	3,9	2,3	30,0	4,5

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

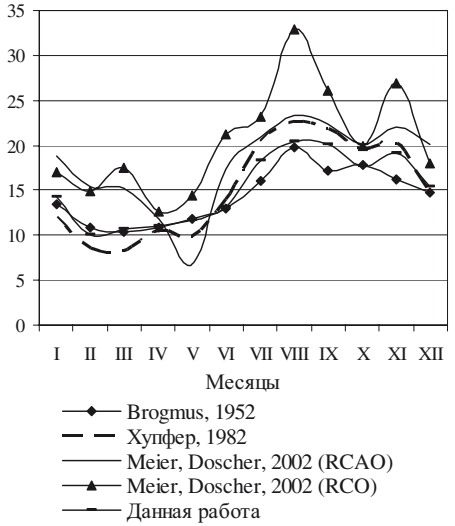
Вывод о подобии **СХ** осадков, полученного всеми авторами подтверждается и результатами гармонического анализа (таблица 14). Особенно близки результаты по данным [48, 52] и нашим – преобладание годовой гармоники: $\mathbf{A_I}$ = 4,0÷7,2 км^3/мес.; $\mathbf{q_I}$ = 0,92÷0,95 и $\mathbf{T_{maxI}}$ = 31.08÷07.09. Тем не менее, среднегодовые суммы, полученные в [59] по метеоданным за 1988-1993 гг. (модели RCAO и RCO) оказались на 30 и 60 км^3 выше, чем у [52], по наблюдениям до 2-ой Ми-

ровой войны; или у [48], по измерениям в 1951-1970 гг.; или у нас, за период 1951-2000 гг. Таким образом, принимаемая в данной работе величина **Pr =** 182 км^3/год вполне, правомерна.

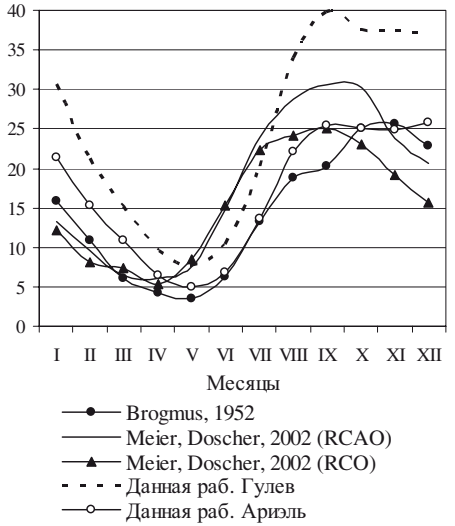
Таблица 14 – Гармонические постоянные сезонного хода осадков **Pr** (км^3/мес.), выпадающих на всю Балтику, рассчитанные по [48, 52, 59, 65] (таблица 13)

Авторы	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Амплитуда I	Дата I	Квота I	Амплитуда II	Дата II	Квота II		
Brogmus [59]	4,0	07.09	0,922	0,5	23.01(23.07)	0,014	8,2	14,3
Хупфер [48]	7,2	31.08	0,947	0,5	23.01(23.07)	0,005	14,0	15,3
Meier, Doscher [59] (RCAO)	5,5	26.09	0,703	2,5	18.01(18.07)	0,149	2,2	17,9
Meier, Doscher [59] (RCO)	6,6	26.08	0,676	2,2	24.01(24.07)	0,072	3,1	20,4
Данная работа	5,0	07.09	0,919	0,5	16.01(16.07)	0,008	10,6	15,2

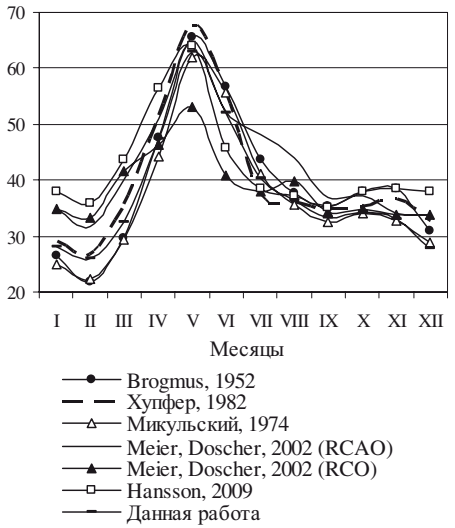
Суммарный речной сток. Расчеты **CX** речного стока в [60] (таблица 15) или в данной работе (рисунок 5 б) по суббассейнам Балтики позволяют проследить развитие фаз водного режима на акватории Балтики: половодье начинается на юге моря (март-май) и постепенно смещается к северу, в мае-июне достигая Ботнического и Финского заливов, а летняя межень, наступающая в июле на юге и в центральной части моря, постепенно смещается к северу, и уже в Финском и Ботническом заливах преобладающей становится зимняя межень, наблюдающаяся в декабре-марте и ноябре-апреле, соответственно.



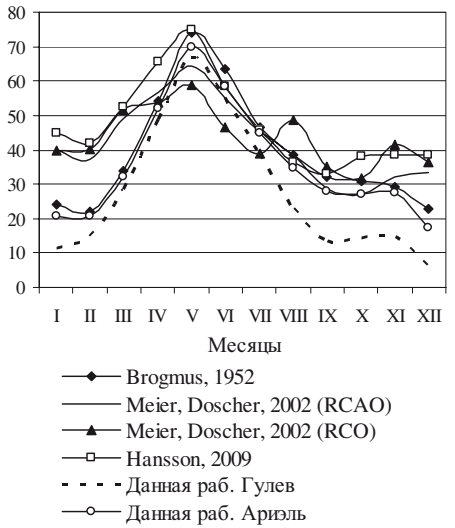
а



в



б



г

Рисунок 6 – Сезонный ход составляющих пресноводного баланса Балтики ($км^3$/мес.): атмосферных осадков **Pr** – (а); суммарного речного стока $\mathbf{R_{\Sigma}}$ – (б); испарения **Ev** – (в); пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ – (г), рассчитанный по данным [48, 52, 54, 59, 65]

Таблица 15 – Средний за 1951-1960 гг. сезонный ход речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (км^3/мес.) в отдельных регионах и Балтике в целом, рассчитанный по [60]

Регион	Месяцы												Σ (I-XII)	Размах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Ботнический залив	9,2	9,2	7,4	9,2	29,6	29,6	22,2	18,5	18,5	12,9	9,2	9,2	184,8	22,2
Финский залив	7,1	7,1	7,1	10,6	14,1	14,1	11,8	10,6	9,4	9,4	9,4	7,1	117,9	7,0
Рижский залив	1,6	1,6	1,9	8,4	5,8	1,9	1,3	1,3	1,6	2,6	1,9	2,3	32,4	7,1
Собственно Балтика	9,8	10,9	13,0	15,2	9,8	6,5	5,4	6,5	6,5	7,6	7,6	9,8	108,5	9,8
Балтика в целом	26,6	31,1	31,1	44,4	62,1	53,2	39,9	35,5	35,5	31,1	26,6	26,6	443,6	35,5

Сравним расчеты **СХ** суммарного стока для всей Балтики из таблицы 15 и рисунка 5 б с результатами других исследователей (таблица 16, рисунок 6 б). Данные этих таблицы и рисунка позволяют говорить о подобии **СХ** суммарного стока, полученного всеми авторами, тем не менее, кривые **СХ**, полученные в [59] по метеоданным за 1988-1993 гг. (модели RCAO и RCO), в [64] – за 1980-2000 гг. и в [54] – за 1979-2002 гг., несколько отличаются от всех остальных. В соответствии с данными таблицы 16 максимум $\mathbf{R_\Sigma}$ в годовом ходе для всего моря в целом наступает в мае по расчетам всех авторов, а минимум – в феврале, по расчетам большинства. Среднее из годовых значений всех авторов составляет 482,8 ± 45,4 км^3/год, среднее квадратичное отклонение для месячных значений в период с ноября по июнь составляет $\sigma_{\mathbf{R\Sigma}} = \pm 5{,}1 \div 7{,}7$ км^3/мес., а с июля по октябрь – не превышает $\sigma_{\mathbf{R\Sigma}} \leq 3{,}5$ км^3/мес. Вывод о подобии **СХ** суммарного стока, полученного всеми авторами, подтверждается и результатами гармонического анализа (таблица 17).

Таблица 16 – Сезонный ход речного стока $\mathbf{R_{\Sigma}}$ (км^3/мес.) для всей Балтики, по [48, 52-54, 59, 61, 64]

Авторы	Месяцы												Σ(I-XII)	Размах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Brogmus [52]	26,4	*21,8*	29,7	47,6	*65,7*	56,7	43,6	37,7	35,3	38,0	38,5	31,0	472,0	43,9
Хупфер [48]	29,1	*26,8*	35,5	51,5	*67,7*	55,7	37,2	36,2	34,8	35,3	36,7	32,7	479,2	41,9
Mikulski [61]	24,9	*22,4*	29,5	44,1	*61,9*	55,6	41,1	35,6	32,5	34,1	32,8	28,7	443,2	39,5
Cyberski [53]	25,4	22,9	30,0	44,7	*60,7*	53,9	42,6	36,8	33,2	34,3	32,0	*20,3*	436,8	40,4
Meier, Doscher [59] (RCAO)	34,8	*31,6*	40,2	50,9	*64,8*	52,2	48,2	44,0	37,0	37,1	34,0	33,8	508,8	33,2
Meier, Doscher [59] (RCO)	34,8	*33,2*	41,5	46,3	*53,0*	40,8	37,9	39,8	34,3	34,8	33,8	33,9	464,1	19,8
Richter, Ebel [64]	46,9	42,2	50,6	64,8	*70,2*	50,5	41,2	40,2	*39,1*	44,5	46,1	46,1	582,5	31,0
Hansson [54]	38,0	35,8	43,7	56,4	*64,1*	45,9	38,6	37,1	*35,0*	38,0	38,5	38,0	508,8	29,1
Данная работа	*28,2*	29,3	29,9	44,0	*60,3*	53,0	41,3	37,4	36,6	33,0	28,5	28,8	450,2	32,1
Среднее значение	32,0	29,5	36,7	50,0	63,2	51,6	41,3	38,3	35,3	36,6	35,6	32,6	482,8	33,6
Среднее квадратичное отклонение	7,3	6,9	7,7	6,9	5,0	5,2	3,4	2,6	2,0	3,5	5,1	7,0	45,4	5,6

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

Особенно близки результаты по данным [48, 52, 53, 61] и нашим – преобладание годовой гармоники ($\mathbf{A_I}$ = 12,0÷14,3 км^3/мес.; $\mathbf{q_I}$ = 0,54÷0,74 и $\mathbf{T_{maxI}}$ = 16.05÷05.06), хотя и при заметном присутствии полугодовой ($\mathbf{A_{II}}$ = 5,7÷10,7 км^3/мес.; $\mathbf{q_{II}}$ = 0,16÷0,39 и $\mathbf{T_{maxII}}$ = 30.04 (30.10) ÷ 06.05 (06.11)). Таким образом, принимаемая в данной работе величина $\mathbf{R_\Sigma}$ = 450 км^3/год, характеризующая речной сток за 1951-2000 гг., вполне, правомерна. Тем более, что результаты, полученные в [54, 59, 64], относятся только к восьмидесятым-девяностым годам прошлого столетия.

Таблица 17 – Гармонические постоянные сезонного хода речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (км^3/мес.) для всей Балтики, рассчитанные по [48, 52-54, 59, 61, 64] (таблица 16)

Авторы	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Амплитуда I	Дата I	Квота I	Амплитуда II	Дата II	Квота II		
Brogmus [52]	12,9	05.06	0,569	10,7	03.05 (03.11)	0,394	1,2	39,3
Хупфер [48]	12,0	16.05	0,541	10,1	30.04 (30.10)	0,385	1,2	39,9
Mikulski [61]	13,0	31.05	0,644	9,1	05.05 (05.11)	0,318	1,4	36,9
Cyberski [53]	14,3	01.06	0,742	7,3	30.04 (30.10)	0,197	1,9	36,4
Meier, Doscher [59] (RCAO)	11,8	21.05	0,772	5,0	04.05 (04.11)	0,140	2,3	42,4
Meier, Doscher [59] (RCO)	6,7	02.05	0,671	3,2	18.04 (18.10)	0,154	2,1	38,7
Richter, Ebel [64]	9,1	03.04	0,482	8,3	23.04 (23.10)	0,399	1,1	48,5
Hansson [54]	9,0	19.04	0,546	7,1	23.04 (23.10)	0,339	1,3	42,4
Данная работа	12,1	27.05	0,734	5,7	06.05 (06.11)	0,160	2,1	37,8

Испарение. В таблице 18 представлен **СХ** испарения, рассчитанный как средний за 1951-2000 гг. для морских районов Балтийского моря (в мм/мес. и км^3/мес.), а на рисунке 5 в – **СХ Ev**, рассчитанный для суббассейнов. Как видим

кривые **СХ** испарения для суббассейнов и моря в целом отличаются подобием. Для более наглядного представления о сезонной изменчивости величины испарения моря обратимся к результатам гармонического анализа (таблица 19 и рисунки 40-42 Приложения). Анализ показал, что в **СХ** испарения преобладает годовая гармоника: над большей частью акватории величина квоты годовой волны $\mathbf{q_I} \geq 0{,}85$, и только в Рижском и Финском заливах она уменьшается до $\mathbf{q_I} = 0{,}55$ в (В06) и до $\mathbf{q_I} = 0{,}79$ в (В05), соответственно (рисунок 40 Приложения). Расчеты показали, что среднее значение квоты годовой волны **Ev** для всего моря $\mathbf{q_I} = 0{,}87$. Распределение амплитуды первой гармоники **СХ** испарения $\mathbf{A_I}$ (рисунок 41 Приложения) достаточно мозаично: наблюдается два максимума амплитуды годовой гармоники в Аландском море (В06, $\mathbf{A_I}$ = 54,7 мм) и Юго-Восточной Балтике (В09, $\mathbf{A_I} = 56{,}8$ мм) и два минимума в Кварке (В02, $\mathbf{A_I} = 36{,}2$ мм) и Рижском заливе (В06, $\mathbf{A_I} = 28{,}7$ мм). В соответствие с расчетами, среднее значение амплитуды годовой волны **Ev** для всего моря – $\mathbf{A_I} = 46{,}4$ мм.

По данным регионов среднее значение даты максимума годовой гармоники **Ev** – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 16.10 (289 сут.). При этом, для большей части Балтики можно говорить о меридиональном распространении этой волны: самое раннее наступление максимума отмечается в Западной Балтике (В11) – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 15.08 (232 сут.); в Рижский залив (В06) и Аландское море (В04) максимум приходит в конце октября – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 22.10 (295 сут.) и $\mathbf{T_{maxI}}$ = 28.10 (301 сут.), соответственно, и в начале декабря достигает региона В01 (Ботнический залив) – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 04.12 (338 сут.). Исключение составляет Финский залив (В05), для которого максимум годовой гармоники приходится на середину сентября – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 14.09 (257 сут.), т.е. даже на две недели раньше, чем для региона В10 (Южная Балтика) – $\mathbf{T_{maxI}} = 26.09$ (259 сут.) (рисунок 42 Приложения).

Таблица 18 – Усредненный для морских районов Балтийского моря 1951-2000 гг. сезонный ход испарения **Ev** (мм/мес.), рассчитанный по [69] (методика [13])

Регион	Месяцы												Σ (I-XII)	Размах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
B01	*123*	103	74	32	31	*10*	14	73	68	76	94	117	815	113
B02	*106*	84	60	26	27	*15*	34	55	75	67	75	92	717	91
B03	91	49	44	28	19	*11*	38	63	81	80	97	*107*	709	96
B04	82	31	20	34	31	*10*	33	52	86	118	126	*129*	751	119
B05	68	60	30	*14*	25	43	79	128	*135*	100	76	64	821	121
B06	67	51	27	52	*19*	33	63	92	57	71	79	*121*	733	102
B07	84	50	37	25	*13*	30	61	97	*124*	108	93	102	825	111
B08	80	59	37	17	*13*	29	57	106	*123*	102	110	97	829	110
B09	76	51	41	20	*12*	24	52	80	117	*136*	123	101	833	124
B10	66	47	36	25	*23*	41	74	111	*134*	119	112	93	881	111
B11	42	32	35	*30*	52	80	105	*120*	113	99	75	52	833	90
B01-B11 (мм)	82	57	40	26	*21*	28	54	91	*107*	101	100	99	806	86
B01-B11 (км^3)	30,6	21,1	15,0	9,5	*7,8*	10,4	20,2	33,9	*39,9*	37,7	37,4	37,0	300,4	32,1

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

Таблица 19 – Статистики гармонических постоянных сезонного хода испарения **Ev** (мм/мес.) (1951-2000 гг.), рассчитанных для морских регионов Балтийского моря, по [65] (методика [13], таблица 18)

Статистики	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Амплитуда I	Дата I	Квота I	Амплитуда II	Дата II	Квота II		
Среднее арифметическое	46,4	289	0,875	11,4	55	0,063	5,3	66,3
Мода	50,0	290	0,970	12,0	40	0,050	3,0	69,4
Медиана	48,4	288	0,919	11,1	36	0,048	4,4	68,4
Дисперсия	62,33	912,99	0,013	25,44	2206,63	0,002	14,14	20,58
Среднее квадратичное отклонение	7,89	30,22	0,115	5,04	46,97	0,049	3,76	4,54
Коэффициент асимметрии	-1,00	-0,29	-2,12	0,66	1,64	1,37	2,44	-0,39
Коэффициент эксцесса	0,83	0,30	5,19	1,20	2,30	2,14	6,89	-1,20
Максимальное значение	56,8	337	0,972	22,4	171	0,185	16,3	73,4
Минимальное значение	28,7	227	0,555	2,6	4	0,004	2,1	59,1
Размах распределения	28,2	111	0,417	19,8	168	0,182	14,2	14,3

Имеет смысл сравнить усредненный для Балтики в целом **СХ** испарения, полученный нами (таблица 18), с результатами других исследователей (таблица 20, рисунок 6 в). Данные этих таблицы и рисунка позволяют говорить о подобии **СХ** испарения, полученного всеми авторами. В соответствии с данными таблицы

20, максимум **Ev** в годовом ходе для всего моря в целом наступает в сентябре-ноябре, а минимум – в апреле-мае[4].

Таблица 20 – Сезонный ход испарения **Ev** (км^3/мес.) с поверхности всей Балтики, рассчитанный по [52, 59, 65]

Авторы	Месяцы												Σ (I-XII)	Размах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Brogmus [52]	15,8	10,8	6,1	4,2	3,5	6,2	13,2	18,8	20,3	25,0	25,7	22,9	172,5	22,2
Meier, Doscher [59] (RCAO)	13,2	9,5	6,4	6,1	7,5	14,7	23,9	28,8	30,6	30,2	23,8	20,6	209,6	23,7
Meier, Doscher [59] (RCO)	12,1	8,2	7,3	5,3	8,4	15,4	22,3	24,2	25,0	23,0	19,2	15,6	191,1	20,3
Данная работа (методика [13])	30,6	21,1	15,0	9,5	7,8	10,4	20,2	33,9	39,9	37,7	37,4	37,0	300,4	32,1
Данная работа (методика [33])	21,4	15,3	11,0	6,5	4,9	6,8	13,7	22,1	25,5	25,1	24,8	25,7	202,8	20,8
Среднее значение	17,9	12,4	8,7	6,3	6,8	11,7	19,9	26,4	**29,0**	**29,0**	26,5	24,0	218,6	22,7
Среднее квадратичное отклонение	8,6	5,9	4,3	2,3	2,2	4,3	4,7	6,4	8,4	6,5	7,7	9,2	57,4	6,9

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

[4] Согласно оценкам в [38] годовой максимум испарения на Балтике в период 1951-1970 гг. отмечается в декабре не только для большинства суббассейнов (для Рижского залива в январе), но и для моря в целом. Эти результаты не были включены в таблицу 20 потому, что сами помесячные значения в работе не приводятся, а снятые нами с графика годового хода испарения ([38], рисунок 4, с. 92) среднемесячные величины для суббассейнов в сумме за год значительно отличаются от среднеговых данных, приведенных в [38] (таблица 5 настоящей работы).

Среднее, из годовых значений всех авторов составляет 218,6 ± 57,4 км^3/год, среднее квадратичное отклонение для месячных значений в период с августа по февраль составляет σ_{Ev} = ± 5,9÷9,2 км^3/мес., а с марта по июль – не превышает $\sigma_{Ev} \leq$ ± 4,7 км^3/мес. Вывод о подобии **СХ** испарения, полученного всеми авторами подтверждается и результатами гармонического анализа (таблица 21): преобладание годовой гармоники ($\mathbf{A_I}$ = 9,6÷16,4 км^3/мес.; $\mathbf{q_I}$ = 0,96÷0,98 и $\mathbf{T_{maxI}}$ = 02.09÷16.10). Однако, следует заметить, что рассчитанная по методике С.К. Гулева [13] величина испарения **Ev** = 300,4 км^3/год оказалась на 30-40% выше результатов других авторов, в то время как, для **Ev** = 202,8 км^3/год, полученной нами по методике Н.З. Ариель [33], отличия невелики. Тем не менее, на вопрос какую из величин испарения следует принять **Ev** = 300 или **Ev** = 203 км^3/год, можно будет ответить лишь после оценки водного баланса Балтийского моря.

Таблица 21 – Гармонические постоянные сезонного хода испарения **Ev** (км^3/мес.) с поверхности всей Балтики, рассчитанные по [52, 59, 65] (таблица 20)

Авторы	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Амплитуда I	Дата I	Квота I	Амплитуда II	Дата II	Квота II		
Brogmus [52]	11,0	13.10	0,985	0,4	03.06 (03.12)	0,001	27,5	14,4
Meier, Doscher [59] (RCAO)	12,7	10.09	0,981	1,4	03.02 (03.08)	0,011	9,3	18,0
Meier, Doscher [59] (RCO)	9,6	02.09	0,966	1,6	18.01 (18.07)	0,026	6,1	15,5
Данная работа (методика [13])	16,4	16.10	0,958	2,6	06.02 (06.08)	0,025	6,2	25,0
Данная работа (методика [33])	10,8	20.10	0,956	1,9	01.02 (01.08)	0,030	5,7	16,9

Разность осадков и испарения. Представление о сезонной изменчивости величины разности (**Pr-Ev**) дают таблицы 22 и 23 и рисунки 43-45 Приложения.

Таблица 22 – Усредненный для морских районов Балтийского моря за 1951-2000 гг. сезонный ход эффективных осадков (**Pr-Ev**) (мм/мес.), рассчитанный по [65] (методика [13])

Регион	Месяцы												Σ (I-XII)	Размах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
B01	*-84*	-71	-44	-3	4	26	*30*	-17	-9	-20	-42	-74	-304	113
B02	*-67*	-54	-29	4	8	*22*	15	8	-18	-15	-26	-51	-204	91
B03	-54	-22	-14	7	15	*29*	22	9	-16	-28	-43	*-67*	-163	96
B04	-48	-6	6	-4	-3	*24*	23	1	-38	-76	*-99*	-79	-298	119
B05	-34	-35	-4	*16*	4	-7	-16	-57	*-73*	-41	-21	-18	-285	121
B06	-25	-21	2	-22	*13*	-2	-9	-30	6	-9	-14	*-65*	-177	102
B07	-47	-26	-14	2	*11*	0	-19	-53	*-79*	-68	-46	-64	*-404*	111
B08	-39	-33	-7	11	*18*	1	-12	-58	*-70*	-57	-59	-54	*-358*	110
B09	-34	-23	-12	7	*19*	8	-8	-32	-71	*-97*	-77	-62	*-382*	124
B10	-31	-23	-5	7	*13*	3	-24	-58	*-81*	-73	-59	-52	*-383*	111
B11	-7	-2	-5	*3*	-14	-33	-54	-72	-63	-57	-22	-9	*-333*	90
B01-B11 (мм)	-44	-30	-12	4	*11*	7	-5	-36	-53	-54	-49	-58	*-318*	69
B01-B11 ($км^3$)	-16	-11	-4	2	*4*	3	-2	-13	-20	-20	-18	*-22*	*-119*	25,6

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

Таблица 23 – Статистики гармонических постоянных сезонного хода эффективных осадков (**Pr-Ev**) (мм/мес.), за 1951-2000 гг., рассчитанных для морских регионов Балтийского моря, по [65] (методика [13])

Статистики	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Амплитуда I	Дата I	Квота I	Амплитуда II	Дата II	Квота II		
Среднее арифметическое	38,5	119,63	0,815	12	110	0,096	3,9	-24,9
Мода	49,0	152,0	0,900	11	130	0,070	3,6	-30,0
Медиана	39,6	109,30	0,895	11	126	0,068	3,6	-25,3
Дисперсия	102,94	1426,36	0,04	19,96	1571,21	0,01	6,28	45,52
Среднее квадратичное отклонение	10,15	37,77	0,20	4,47	39,64	0,08	2,51	6,75
Коэффициент ассиметрии	-1,09	-0,37	-2,16	0,73	-0,84	1,99	2,31	0,53
Коэффициент эксцесса	1,34	-0,27	4,24	1,41	0,51	4,42	6,87	-1,08
Максимальное значение	51,2	171,22	0,956	21	172	0,311	11,2	-13,6
Минимальное значение	14,9	42,75	0,287	4	26	0,008	1,3	-33,6
Размах распределения	36,3	128,48	0,669	17	146	0,303	9,9	20,0

Как видим в **СХ** разности (**Pr-Ev**) преобладает годовая гармоника: над большей частью акватории величина квоты годовой волны $\mathbf{q_I} \geq 0{,}86$, и только в Рижском и Финском заливах она уменьшается до $\mathbf{q_I} = 0{,}29$ в (В06) и до $\mathbf{q_I} = 0{,}56$ (В05), соответственно (рисунок 43 Приложения). Расчеты показали, что среднее значение квоты годовой волны разности (**Pr-Ev**) для всего моря $\mathbf{q_I} = 0{,}82$. Распределение амплитуды первой гармоники **СХ** разности (**Pr-Ev**) $\mathbf{A_I}$ достаточно мозаично: наблюдаются два максимума амплитуды годовой гармоники в

Аландском море (B04, $\mathbf{A_I}$ = 51,2 мм) и Юго-Восточной Балтике (B09, $\mathbf{A_I}$ = 49,0 мм) и два минимума в Рижском (B06, $\mathbf{A_I}$ = 14,9 мм) и Финском (B05, $\mathbf{A_I}$ = 25,9 мм) заливах (рисунок 44 Приложения). В соответствие с расчетами, среднее значение амплитуды годовой волны разности для всего моря – $\mathbf{A_I}$ = 38,5 мм, значение даты максимума годовой гармоники $\mathbf{T_{maxI}}$ = 31.04 (120 сут.) (таблица 23). При этом, для большей части Балтийского моря можно говорить о меридиональном распространении этой волны: самое раннее наступление максимума отмечается в Западной Балтике (B11) – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 12.02 (43 сут.); в Центральную (B08) и Северную (B04) Балтику максимум приходит в середине апреле – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 15.04 (105 сут.) и в июне достигает региона B01 (Ботнический залив) – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 22.06 (172 сут.). Исключение составляют Финский (B05) и Рижский (B06) заливы, для которых максимум годовой гармоники приходится на конец марта – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 26.03 (85 сут.) и начало июня – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 02.06 (153 сут.), соответственно (рисунки 26-28, 30, 45 Приложения).

Сравним усредненный для Балтики в целом **СХ** разности (**Pr**-**Ev)**, полученный нами (таблица 22), с результатами других исследователей (таблица 24, рисунок 7). Данные этих таблицы и рисунка позволяют говорить о подобии **СХ** разности, полученного всеми авторами, исключение составляет разность (**Pr**-**Ev)**, рассчитанная в [59] по модели (RCO). В соответствии с данными табл. 24 максимум разности (**Pr**-**Ev)** в годовом ходе для всего моря в целом наступает в марте-июне, а минимум – в сентябре-декабре. Среднее, из годовых значений всех авторов, составляет -3,8 ± 65,4 км^3/год, среднее квадратичное отклонение для месячных значений в период с августа по февраль составляет $\sigma_{(Pr\text{-}Ev)}$ = ± 6,9÷9,1 км^3/мес., а с апреля по июль – не превышает $\sigma_{(Pr\text{-}Ev)} \leq$ ± 3,9 км^3/мес. Вывод о подобии СХ разности (**Pr**-**Ev)**, полученного всеми авторами, за исключением [59] по модели (RCO), подтверждается и результатами гармонического анализа (таблица 25) – преобладание годовой гармоники ($\mathbf{A_I}$ = 6,4÷12,8 км^3/мес.; $\mathbf{q_I}$ = 0,83÷0,98 и $\mathbf{T_{maxI}}$ = 27.02÷15.05).

Таблица 24 – Сезонный ход эффективных осадков (**Pr-Ev**) (км^3/мес.) всей Балтики, рассчитанный по [52, 54, 59, 65]

Авторы	Месяцы												Σ (I-XII)	Размах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Brogmus [52]	-2,3	0,0	4,3	6,7	8,3	6,7	2,8	0,9	-3,2	-7,2	-9,5	-8,1	-0,6	17,8
Meier, Doscher [59] (RCAO)	5,6	5,8	8,9	5,7	-0,7	2,7	-3,1	-5,5	-8,2	-10,1	-1,8	-0,5	-1,2	19,0
Meier, Doscher [59] (RCO)	4,9	6,8	10,2	7,3	6,0	5,9	0,9	8,7	1,1	-3,1	7,7	2,4	58,6	13,3
Hansson, [54]	6,8	6,3	9,0	9,2	10,8	12,7	7,2	-0,8	-2,0	-0,1	0,1	0,5	59,9	14,7
Данная работа (методика [13])	-16,4	-11,1	-4,4	1,6	4,0	2,7	-1,8	-13,5	-19,8	-20,0	-18,2	-21,6	-118,5	25,6
Данная работа (методика [33])	-7,2	-5,3	-0,3	4,6	6,8	6,3	4,7	-1,8	-5,4	-7,4	-5,7	-10,3	-21,0	17,1
Среднее значение	-1,4	0,4	4,6	5,8	5,9	6,2	1,8	-2,0	-6,3	-8,0	-4,6	-6,3	-3,8	14,2
Среднее квадратичное отклонение	9,1	7,4	5,9	2,6	3,9	3,7	3,9	7,3	7,3	6,9	8,8	9,0	65,4	6,5

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

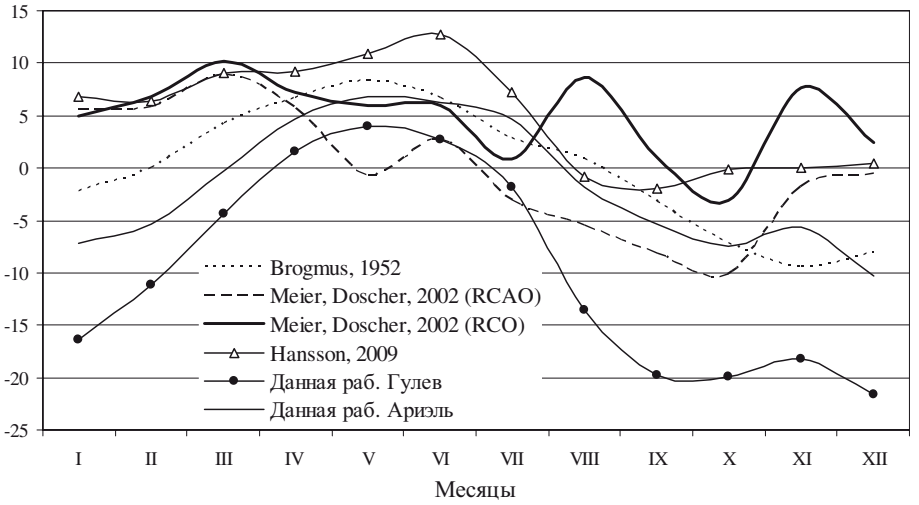


Рисунок 7 – Сезонный ход эффективных осадков (**Pr**-**Ev**) (км^3/мес.) всей Балтики, рассчитанный по [52, 54, 59, 65]

Таблица 25 – Гармонические постоянные сезонного хода эффективных осадков (**Pr-Ev**) (км^3/мес.) всей Балтики, рассчитанные по [52, 54, 59, 65] (таблица 24)

Авторы	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Амплитуда I	Дата I	Квота I	Амплитуда II	Дата II	Квота II		
Brogmus [52]	8,2	30.04	0,977	0,7	09.02 (09.08)	0,007	12,0	-0,1
Meier, Doscher [59] (RCAO)	7,6	27.02	0,870	1,5	04.01 (04.07)	0,035	5,0	-0,1
Meier, Doscher [59] (RCO)	3,1	16.03	0,343	0,7	08.02 (08.08)	0,020	4,2	4,9
Hansson [54]	6,4	07.04	0,834	1,9	31.05 (31.11)	0,074	3,4	5,0
Данная работа (методика [13])	12,8	29.04	0,948	2,3	11.05 (11.11)	0,031	5,6	-9,9
Данная работа (методика [33])	7,9	15.05	0,933	1,5	06.05 (06.11)	0,035	5,2	-1,7

Пресноводный баланс. Опираясь на данные таблицы 1, подтверждающей, что суммарный речной сток является главным компонентом пресноводного баланса, нетрудно ожидать сходства в сезонной изменчивости $\mathbf{R_\Sigma}$ и $\mathbf{B_0}$**.** Сравнение таблиц 15 и 26 и рисунков 5 б и г, в которых показан **СХ** $\mathbf{R_\Sigma}$ и $\mathbf{B_0}$ по суббассейнам Балтики, это сходство подтверждают.

