

О ПОВЫШЕНИИ СРЕДНЕГОДОВЫХ И СЕЗОННЫХ ЗНАЧЕНИЙ УРОВНЯ ВОДЫ В УСТЬЕВОЙ ЧАСТИ РЕКИ ПРЕГОЛИ (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ) ПО ДАННЫМ 1996—2015 ГГ.

© С. Е. НАВРОЦКАЯ,¹ Б. В. ЧУБАРЕНКО²

Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Калининград

E-mail: ¹ navsvet@atlas.baltnet.ru

² chuboris@mail.ru

Рассматриваются межгодовые колебания уровня в устье р. Преголи — главной водной артерии Калининградской области, установленные по ежесуточным наблюдениям за 1996—2015 гг., и выявлена положительная тенденция хода среднего годового уровня ($6.4 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, или $12.8 \text{ см} \cdot \text{период}^{-1}$). Наиболее согласованным с ходом средних уровней выглядит ход минимальных годовых уровней ($4.7 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, $9.5 \text{ см} \cdot \text{период}^{-1}$). Для максимальных годовых уровней получен отрицательный тренд ($-4.8 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, или $-9.5 \text{ см} \cdot \text{период}^{-1}$), что может свидетельствовать о некотором ослаблении ветрового воздействия в последние годы, связанного с региональной атмосферной циркуляцией, и увеличении роли осадков на водосборном бассейне. Расчет временных трендов для календарных сезонов показал более быстрый рост зимнего уровня по сравнению с другими сезонами: $10.7 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ (зима), 4.9 , 4.8 , $5.0 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ (весна, лето, осень), что может быть связано с участвовавшими случаями слабоснежных зим или укорочением периода отрицательных температур за счет более поздней даты его наступления. Внутригодовой ход среднемесячных значений уровня в устье Преголи для периода 1996—2015 гг. исключительно индивидуален (часто