Таблица 26 – Средний за 1951-2000 гг. сезонный ход пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ (км^3/мес.) в отдельных регионах и Балтике в целом, рассчитанный по [65] (методика [13])

Регионы	Месяцы												Σ (I-XII)	Размах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Ботнический залив	2,3	5,2	5,2	9,8	31,6	33,7	25,8	19,1	17,2	9,9	4,4	1,4	165,5	32,3
Финский залив	5,9	5,9	6,7	10,6	13,6	13,4	10,9	8,7	7,2	8,0	8,5	6,3	105,7	7,7
Рижский залив	1,1	1,2	2,0	8,0	6,1	1,9	1,1	0,7	1,7	2,4	1,7	1,0	29,0	7,3
Собственно Балтика	2,3	5,9	11,6	17,2	13,0	6,8	1,7	-4,6	-9,2	-7,3	-4,3	-1,5	31,5	26,4
Вся Балтика (методика [13])	11,7	18,2	25,5	45,5	64,3	55,7	39,5	23,9	16,9	13,0	10,2	7,2	331,7	57,0
Вся Балтика (методика [33])	21,0	23,9	29,6	48,6	*67,1*	59,3	46,0	35,7	31,2	25,6	22,8	*18,5*	429,2	48,6

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

Так, максимум $\mathbf{B_0}$**,** как и половодье, начинается на юге моря в апреле и, постепенно смещаясь к северу, в мае достигает Финского, а в июне – Ботнического залива. Однако наступление минимума $\mathbf{B_0}$ на юге и в центральной части моря отмечается в августе-сентябре (т.е. отстает от межени на один-два месяца), в то время как, в Ботническом или Финском заливах – в декабре или в феврале (т.е.

совпадает с меженью в Финском заливе или опережает ее на два-три месяца в Ботническом). Это подтверждается и результатами гармонического (таблица 27) и корреляционного анализа (теснота связи между **СХ** пресноводного баланса и суммарного стока наибольшая, r = +0,86, таблица 28).

Таблица 27 – Гармонические постоянные сезонного хода пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ (км^3/мес.) в регионах и Балтике в целом, рассчитанные по [65] (таблица 26)

Регионы	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Амплитуда I	Дата I	Квота I	Амплитуда II	Дата II	Квота II		
Ботнический залив	14,3	15.06	0,851	3,8	28.05 (28.11)	0,060	3,8	13,8
Финский залив	3,1	03.06	0,692	2,0	09.05 (09.11)	0,284	1,6	8,8
Рижский залив	1,8	13.04	0,336	2,0	11.04 (11.10)	0,449	0,9	2,4
Собственно Балтика	11,2	28.03	0,954	2,0	24.04 (24.10)	0,031	5,5	2,9
Вся Балтика (методика [13])	24,3	13.05	0,883	8,0	08.05 (08.11)	0,095	3,0	28,0
Вся Балтика (методика [33])	19,9	23.05	0,853	7,2	06.05 (06.11)	0,111	2,8	36,1

Таблица 28 – Корреляционные матрицы между сезонным ходом составляющих пресноводного баланса, рассчитанных с учетом регионов Балтики за период 1951-2000 гг. по данным [65]

Параметр	B_0	Pr	Ev	(Pr-Ev)	R_Σ
B_0	1,00	-0,134	-0,467	0,643	0,855
Pr		1,00	0,885	-0,673	0,282
Ev			1,00	-0,940	0,033
(Pr-Ev)				1,00	0,154
R_Σ					1,00

Имеет смысл сравнить расчеты **СХ** пресноводного баланса для всей Балтики из таблицы 26 с результатами других исследователей (таблица 29, рисунок 6 г).

Таблица 29 – Сезонный ход пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ (км^3/мес.) Балтийского моря, рассчитанный по [52, 54, 59, 65]

Авторы	Месяцы												Σ (I-XII)	Размах
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Brogmus [52]	24,1	*21,8*	34,0	54,3	*74,0*	63,4	46,4	38,6	32,1	30,8	29,0	22,9	471,4	52,2
Meier, Doscher [59] (RCAO)	40,4	37,4	49,1	56,6	*64,2*	54,9	45,1	38,5	28,8	*27,0*	32,1	33,3	507,5	37,2
Meier, Doscher [59] (RCO)	39,7	40,0	51,8	53,6	*58,9*	46,7	38,8	48,5	35,3	*31,7*	41,5	36,3	522,7	27,2
Hansson [54]	44,8	42,1	52,7	65,6	*74,9*	58,6	45,8	36,3	*33,0*	37,9	38,6	38,5	568,6	41,9
Данная работа (методика [13])	11,7	18,2	25,5	45,5	64,3	55,7	39,5	23,9	16,9	13,0	10,2	*7,2*	331,7	57,0
Данная работа (методика [33])	21,0	23,9	29,6	48,6	*67,1*	59,3	46,0	35,7	31,2	25,6	22,8	*18,5*	429,2	48,6
Среднее значение	32,1	31,9	42,6	55,1	*67,3*	55,9	43,1	37,2	29,2	28,1	30,3	*27,6*	480,4	39,6
Среднее квадратичное отклонение	13,8	11,1	12,2	7,2	6,9	6,1	3,7	8,8	7,3	9,3	12,3	12,9	90,1	10,2

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

Данные этих таблицы и рисунка позволяют говорить о подобии **СХ** пресноводного баланса, полученного всеми авторами, тем не менее, кривая **СХ**, полученная в [59] (модель RCO) несколько отличается от всех остальных. В соот-

ветствии с данными таблицы и рисунка максимум $\mathbf{B_0}$ в годовом ходе для всего моря в целом, также как и для $\mathbf{R_\Sigma}$, наступает в мае (по расчетам всех авторов), а минимум – в сентябре-феврале. Среднее из годовых значений всех авторов составляет 480,4 ± 90,1 км^3/год, среднее квадратичное отклонение для месячных значений в период с ноября по март составляет $\sigma_{R\Sigma}$ = ± 11,1÷13,8 км^3/мес., а с апреля по сентябрь – не превышает $\sigma_{R\Sigma} \leq$ ± 9,3 км^3/мес. Вывод о подобии **СХ** пресноводного баланса, полученного всеми авторами, подтверждается и результатами гармонического анализа (таблица 30). Особенно близки результаты по данным [52] и нашим – преобладание годовой гармоники ($\mathbf{A_I}$ = 20,1÷24,5 км^3/мес., $\mathbf{q_I}$ = 0,77÷0,84 и $\mathbf{T_{maxI}}$ = 11.05÷22.05).

Таблица 30 – Гармонические постоянные сезонного хода пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ (км^3/мес.) Балтийского моря, рассчитанный по [52, 54. 59, 65] (таблица 29)

Авторы	Гармоники						A_I/A_{II}	A_0
	I (годовая волна)			II (полугодовая волна)				
	Амплитуда I	Дата I	Квота I	Амплитуда II	Дата II	Квота II		
Brogmus [52]	20,1	22.05	0,774	10,0	03.05 (03.11)	0,193	2,0	39,3
Meier, Doscher [59] (RCAO)	15,1	20.04	0,885	4,5	13.05 (13.11)	0,078	3,4	42,3
Meier, Doscher [59] (RCO)	9,1	18.04	0,659	2,7	13.04 (13.10)	0,058	3,4	43,6
Hansson [54]	15,3	14.04	0,756	7,9	30.04 (30.10)	0,200	1,9	47,4
Данная работа (методика [13])	24,3	13.05	0,883	8,0	08.05 (08.11)	0,095	3,0	28,0
Данная работа (методика [33])	19,9	23.05	0,853	7,2	06.05 (06.11)	0,111	2,8	36,1

Однако следует заметить, что величина пресноводного баланса, полученная с учетом испарения, рассчитанного по методике С.К. Гулева [13], $\mathbf{B_0}$ = 332 км^3/год оказалась на 45% ниже среднего из результатов других авторов, в то

время как, для $\mathbf{B_0}$ = 429 км^3/год, полученной нами по методике Н.З. Ариель [33] – на 12% ниже среднего. Тем не менее, вопрос какие из величин испарения и пресноводного баланса (с учетом методик [13] или [33]), следует принять, пока, остается открытым (на него можно будет ответить лишь после оценки водного баланса Балтийского моря).

5 К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЗОННОГО ХОДА ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕСНОВОДНОГО БАЛАНСА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Известно, что в атмосфере и гидросфере Земли существует солнечная годовая волна, проявляющаяся в форме 12-месячных сезонных колебаний всех гидрометеоэлементов. Принято считать [46], что первопричиной ее возникновения являются сезонные изменения притока солнечной радиации на Землю, влекущие за собой изменения циркуляции атмосферы и океана, а значит и сезонность гидрометеорологических полей. Есть мнение – гипотеза Г.К. Ижевского [22], что долгопериодная изменчивость гидрометеорологических полей в океане [17, 18] (море, в том числе Балтийском [19, 20, 31]) определяется одновременным влиянием механизма взаимодействия океана и атмосферы и внешних геокосмических сил.

Для выяснения причин сезонной изменчивости элементов пресноводного баланса Балтийского моря, представленных на рисунках 5-7, были использованы внешние факторы (вынуждающие силы): а) геокосмические силы (потенциал приливообразующих сил Луны и Солнца (**ППОСЛиС**) [$см^2с^{-2}$] [7], угловая скорость вращения Земли (**УСВЗ**) **ν**[1] [40] и результирующий перенос массы воздуха в экваториальной стратосфере (экваториальный перенос – **Eqwind**) **U** [$кг*мс^{-1}$] [40]); б) параметры механизма взаимодействия океана и атмосферы (частота встречаемости типов атмосферной циркуляции Вангенгейма-Гирса (западный **W**, восточный **E**, меридиональный **C**) [10, 14]). Причем данные индексов циркуляции (**W**, **E** и **C**) и **ППОСЛиС** усреднены за период 1951-2000 гг., **U** – за 1954-2000 гг., **ν** – за 1956-2000 гг. (таблица 31). Анализ усредненного **СХ** первых двух внешних факторов показал, что их ход характеризуется двумя максимумами и двумя минимумами. Причем **ППОСЛиС** совершает две почти правильные полуволны с максимумами в апреле и октябре и минимумами в ян-

[1] Безразмерная величина, равная отношению отклонения действительной длительности земных суток T от эталонной P = 86400 с к длительности эталонных суток P, **ν** = -(T-P)/P [39].

варе и июле, а **ν** – две неправильные (с января по апрель вращение Земли замедляется, с апреля по август – ускоряется, с августа по ноябрь – вновь замедляется и с ноября по январь – снова ускоряется). В отношении **U** в первом приближении можно считать, что его **CX** характеризуется годовой волной с максимумом в сентябре (максимальный западный экваториальный перенос) и минимумом в апреле (минимальный западный экваториальный перенос).

Таблица 31 – Многолетние средние месячные значения геокосмических сил (**ППОЛиС** [7], **ν**, **U** [40]) и индексов циркуляции атмосферы (**W**, **E** и **C**) [10, 14]

Параметр	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ППОСЛиС	-95	-27	77	*110*	27	-81	*-116*	-57	59	*124*	63	-48
ν	*-239*	-242	-260	*-274*	-268	-224	-158	*-149*	-185	-237	-262	-253
U	-1646	-1593	-1543	-1490	-1634	-2195	-2691	-2761	*-2790*	-2624	-2373	-2022
W	10,2	6,9	8,7	5,5	*5,4*	6,5	6,7	7,6	8,7	*11,7*	9,0	11,4
E	13,4	14,7	16,2	*16,9*	*16,9*	15,3	*16,9*	16,8	13,0	*11,4*	14,4	12,2
C	7,3	6,6	*6,1*	7,5	8,7	8,2	7,4	6,6	8,3	8,0	6,6	7,4

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

В годовом ходе индексов циркуляции атмосферы максимум повторяемости формы **W** отмечается в октябре, минимум – в апреле-мае, формы **E** – максимум

– в апреле-мае и июле, минимум – в октябре и формы **С** – максимум – в мае и сентябре, минимум – в марте и ноябре (таблица 31)[5].

Для выяснения тесноты связи **СХ** геокосмических сил и типов атмосферной циркуляции обратимся к результатам корреляционного анализа (таблица 32 и рисунок 8).

Таблица 32 – Значения корреляционных функций между сезонным ходом геокосмическихсил (**ППОСЛиС** [7], **ν**, **U** [40]) и индексов циркуляции (**W**, **E**, **C**), рассчитанных по [10, 14]

Параметр		Сдвиг, мес.												
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
ППОСЛиС	**W**	-0,11	-0,05	0,04	0,08	0,10	*0,13*	0,11	0,06	0,00	-0,07	-0,15	*-0,15*	-0,11
	E	0,02	*-0,09*	-0,08	0,004	*0,01*	-0,09	*-0,17*	-0,15	-0,06	0,13	*0,27*	0,20	0,02
	C	0,23	*0,54*	0,35	-0,12	*-0,44*	-0,35	0,04	*0,36*	0,30	-0,13	*-0,48*	-0,30	0,23
ν	**W**	0,06	-0,31	-0,53	*-0,66*	-0,59	-0,36	-0,07	0,27	0,54	*0,68*	0,59	0,39	0,06
	E	0,03	0,37	0,52	*0,53*	0,48	0,36	0,14	-0,24	-0,60	*-0,71*	-0,57	-0,33	0,03
	C	*-0,54*	-0,48	-0,02	0,49	*0,58*	0,27	-0,00	*-0,05*	*0,07*	0,07	-0,09	-0,31	-0,54
U	**W**	0,23	0,64	*0,83*	0,82	0,58	0,19	-0,25	-0,63	-0,81	*-0,85*	-0,58	-0,17	0,23
	E	-0,25	-0,59	*-0,82*	-0,79	-0,50	-0,13	0,25	0,56	0,82	*0,85*	0,51	0,09	-0,25
	C	0,26	0,07	-0,08	-0,35	*-0,56*	-0,43	-0,16	0,02	0,07	0,23	*0,47*	0,47	0,26

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

[5] Следует иметь ввиду, что в зависимости от периода усреднения, в годовом ходе наблюдается некоторый сдвиг в наступлении этстремумов (см. данные за период 1891-1968 гг. [10], за период 1891-1987 гг. [35], за период 1891-2006 гг. [14]).

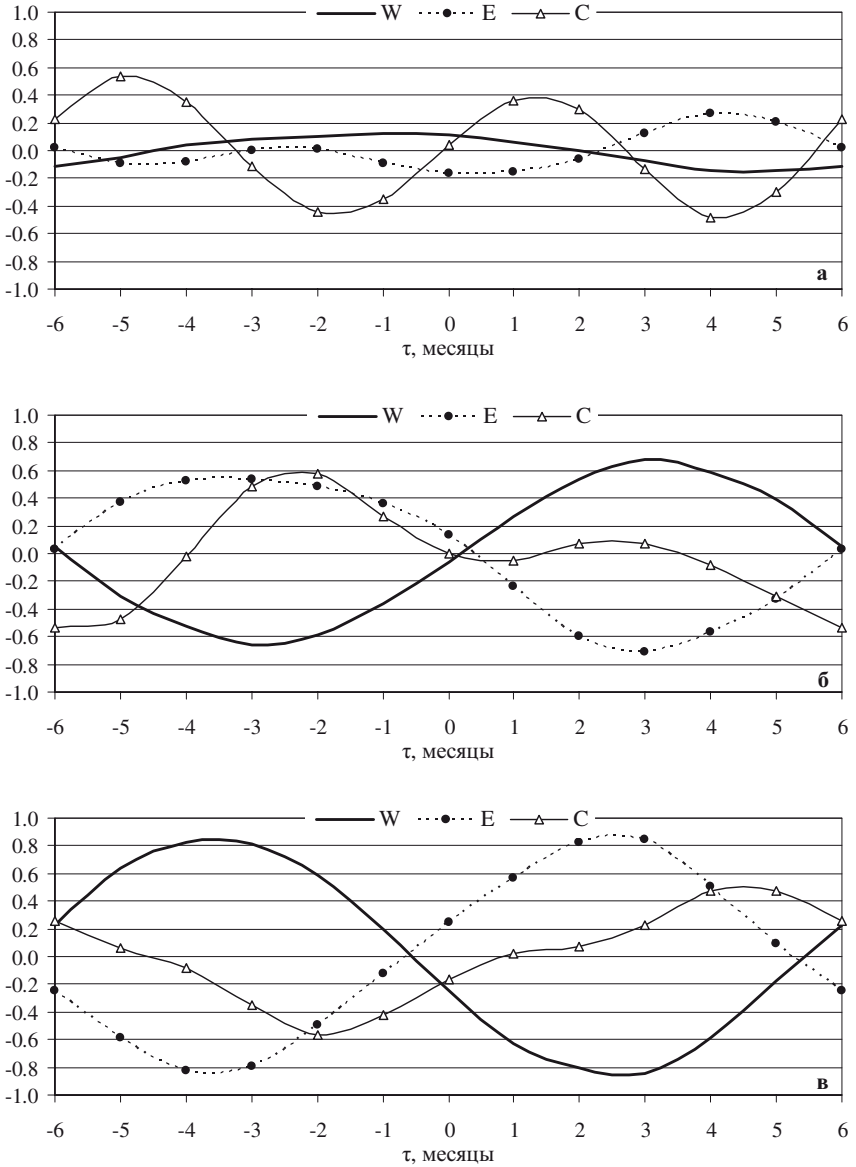


Рисунок 8 – Корреляционные функции между сезонным ходом геокосмических сил (**ППОСЛиС** [7] – а, **ν** [40] – б, **U** [40] – в) и индексов циркуляции (**W**, **E**, **C**), рассчитанных по [10, 14]

В данном случае теснота связи сезонной изменчивости между **ППОСЛиС** и формой **W** очень слабая (наибольший коэффициент корреляции наблюдается при сдвиге τ -1 и 5 мес.), но указывает на существование годовой периодичности. Теснота связи между **ППОСЛиС** и формой **E** несколько возрастает, но также очень слабая (максимальный коэффициент корреляции отмечается при τ 4, 0, -2, и -5 мес.). Здесь корфункция выявила две неправильных полугодовых волны. Связь между **ППОСЛиС** и формой **C** слабая (самый большой коэффициент корреляции наблюдается при τ 4, 1, -2, и -3 мес.). Это указывает на существование полугодовой периодичности (рисунок 8 а).

Теснота связи сезонной изменчивости между **ν** и формами **W** или **E** средняя. Максимальный коэффициент корреляции отмечается при τ = 3 мес. (+0,68) и при τ = -3 мес. (-0,66) или при τ = -3 мес. (+0,53) и при τ = 3 мес. (-0,71). В обоих случаях выявлена годовая волна, меняющаяся в противофазе. Для формы **C** теснота связи с **ν** заметно ниже (коэффициент корреляции составляет +0,58 при τ = -2 мес. и -0,54 при τ = ± 6 мес., а при сдвиге 2 и 1 мес. теснота связи очень слабая. Корфункция выявила две неправильных волны (рисунок 8 б).

Теснота связи сезонной изменчивости между **U** и формами **W** или **E** наибольшая (максимальный коэффициент корреляции наблюдается при τ = -4 мес. (+0,83) и τ = 3 мес. (-0,85) или τ = 3 мес. (+0,85) и τ = -4 мес. (-0,82), соответственно. В обоих случаях выявлена неправильная годовая волна, меняющаяся в противофазе. Связь между **U** и формой **C** меньше (наибольший коэффициент выявлен при сдвиге 4 (+0,47) и -2 мес. (-0,56). Это указывает на существование годовой периодичности (рисунок 8 в).

Результаты корреляционного анализа между **CX** внешних факторов (их сезонный ход представлен в таблице 31) и элементов **Pr**, $\mathbf{R_{\Sigma}}$, **Ev**, (**Pr**-**Ev**) и $\mathbf{B_0}$ (их сезонный ход представлен в таблицах 10, 16, 18, 22 и 26) показаны в таблицах 33 и 34 и на рисунках 9 и 10.

Анализ распределения корреляционных функций между **CX** геокосмических сил и составляющих пресноводного баланса (таблица 33, рисунок 9) позволяет отметить следующее:

- **ППОСЛиС** не может служить предиктором для **СХ** элементов **Pr**, $\mathbf{R_\Sigma}$, **Ev**, (**Pr**-**Ev**) и $\mathbf{B_0}$ на Балтике (во-первых, из-за слабой тесноты связи между потенциалом и элементами, во-вторых, из-за выявленной полугодовой периодичности, что представлено на рисунке 9 а);

- связь между ν и элементами пресноводного баланса в Балтийском море высокая (r = 0,72÷0,91), однако для СХ между ν и элементами R_Σ, Ev, (Pr-Ev) и B_0 корфункция выявила две неправильных полуволны (рисунок 9 б);

- связь между U и элементами пресноводного баланса (Pr, R_Σ, Ev, (Pr-Ev) и B_0) в Балтийском море высокая (r = ≥ ±0,73) (рисунок 9 в), однако такие высокие значения коэффициентов корреляции могли оказаться случайностью. Если обратиться к временному ряду экваториального стратосферного переноса [40], то можно видеть отсутствие регулярной сезонной изменчивости U.

Так, в 1954 г. годовой максимум (-7538 кгмс$^{-1}$) наблюдался в июне; в 1955 г. – (6316 кгмс$^{-1}$) – в июле; в 1956 г. – (-10249 кгмс$^{-1}$) – в сентябре; в 1957 г. – (6113 кгмс$^{-1}$) – в августе; в 1958 г. – (-10110 кгмс$^{-1}$) – в октябре; в 1959 г. – (6363 кгмс$^{-1}$) – в сентябре; в 1960 г. – (-6581 кгмс$^{-1}$) – в октябре и т.д., то есть, хотя годовой максимум год от года и колеблется около среднего положения – в сентябре, но учитывая, что направление переноса через год чередуется (восток – запад – восток – …), «нормального сезонного хода» [26] экваториального стратосферного переноса **U** получить нельзя. Именно поэтому в [18] был сделан вывод о том, что к экваториальному стратосферному переносу в качестве предиктора сезонной изменчивости гидрометеоэлементов в Атлантическом океане и его бассейне нужно относиться с определенной осторожностью.

Таблица 33 – Значения корреляционных функций между сезонным ходом геокосмических сил (**ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) и элементов пресноводного баланса в Балтийском море, рассчитанных по [65] за 1951-2000 гг.

Параметр		Сдвиг, мес.												
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
ППОСЛиС	**Pr**	*-0,05*	-0,00	0,13	*0,23*	0,20	0,06	-0,09	*-0,16*	-0,15	-0,09	*-0,04*	-0,04	*-0,05*
	Ev	-0,11	-0,16	-0,05	0,16	*0,30*	0,25	-0,11	-0,14	*-0,18*	-0,11	*-0,01*	-0,01	-0,11
	R_Σ	0,33	*0,60*	0,32	-0,25	*-0,60*	-0,44	-0,15	*0,43*	0,30	-0,15	*-0,42*	-0,19	0,33
	(Pr-Ev)	0,12	*0,20*	0,11	-0,12	*-0,31*	-0,29	0,10	0,11	*0,17*	0,100	*-0,00*	0,00	0,12
	B_0	0,24	*0,44*	0,24	-0,20	*-0,49*	-0,39	-0,01	*0,30*	0,25	-0,04	*-0,24*	-0,11	0,24
ν	**Pr**	-0,56	-0,71	-0,68	-0,46	-0,09	0,35	0,68	0,74	0,60	0,35	0,05	-0,29	-0,56
	Ev	-0,14	-0,47	-0,71	-0,79	-0,60	-0,17	0,32	0,64	0,72	0,61	0,42	0,17	-0,14
	R_Σ	-0,52	-0,16	0,45	0,91	0,88	0,39	-0,12	-0,35	-0,33	-0,27	-0,35	-0,52	-0,52
	(Pr-Ev)	-0,04	0,31	0,64	0,82	0,72	0,36	-0,13	-0,52	-0,68	-0,64	-0,51	-0,33	-0,04
	B_0	-0,31	0,06	0,57	0,91	0,85	0,39	-0,13	-0,45	-0,52	-0,47	-0,45	-0,45	-0,31
U	**Pr**	0,91	0,92	0,64	0,19	-0,28	-0,68	-0,93	-0,93	-0,63	-0,16	0,28	0,66	0,91
	Ev	0,58	0,90	0,96	0,75	0,35	-0,14	-0,61	-0,93	-0,96	-0,72	-0,32	0,14	0,58
	R_Σ	0,02	-0,39	-0,71	-0,85	-0,75	-0,37	0,12	0,47	0,66	0,73	0,66	0,40	0,02
	(Pr-Ev)	-0,37	-0,77	-0,96	-0,88	-0,56	-0,09	0,41	0,80	0,97	0,85	0,51	0,09	-0,37
	B_0	-0,17	-0,60	-0,87	-0,91	-0,69	-0,25	0,27	0,66	0,84	0,83	0,62	0,27	-0,17

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

Таблица 34 – Значения корреляционных функций между сезонным ходом форм циркуляции **W**, **E**, **C** и элементов пресноводного баланса в Балтийском море, рассчитанных по [10, 14, 65] за 1951-2000 гг.

Параметр		Сдвиг, мес.												
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
W	**Pr**	-0,41	0,01	0,43	0,70	*0,87*	0,71	0,32	0,04	-0,46	-0,71	*-0,84*	-0,72	-0,41
	Ev	-0,79	-0,53	-0,11	0,32	0,67	*0,85*	0,79	0,51	0,13	-0,31	-0,69	*-0,83*	-0,79
	R_Σ	0,63	*0,74*	0,50	0,12	-0,14	-0,50	*-0,70*	-0,68	-0,49	-0,22	0,19	0,54	0,63
	(Pr-Ev)	0,84	0,68	0,31	-0,13	-0,50	-0,80	-0,85	-0,63	-0,35	0,11	0,543	0,77	0,84
	B_0	*0,76*	0,75	0,43	0,01	-0,33	-0,67	-0,81	-0,69	-0,45	-0,07	0,38	0,68	*0,76*
E	**Pr**	0,39	-0,04	-0,29	-0,66	*-0,86*	-0,75	-0,29	-0,04	0,33	0,63	*0,87*	0,73	0,39
	Ev	0,77	0,51	0,15	-0,25	-0,64	*-0,85*	-0,73	-0,46	-0,17	0,20	0,64	*0,84*	0,77
	R_Σ	-0,61	*-0,78*	-0,54	-0,04	0,23	0,35	0,56	*0,64*	0,57	0,24	-0,17	-0,46	-0,61
	(Pr-Ev)	-0,82	-0,66	-0,31	0,06	0,47	0,78	0,81	0,56	0,35	-0,01	-0,46	-0,77	-0,82
	B_0	-0,74	*-0,77*	-0,46	0,01	0,36	0,58	*0,72*	0,64	0,49	0,13	-0,32	-0,64	-0,74
C	**Pr**	-0,14	-0,23	*-0,48*	-0,45	-0,16	0,06	0,07	0,27	*0,54*	0,51	0,18	-0,16	-0,14
	Ev	-0,00	-0,11	-0,27	*-0,44*	-0,40	-0,23	-0,15	0,01	0,35	*0,59*	0,47	0,18	-0,00
	R_Σ	-0,18	0,02	0,07	-0,08	0,15	0,54	*0,62*	0,22	-0,37	*-0,48*	-0,29	-0,23	-0,18
	(Pr-Ev)	-0,05	0,05	0,15	0,38	0,44	0,34	0,22	0,10	-0,23	-0,54	-0,52	-030	-0,05
	B_0	-0,13	0,04	0,117	0,15	0,30	*0,46*	0,46	0,17	-0,32	*-0,53*	-0,42	-0,28	-0,13

Примечание – Максимальные величины даны курсивом и подчеркнуты снизу, минимальные – курсивом

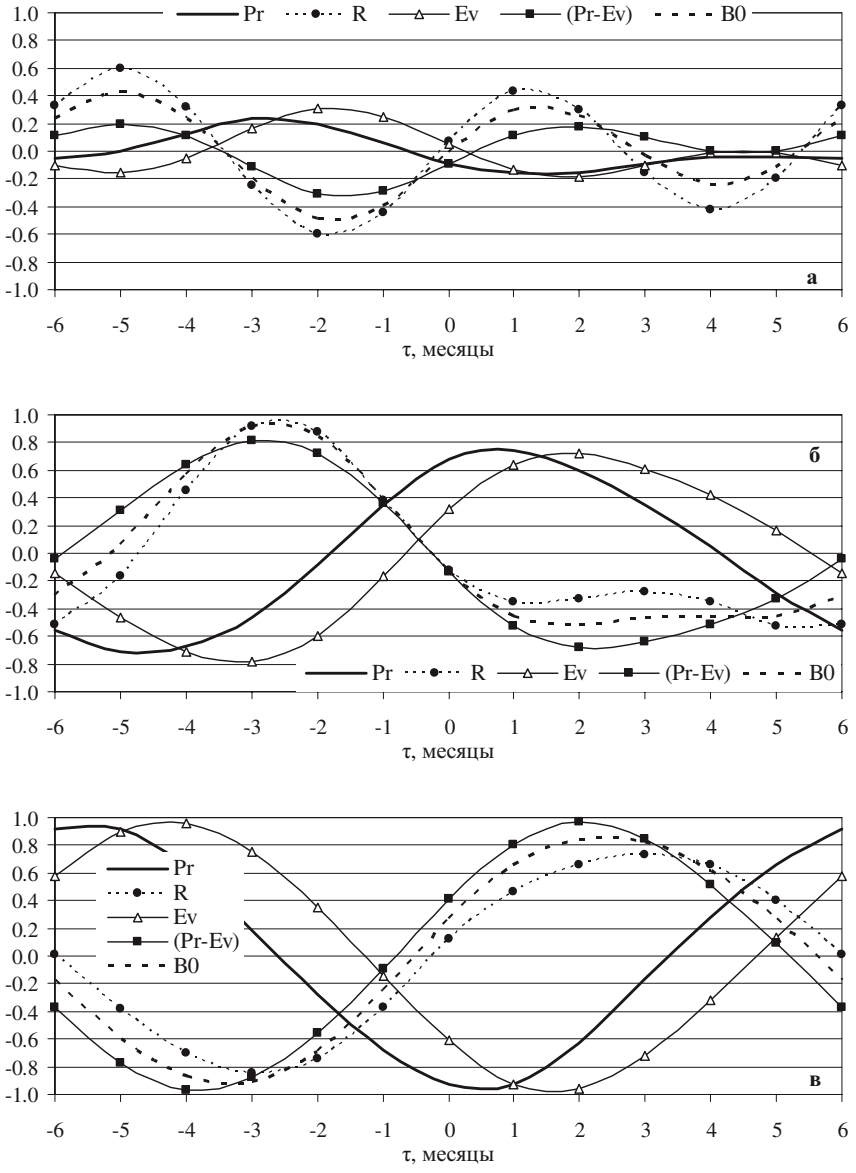


Рисунок 9 – Корреляционные функции между сезонным ходом геокосмических сил (**ППОСЛиС** [7] – а, **ν** [40] – б, **U** [40] – в) и элементов пресноводного баланса в Балтийском море, рассчитанных по данным [65]

На рисунке 10 представлены корреляционные функции между **CX** форм циркуляции **W,** или **E,** или **C** и элементов пресноводного баланса Балтики в целом. Их анализ показал:

- высокую синхронную (или с учетом сдвига) тесноту связи между формами циркуляции **W** или **E** и элементами баланса ($r = \pm 0{,}70 \div 0{,}87$) и от слабой до средней – между **C** и элементами баланса ($r = \pm 0{,}44 \div 0{,}63$);

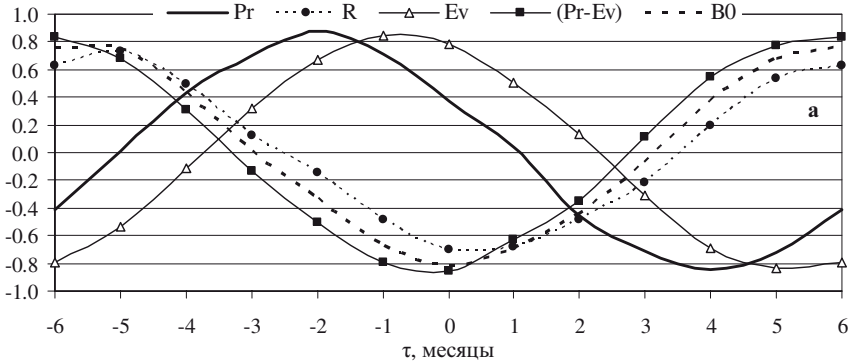
- четкое указание на существование годовой периодичности между **W** или **E** и элементами баланса;

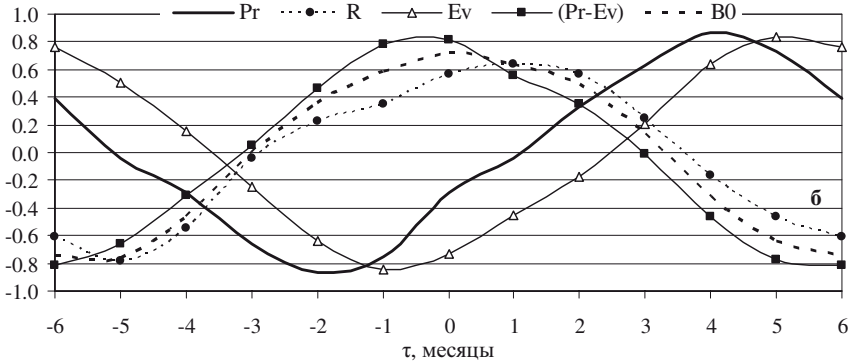
- через 6 мес. после наступления максимума индекса **W** наблюдается максимум в годовом ходе для (**Pr–Ev)** и $\mathbf{B_0}$, через 7 мес. – для $\mathbf{R_\Sigma}$, через 10 мес. – для **Pr**, через 11 мес. – для **Ev**;

- индексы **W** и **E**, меняются в противофазе, в связи с этим одновременно с наступлением максимума **E** наблюдается максимум (**Pr – Ev)** и $\mathbf{B_0}$**,** через 1 мес. после наступления максимума **E** наблюдается максимум для $\mathbf{R_\Sigma}$, через 4 мес. – для **Pr**, через 5 мес. – для **Ev**;

- одновременно с наступлением максимума **C** наблюдается максимум $\mathbf{R_\Sigma}$, через 2 мес. после наступления максимума **C** наблюдается максимум для **Pr,** через 3 мес. – для **Ev**, через 10 мес. – для (**Pr–Ev)**, через 11 мес. – для $\mathbf{B_0}$.

Таким образом, индексы форм циркуляции **W** и **E** вполне могут служить предиктором для **CX** элементов **Pr**, $\mathbf{R_\Sigma}$, **Ev** и $\mathbf{B_0}$.





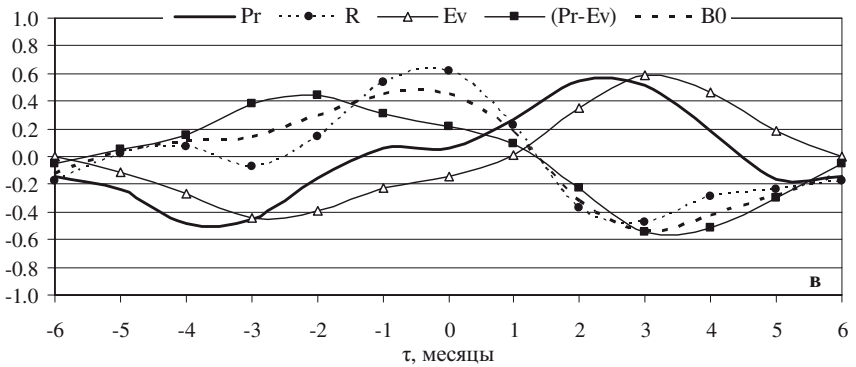


Рисунок 10 – Корреляционные функции между сезонным ходом форм циркуляции (**W** –а, **E** – б, **C** – в) и элементов пресноводного баланса в Балтийском море, рассчитанных по данным [10, 14, 65] за 1951-2000 гг.

6 МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕСНОВОДНОГО БАЛАНСА

В нашем распоряжении из всех элементов пресноводного баланса для Балтики в целом, длительные временные ряды имеются только для суммарного речного стока. Тем не менее, достаточно длинные временные ряды и для других элементов пресноводного баланса в некоторых пунктах Балтийского моря (таблица 9) позволяют получить представление о МИ элементов баланса для Балтики в целом.

Осадки. Представление о **МИ** осадков **Pr** в некоторых пунктах Балтийского моря дают рисунок 11 и таблица 35, из которых видно, что во второй половине прошлого столетия на северо-западе района B07 (Северная Балтика) величина **Pr** колеблется около среднего значения 540 мм. В то же время в этом районе можно выделить несколько периодов роста и падения величины **Pr**: с 1951 по 1962 гг. – повышение (тренд +14,6 мм/год); с 1962 по 1979 г. – режим близкий к стационарному (тренд +0,7 мм/год) и с 1979 по 1990 г. – снижение (тренд -6,4 мм/год). На юго-востоке района B09 (Юго-Восточная Балтика) в среднем на интервале с 1948 по 1990 г. можно говорить о заметном увеличении величины осадков (тренд +4,0 мм/год). В то же время в этом районе отмечаются сходные тенденции с районом B07: с 1948 по 1970 г. – рост (тренд +6,2 мм/год); с 1971 по 1979 г. – режим близкий к стационарному (тренд +0,02 мм/год) и с 1979 по 1990 г. – падение (тренд -7,9 мм/год). На севере района B08 (Центральная Балтика), в среднем на интервале с 1973 по 1997 г. отмечается снижение величины осадков (тренд -2,0 мм/год), при этом с 1973 по 1979 г. – падение самое заметное (тренд -6,4 мм/год), в период с 1980 по 1997 г. – отрицательная тенденция ослабевает (тренд -2,8 мм/год), а в период 1979-1990 г. – тенденция минимальна (тренд -0,4 мм/год). Для моря в целом величина осадков на интервале 1979-2002 гг. колеблется около среднего значения 615 мм (при слабом отрицательном тренде -2,0 мм/год). В то же время, в период с 1982 по 1987 г. отмечается сильное понижение (тренд -22,2 мм/год), а с 1988 по 1992 г., наоборот,

сильное повышение – (тренд +31,3 мм/год), затем заметное падение до 2002 г. (тренд -4,5 мм/год). Следует заметить, что на общем для всех рядов интервале (1979-1990 гг.), отмечается отрицательный тренд: самый заметный в Балтийске и Стокгольме (-7,9 и -6,4 мм/год, соответственно); средний – для моря в целом (-3,5 мм/год) и слабый – в Висбю (-0,4 мм/год).

Таблица 35 – Оценки линейных трендов атмосферных осадков **Pr** (мм/год) на различных временных интервалах для различных пунктов Балтийского моря, рассчитанные по [30, 62, 65]

Пункт	Период	Тренд	Период	Тренд	Период	Тренд	Период	Тренд
Стокгольм[1]	1951-1993	0,06	1951-1962	14,57	1962-1979	0,71	1979-1990	-6,43
Балтийск[2]	1948-1990	3,99	1948-1970	6,24	1971-1979	0,02	1979-1990	-7,85
Висбю[1]	1973-1997	-1,96	1973-1979	-6,37	1980-1997	-2,76	1979-1990	-0,42
Море в целом[3]	1979-2002	-1,96	1982-1987	-22,21	1987-1992	31,29	1979-1990	-3,53

Примечание – Рассчитано по [1] Feistel [65]; [2] МГЕ [30]; [3] Omstedt [62]

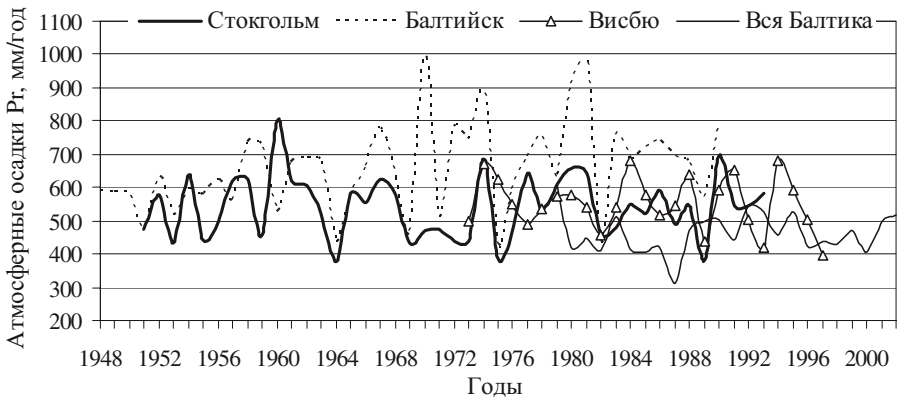


Рисунок 11 – Межгодовая изменчивость атмосферных осадков **Pr** (мм/год), выпадающих в Стокгольме, Балтийске, Висбю и всей Балтике, рассчитанная по [30, 62, 65]

Суммарный речной сток. На рисунке 12 представлена **МИ** стока в Балтийское море по данным разных авторов за различный период (Cyberski and Wroblewski [53] с 1901 по 1990 г.; Mikulski [61] с 1921 по 1975 г.; HELCOM [56] с 1921 по 2004 г. и Andersson [50] с 1950 по 2007 г.), а в таблице 36 статистики этих рядов с годовой дискретностью. Статистические характеристики **МИ R_{Σ}** для данных вышеуказанных авторов таковы: средние значения – 447,8 ± 49,9; 443,4 ± 52,5; 447,0 ± 52,6 и 445,8 ± 51,2 км3/год; наибольшие – 576,8; 584,0; 575,5 и 553,3 км3/год и наименьшие – 326,4; 336,2; 331,1 и 339,1 км3/год, соответственно. Как видим, графики МИ по данным разных авторов достаточно схожи. Это позволяет выделить периоды с однонаправленным изменением суммарного стока для всей Балтики (таблица 37): периоды уменьшения стока – 1901-1915, 1925-1947, 1958-1976 и 1988-2003 гг.; периоды увеличения стока – 1916-1924, 1948-1957, 1977-1987 и 2004-2007 гг. При этом, для первых трех рядов [53, 61, 56] наибольшие среднегодовые расходы приходятся на 1924 г., а наименьшие – на 1947 г.; для ряда [50] максимум приходится на 1998 г., а минимум – на 2003 г.

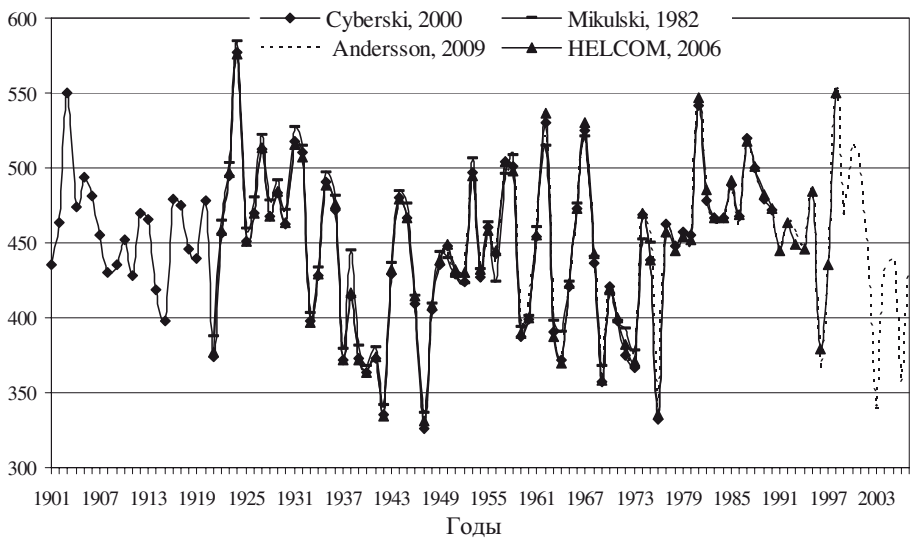


Рисунок 12 – Межгодовая изменчивость речного стока R_{Σ} (км^3/год) для всей Балтики, рассчитанная по [50, 53, 56, 61]

Таблица 36 – Статистики временного хода суммарного речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (км^3/год) для всей Балтики, рассчитанные по [50, 53, 56, 61]

Статистики	Авторы			
	Cyberski, Wroblewski [53]	Mikulski [61]	HELCOM [56]	Andersson [50]
1	2	3	5	4
Среднее арифметическое	447,8	443,4	447,0	445,8
Мода	398,0	464,0	432,0	421,0
Медиана	455,5	440,4	451,6	452,3
Дисперсия	2494,1	2754,4	2766,6	2624,6
Среднее квадратичное отклонение	49,9	52,5	52,6	51,2
Коэффициент асимметрии	-0,25	0,17	-0,15	-0,21
Коэффициент эксцесса	0,02	-0,38	-0,24	-0,34
Максимальное значение	576,8	584,0	575,5	553,3
Минимальное значение	326,4	336,2	331,1	339,1
Размах распределения	250,4	247,8	244,4	214,2

Таблица 37 – Периоды однонаправленного изменения суммарного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ для всей Балтики, рассчитанные по данным [50, 53, 56, 61] (рисунок 12)

Период уменьшения стока	Период увеличения стока
1901-1915	1916-1924
1925-1947	1948-1957
1958-1976	1977-1987
1988-2003	2004-2007

По нашим оценкам линейный тренд $\mathbf{R_\Sigma}$ на интервале 1901-2007 гг. составил -0,106 км3/ год. Таким образом, долгопериодная изменчивость суммарного стока в Балтику за более чем вековой период, представленная на рисунке 12, подтверждает вывод П. Хупфера [48] сделанный тридцать лет назад: «Можно считать доказанным, что уже с начала этого столетия средний годовой сток рек, хотя он и испытывает значительные колебания, имеет тенденцию к уменьшению» [48, с. 26]. Причину такой тенденции автор связывает и, в том числе, с искусственным зарегулированием рек.

Представление о **МИ** стока в отдельных суббассейнах Балтики за период 1950-2007 гг. по оценкам в [50] дает рисунок 13. Как видим, кривые **МИ** $\mathbf{R_{\Sigma}}$ для отдельных суббассейнов достаточно сходны между собой и кривой для моря в целом. Расчеты показали (таблица 38), что теснота связи между характером стока в регионах и Балтике в целом определяется величиной вклада регионов в суммарный сток моря. Наибольшим сходством отличаются кривые стока в Ботнический залив и в море в целом (r = +0,80), наименьшее сходство наблюдается между стоком в Рижский залив и в Балтику в целом (r = +0,58). Кроме того, эта таблица позволяет оценить тесноту связи между стоком в регионах. Наибольший коэффициент корреляции наблюдается между стоком в Финский и Рижский заливы (r = +0,58), наименьший – между стоком в Ботнический и Рижский заливы и между стоком в Ботнический залив и в собственно Балтику (r = +0,23).

Испарение. На рисунке 14 представлена **МИ** испарения с поверхности Балтики в целом за 1971-2002 гг. по [63] и в Балтийске за 1961-2006 гг. по [20]. Как видим, графики межгодовой изменчивости на этом рисунке отличаются подобием, что подтверждается и результатами корреляционного анализа (r = +0,65 на интервале 1971-1990 гг.). Это позволяет выделить периоды с однонаправленным изменением испарения для всей Балтики (таблица 39): периоды уменьшения испарения – 1961-1970, 1976-1987 и 1993-2006 гг.; периоды увеличения испарения – 1971-1975 и 1988-1992 гг. При этом, наибольшая среднегодовая величина испарения для всего моря приходится на 1992 г. (564 мм), а наименьшая – на 1987 г. (338 мм), для Балтийска максимум наблюдается в 1990 г. (712 мм), а минимум – в 1970 г. (371 мм).

Разность осадков и испарения. На рисунке 15 представлена **МИ** разности (**Pr**-**Ev**) в целом для Балтийского моря за 1979-2002 гг. по [62] и в Балтийске за 1961-1990 гг. по [20]. Как видим, графики **МИ** на этом рисунке отличаются подобием, что подтверждается и результатами корреляционного анализа (r = +0,76 на интервале 1971-1990 гг.).

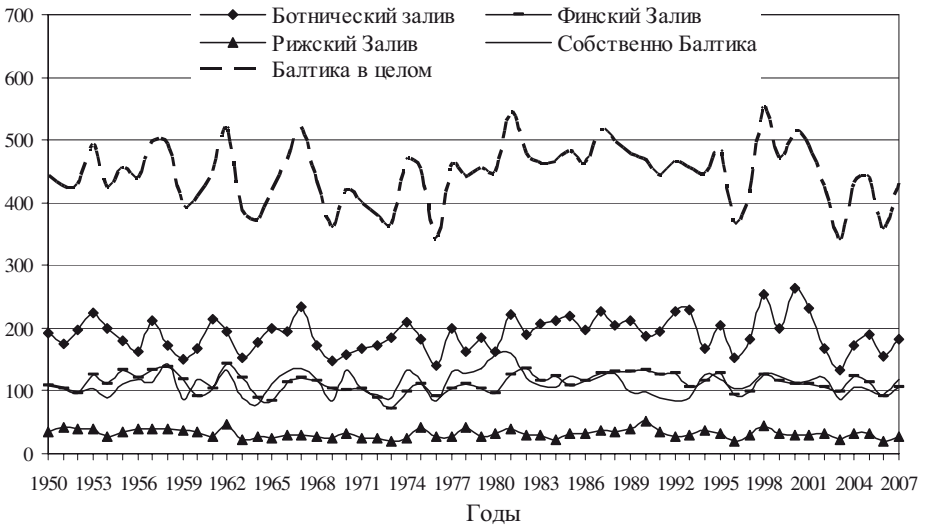


Рисунок 13 – Межгодовая изменчивость речного стока $\mathbf{R_{\Sigma}}$ (км^3/год) в регионах Балтики за период 1950-2007 гг., рассчитанная по данным Andersson [50]

Таблица 38 – Корреляционные матрицы между речным стоком $\mathbf{R_{\Sigma}}$ (км^3/год) в регионах Балтики за период 1950-2007 гг., рассчитанные по [50]

Регион	Ботнический залив	Финский залив	Рижский залив	Собственно Балтика	Балтика в целом
Ботнический залив	1,0	0,35	0,23	0,23	0,80
Финский залив		1,0	0,58	0,28	0,70
Рижский залив			1,0	0,34	0,58
Собственно Балтика				1,0	0,64
Балтика в целом					1,0

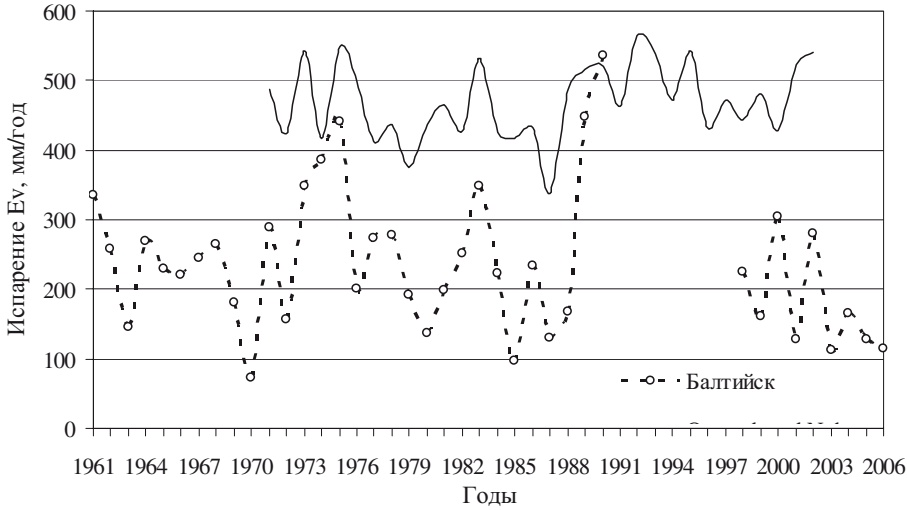


Рисунок 14 – Межгодовая изменчивость испарения **Ev** (мм/год) с поверхности всей Балтики по [63] и Балтийска по [20]

Таблица 39 – Оценки линейных трендов испарения **Ev** (мм/год) на различных временных интервалах для Балтийска и Балтики в целом, рассчитанные по [20, 63]

Пункт	Период	Тренд	Период	Тренд	Период	Тренд	Период	Тренд	Период	Тренд
Балтийск[1]	1961-1970	-14,8	1970-1975	66,5	1975-1987	-11,8	1987-1990	149,7	1998-2006	-13,9
Море в целом[2]			1971-1975	11,8	1975-1987	-7,2	1987-1992	30,2	1992-2002	-3,8

Примечание – Рассчитано по [1] Дубравин и др. [20] и [2] Omstedt and Nohr [63]

Это позволяет выделить периоды с однонаправленным изменением разности (**Pr**-**Ev**): период уменьшения разности с 1970 по 1989 гг. (в Балтийске линейный тренд составил -2,95 мм/год), если же рассматривать интервал с 1979 по 1989 гг. (общий для обеих кривых), то для Балтийска отрицательный тренд составил -22,53 мм/год, а для моря в целом – -9,03 мм/год; период увеличения разности – 1989-2000 гг. (для моря в целом линейный тренд составил +10,51 мм/год).

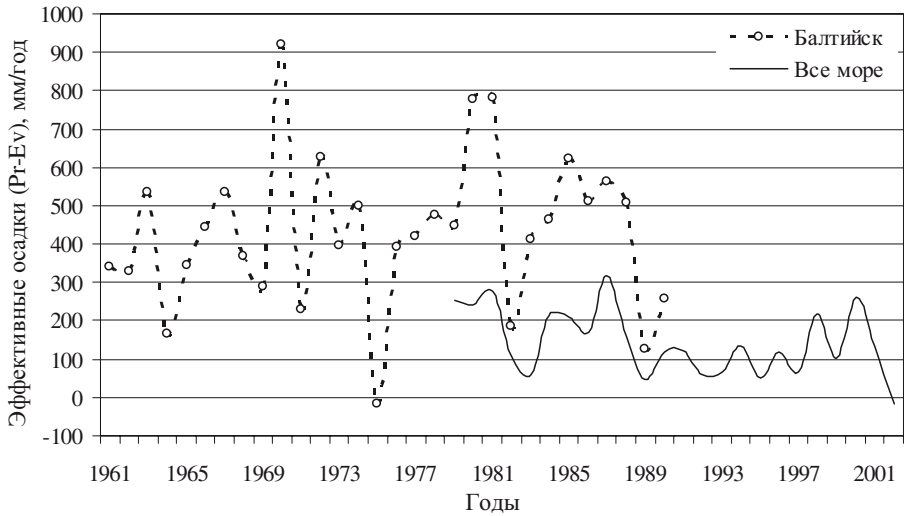


Рисунок 15 – Межгодовая изменчивость эффективных осадков (**Pr**-**Ev**) (мм/год) для всей Балтики по [62] и Балтийска по [30]

Пресноводный баланс. В нашем распоряжении имеется только один ряд межгодовой изменчивости пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ из [62], представленный на рисунке 16, на котором показаны также и его элементы (**Pr, Ev,** $\mathbf{R_\Sigma}$) за 1979-2002 гг. Этот рисунок позволяет отметить следующее.

Во-первых, подтверждается сходство в долгопериодной изменчивости суммарного стока и пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ (не только в сезонной, но и в межгодовой). Это еще одно подтверждение того, что $\mathbf{R_\Sigma}$ является главным компонентом $\mathbf{B_0}$.

Во-вторых, можно говорить и о периодах с однонаправленным изменением пресноводного баланса: период роста $\mathbf{B_0}$ с 1979 по 1987 г. (средний для всей Балтики линейный тренд составил +2,88 км^3/год) и период его падения с 1988 по 2002 г. (линейный тренд понизился до -2,21 км^3/год). Если же рассматривать весь интервал (с 1979 по 2002 г.), то для моря в целом линейный тренд $\mathbf{B_0}$ в этом диапазоне имеет незначительную отрицательную динамику и составляет -0,73 км^3/год. При этом наибольшая среднегодовая величина $\mathbf{B_0}$ приходится на 1981 г. (647 км^3), а наименьшая – на 1996 г. (425 км^3).

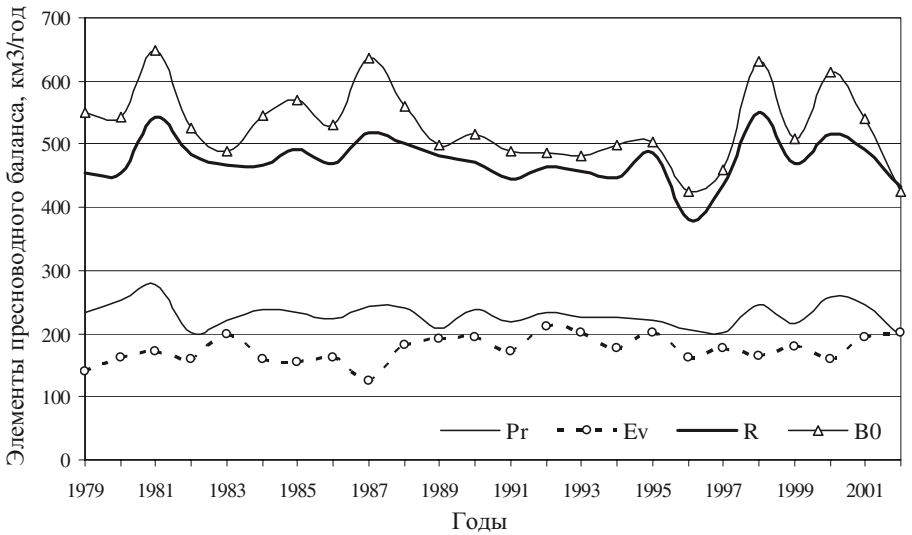


Рисунок 16 – Межгодовая изменчивость элементов пресноводного баланса (**Pr**, **Ev**, $\mathbf{R_\Sigma}$, $\mathbf{B_0}$) (км^3/год) для всей Балтики по [62]

7 НЕКОТОРЫЕ ПРИЧИНЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ МЕЖГОДОВУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Межгодовая изменчивость стока рек бассейна Балтийского моря по оценкам в [34] является стохастическим процессом, то есть процесс изменения стока полностью или частично развивается по случайному закону. Данные таблицы 36 подтверждают близость распределения суммарного стока для всех четырех рядов к нормальному закону, к такому же выводу пришли в [53]. Данные таблиц 11, 12 и 19, в какой-то мере, позволяют к стохастическому процессу отнести и изменчивость осадков и испарения Балтики. Вместе с тем, в [31] показано, что общие черты в колебаниях режима (в том числе речного стока) морей Северо-Запада России (Балтийского и Белого) определяются глобальными климатическими факторами (формами атмосферной циркуляции и показателем солнечной активности).

Анализ временных рядов элементов пресноводного баланса моря в целом или отдельных суббассейнов, представленных на рисунках 11-16, позволил выделить некоторые квазицикличности: квазидвухлетние, 3-4-, 5-7-, 10-12-, 20-22-летние. Примечательно, что подобные периодичности (квазидвухлетние, 3-4, 5-6, 7-8-, 10-12-, 19-, 22-24-летние) отмечались нами при анализе изменчивости гидрометеорологических элементов и потоков тепла, влаги и импульса в ЮВ Балтике в [20] и термохалинной структуры вод Балтики в [19]. Там же было высказано предположение о том, что отмеченные квазицикличности, так же как и в Атлантическом океане [17], создаются одновременным влиянием механизма взаимодействия океана и атмосферы и внешних геокосмических сил, то есть подтверждается гипотеза Г.К. Ижевского [22].

Это можно подтвердить и для элементов пресноводного баланса (**Pr, Ev, R_{Σ}** и **B_0**) Балтийского моря, выполнив расчеты корреляционных функций на разных интервалах между этими элементами (по данным [20, 30, 50, 53, 56, 61, 62]) и внешними (геокосмическими) силами (солнечной активностью – числами

Таблица 40 – Экстремальные значения корреляционных функций (r), рассчитанных между элементами пресноводного баланса по [20, 30, 50, 53, 56, 61, 62] и внешними силами (числа **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) за различные периоды

Авторы	Период	**Числа W**		**ППОСЛиС**		**ν**		**U**	
		сдвиг, τ	r	сдвиг, τ	r	сдвиг, τ	r	сдвиг, τ	r
	Осадки, **Pr**								
Omstedt [62]	1971-2002	10 -6	0,41 -0,35	5 -8	0,26 -0,27	-1 8	0,20 -0,38	10 -8	0,41 -0,42
МГЕ [30]*	1962-1990	-9 8	0,43 -0,21	-5 9	0,09 -0,13	-8 2	0,31 -0,22	10 4	0,33 -0,27
	Суммарный сток, $\mathbf{R_\Sigma}$								
Cyberski, Wroblewski [53]	1901-1990 1956-1990	7 -9 -1 16	0,15 -0,32 0,34 -0,52	5 15 4 14	0,20 -0,21 0,35 -0,60	– – 17 7	– – 0,44 -0,74	– – 3 -8	– – 0,28 -0,25
Mikulski [61]	1921-1975 1956-1975	15 -16 -5 -3	0,23 -0,29 0,23 -0,21	-10 -17 -3 -6	0,30 -0,28 0,12 -0,20	– – 4 -7	– – 0,09 -0,24	– – 5 -2	– – 0,33 -0,22
HELCOM, [56]	1921-2000 1956-1990 1979-2002 1956-2004	8 -9 -1 16 9 4 -1 14	0,18 -0,29 0,33 -0,51 0,62 -0,30 0,35 -0,45	6 -5 4 14 6 -4 -16 12	0,27 -0,25 0,35 -0,61 0,41 -0,44 0,28 -0,35	– – -3 13 -1 8 -3 15	– – 0,43 -0,75 0,38 -0,53 0,42 -0,50	– – -13 -17 -4 -6 -4 -17	– – 0,28 -0,27 0,32 -0,39 0,17 -0,22
Andersson [50]	1950-2000 1956-1990 1979-2002 1956-2006	-1 13 -1 16 9 4 9 14	0,30 -0,34 0,33 -0,50 0,58 -0,27 0,36 -0,45	-16 14 4 14 6 -4 3 12	0,26 -0,30 0,32 -0,57 0,36 -0,38 0,22 -0,32	– – -3 13 -1 8 -5 15	– – 0,44 -0,72 0,35 -0,50 0,34 -0,46	– – -13 -17 -4 -6 10 -17	– – 0,29 -0,28 0,35 -0,37 0,20 -0,26
	Испарение, **Ev**								
Omstedt and Nohr [63]	1971-2002	10 -2	0,36 -0,43	-6 4	0,44 -0,34	6 -2	0,57 -0,24	-7 -6	0,45 -0,50
Дубравин и др. [20]*	1961-1990	-6 -10	0,61 -0,45	-3 4	0,40 -0,41	10 -1	0,22 -0,14	-2 -6	0,23 -0,33
	Суммарный сток, $\mathbf{R_\Sigma}$								
Omstedt [62]	1979-2002	9 3	0,60 -0,27	6 -4	0,38 -0,42	-1 8	0,37 -0,50	10 -6	0,33 -0,38
	Пресноводный баланс, $\mathbf{B_0}$								
Omstedt [62]	1979-2002	9 3	0,62 -0,29	5 -5	0,43 -0,54	-1 8	0,35 -0,53	10 9	0,36 -0,32

Примечание – *отмечены ряды **Pr** и **Ev** для Балтийска [30, 20]

Вольфа, **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) (таблица 40) или частотой встречаемости типов атмосферной циркуляции Вангенгейма-Гирса (**W**, **E**, **C**) [10, 14] (таблица 41). Из этих таблиц следует, что теснота связи между элементами **Pr, Ev, R_Σ** и **B_0** Балтийского моря и геокосмическими силами или индексами атмосферной циркуляции зависит от интервала расчета корреляционных функций. При этом наибольшая теснота связи между одним и тем же элементом пресноводного баланса при изменении этого интервала может переходить от одной силы к другой или от одного типа циркуляции к другому. Так, например, для речного стока на интервале 1956-1990 гг. для рядов [56 и 50] наибольшая теснота связи проявляется при сопоставлении с **ν,** а наименьшая – с **U**; на интервале 1979-2002 гг. для этих рядов наибольшая теснота связи проявляется при сопоставлении с числами Вольфа **W** и **ν,** а наименьшая – с **U;** на интервале 1956-2004 гг. для ряда [56] наблюдается теснота связи схожая с интервалом 1956-1990 гг. (наибольшая – с **ν,** а наименьшая – с **U**); на интервале 1956-2006 гг. для ряда [50] наблюдается теснота связи схожая с интервалом 1979-2002 гг. (наибольшая – с числами Вольфа **W** и **ν,** а наименьшая – с **U**); на интервале 1956-1990 гг. для рядов [56 и 50] наибольшая теснота связи проявляется при сопоставлении с типом циркуляции **W,** а наименьшая – с типом **C;** на интервале 1979-2002 гг. для этих рядов наибольшая теснота связи проявляется при сопоставлении с типом **E,** а наименьшая – с типом **W**.

На рисунках 17, 19, 21 и 23 представлены корфункции между элементами **Pr, Ev, R_Σ** и **B_0** и внешними силами, а на рисунках 18, 20, 22 и 24 между этими элементами и типами атмосферной циркуляции. Анализ этих рисунков позволяет выявить некоторые квазицикличности, а именно связи между:

- **Pr, R_Σ, Ev, B_0** и числами **W** (периодичности 9-13-летние);
- **Pr, R_Σ, Ev, B_0** и **ППОСЛиС** (периодичности 18-22-летние);
- **R_Σ** и **УСВЗ** (периодичности 26-31-летние);
- **Ev, B_0** и **УСВЗ** (периодичности 15-16-летние);

Таблица 41 – Экстремальные значения корреляционных функций, рассчитанных между элементами пресноводного баланса по [20, 30, 50, 53, 56, 61,62] и частотой встречаемости типов циркуляции **W**, **E**, **C** [10, 14] за различные периоды

Авторы	Период	W		E		C	
		сдвиг, τ	r	сдвиг, τ	r	сдвиг, τ	r
	Осадки, **Pr**						
Omstedt [50]	1979-2002	-7 -3	0,15 -0,60	0 -10	0,46 -0,26	3 0	0,41 -0,46
МГЕ [30] *	1962-1990	8 9	0,49 -0,40	0 8	0,40 -0,34	-10 0	0,44 -0,48
	Суммарный сток, R_Σ						
Cyberski, Wroblewski [53]	1901-1990 1956-1990	-4 16 -4 -14	0,32 -0,28 0,46 -0,65	16 -12 -14 -8	0,20 -0,26 0,58 -0,44	-15 0 -15 7	0,16 -0,38 0,33 -0,54
Mikulski [61]	1921-1975 1956-1975	10 -17 1 7	0,10 -0,43 0,30 -0,16	-17 10 5 3	0,44 -0,28 0,39 -0,23	3 -17 3 5	0,47 -0,17 0,51 -0,61
HELCOM [56]	1921-2000 1956-1990 1979-2002 1956-2004	1 16 -4 -14 -10 -3 -4 14	0,36 -0,54 0,44 -0,63 0,21 -0,48 0,41 -0,43	16 -16 -14 -8 -3 -10 14 -8	0,42 -0,22 0,58 -0,43 0,37 -0,61 0,51 -0,44	-15 0 -15 7 -10 0 -10 7	0,25 -0,40 0,33 -0,55 0,53 -0,35 0,39 -0,44
Andersson [50]	1950-2000 1956-1990 1979-2002 1956-2006	-2 14 -4 -14 -10 -3 -4 14	0,46 -0,37 0,46 -0,62 0,21 -0,50 0,42 -0,46	14 -8 -14 -8 -3 -10 14 -8	0,48 -0,51 0,57 -0,46 0,34 -0,60 0,53 -0,45	-10 7 -15 7 -10 -1 -16 7	0,36 -0,36 0,34 -0,53 0,51 -0,36 0,38 -0,36
	Испарение, **Ev**						
Omstedt and Nohr [63]	1971-2002	3 -1	0,42 -0,10	-10 10	0,20 -0,26	-2 9	0,44 -0,40
Дубравин и др. [20] *	1961-1990	0 -2	0,29 -0,28	5 0	0,21 -0,28	-9 -6	0,34 -0,26
	Суммарный сток, R_Σ						
Omstedt [62]	1979-2002	3 -1	0,42 -0,10	-10 10	0,20 -0,26	-2 9	0,44 -0,40
	Пресноводный баланс, B_0						
Omstedt [52]	1979-2002	0 -2	0,29 -0,28	5 0	0,21 -0,28	-9 -6	0,34 -0,26

Примечание – *отмечены ряды **Pr** и **Ev** для Балтийска [30 и 20]

- Pr, Ev, R_{Σ}, B_0 и **Eqwind** (периодичности квазидвухлетние, 3-4-, 5-6-летние);

- Pr, Ev, R_{Σ}, B_0 и **W** (периодичности квазидвухлетние, 3-4-, 5-6-летние);

- Pr, Ev, R_{Σ}, B_0 и **E** (периодичности квазидвухлетние, 3-4-, 5-6-летние);

- Pr, Ev, R_{Σ}, B_0 и **C** (периодичности квазидвухлетние, 3-4-, 5-6-летние).

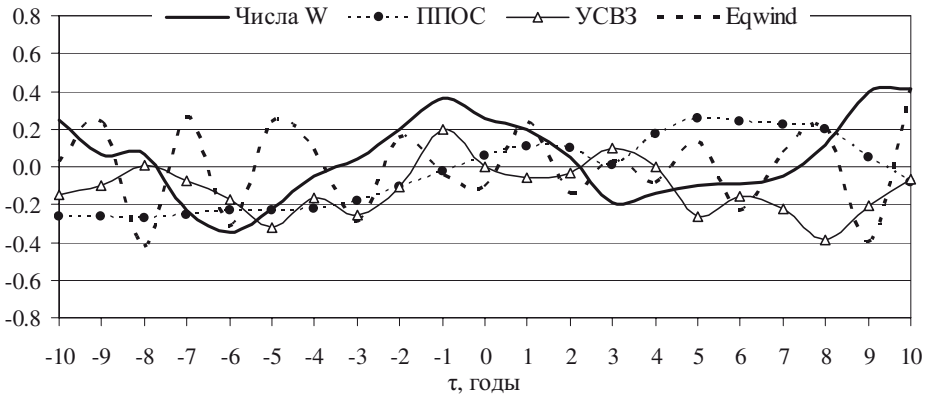


Рисунок 17 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между осадками **Pr** в Балтийское море [62] и внешними силами (числа **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) в 1979-2002 гг.

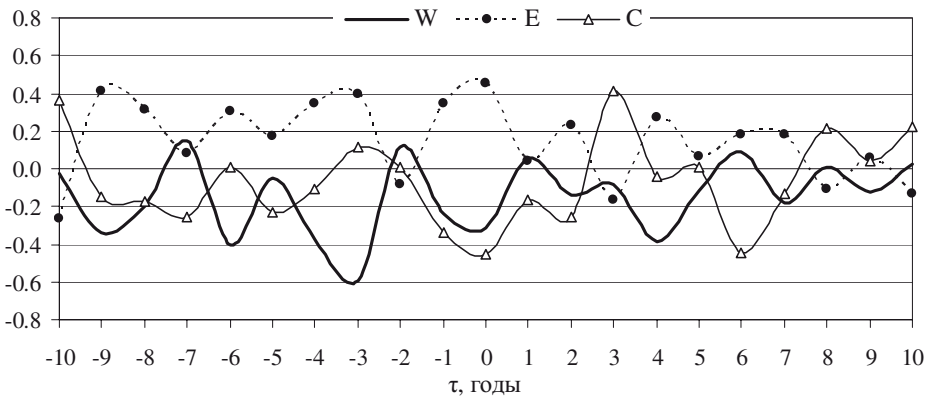


Рисунок 18 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между осадками **Pr** в Балтийское море [62] и повторяемостью типов атмосферной циркуляции **W**, **E** и **C** [10, 14] в 1979-2002 гг.

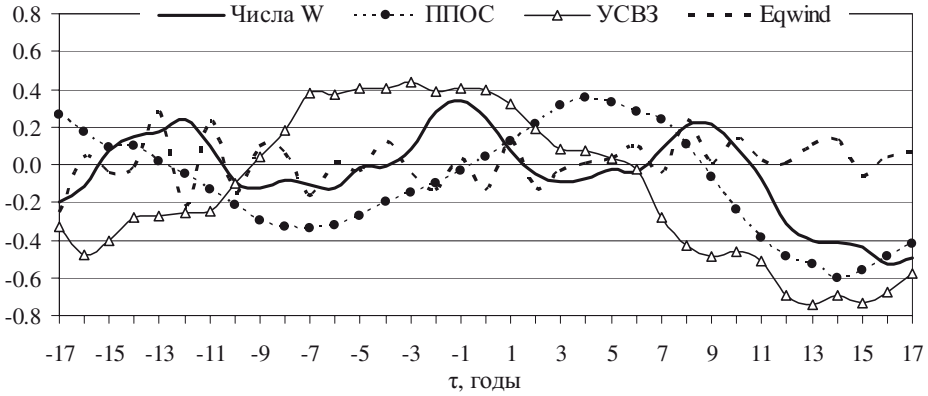


Рисунок 19 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между речным стоком $\mathbf{R_\Sigma}$ в Балтийское море [56] и внешними силами (числа **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) в 1956-1990 гг.

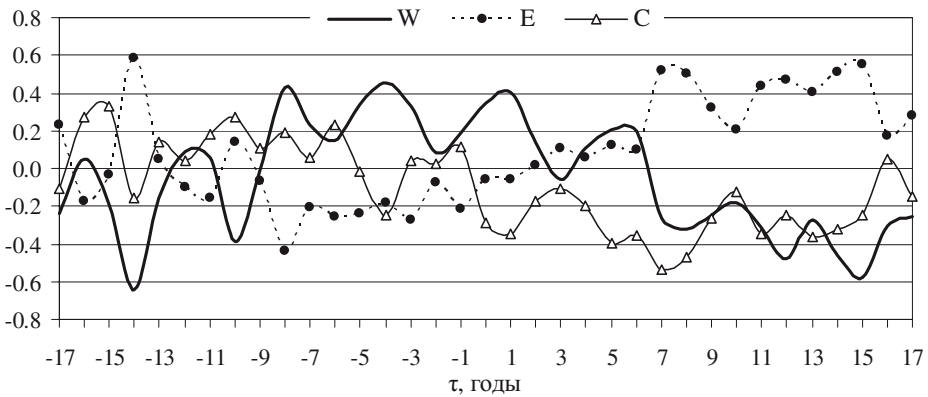


Рисунок 20 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между речным стоком $\mathbf{R_\Sigma}$ в Балтийское море [56] и повторяемостью типов атмосферной циркуляции (**W**, **E** и **C** [10, 14]) в 1956-1990 гг.

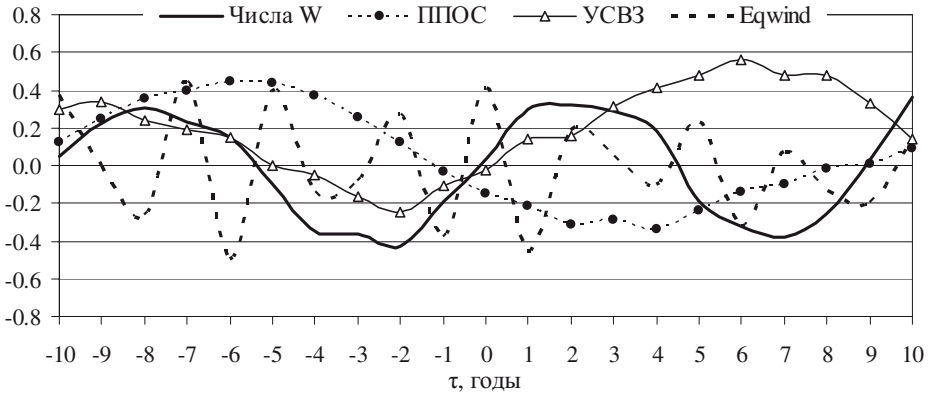


Рисунок 21 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между испарением **Ev** в Балтике [63] и внешними силами (числа **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) в 1971-2002 гг.

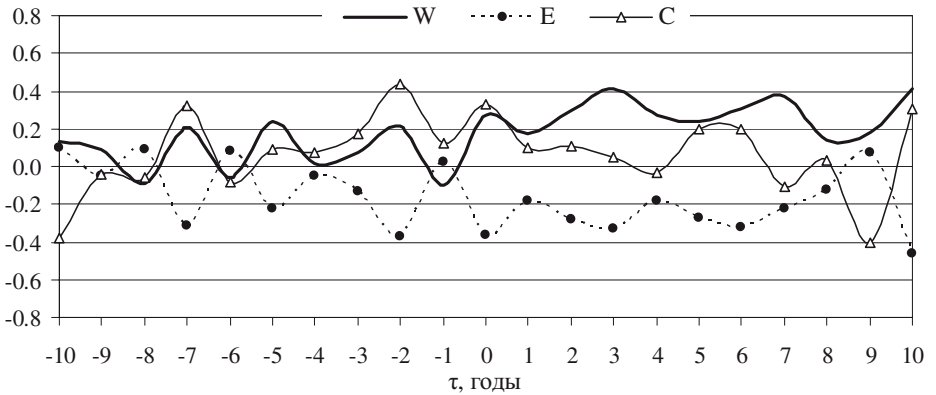


Рисунок 22 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между испарением **Ev** в Балтике [63] и повторяемостью типов атмосферной циркуляции (**W**, **E** и **C** [10, 14]) в 1971-2002 гг.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что выявленные квазицикличности долгопериодной изменчивости элементов пресноводного баланса (**Pr**, **Ev**, $\mathbf{R_\Sigma}$, $\mathbf{B_0}$), как и полученные ранее при анализе изменчивости гидрометеорологических элементов и потоков тепла, влаги и импульса в [20] или тер-

мохалинной структуры вод в [19] в Балтийском море, так же как и в Атлантическом океане [17], создаются одновременным влиянием механизма взаимодействия океана и атмосферы и внешних геокосмических сил. Здесь вновь подтверждается гипотеза Г.К. Ижевского [22].

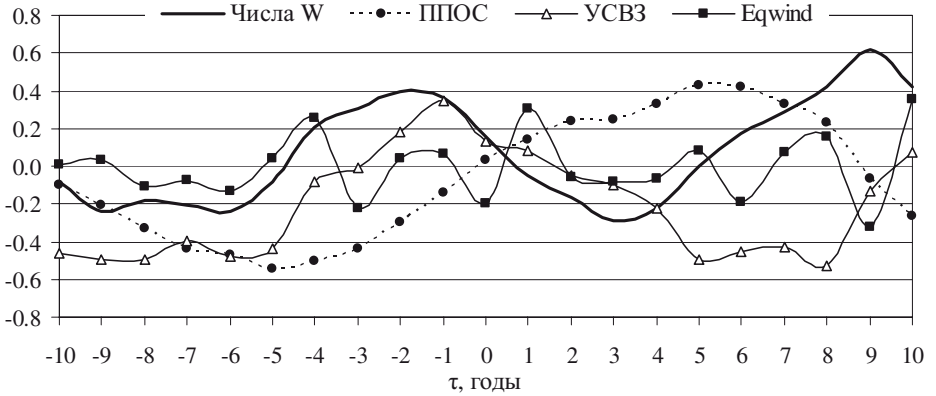


Рисунок 23 – Распределение корреляционных функций,
рассчитанных между пресноводным балансом $\mathbf{B_0}$ в Балтике [62]
и внешними силами (числа **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) в 1956-1990 гг.

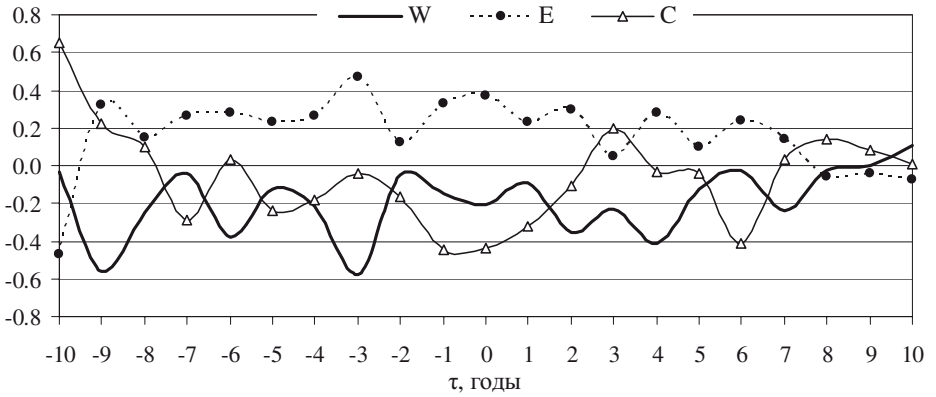


Рисунок 24 – Распределение корреляционных функций,
рассчитанных между пресноводным балансом $\mathbf{B_0}$ в Балтике [62]
и повторяемостью типов атмосферной циркуляции (**W**, **E** и **C** [10, 14])
в 1971-2002 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершая исследование пресноводного баланса Балтийского моря и его составляющих, отметим заметную устойчивость элементов баланса не только для моря в целом, но и его регионов, связанную с условиями формирования и распространения. Последние, в свою очередь, определяются положением самого Балтийского моря, которое глубоко вдается в северо-западную часть Евразиатского материка. Море, по форме напоминающее гиганский «трезубец», значительно простирается как по широте, так и по долготе, что создает различия климатических условий в разных его регионах. При этом климатические различия поддерживаются глобальными климатическими факторами, по гипотезе Г.К. Ижевского [22], создающимися одновременным влиянием механизма взаимодействия океана и атмосферы и внешних геокосмических сил. Настоящее обобщение режимных данных по элементам пресноводного баланса было выполнено с учетом роли процессов взаимодействия океана и атмосферы с применением дисперсного, гармонического, корреляционного и спектрального видов анализа. Данные многолетнего гидрометеорологического массива представленные в Climate Atlas of the Baltic Sea [65], включающего наблюдения вплоть до 2005 г., позволили более полно, чем в предыдущих работах исследовать составляющие пресноводного баланса Балтийского моря и показать характер их пространственной и временной изменчивости. Получены следующие результаты:

1. На основании данных гидрометеополей представленных в Climate Atlas of the Baltic Sea [65] получены климатические (средние для месяцев и года за 1951-2000 гг.) карты осадков, испарения и эффективных осадков. С учетом данных по суммарному стоку Andersson [65] получены климатические величины пресноводного баланса Балтийского моря и его регионов.

2. Расчеты показали, что в среднем за год для Балтийского моря значения параметров пресноводного баланса следующие: **Pr** = 182; $\mathbf{R_{\Sigma}}$ **=** 450**; Ev =** 300**;**

Pr-Ev = -119 и $\mathbf{B_0}$ = 332 км^3. При этом во всех морских регионах испарение превышает осадки.

3. Внутригодовая изменчивость составляющих пресноводного баланса характеризуется годовой волной. В **СХ** осадков преобладает годовая гармоника (над большей частью акватории величина квоты годовой волны $\mathbf{q_I} \geq 0{,}8$; амплитуда $\mathbf{A_I} \geq 13$ мм/мес.; дата наступления максимума T_{maxI} = 250-260 сут. (середина сентября). Для СХ суммарного стока среднего для Балтики в целом величины вышеуказанных параметров следующие: $\mathbf{q_I}$ = 0,73; $\mathbf{A_I}$ =12,1 км^3/мес.; T_{maxI} = 117 сут. (27.05). При этом половодье начинается на юге моря (март-апрель) и постепенно смещается к северу, в мае-июне достигая Ботнического и Финского заливов. В **СХ** испарения преобладает годовая гармоника (над большей частью акватории величина квоты годовой волны $\mathbf{q_I} \geq 0{,}85$, $\mathbf{A_I} \geq 45$ мм/мес., $\mathbf{T_{maxI}}$ = 285-290 сут. (середина октября). В **СХ** эффективных осадков во всех регионах кроме Финского и Рижского заливов преобладает годовая гармоника (величина квоты годовой волны $\mathbf{q_I} \geq 0{,}82$, $\mathbf{A_I} \geq 35$ мм/мес.). В Южную, Центральную и Северную Балтику максимум приходит в первой половине апреле – $\mathbf{T_{maxI}}$ = (95-105 сут.) и в июне достигает Ботнического залива – $\mathbf{T_{maxI}}$ = 172 сут. (22.06). В СХ пресноводного баланса преобладает годовая гармоника в Собственно Балтике и Ботническом заливе ($\mathbf{q_I}$ = 0,85, $\mathbf{A_I} \geq 12$ км^3/мес.), в Финском заливе квота годовой гармоники уменьшается ($\mathbf{q_I}$ = 0,63, $\mathbf{A_I}$ = 3 км^3/мес.), а Рижском заливе годовая гармоника сменяется полугодовой ($\mathbf{q_{II}}$ = 0,63, $\mathbf{A_{II}}$ = 2 км^3/мес.). В сезонной изменчивости суммарного стока и пресноводного баланса наблюдается сходство не только для Балтики в целом, но и для суббассейнов. Так, максимум $\mathbf{B_0}$, как и половодье, начинается на юге моря в апреле и, постепенно смещаясь к северу, в мае достигает Финского, а в июне Ботнического залива.

4. Корреляционный анализ между СХ элементов пресноводного баланса Балтики в целом и некоторых вынуждающих сил показал, что индексы форм циркуляции **W** и **E** вполне могут служить предиктором для **СХ** элементов (**Pr**, $\mathbf{R_\Sigma}$, **Ev** и $\mathbf{B_0}$). Это утверждение основывается на следующем:

- установлена высокая (r = ± 0,70÷0,87) синхронная (или с учетом сдвига) теснота связи между формами циркуляции **W** или **E** и элементами баланса и средняя (r = ± 0,44÷0,63) – между **C** и элементами баланса;

- наблюдается существование годовой периодичности между **W** или **E** и элементами баланса;

- наступление максимумов в годовом ходе элементов отмечено через 6 мес. после наступления максимума индекса **W** для $\mathbf{B_0}$, через 7 мес. – для $\mathbf{R_\Sigma}$, через 10 мес. – для **Pr**, через 11 мес. – для **Ev**, а так как индексы **W** и **E**, меняются в противофазе, то одновременно с наступлением максимума **E** наблюдается максимум $\mathbf{B_0}$ (через 1 мес. после наступления максимума **E** наблюдается максимум для $\mathbf{R_\Sigma}$, через 4 мес. – для **Pr**, через 5 мес. – для **Ev**).

5. Анализ временных рядов элементов пресноводного баланса моря в целом или отдельных суббассейнов позволил выделить некоторые квазицикличности: квазидвухлетние, 3-4-, 5-7-, 10-12-, 20-22-летние. Примечательно, что подобные периодичности (квазидвухлетние, 3-4, 5-6, 7-8-, 10-12-, 19-, 22-24-летние) отмечались нами при анализе изменчивости гидрометеорологических элементов и потоков тепла, влаги и импульса в ЮВ Балтике в [20] и термохалинной структуры вод Балтики в [19].

6. Анализ корфункций между элементами баланса и внешними силами (числами **W**, **ППОСЛиС, УСВЗ и Eqwind**) или повторяемостью типов циркуляции (**W**, **E** и **C**) позволил выявить некоторые квазицикличности, а именно связи между:

- Pr, $\mathbf{R_\Sigma}$, Ev, $\mathbf{B_0}$ и числами **W** (периодичности 9-13-летние);

- Pr, $\mathbf{R_\Sigma}$, Ev, $\mathbf{B_0}$ и **ППОСЛиС** (периодичности 18-22-летние);

- $\mathbf{R_\Sigma}$ и **УСВЗ** (периодичности 26-31-летние);

- Ev, $\mathbf{B_0}$ и **УСВЗ** (периодичности 15-16-летние);

- Pr, Ev, $\mathbf{R_\Sigma}$, $\mathbf{B_0}$ и **Eqwind** (периодичности квазидвухлетние, 3-4-, 5-6-летние);

- Pr, Ev, $\mathbf{R_\Sigma}$, $\mathbf{B_0}$ и **W** (периодичности квазидвухлетние, 3-4-, 5-6-летние);

- Pr, Ev, $\mathbf{R_\Sigma}$, $\mathbf{B_0}$ и **E** (периодичности квазидвухлетние, 3-4-, 5-6-летние);

- Pr, Ev, R_{Σ}, B_0 и **C** (периодичности квазидвухлетние, 3-4-, 5-6-летние).

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что отмеченные квазицикличности долгопериодной изменчивости элементов пресноводного баланса в Балтике подтверждают гипотезу Г.К. Ижевского [22], так как создаются одновременным влиянием механизма взаимодействия океана и атмосферы и внешних геокосмических сил.

Тем не менее, задача по выяснению климатических значений элементов пресноводного баланса (по крайней мере, испарения) далеко не решена и требует дальнейшего исследования. В самом деле, несмотря на подобие **CX** испарения, полученного всеми авторами, рассчитанная нами по методике С.К. Гулева [13] величина испарения **Ev** = 300 км^3/год оказалась на 30-40% выше результатов других авторов, в то время как для **Ev** = 203 км^3/год, полученной нами по методике Н.З. Ариель [33], отличия невелики. Это несмотря на то, что как для Северной и Центральной Атлантики в [36], так и для Юго-Восточной Балтики в [20], было показано, что при расчете покотов тепла и влаги по климатическим среднемесячным значениям предпочтение следует отдавать методике С.К. Гулева [13, 26], а при расчете потоков по среднегодовым данным можно использовать любую методику из [2, 3, 13, 49]. Использование же для расчетов испарения методики Н.З. Ариель [33] выявило занижения величины **Ev** на 31% для Северной Атлантики и на 25% для Юго-Восточной Балтики. Поэтому, вопрос о том, какие из величин испарения (а значит и пресноводного баланса) с учетом методик [13] или [33] следует принять пока остается открытым (на него можно будет ответить лишь после оценки водного баланса Балтийского моря), что будет предметом нашего дальнейшего исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антонов А.Е. Крупномасштабная изменчивость гидрометеорологического режима Балтийского моря и ее влияние на промысел. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 248 с.

2. Атлас теплового баланса земного шара / ред. М.И. Будыко. – М., 1963. – 69 л.

3. Атлас теплового баланса океанов / ред. А.Г. Колесников. – Севастополь: МГИ АН УССР, 1970. – 130 с.

4. Бортковский Р.С. Расчет турбулентных потоков тепла, влаги и количества движения над морем по данным судовых измерений // Метеорология и гидрология. – 1971. – № 3. – С. 93-98.

5. Брукс К., Карузерс Н. Применение статистических методов в метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 416 с.

6. Витинский Ю.И. Прогнозы солнечной активности. – М.-Л.: Из-во АН СССР, 1963. – 151 с.

7. Воробьев В.Н. Долгопериодные приливы в морях Советской Арктики. (Приложение к диссертации). – Л.: Фонды ЛВИМУ, 1967.

8. Герард Р. Соленость морской воды // Океанографическая энциклопедия. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – С. 470-483.

9. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т. 1. Балтийское море. Вып. 1. Балтийское море без заливов – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 175 с.

10. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 280 с.

11. Гордеева С.М., Малинин В.Н. О межгодовой изменчивости компонентов водного баланса Балтийского моря // Тр. РГГМУ. – 1999. – Вып. 122. – С. 64-80.

12. Гулев С.К., Колинко А.В., Лаппо С.С. Синоптическое взаимодействие океана и атмосферы в средних широтах. – СПб: Гидрометеоиздат, 1994. – 320 с.

13. Гулев С.К., Украинский В.В. Роль различных временных масштабов в процессах энергообмена океана и атмосферы // Изв. АН СССР. ФАО. – 1989. – Т. 25. – № 7. – С. 675-687.

14. Дмитриев А.А., Белязо В.А. Космос, планетарная климатическая изменчивость и атмосфера полярных регионов. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2006. – 358 с.

15. Добровольский А.Д. Об определении водных масс // Океанология. – 1961. – Т. 1. – Вып. 1. – С. 12-24.

16. Дубравин В.Ф. Атлас пресноводного баланса Атлантического океана. – Калининград, 1997. – 138 с. – Деп. ВИНИТИ 11.08.97, № 2668 В97

17. Дубравин В.Ф. Крупномасштабный термохалинный режим вод и формирование зон биологической продуктивности Атлантического океана. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. геогр. наук. СПб, 2002. – 44 с.

18. Дубравин В.Ф. Навроцкая С.Е. Климатическая геострофическая циркуляция поверхности Атлантического океана и ее сезонная изменчивость. – Калининград, 2003. – 128 с. – Деп. в ВИНИТИ 30.09.03, № 1750 – В2003.

19. Дубравин В.Ф., Педченко А.П. Долгопериодная изменчивость термохалинной структуры вод Балтийского моря и ее влияние на динамику запасов и промысел пелагических рыб // Вопросы промысловой океанологии. – Вып.7. – № 2. – М., Изд-во ВНИРО, 2010. – С. 57-79.

20. Дубравин В.Ф., Стонт Ж.И., Гущин О.А. Долгопериодная изменчивость потоков тепла, влаги и импульса восточной части Гданьского бассейна // Наука и образование в России: история и современное состояние / Каледин Н.В., Дмитриев В.В., Алиев Т.А. – СПб: ВВМ, 2010. – С. 794-801.

21. Есюкова Е.Е. Пространственная структура и внутригодовая изменчивость горизонтального обмена в Балтийском море. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. – Калининград, 2009. – 25 с.

22. Ижевский Г.К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. – М., 1964. – 165 с.

23. Китайгородский С.А. Физика взаимодействия атмосферы и океана. Л.: Гидро-метеоиздат, 1970. – 284 с.

24. Китайгородский С.А., Кузнецов О.А., Панин Г.Н. О коэффициентах сопротивления, теплообмена и испарения над морской поверхностью в атмосфере // Изв. АН СССР. ФАО. – 1973 – Т. IX – № 11 – С. 1135-1141.

25. Климатический и гидрологический атлас Балтийского моря. – М.: Гидрометеоиздат, 1957. – 106 с.

26. Лаппо С. С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 336 с.

27. Масагутов Т.Ф. Расчет вертикальных турбулентних потоков в приводном слое атмосферы над океаном в тропических широтах // Метеорология и гидрология. – 1981. – № 12. – С. 61-68.

28. Микульский З. Водный баланс Балтийского моря // Водный баланс. – 1974. – № 5. – С. 3–14.

29. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 638 с.

30. Морской гидрометеорологический ежегодник. Балтийское море. Т.1 (за 1950-1989 гг.). – Л. – 1960-1990.

31. Общие закономерности изменчивости гидрометеорологического режима Балтийского и Белого морей / Смирнова А.И., Терзиев Ф.С., Арсенчук М.О., Яковлева Н.П. // Метеорология и гидрология. – 2000. – № 11. – С. 62-72.

32. О расчете коэффициентов тепло- и влагообмена между океаном и атмосферой / Ефимов В.В., Тимофеев Н.А., Сычев Е.Н., Куржеевский И.В. // Изв. АН СССР. ФАО. – 1985. – Т. 21. – № 7. – С. 664-667.

33. О расчете среднемесячных значений потоков тепла и влаги над океаном / Ариель Н.З., Бортковский Р.С., Бютнер Э.К., Кучеров Н.В., Строкина Л.А. // Метеорология и гидрология. – 1973. – № 5. – С. 3-11.

34. Проблемы исследования и математического моделирования экосистемы Балтийского моря. Вып. 1. Экосистема и ее компоненты. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 255 с.

35. Проект «Моря СССР» Т.III. Балтийское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 450 с.

36. Пространственно-временная изменчивость испарения Северной и Центральной Атлантики / Дубравин В.Ф., Казачкина Л.И., Навроцкая С.Е., Смирнов А.В. // VI Всероссийский гидрологический съезд. Т. 5. Доклады. Ч 1. Метеоагентство Росгидромета. М., 2006. – С. 201-206.

37. Радикевич В.М. О расчете потоков тепла, влаги и количества движения // Океанология. – 1970. – Т. X. – Вып. 5. – С. 878-882.

38. Расчет атмосферных осадков и испарения на акватории Балтийского моря за 1951-1970 гг. / Арсеньева И.Я, Завилович А.В., Михайлов Ю.Д., Строкина Л.А, Щевелева Г.И. // Тр. ГОИН. – 1978 – Вып. 147. – С. 82-102.

39. Сидоренков Н.С. Планетарные атмосферные процессы // Атлас временных природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 2. Циклическая динамика в природе и обществе. – М.: Научный мир, 1998. – С. 274-277.

40. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. – М.: Физматлит, 2002. – С. 384.

41. Соскин И.М. Многолетние изменения гидрологических характеристик Балтийского моря. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 160 с.

42. Суховей В.Ф. Моря Мирового океана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 288 с.

43. Тихий океан. Т. 1. Метеорологические условия над Тихим океаном / Отв. ред. В.С. Самойленко. – М.: Наука, 1966. – 396 с.

44. Федосов В.М., Зайцев Г.Н. Водный баланс и химический режим Балтийского моря и его заливов // Тр. ВНИРО. – 1960. – Т. 42. – С. 7–14.

45. Хромов С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1968. – 491 с.

46. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 568 с.

47. Хокансон Л. Физическая география Балтики. Урок. 1. Балтийское море и окружающая среда. – М.: Гидрометеоиздат, 1996. – 35 с.

48. Хупфер П. Балтика – маленькое море. Большие проблемы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 136 с.

49. Шулейкин В.В. Связь между климатом Европы и переносом тепла в Атлантике // Изв. АН СССР. ФАО. – 1968. – Т. IV – № 3. – С. 243-261.

50. Andersson P. Total and regional Runoff to the Baltic Sea. HELCOM Indicator Fact Sheets 2009. – http://www.helcom.fi/environment2/ifs/en_GB/cover/.

51. Blanc T.V. Variation of Bulk-Derived Surface Flux, Stability, and Roughness Results Due to the of Different Transfer Coeffcient Schemes // J. Phys. Oceanogr. – 1985. – Vol. 15. – № 6. – P. 650-669.

52. Brogmus W. Eine Rewision des Wasserhaushaltes der Ostsee. Kieler Meeresforschungen. – 1952. – Bd. 9. – H 1. – S. 15-42.

53. Cyberski J. and Wroblewski A. Riverine water inflow and the Baltic Sea water volume 1901-1990 // Hydrology and Earth System Sciences. – 2000. – Vol. 4. – № 1. – P. 1-11.

54. Hansson D. Ocean Climate Variability over Recent Centuries Explored by Modelling the Baltic Sea. Göteborg, 2009. – 57 p. – Internet-id http://hdl.handle.net/2077/20827.

55. HELCOM. Atlas of the Baltic Sea. – Helsinki, 2010. – 189 p.

56. HELCOM. Climate change in the Baltic Sea area / HELCOM Stakeholder Conference on the Baltic Sea Action Plan. Helsinki, Finland, 7 March, 2006. – 48 p.

57. HELCOM. Water balance of the Baltic Sea. Baltic Sea Environm. Proc.1986. – Vol. 16. – 174 p.

58. Isemer H.-J. and Hasse L. The Bunker climate atlas of the North Atlantic Ocean. Vol. 2. – Springer Verlag, Heidelberg, New York, Tokyo, 1987. – 252 p.

59. Meier H.E.M. and Doscher R. Simulated water and heat cycles of the Baltic Sea using a 3D coupled atmosphere-ice-ocean model // Boreal. Env. Res., 2002. – Vol. 7. – P. 327-334.

60. Mikulski Z. Inflow if river water to the Baltic sea in the period 1951-1960 // Nordic Hydrology. – 1970. – Vol. 4. – P. 216-227.

61. Mikulski, Z. River inflow to the Baltic Sea 1921-1975. Polish Acad. Sci. / Polish National Committee IHP UNESCO, Warsaw, 1982.

62. Omstedt A. Baltic Sea marine system: In introduction // University of Gothenburg. Göteborg, 2009. – 37 p.

63. Omstedt A, Nohr C. Calculating the water and heat balances of the Baltic Sea using ocean modelling and available meteorological, hydrological and ocean data // Tellus, 2004. – Vol. – 5A. – P. 400–414.

64. Richter K.-G. and Ebel M. Analysis of runoff for the Baltic basin with an integrated Atmospheric-Ocean-Hydrology Model // Advances in Geosciences, 2006. – № 9. – P. 31–37.

65. State and Evolution of the Baltic Sea, 1952–2005. A Detailed 50-Year Survey of Meteorology and Climate, Physics, Chemistry, Biology, and Marine Environment /Editors: R. Feistel, G. Nausch, N. Wasmund. – 2008. – http://www.io-warnemuende.de/projects/baltic/ index. html.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВИ – нерегулярная внутригодовая изменчивость

ГОИН – Государственный океанографический институт

ИР – исходный ряд

МГЕ – Морской гидрометеорологический ежегодник.

МИ – межгодовая изменчивость

ППОСЛиС – потенциал приливообразующих сил Луны и Солнца

СХ – нормальный (регулярный или климатический) сезонный ход

УСВЗ (ν) – угловая скорость вращения Земли

ЭО – эффективные осадки (разность осадков и испарения)

A – амплитуда соответствующей гармоники

B_0 – пресноводный баланс

B01- B11 – номера морских регионов

C – меридиональный тип циркуляции атмосферы

C_E – коэффициент обмена влагой

E – восточный тип циркуляции атмосферы

e_a – упругость водяного пара

E_{0w} – максимальная упругость водяного пара при температуре воды T_w

Eqwind (U) – результирующий перенос массы воздуха в экваториальной стратосфере

Ev – испарение

(Ev-Pr) – эффективное испарение (разность испарения и осадков)

I_{st} – коэффициент пропорциональности (мера интенсивности осадков) для метеостанции

$\overline{Ist}$ – средний коэффициент пропорциональности (мера интенсивности осадков) из коэффициентов прибрежных и островных станций в пределах данного морского района

P – длительность эталонных суток 86400 с

p_{mr} – повторяемость (число дней с осадками) для морских районов

P_0 – атмосферное давление на уровне моря

Pr – осадки

Pr_{mr} – среднемесячная величина осадков в пределах морских районов

(Pr-Ev) – разность осадков и испарения, эффективные осадки

Pr_{st} – среднемесячная величина осадков на прибрежных и островных метеостанциях

p_{st} – повторяемость (число дней с осадками) на прибрежных и островных метеостанциях

q – квота соответствующей гармоники (вклад ее в общую дисперсию сезонного хода)

r – коэффициент корреляции

$R_{пов}$ – поверхностный сток

$R_{подз}$ – подземный сток

R_{Σ} – суммарный речной сток

RCAO – Rossby Centre Atmosphere Ocean model

RCO – Rossby Centre Ocean model

S – соленость

T_{max} – дата наступления максимума соответствующей гармоники, начиная с 1 января

U – результирующий перенос массы воздуха в экваториальной стратосфере

T_w – температура воды

W – солнечная активность (числа Вольфа)

W – западный тип циркуляции атмосферы

Ws – скорость приводного ветра

Θ – фаза соответствующей гармоники

σ – среднее квадратичное отклонение

ρ – плотность воздуха

ξ_E – коэффициент, зависящий от масштаба пространственно-временного усреднения

τ – сдвиг корреляционной функции

ν – угловая скорость вращения Земли

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1 – Районирование Балтийского моря по [65]

Рисунок 2 – Атмосферные осадки **Pr** (мм/год) на поверхности Балтийского моря, рассчитанные по [65]

Рисунок 3 – Испарение **Ev** (мм/год) с поверхности Балтийского моря, рассчитанное по [65]

Рисунок 4 – Эффективные осадки (**Pr**-**Ev**) (мм/год) на поверхности Балтийского моря, рассчитанные по [65]

Рисунок 5 – Сезонный ход составляющих пресноводного баланса Балтийского моря (км^3/мес.): атмосферных осадков **Pr** – (а); суммарного речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ – (б); испарения **Ev** – (в); пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ – (г), рассчитанный для суббассейнов и Балтийского моря в целом

Рисунок 6 – Сезонный ход составляющих пресноводного баланса Балтики (км^3/мес.): атмосферных осадков **Pr** – (а); суммарного речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ – (б); испарения **Ev** – (в); пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ – (г), рассчитанный по данным [48, 52, 54, 59, 65]

Рисунок 7 – Сезонный ход эффективных осадков (**Pr**-**Ev**) (км^3/мес.) всей Балтики, рассчитанный по [52, 54, 59, 65]

Рисунок 8 – Корреляционные функции между сезонным ходом геокосмических сил (**ППОСЛиС** [7] – а, **ν** [40] – б, **U** [40] – в) и индексов циркуляции (**W**, **E**, **C**), рассчитанных по [10, 14]

Рисунок 9 – Корреляционные функции между сезонным ходом геокосмических сил (**ППОСЛиС** [7] – а, **ν** [40] – б, **U** [40] – в) и элементов пресноводного баланса в Балтийском море, рассчитанных по данным [65]

Рисунок 10 – Корреляционные функции между сезонным ходом форм циркуляции (**W** –а, **E** – б, **C** – в) и элементов пресноводного баланса в Балтийском море, рассчитанных по данным [10, 14, 65] за 1951-2000 гг.

Рисунок 11 – Межгодовая изменчивость атмосферных осадков **Pr** (мм/год), выпадающих в Стокгольме, Балтийске, Висбю и всей Балтике, рассчитанная по [30, 62, 65]

Рисунок 12 – Межгодовая изменчивость речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (км^3/год) для всей Балтики, рассчитанная по [50, 53, 56, 61]

Рисунок 13 – Межгодовая изменчивость речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (км^3/год) в регионах Балтики за период 1950-2007 гг., рассчитанная по данным Andersson [50]

Рисунок 14 – Межгодовая изменчивость испарения **Ev** (мм/год) с поверхности всей Балтики по [63] и Балтийска по [20]

Рисунок 15 – Межгодовая изменчивость эффективных осадков (**Pr**-**Ev**) (мм/год) для всей Балтики по [62] и Балтийска по [30]

Рисунок 16 – Межгодовая изменчивость элементов пресноводного баланса (**Pr, Ev,** $\mathbf{R_\Sigma}$, $\mathbf{B_0}$) (км^3/год) для всей Балтики по [62]

Рисунок 17 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между осадками **Pr** в Балтийское море [62] и внешними силами (числа **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) в 1979-2002 гг.

Рисунок 18 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между осадками **Pr** в Балтийское море [62] и повторяемостью типов атмосферной циркуляции **W**, **E** и **C** [10, 14] в 1979-2002 гг.

Рисунок 19 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между речным стоком $\mathbf{R_\Sigma}$ в Балтийское море [56] и внешними силами (числа **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) в 1956-1990 гг.

Рисунок 20 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между речным стоком $\mathbf{R_\Sigma}$ в Балтийское море [56] и повторяемостью типов атмосферной циркуляции (**W**, **E** и **C** [10, 14]) в 1956-1990 гг.

Рисунок 21 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между испарением **Ev** в Балтике [63] и внешними силами (числа **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) в 1971-2002 гг.

Рисунок 22 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между испарением **Ev** в Балтике [63] и повторяемостью типов атмосферной циркуляции (**W**, **E** и **C** [10, 14]) в 1971-2002 гг.

Рисунок 23 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между пресноводным балансом $\mathbf{B_0}$ в Балтике [62] и внешними силами (числа **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) в 1956-1990 гг.

Рисунок 24 – Распределение корреляционных функций, рассчитанных между пресноводным балансом $\mathbf{B_0}$ в Балтике [62] и повторяемостью типов атмосферной циркуляции (**W**, **E** и **C** [10, 14]) в 1971-2002 гг.

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1 – Пресноводный баланс $\mathbf{B_0}$ (км^3) Балтийского моря по [21, 28, 38, 41, 44, 47, 48, 50, 52, 54, 55, 57, 59, 62-65]

Таблица 2 – Размах колебаний сезонного хода и среднегодовые значения испарения **Ev** (мм), коэффициента влагообмена $\mathbf{C_E}\cdot 10^{-3}$ и отношения последнего к $\mathbf{C_E}\cdot 10^{-3}$ Гулева [13], рассчитанные по методикам [2-4,13, 27, 32, 33, 37, 49], по данным [25] для Балтийска (1867-1955 гг.)

Таблица 3 – Доля отдельных суббассейнов в общем объеме атмосферных осадков **Pr** (км^3/год) в Балтику за 1951-1960 гг. и 1961-1970 гг. [38] и за 1951-2000 гг. (данная работа)

Таблица 4 –Доля отдельных суббассейнов в общем объеме речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (км^3/год) в Балтику за 1951-1960 гг. и 1961-1970 гг. [28] и за 1950-2000 гг. [50]

Таблица 5 – Доля отдельных регионов в общем объеме испарения **Ev** (км^3/год) с поверхности Балтики за 1951-1960 гг. и 1961-1970 гг. [38] и за 1951-2000 гг. (данная работа)

Таблица 6 – Эффективные осадки (**Pr**-**Ev**) (км^3/год) в отдельных суббассейнах и Балтике в целом за 1951-1960 гг. и 1961-1970 гг. [28] и за 1951-2000 гг. (данная работа)

Таблица 7 – Пресноводный баланс $\mathbf{B_0}$ (км^3/год) в отдельных суббассейнах и Балтике в целом за 1951-1960 гг. и 1961-1970 гг. [38] и за 1951-2000 гг. (данная работа)

Таблица 8 – Составляющие пресноводного баланса (км^3/год) суббассейнов и Балтийского моря в целом (верхняя строка) и нормированные на объем речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (нижняя) за 1951-2000 гг.

Таблица 9 –Дисперсия (верхняя строка) и относительная доля (нижняя строка) исходного ряда (**ИР**), регулярного сезонного хода (**СХ**), внутригодовой (**ВИ**) и межгодовой (**МИ**) изменчивости составляющих пресноводного баланса

Pr, R_Σ, Ev, (Pr-Ev), B_0 (мм/мес.) в некоторых пунктах Балтийского моря, рассчитанная по модели [26]

Таблица 10 – Усредненный для прибрежных и островных метеостанций за 1961-1990 гг. и для морских районов Балтийского моря 1951-2000 гг. сезонный ход осадков **Pr** (мм/мес. – верхняя строка; км^3/мес. – нижняя), рассчитанный по [65]

Таблица 11 – Статистики гармонических постоянных сезонного хода осадков **P**r (мм) (1961-1990 гг.), рассчитанных для метеостанций Балтийского моря по [65]

Таблица 12 – Статистики гармонических постоянных сезонного хода осадков **Pr** (мм) (1951-2000 гг.), рассчитанных для морских регионов Балтийского моря по [65]

Таблица 13 – Сезонный ход атмосферных осадков, выпадающих на всю Балтику **Pr** (км^3/мес.), рассчитанный по [48, 52, 59, 65]

Таблица 14 – Гармонические постоянные сезонного хода осадков **Pr** (км^3/мес.), выпадающих на всю Балтику, рассчитанные по [48, 52, 59, 65] (таблица 13)

Таблица 15 – Средний за 1951-1960 гг. сезонный ход речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (км^3/мес.) в отдельных регионах и Балтике в целом, рассчитанный по [60]

Таблица 16 – Сезонный ход речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (км^3/мес.) для всей Балтики, по [48, 52-54, 59, 61, 64]

Таблица 17 – Гармонические постоянные сезонного хода речного стока $\mathbf{R_\Sigma}$ (км^3/мес.) для всей Балтики, рассчитанные по [48, 52-54, 59, 61, 64] (таблица 16)

Таблица 18 – Усредненный для морских районов Балтийского моря 1951-2000 гг. сезонный ход испарения **Ev** (мм/мес.), рассчитанный по [69] (методика [13])

Таблица 19 – Статистики гармонических постоянных сезонного хода испарения **Ev** (мм/мес.) (1951-2000 гг.), рассчитанных для морских регионов Балтийского моря, по [65] (методика [13], таблица 18)

Таблица 20 – Сезонный ход испарения **Ev** ($км^3$/мес.) с поверхности всей Балтики, рассчитанный по [52, 59, 65]

Таблица 21 – Гармонические постоянные сезонного хода испарения **Ev** ($км^3$/мес.) с поверхности всей Балтики, рассчитанные по [52, 59, 65] (таблица 20)

Таблица 22 – Усредненный для морских районов Балтийского моря за 1951-2000 гг. сезонный ход эффективных осадков (**Pr**-**Ev)** (мм/мес.), рассчитанный по [65] (методика [13])

Таблица 23 – Статистики гармонических постоянных сезонного хода эффективных осадков (**Pr**-**Ev)** (мм/мес.), за 1951-2000 гг., рассчитанных для морских регионов Балтийского моря, по [65] (методика [13])

Таблица 24 – Сезонный ход эффективных осадков (**Pr**-**Ev)** ($км^3$/мес.) всей Балтики, рассчитанный по [52, 54, 59, 65]

Таблица 25 – Гармонические постоянные сезонного хода эффективных осадков (**Pr**-**Ev**) ($км^3$/мес.) всей Балтики, рассчитанные по [52, 54, 59, 65] (таблица 24)

Таблица 26 – Средний за 1951-2000 гг. сезонный ход пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ ($км^3$/мес.) в отдельных регионах и Балтике в целом, рассчитанный по [65] (методика [13])

Таблица 27 – Гармонические постоянные сезонного хода пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ ($км^3$/мес.) в регионах и Балтике в целом, рассчитанные по [65] (таблица 26)

Таблица 28 – Корреляционые матрицы между сезонным ходом составляющих пресноводного баланса, рассчитанных с учетом регионов Балтики за период 1951-2000 гг. по данным [65]

Таблица 29 – Сезонный ход пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ ($км^3$/мес.) Балтийского моря, рассчитанный по [52, 54, 59, 65]

Таблица 30 – Гармонические постоянные сезонного хода пресноводного баланса $\mathbf{B_0}$ ($км^3$/мес.) Балтийского моря, рассчитанный по [52, 54. 59, 65] (таблица 29)

Таблица 31 – Многолетние средние месячные значения геокосмических сил (**ППОЛиС** [7], **ν**, **U** [40]) и индексов циркуляции атмосферы (**W**, **E** и **C**) [10, 14]

Таблица 32 – Значения корреляционных функций между сезонным ходом геокосмических сил (**ППОСЛиС** [7], **ν**, **U** [40]) и индексов циркуляции (**W**, **E**, **C**), рассчитанных по [10, 14]

Таблица 33 – Значения корреляционных функций между сезонным ходом геокосмических сил (**ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) и элементов пресноводного баланса в Балтийском море, рассчитанных по [65] за 1951-2000 гг.

Таблица 34 – Значения корреляционных функций между сезонным ходом форм циркуляции **W**, **E**, **C** и элементов пресноводного баланса в Балтийском море, рассчитанных по [10, 14, 65] за 1951-2000 гг.

Таблица 35 – Оценки линейных трендов атмосферных осадков **Pr** (мм/год) на различных временных интервалах для различных пунктов Балтийского моря, рассчитанные по [30, 62, 65]

Таблица 36 – Статистики временного хода суммарного речного стока $\mathbf{R_{\Sigma}}$ ($км^3$/год) для всей Балтики, рассчитанные по [50, 53, 56, 61]

Таблица 37 – Периоды однонаправленного изменения суммарного стока $\mathbf{R_{\Sigma}}$ для всей Балтики, рассчитанные по данным [50, 53, 56, 61] (рисунок 12)

Таблица 38 – Корреляционые матрицы между речным стоком $\mathbf{R_{\Sigma}}$ ($км^3$/год) в регионах Балтики за период 1950-2007 гг., рассчитанные по [50]

Таблица 39 – Оценки линейных трендов испарения **Ev** (мм/год) на различных временных интервалах для Балтийска и Балтики в целом, рассчитанные по [20, 63]

Таблица 40 – Экстремальные значения корреляционных функций (r), рассчитанных между элементами пресноводного баланса по [20, 30, 50, 53, 56, 61, 62] и внешними силами (числа **W** [6], **ППОСЛиС** [7], **ν** и **U** [40]) за различные периоды

Таблица 41 – Экстремальные значения корреляционных функций, рассчитанных между элементами пресноводного баланса по [20, 30, 50, 53, 56, 61,62] и частотой встречаемости типов циркуляции **W**, **E**, **C** [10, 14] за различные периоды

ПРИЛОЖЕНИЕ.

АТЛАС
ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕСНОВОДНОГО БАЛАНСА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

КАРТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕСНОВОДНОГО БАЛАНСА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ПО МЕСЯЦАМ

ОСАДКИ

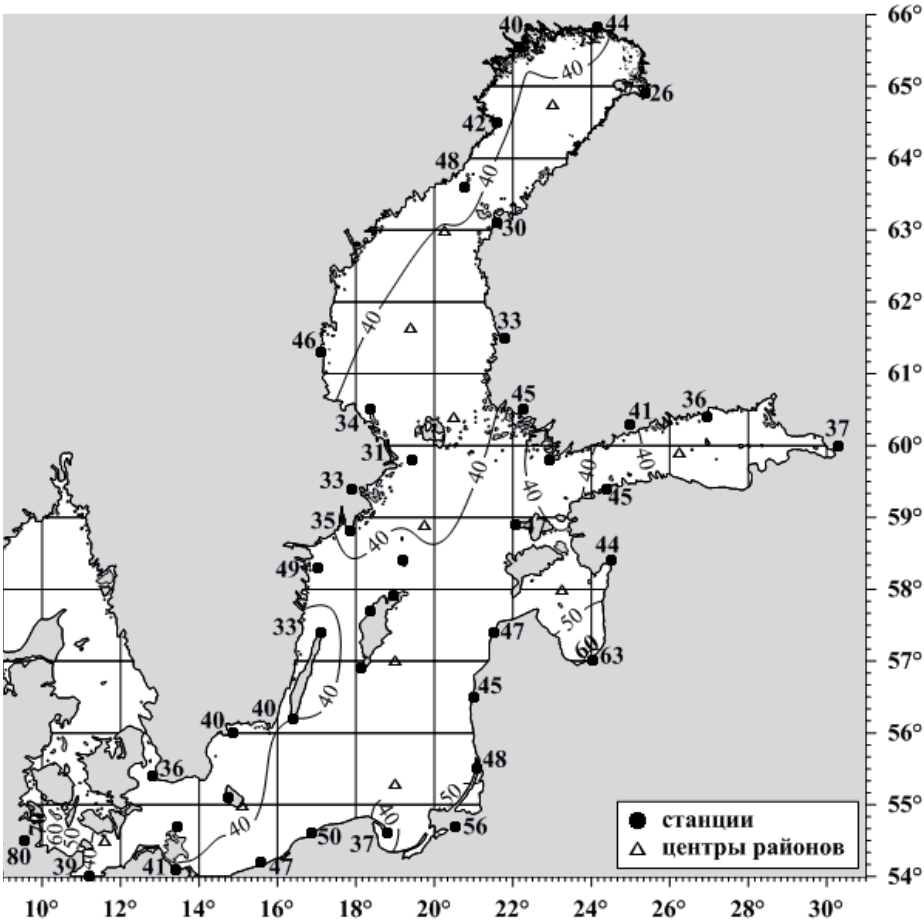


Рисунок 1 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в январе, мм/мес.

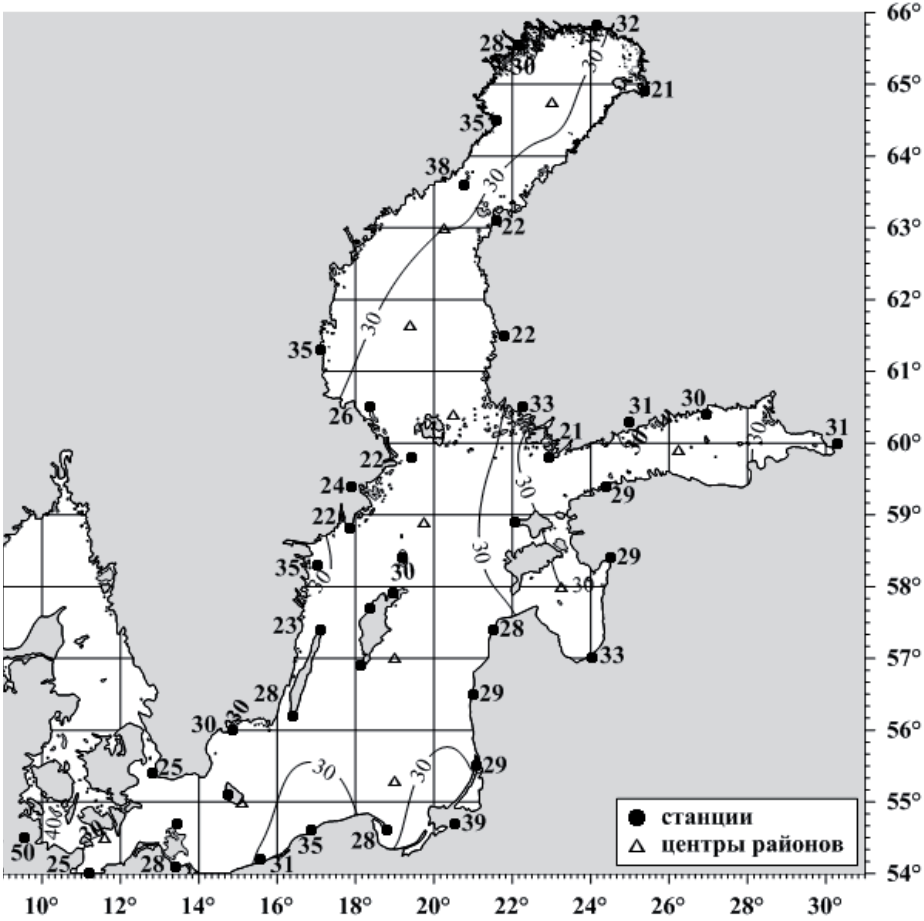


Рисунок 2 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в феврале, мм/мес.

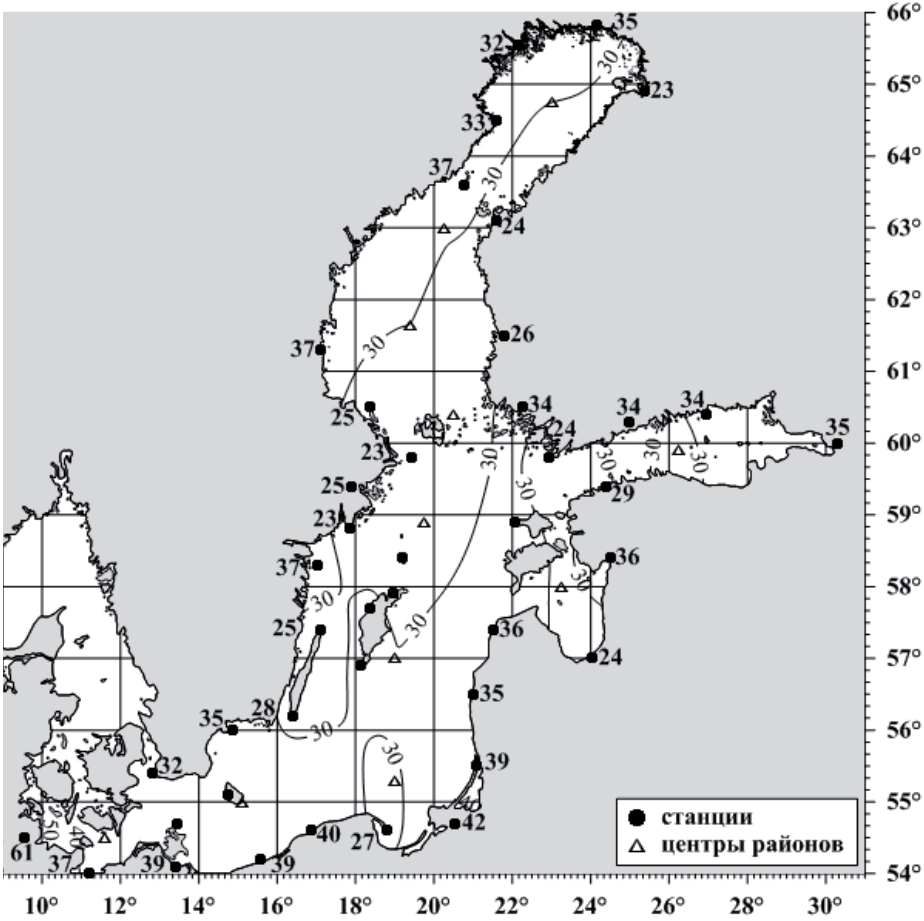


Рисунок 3 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в марте, мм/мес.

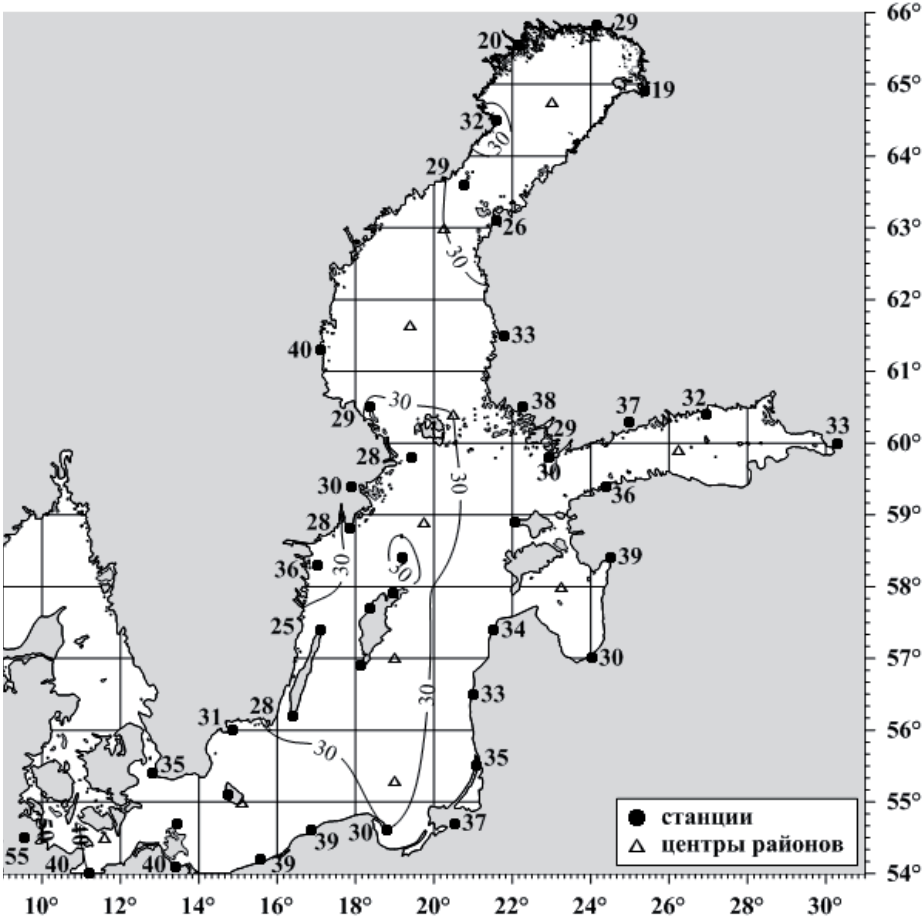


Рисунок 4 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в апреле, мм/мес.

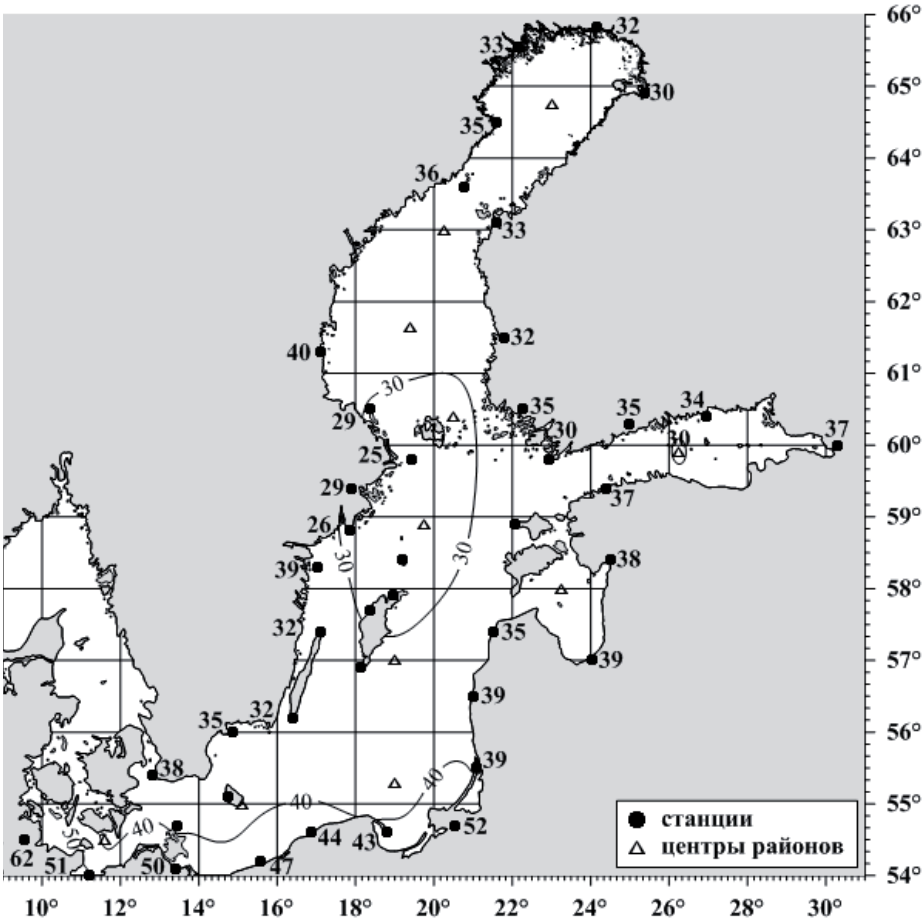


Рисунок 5 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в мае, мм/мес.

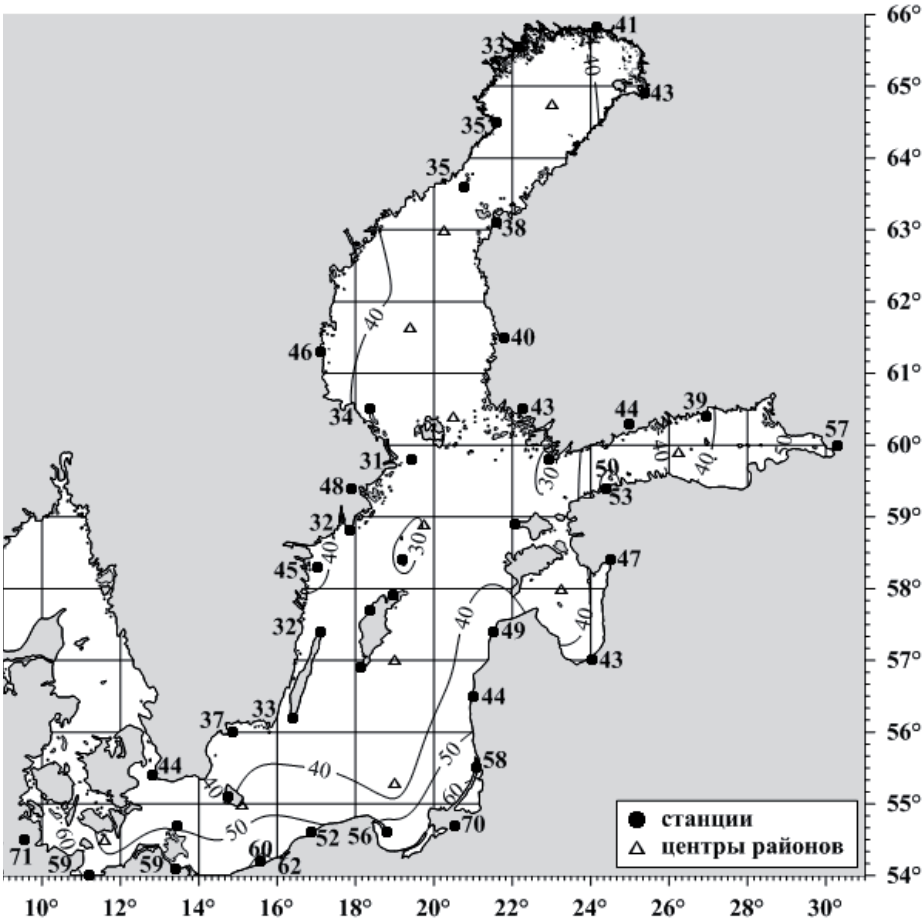


Рисунок 6 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в июне, мм/мес.

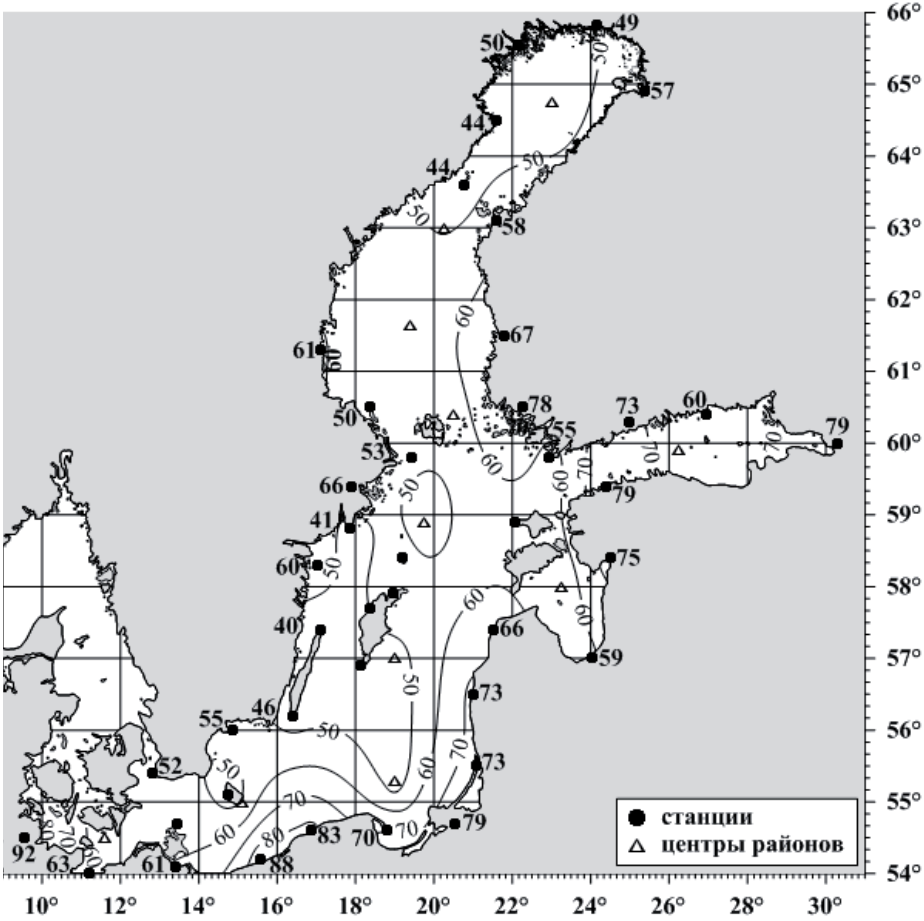


Рисунок 7 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в июле, мм/мес.

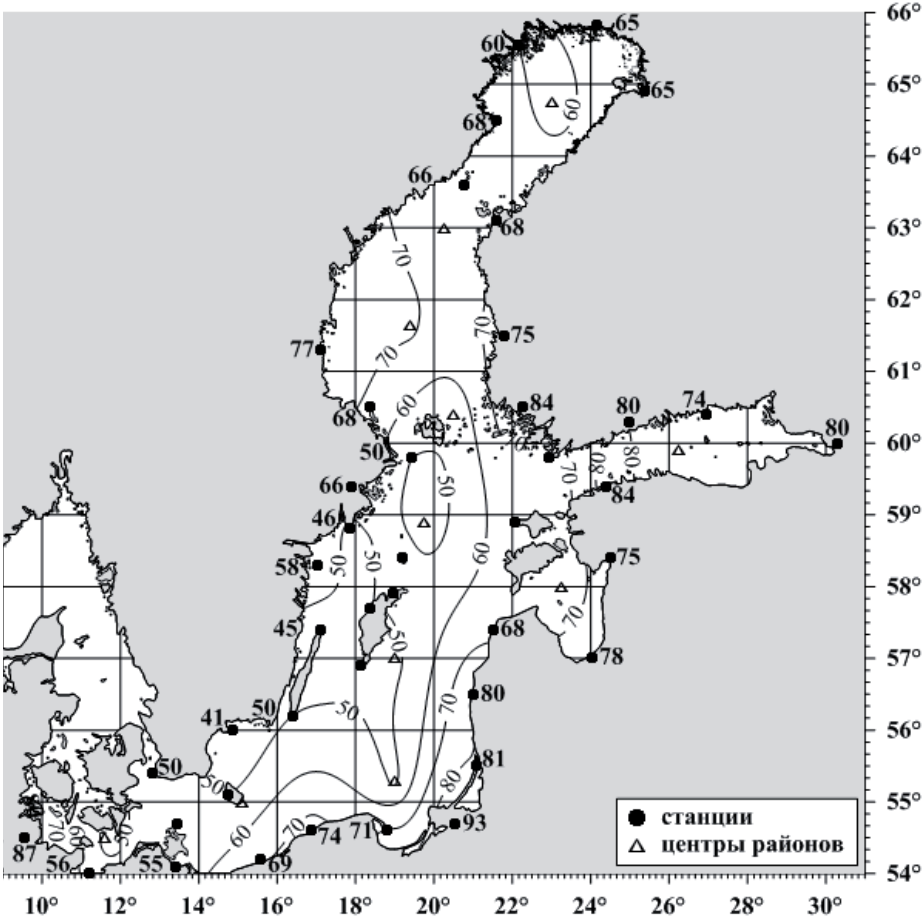


Рисунок 8 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в августе, мм/мес.

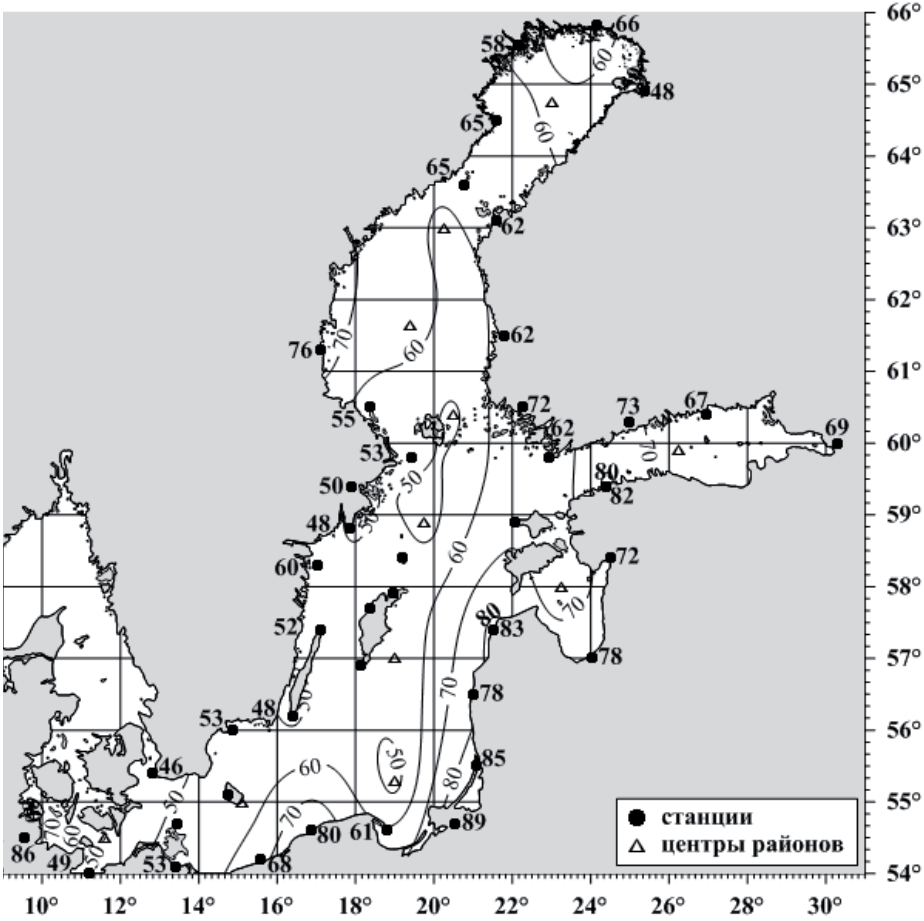


Рисунок 9 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в сентябре, мм/мес.

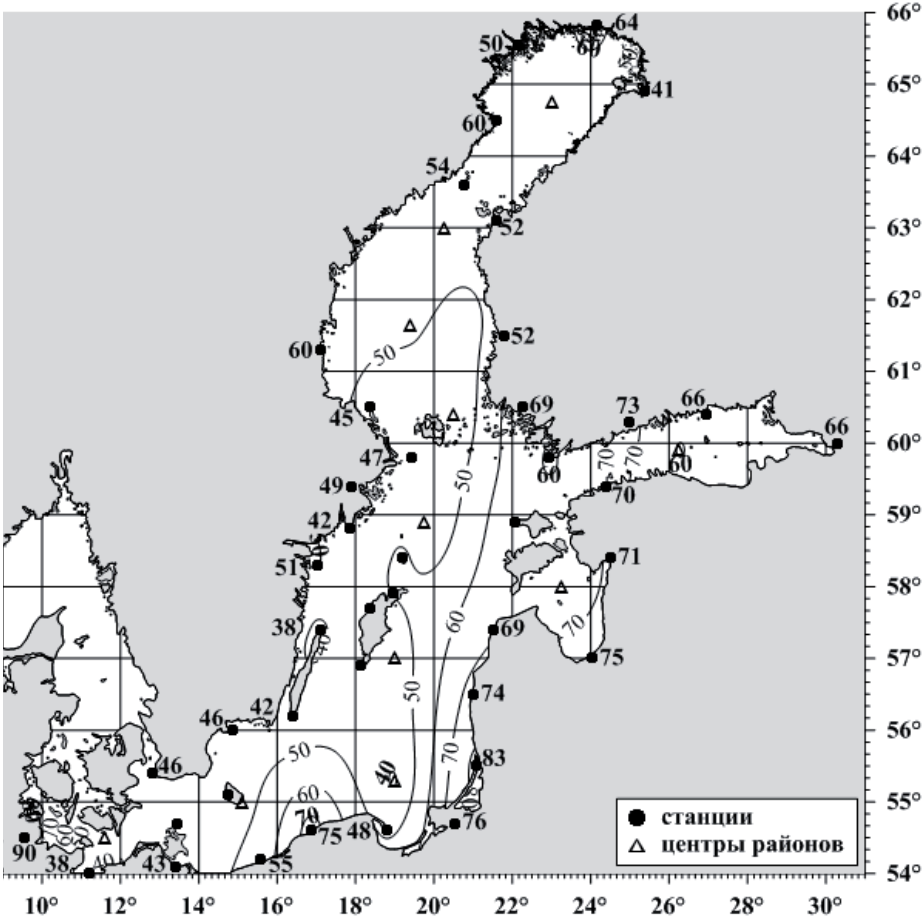


Рисунок 10 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в октябре, мм/мес.

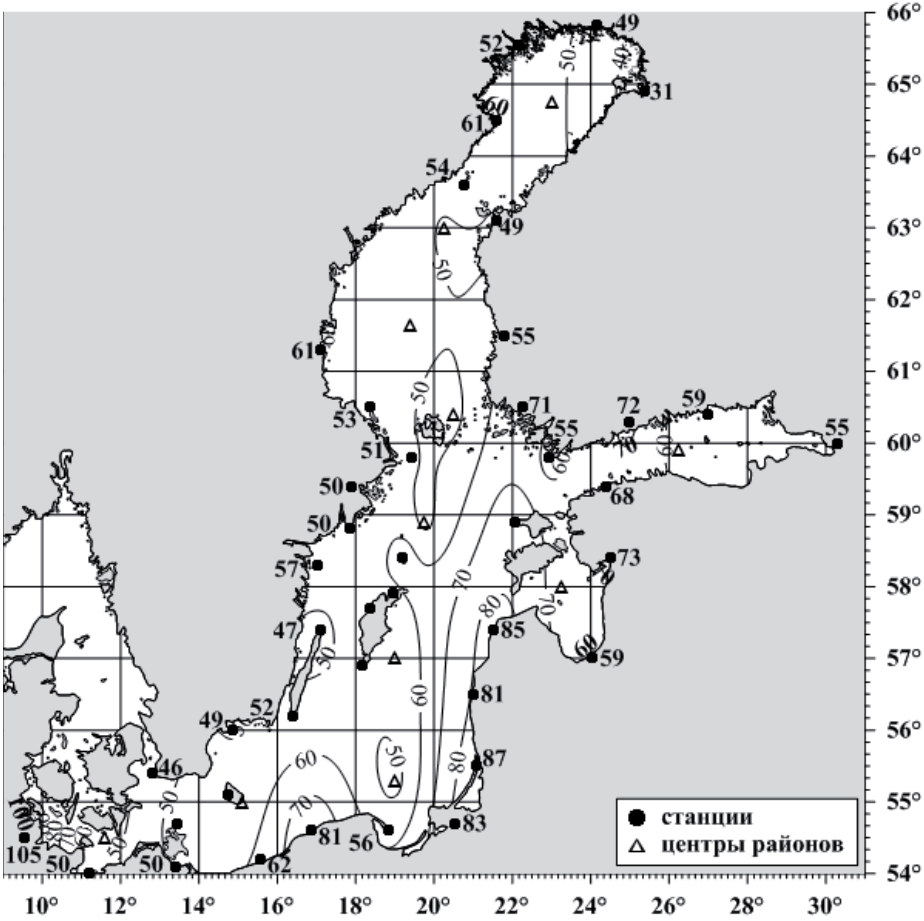


Рисунок 11 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в ноябре, мм/мес.

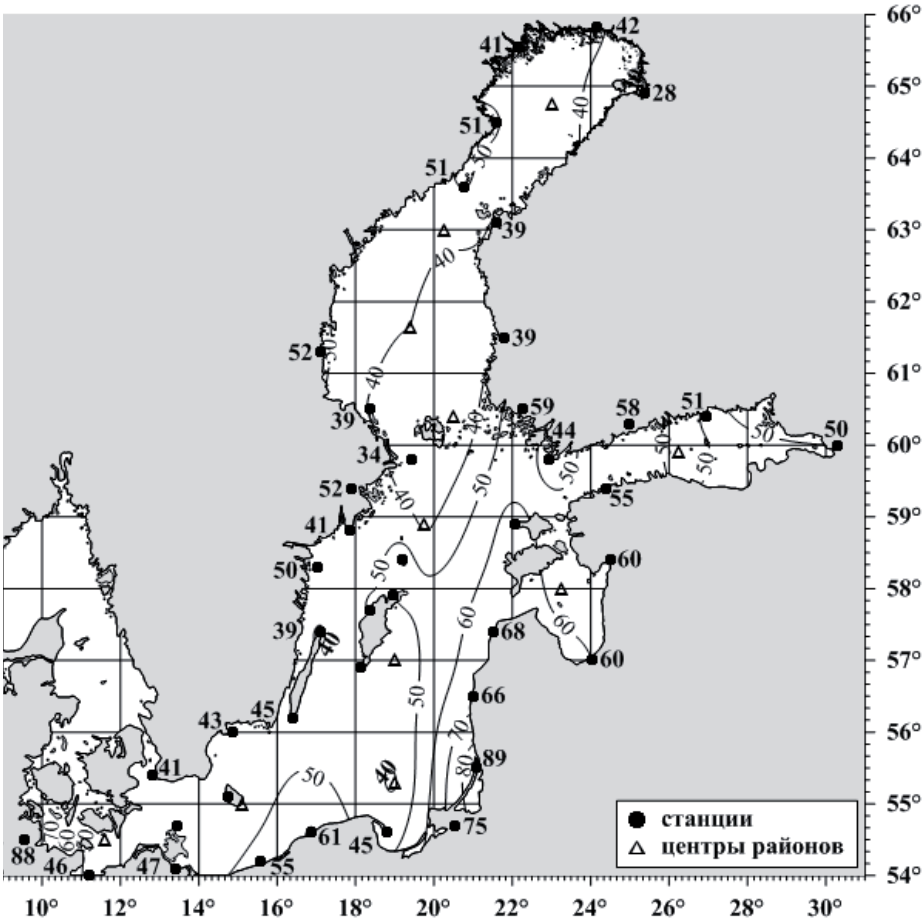


Рисунок 12 – Месячная сумма осадков на поверхность Балтийского моря в декабре, мм/мес.

ИСПАРЕНИЕ

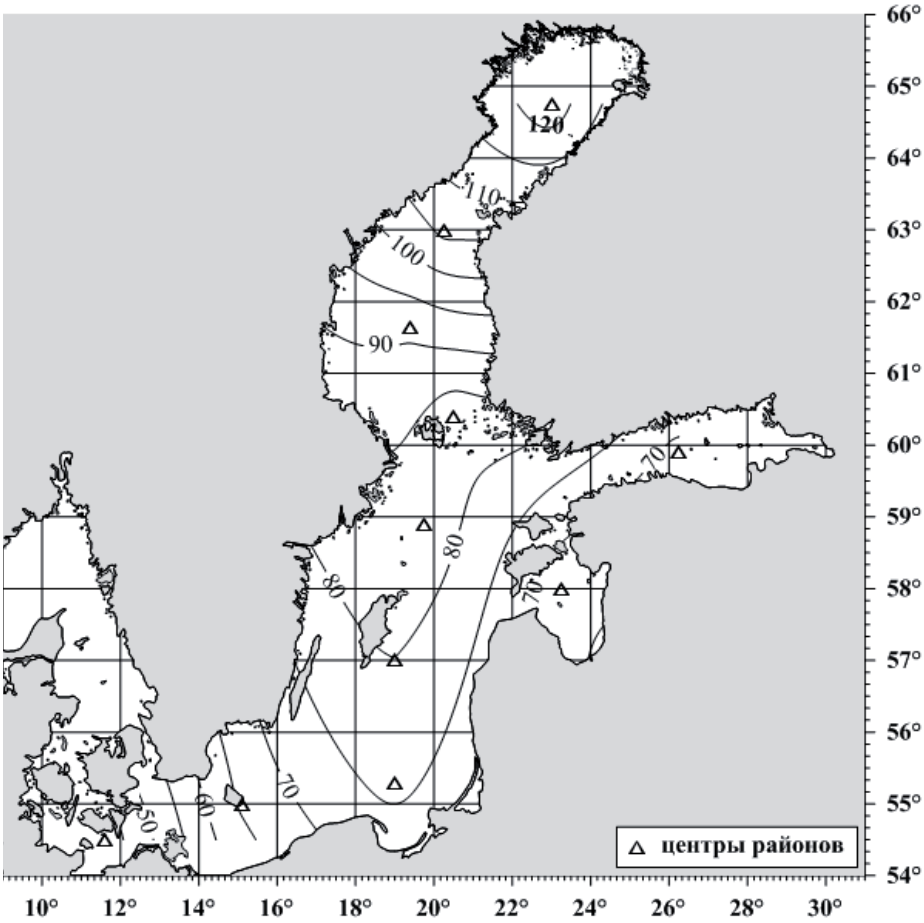


Рисунок 13 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в январе, мм/мес.

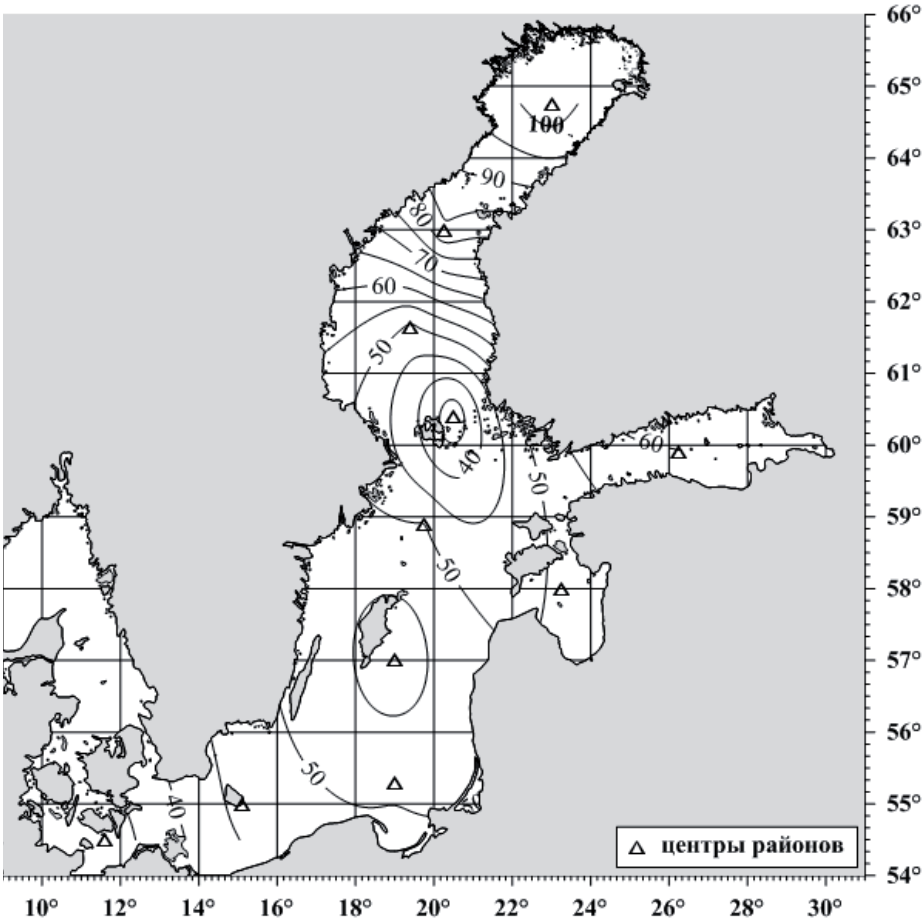


Рисунок 14 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в феврале, мм/мес.

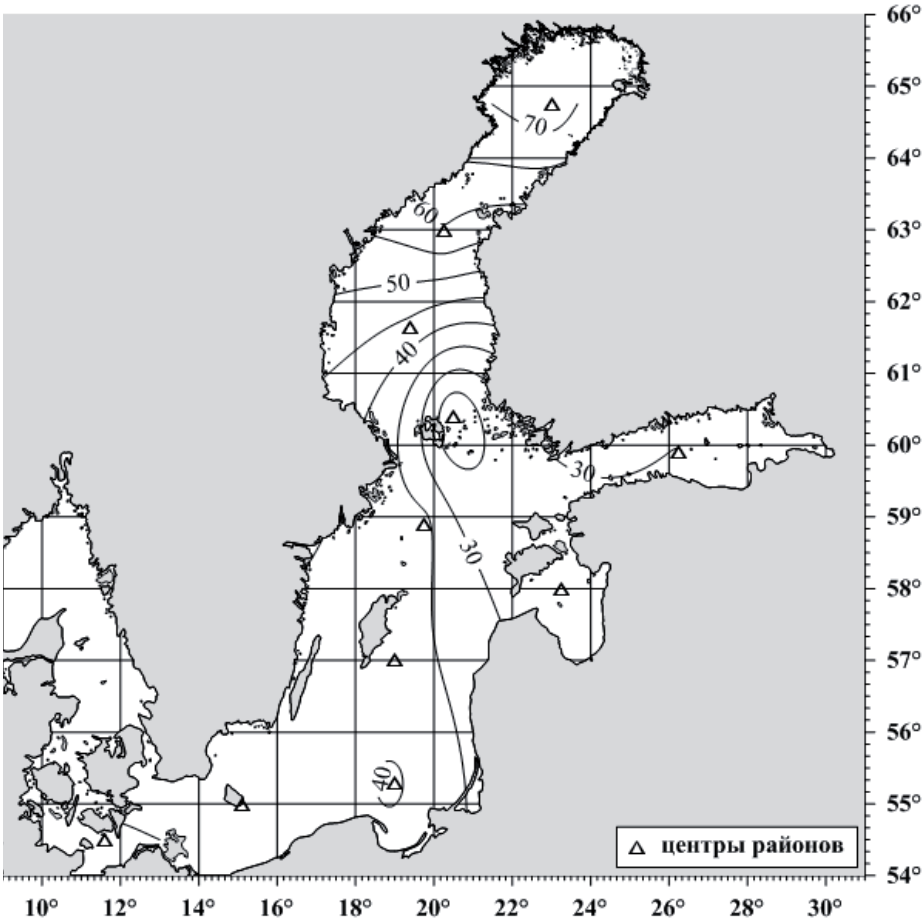


Рисунок 15 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в марте, мм/мес.

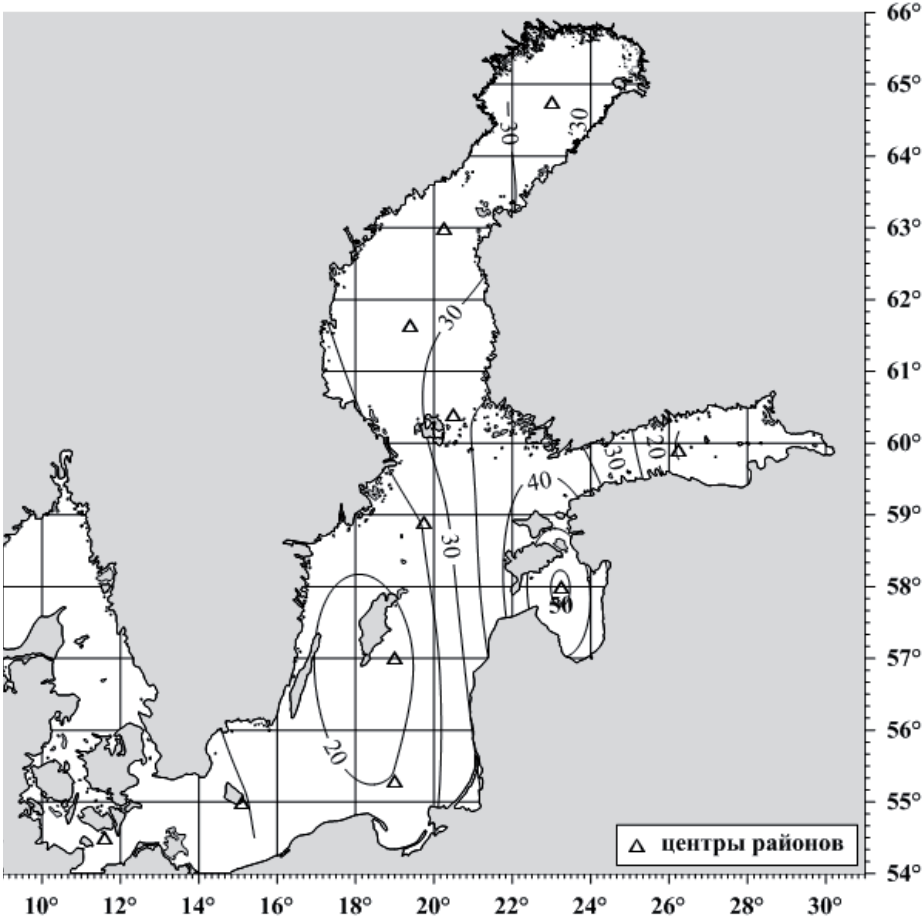


Рисунок 16 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в апреле, мм/мес.

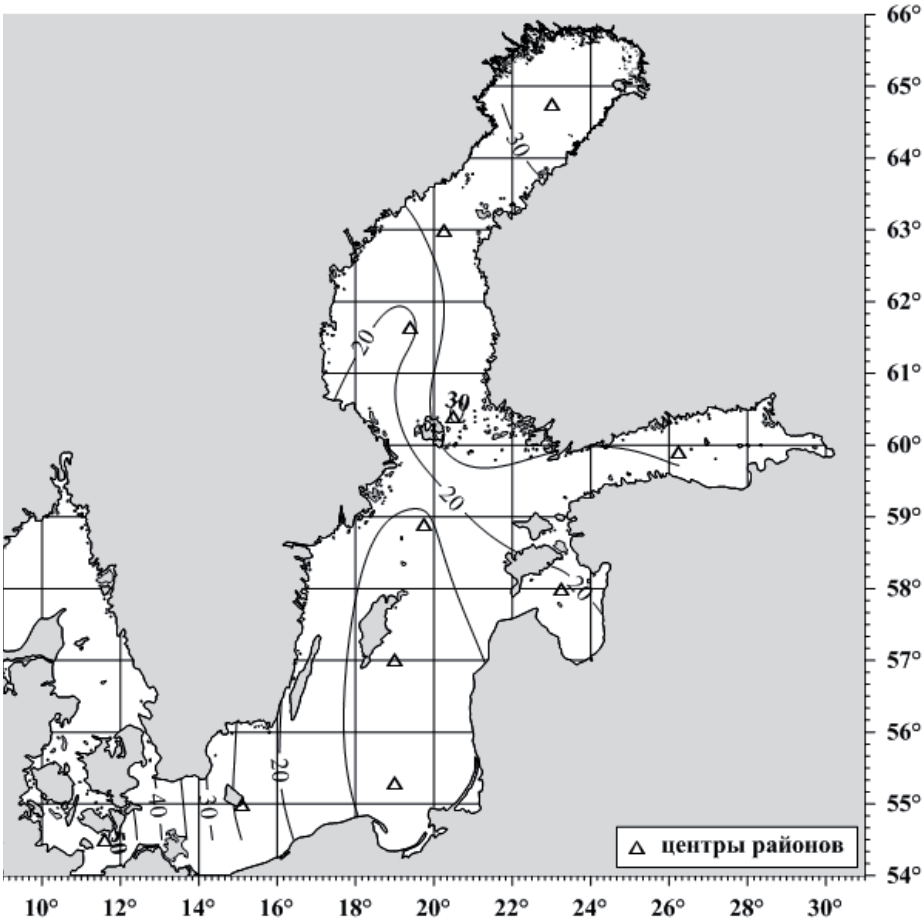


Рисунок 17 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в мае, мм/мес.

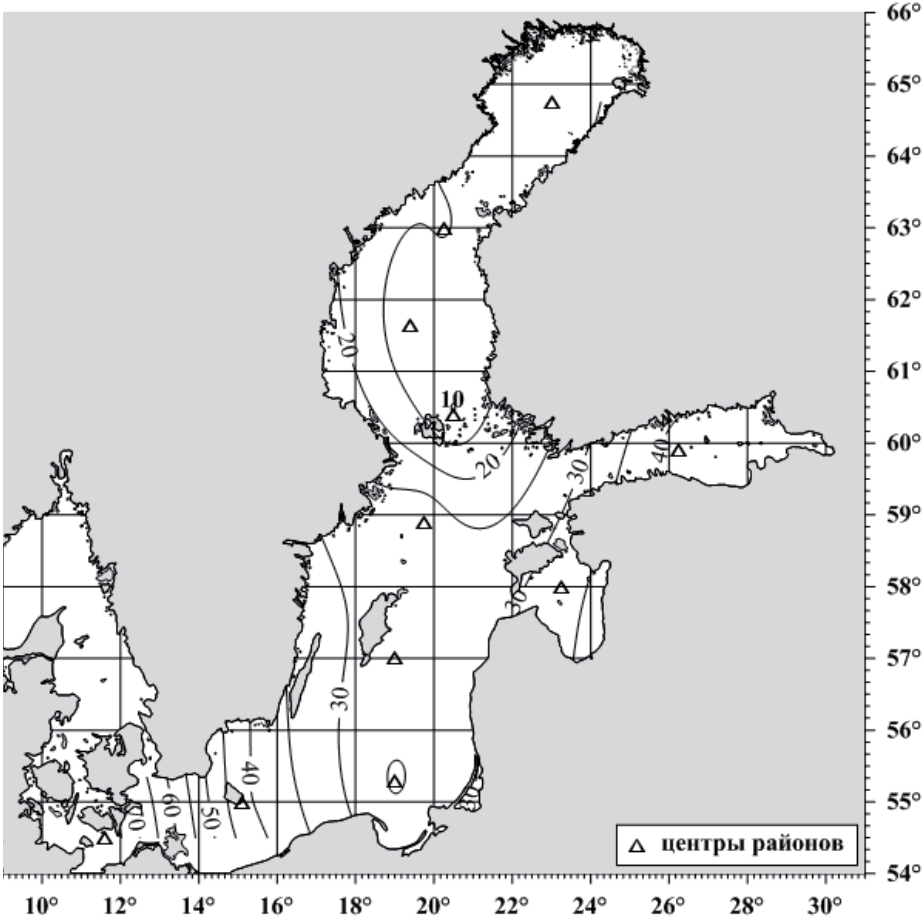


Рисунок 18 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в июне, мм/мес.

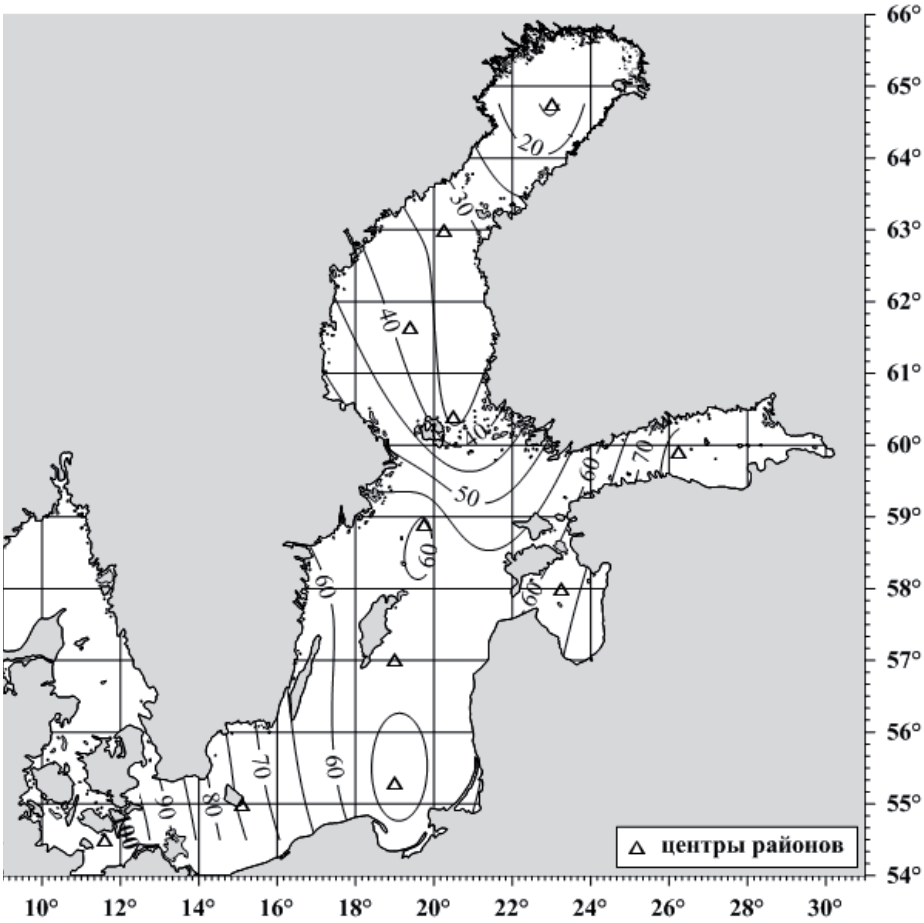


Рисунок 19 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в июле, мм/мес.

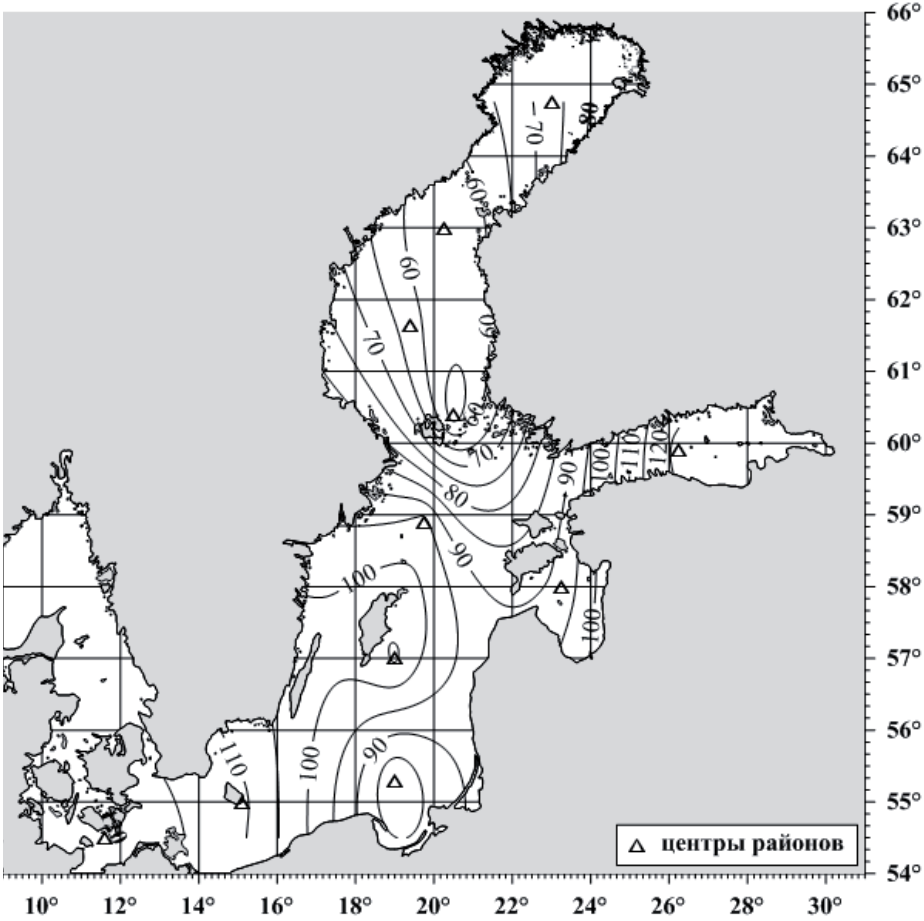


Рисунок 20 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в августе, мм/мес.

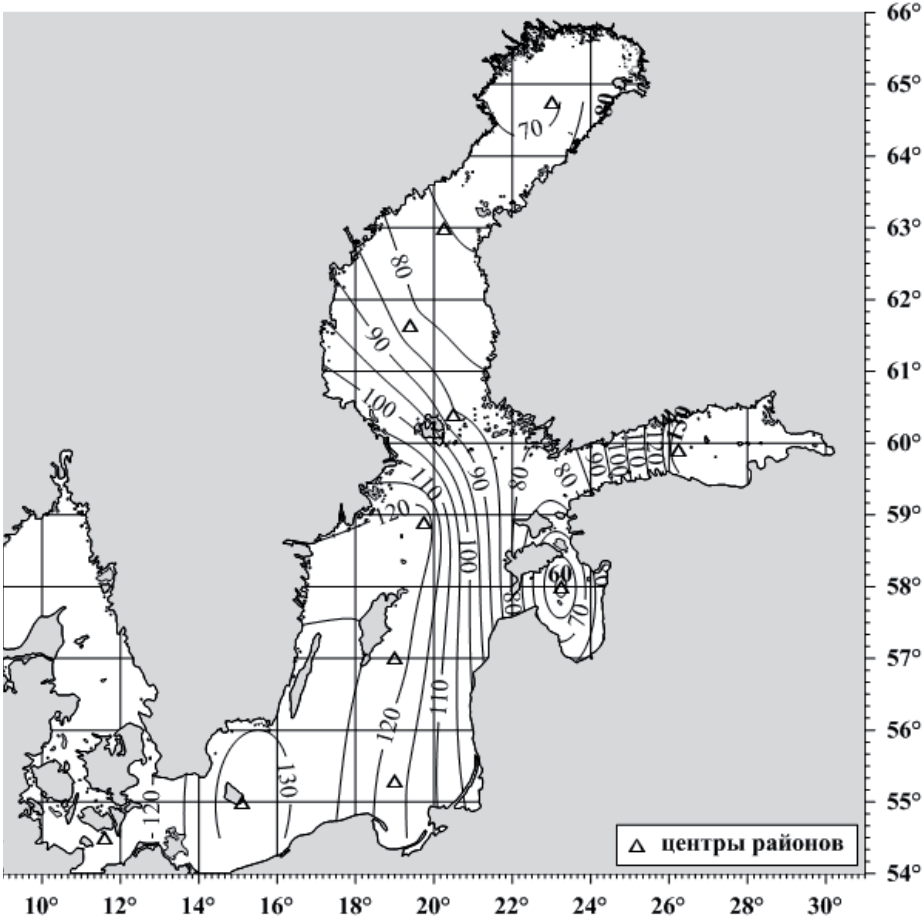


Рисунок 21 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в сентябре, мм/мес.

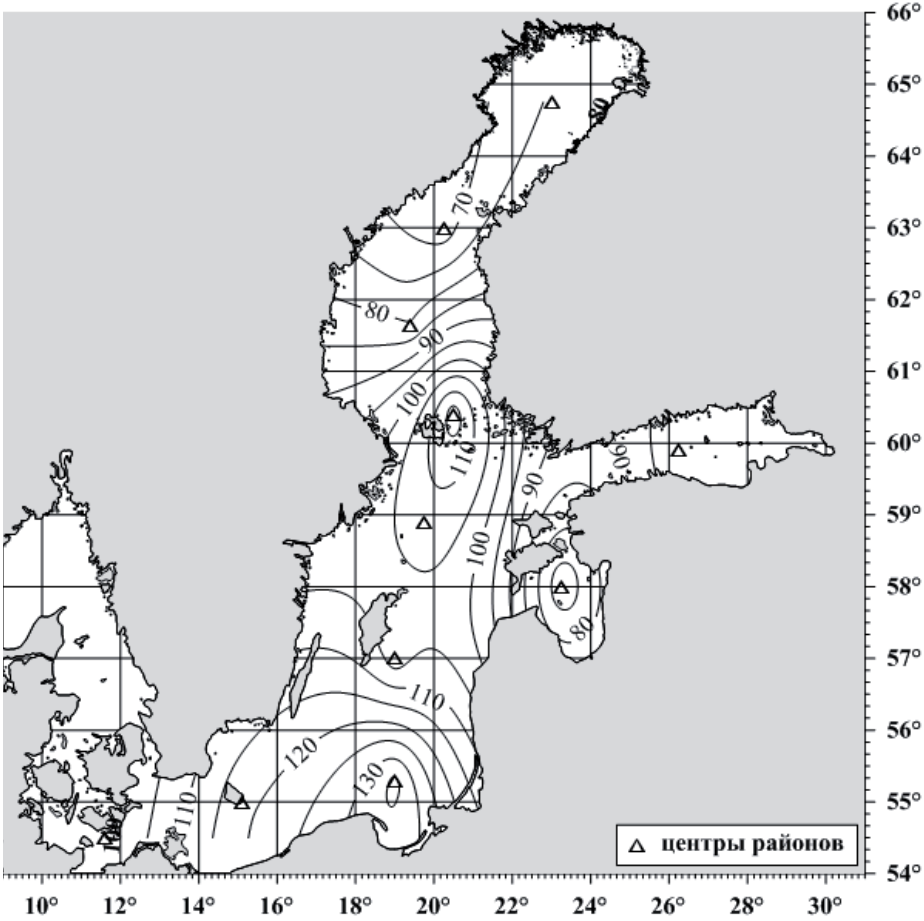


Рисунок 22 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в октябре, мм/мес.

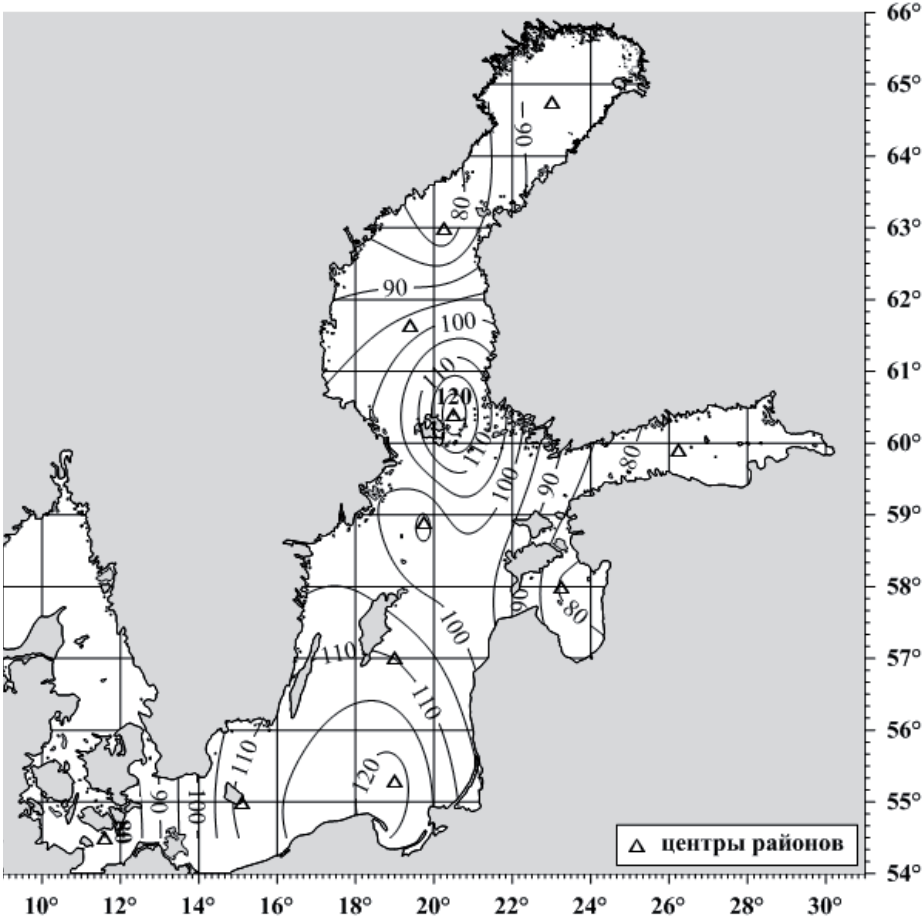


Рисунок 23 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в ноябре, мм/мес.

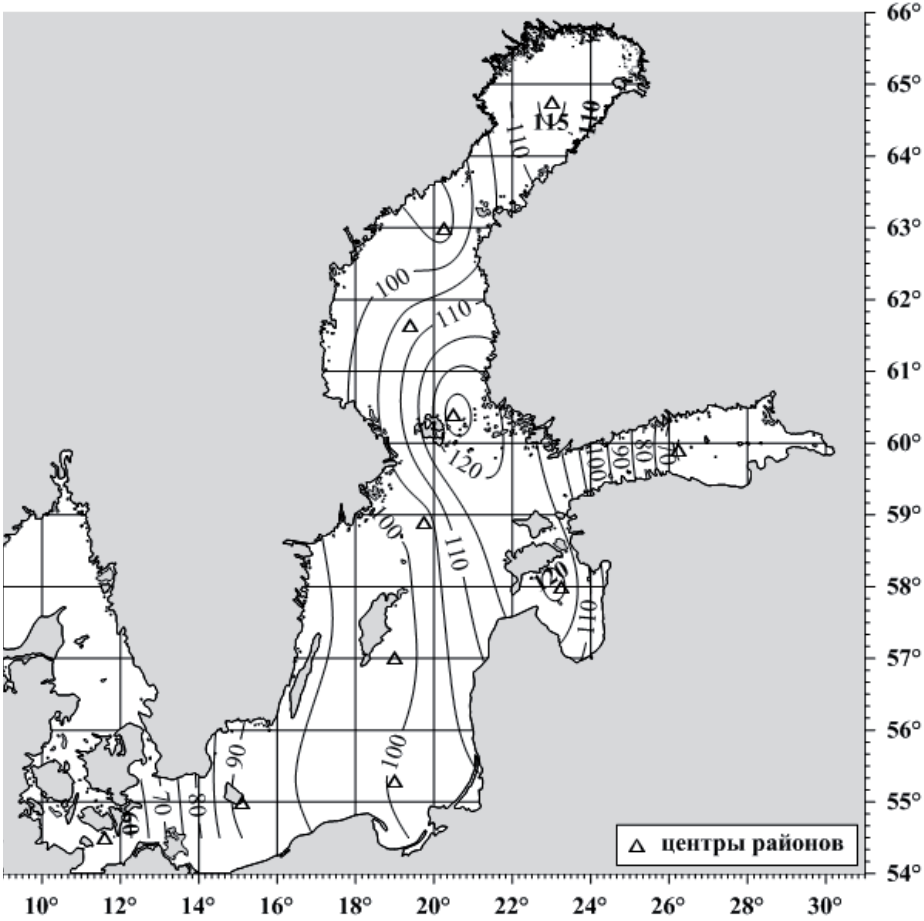


Рисунок 24 – Месячная сумма испарения с поверхности Балтийского моря в декабре, мм/мес.

ЭФФЕКТИВНЫЕ ОСАДКИ

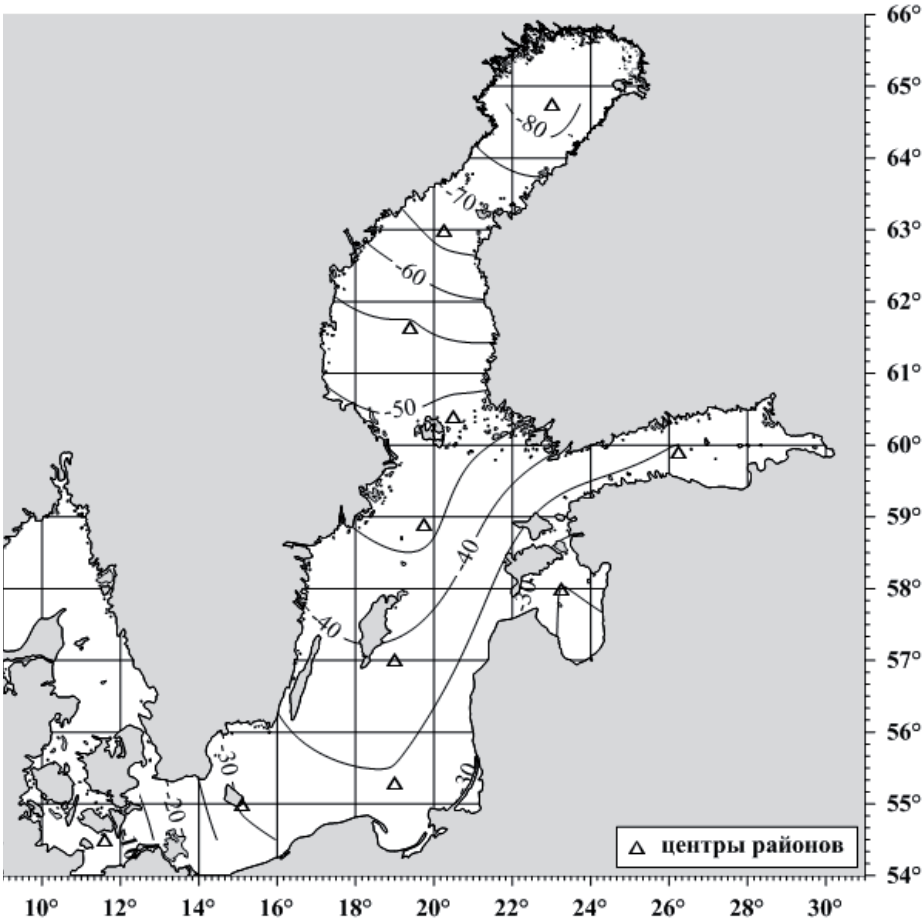


Рисунок 25 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в январе, мм/мес.

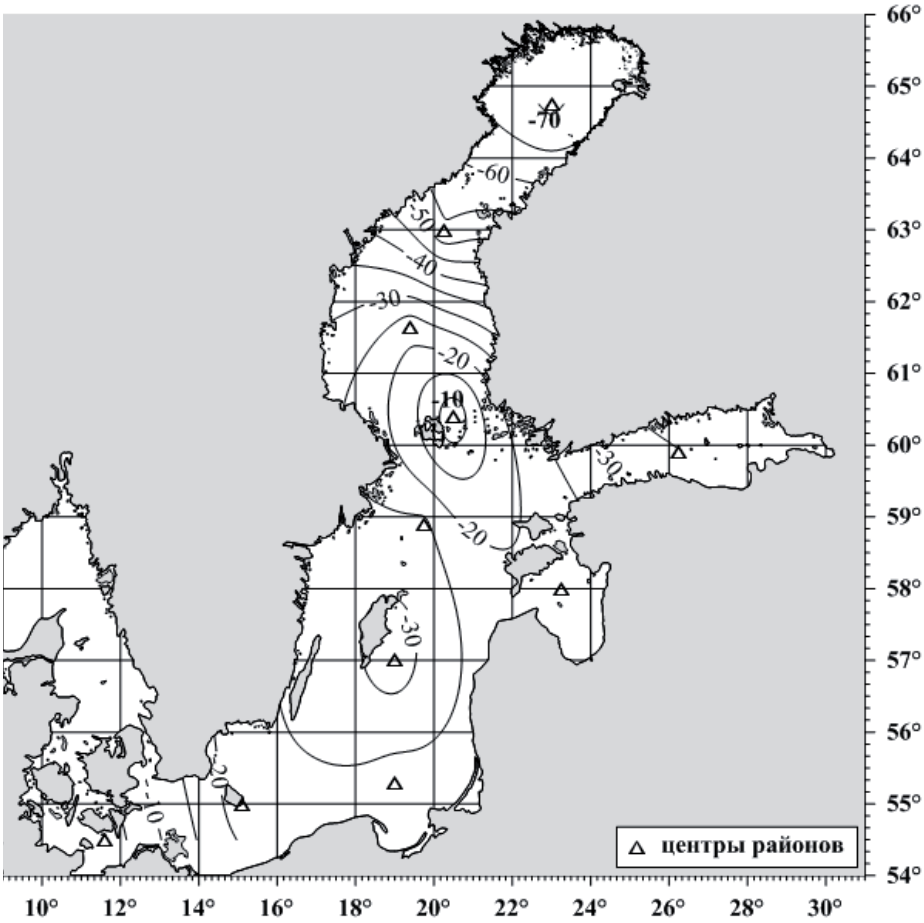


Рисунок 26 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в феврале, мм/мес.

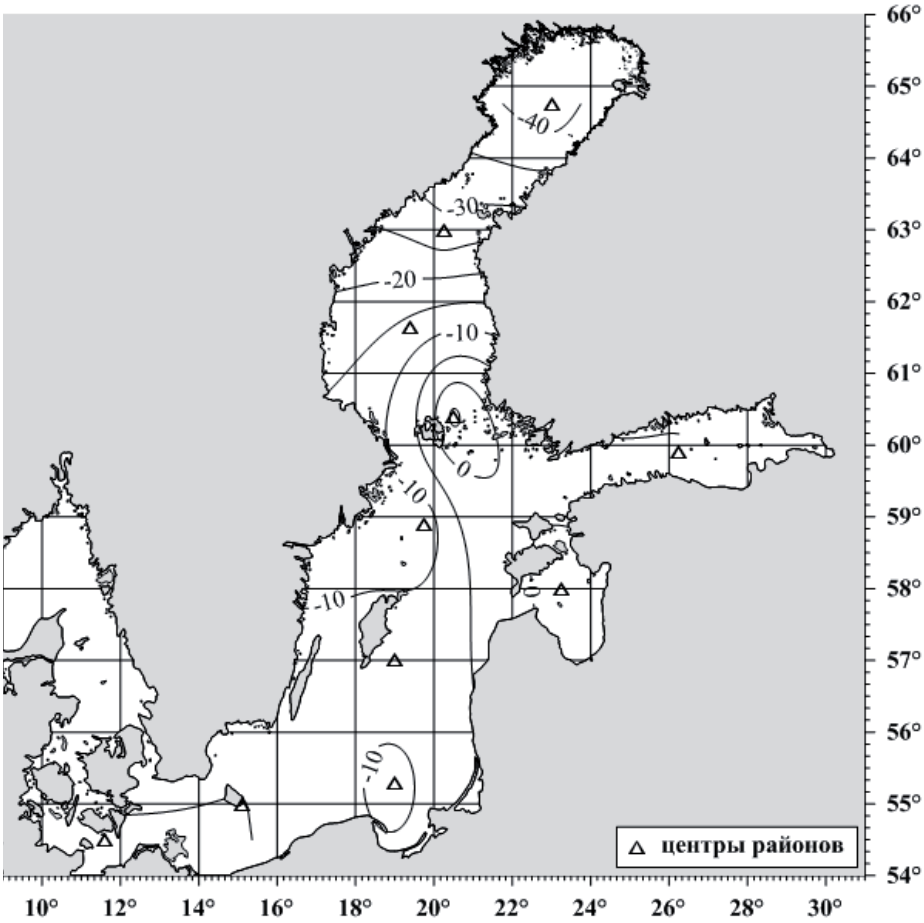


Рисунок 27 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в марте, мм/мес.

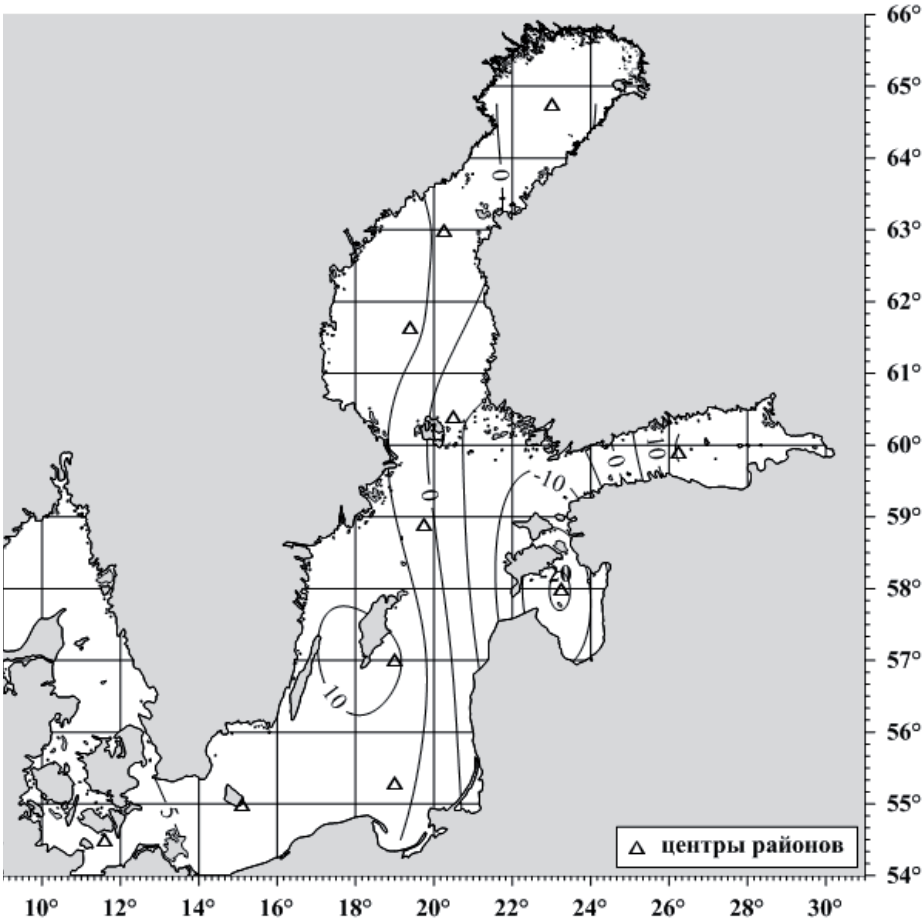


Рисунок 28 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в апреле, мм/мес.

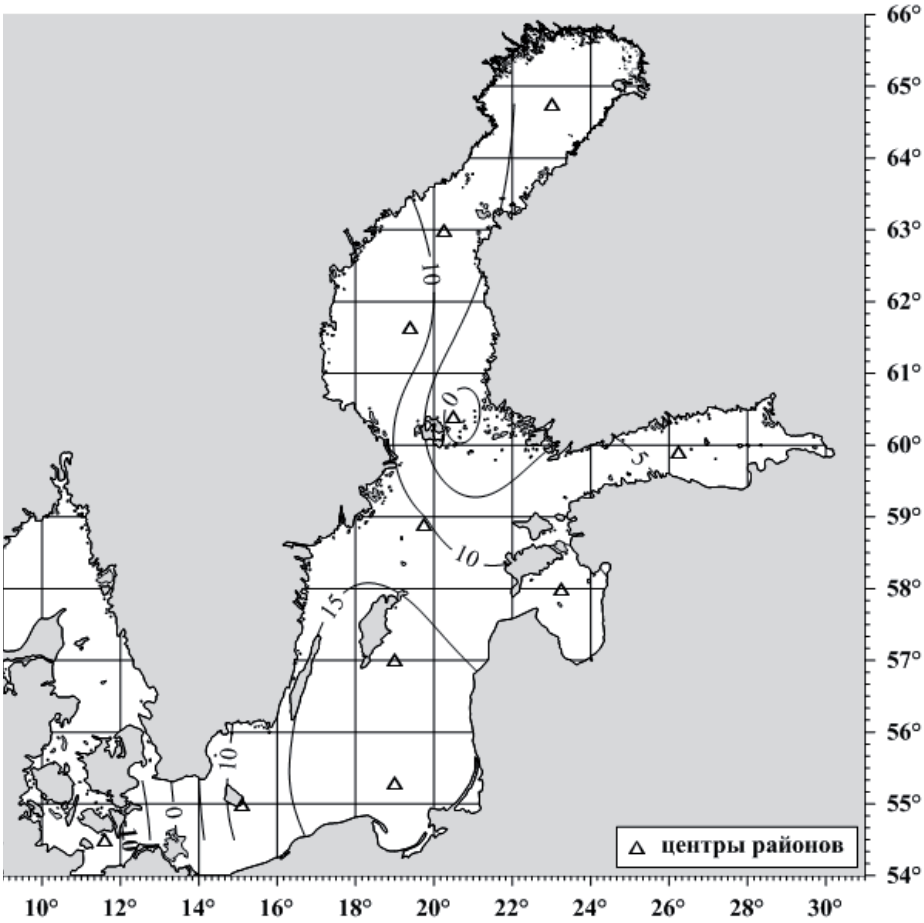


Рисунок 29 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в мае, мм/мес.

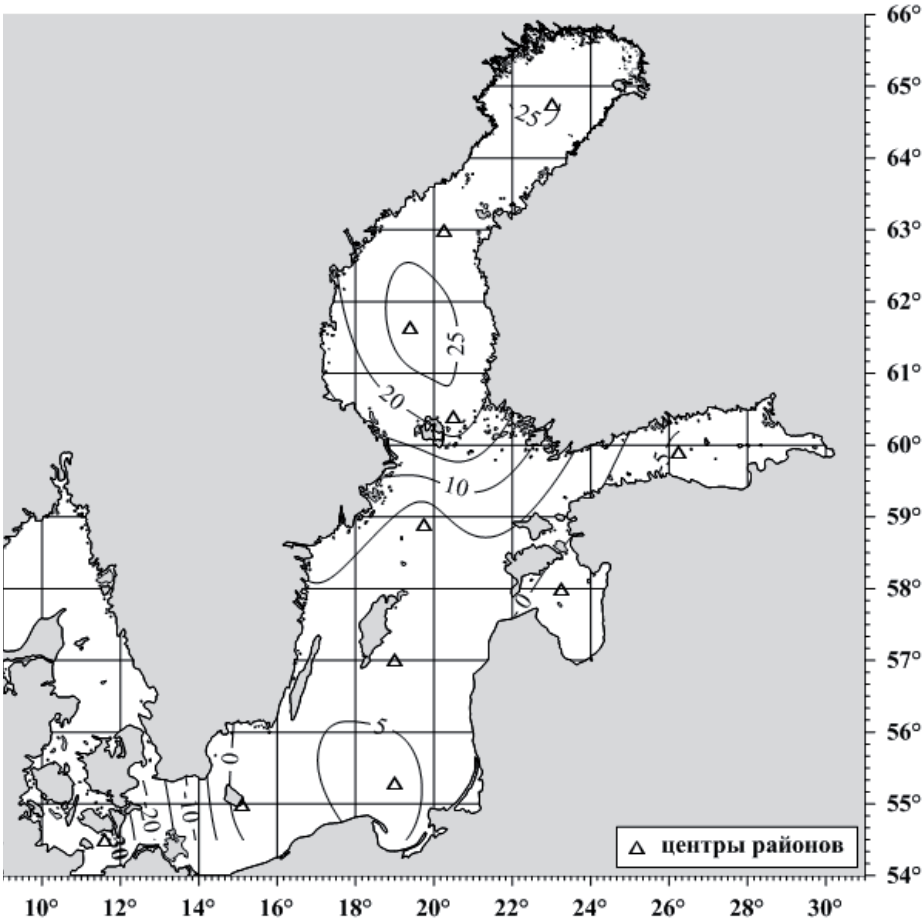


Рисунок 30 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в июне, мм/мес.

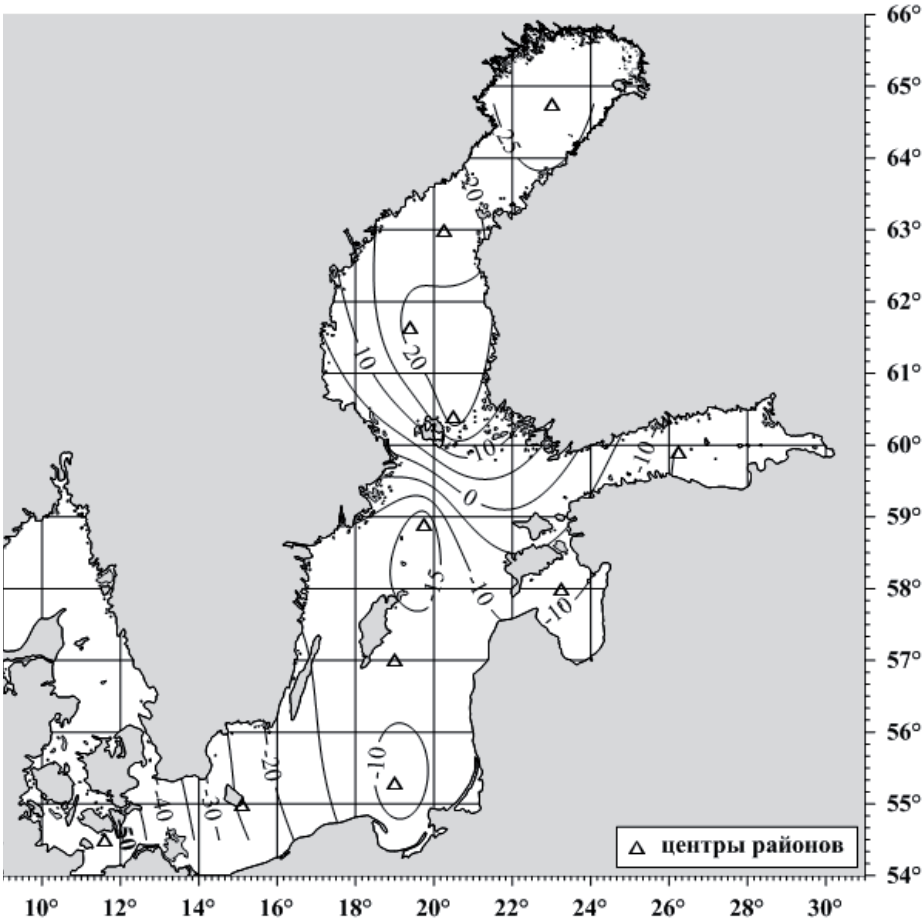


Рисунок 31 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в июле, мм/мес.

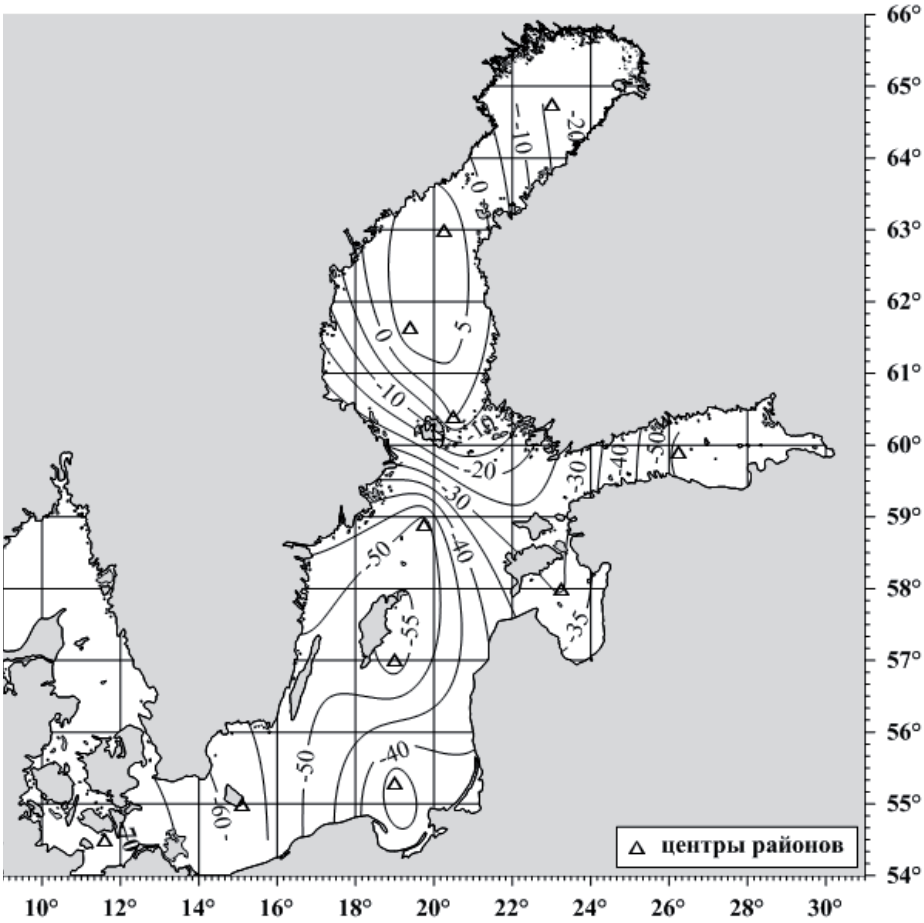


Рисунок 32 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в августе, мм/мес.

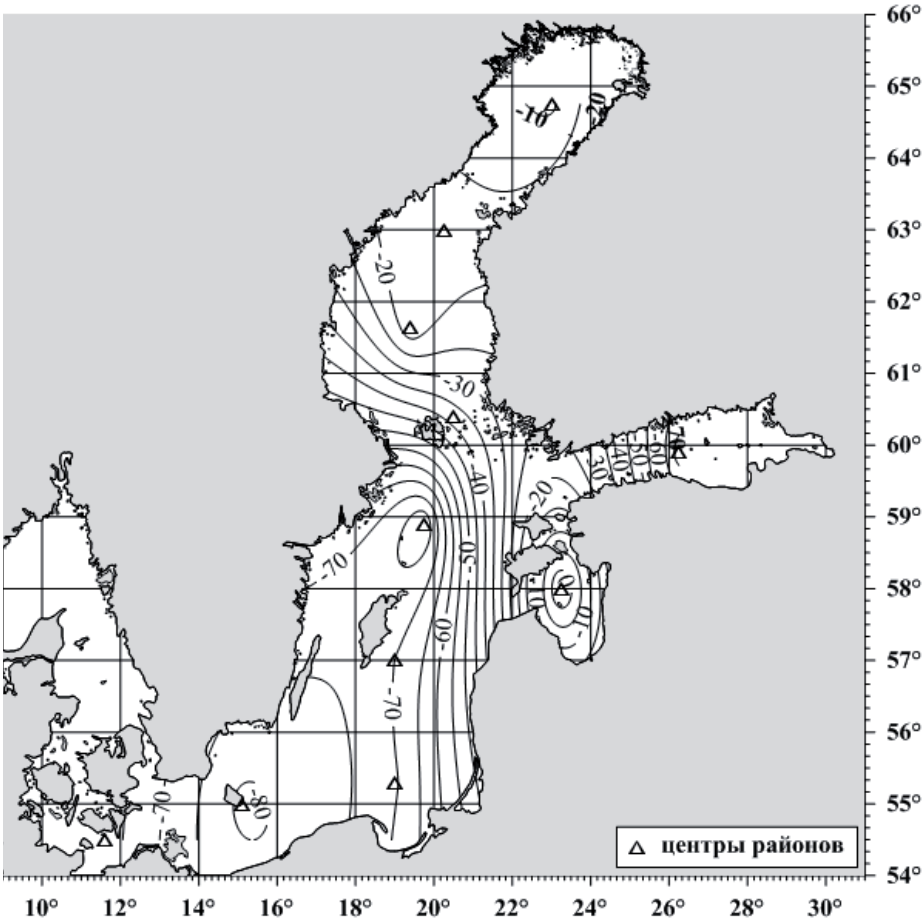


Рисунок 33 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в сентябре, мм/мес.

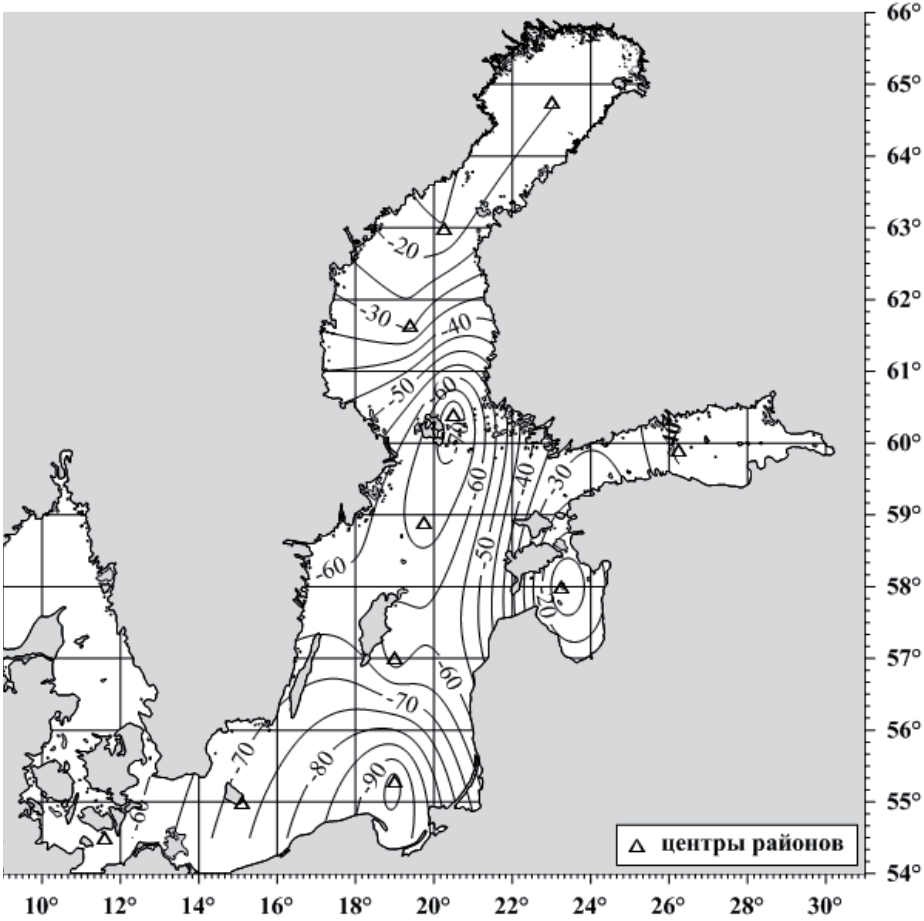


Рисунок 34 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в октябре, мм/мес.

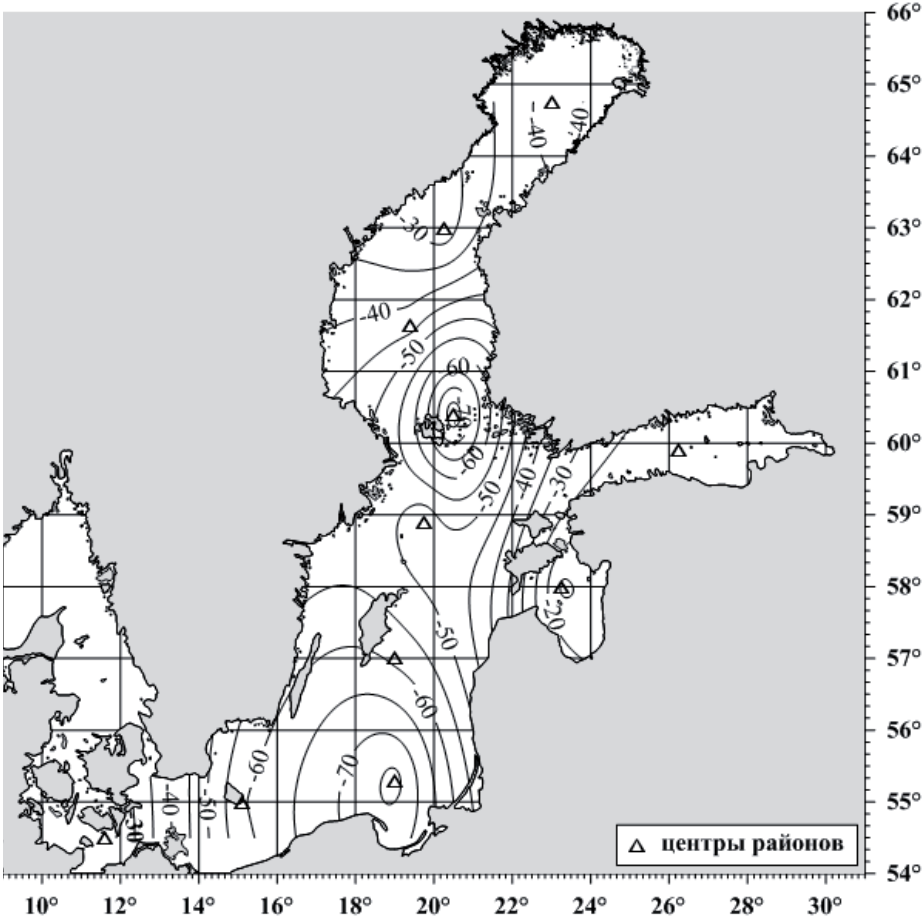


Рисунок 35 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в ноябре, мм/мес.

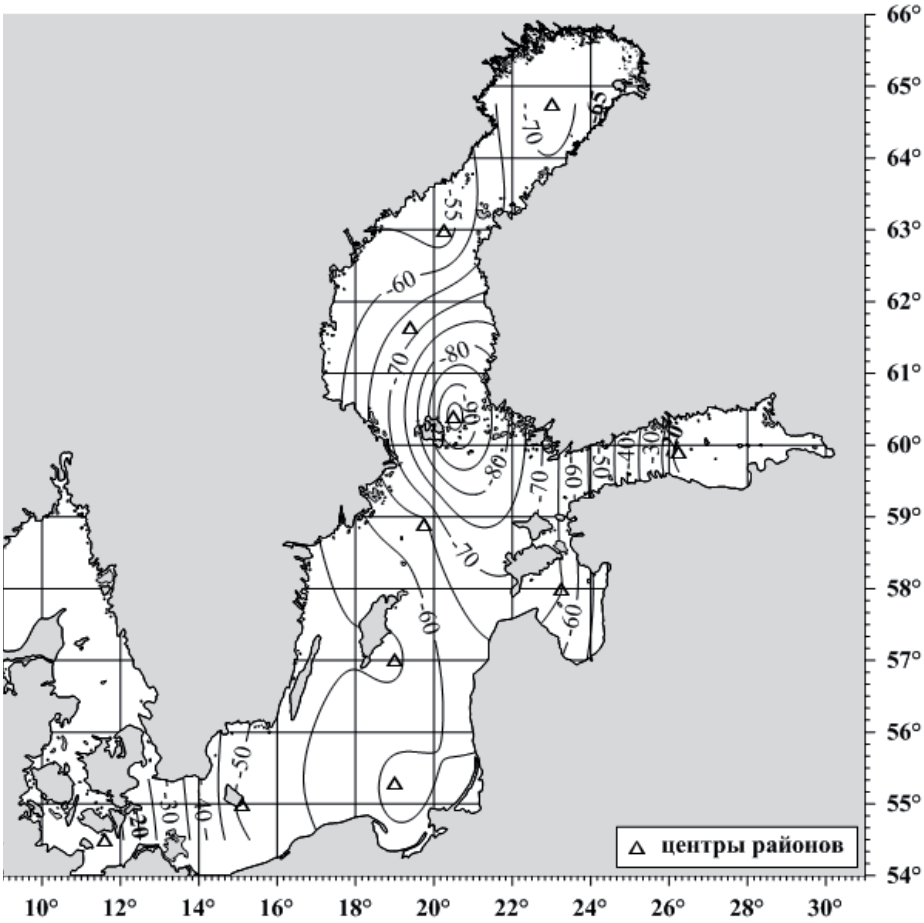


Рисунок 36 – Месячная сумма разности **Pr** и **Ev** для Балтийского моря в декабре, мм/мес.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

КАРТЫ ГАРМОНИЧЕСКИХ ПОСТОЯННЫХ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕСНОВОДНОГО БАЛАНСА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

ОСАДКИ

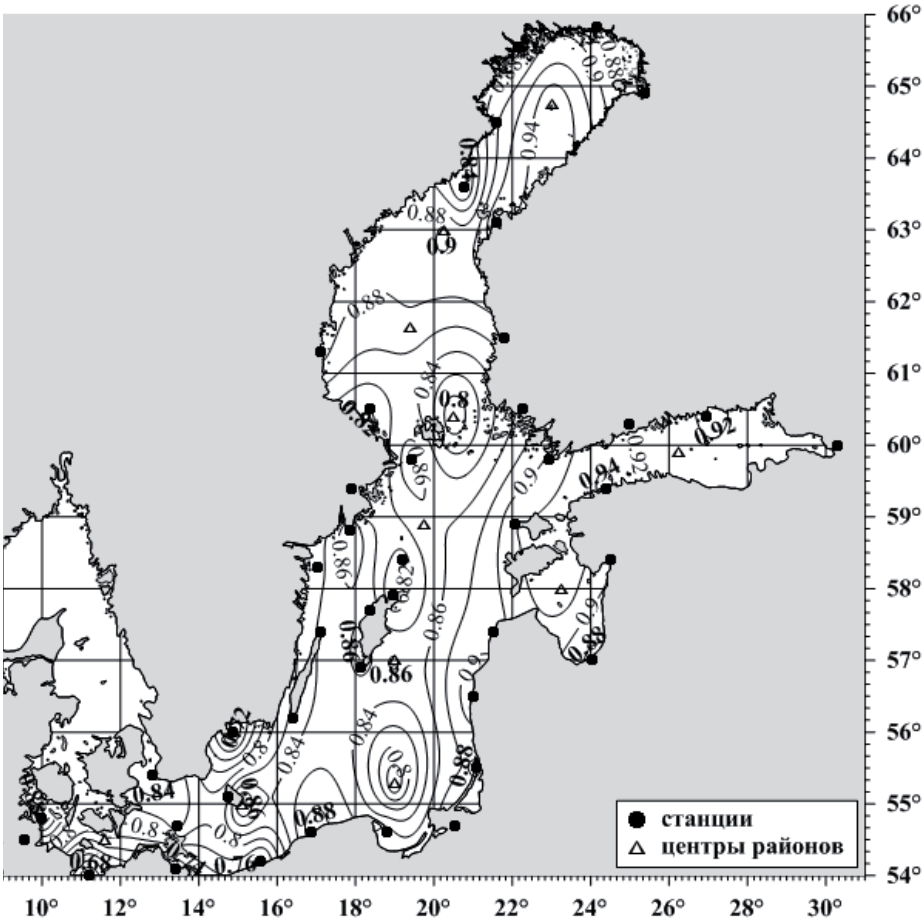


Рисунок 37 – Параметры годовой гармоники осадков **Pr** (квоты)

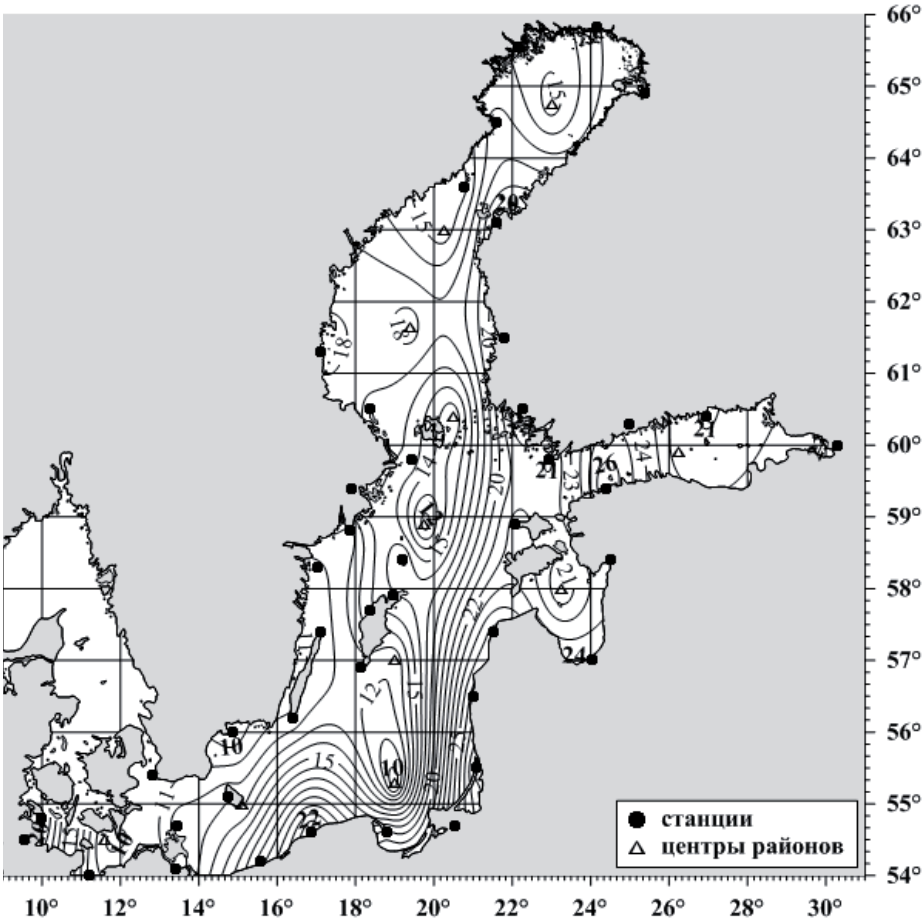


Рисунок 38 – Параметры годовой гармоники осадков **Pr** (амплитуды, мм)

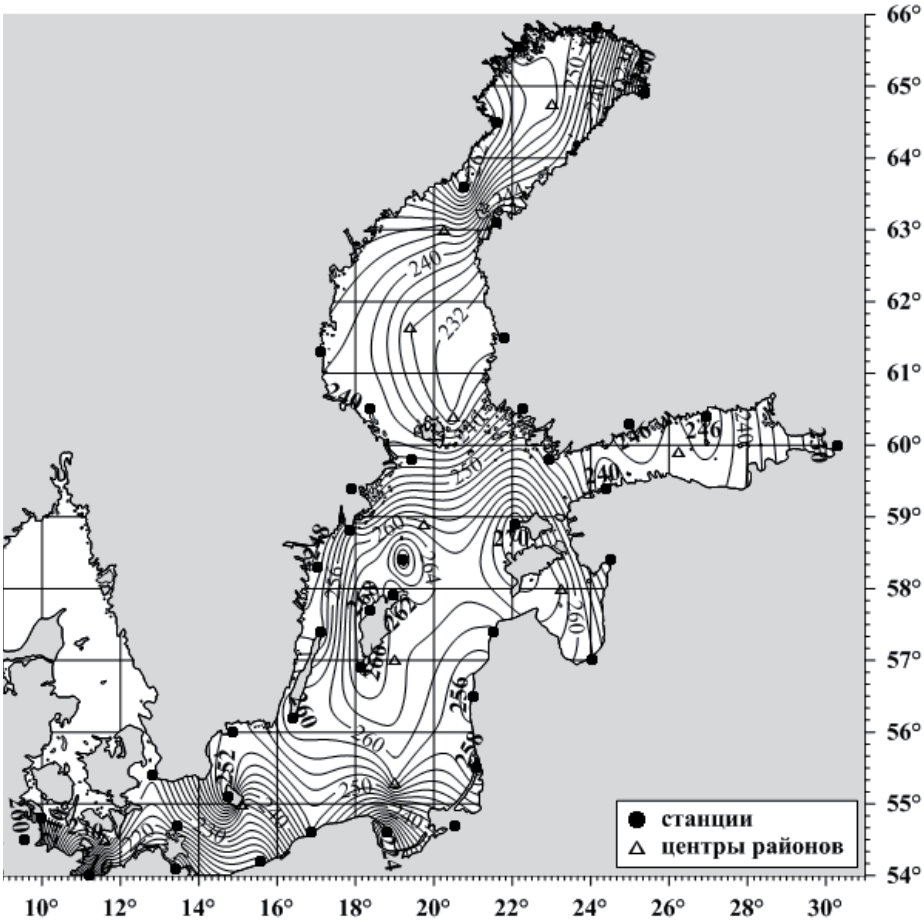


Рисунок 39 – Параметры годовой гармоники осадков **Pr**
(даты наступления максимума, относительно 1 января, сут.)

ИСПАРЕНИЕ

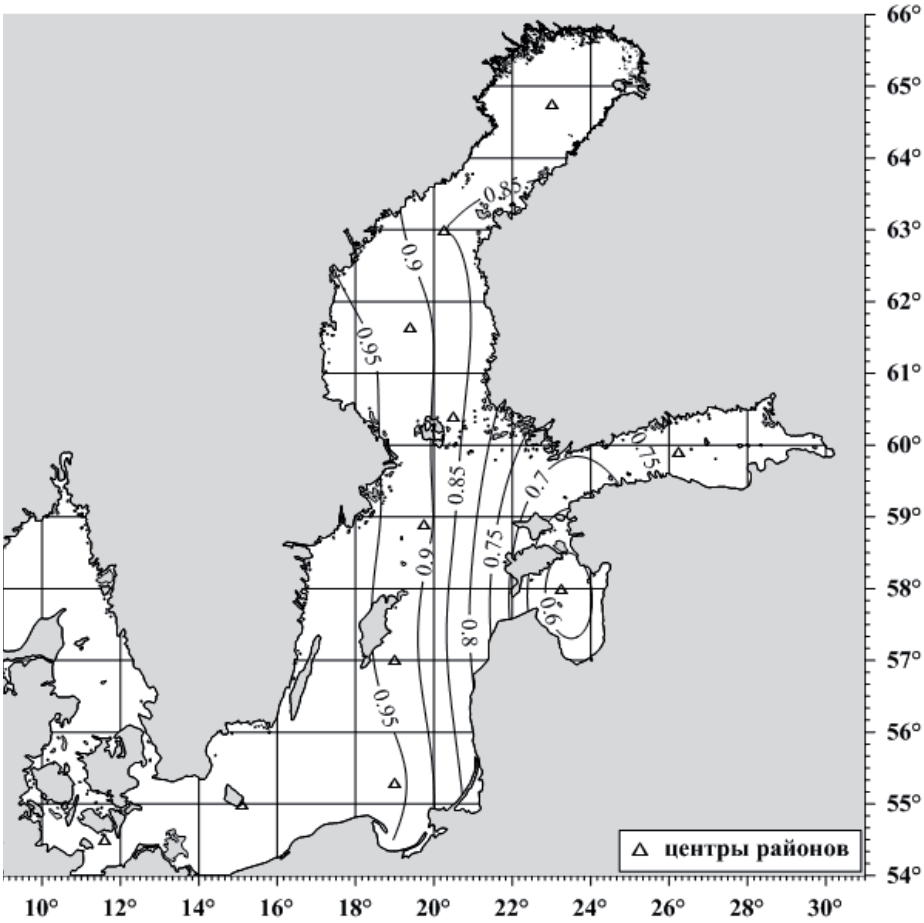


Рисунок 40 – Параметры годовой гармоники испарения **Ev** (квоты)

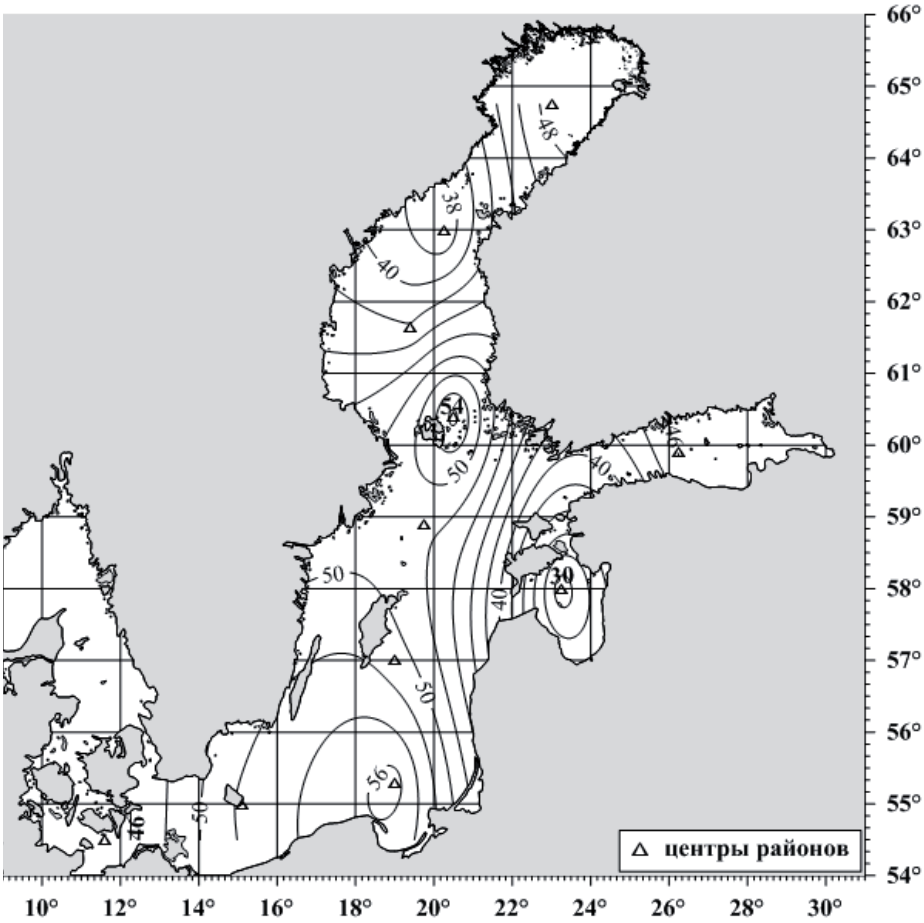


Рисунок 41 – Параметры годовой гармоники испарения **Ev** (амплитуды, мм)

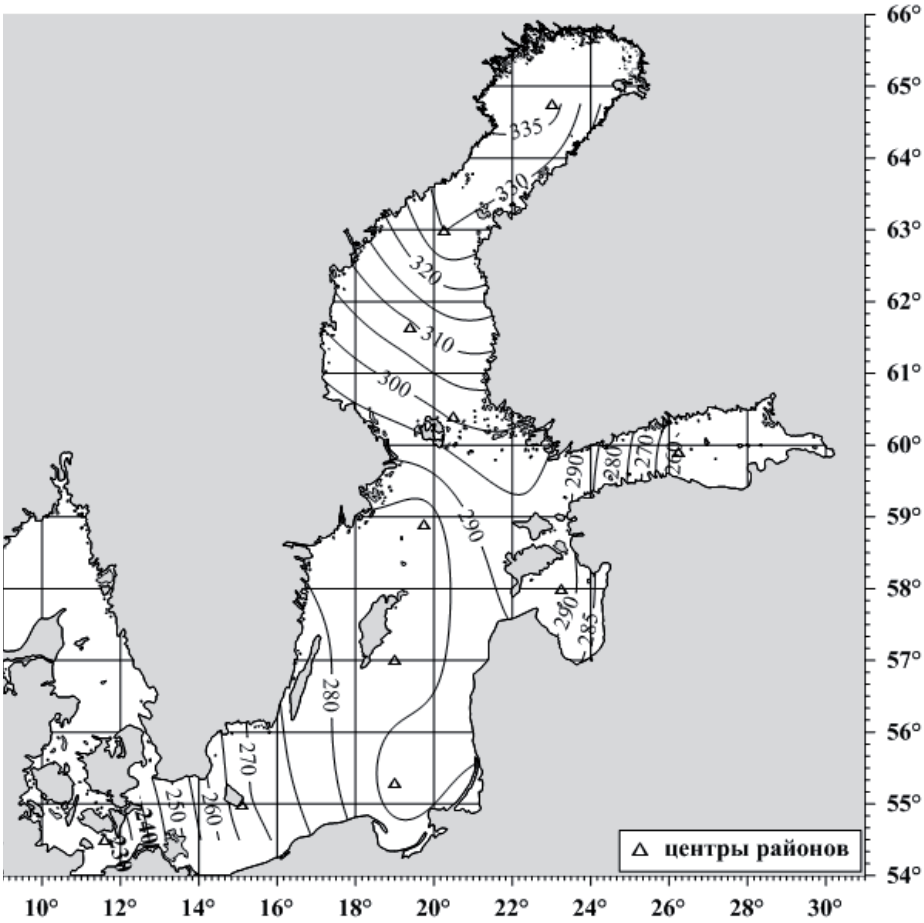


Рисунок 42 – Параметры годовой гармоники испарения **Ev**
(даты наступления максимума, относительно 1 января, сут.)

ЭФФЕКТИВНЫЕ ОСАДКИ

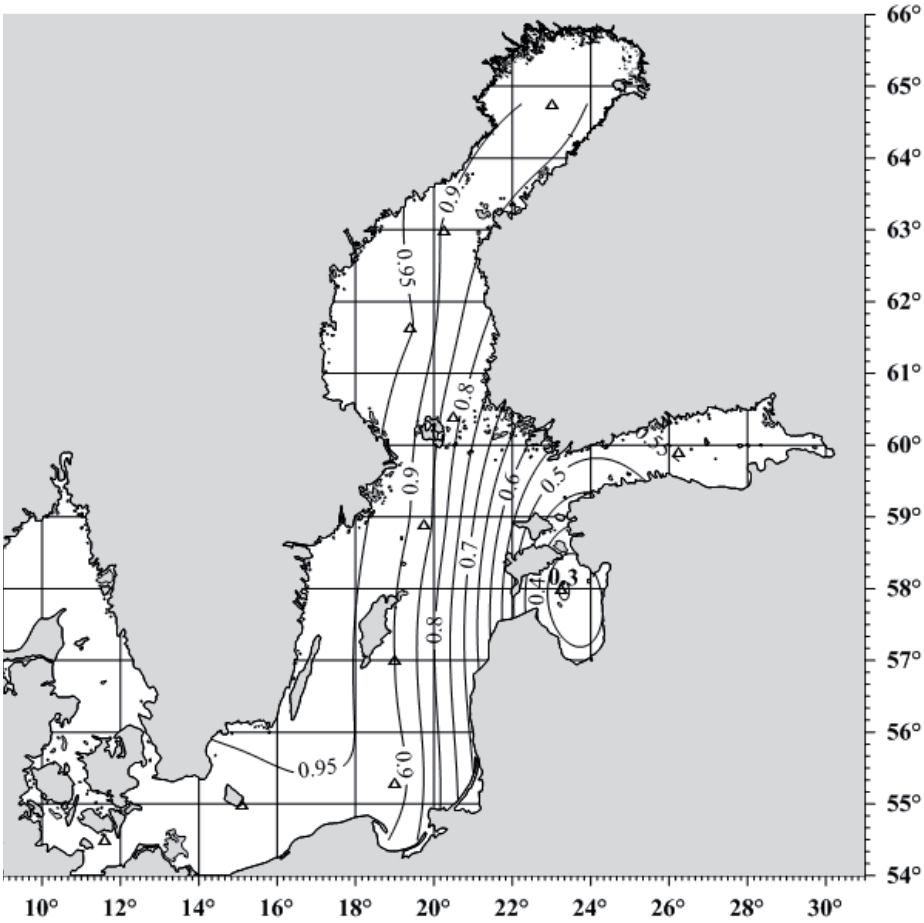


Рисунок 43 – Параметры годовой гармоники эффективных осадков (квоты)

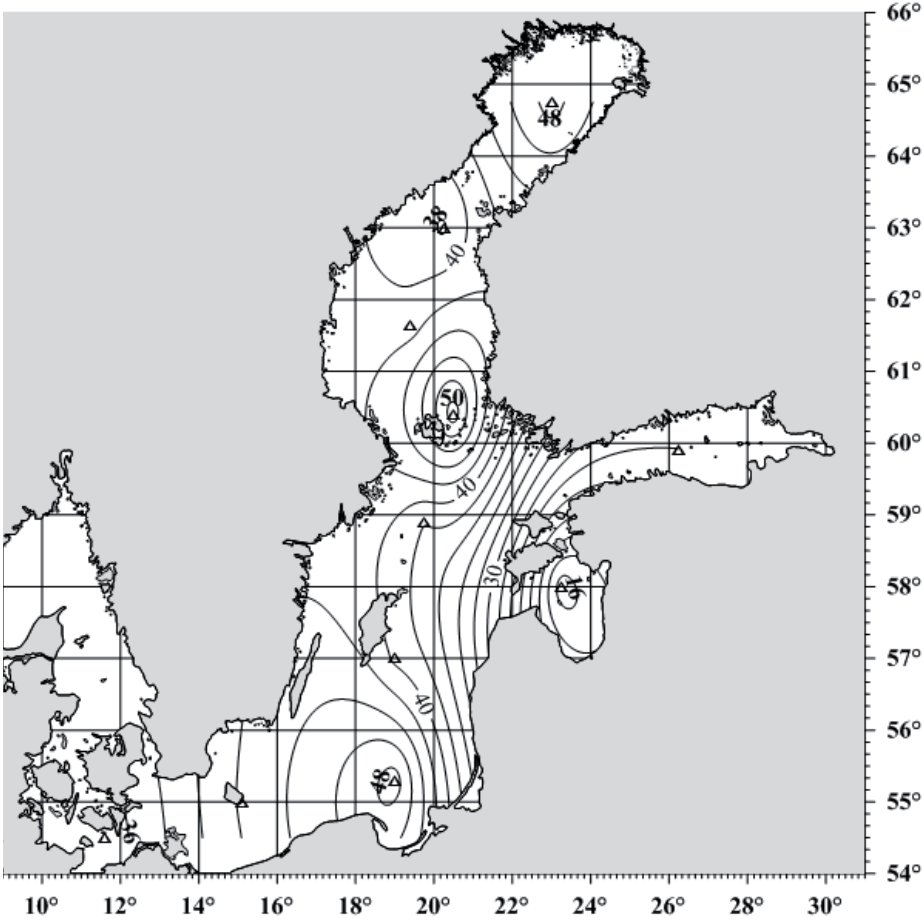


Рисунок 44 – Параметры годовой гармоники эффективных осадков (амплитуды, мм)

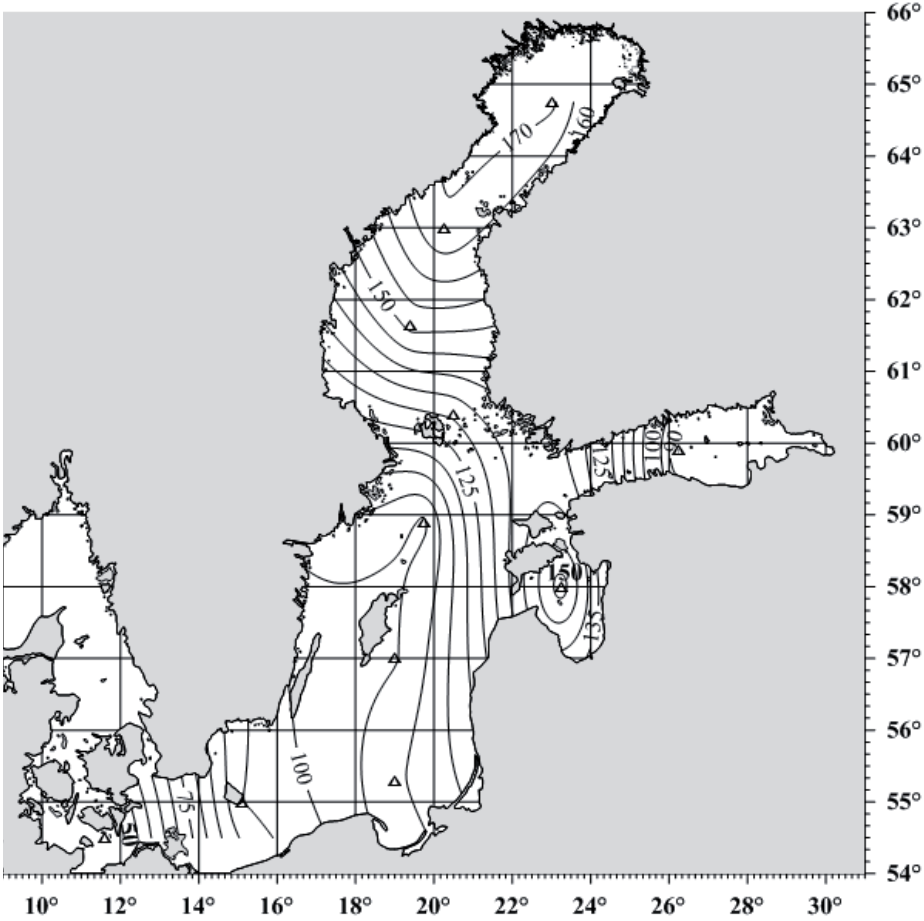


Рисунок 45 – Параметры годовой гармоники эффективных осадков
(даты наступления максимума, относительно 1 января, сут.)

MoreBooks! publishing

yes

i want morebooks!

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн – в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов! окружающей среде благодаря технологии Печати-на-Заказ.

Покупайте Ваши книги на

www.more-books.ru

Buy your books fast and straightforward online - at one of world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at

www.get-morebooks.com

VDM Verlagsservicegesellschaft mbH
Heinrich-Böcking-Str. 6-8
D - 66121 Saarbrücken
Telefon: +49 681 3720 174
Telefax: +49 681 3720 1749
info@vdm-vsg.de
www.vdm-vsg.de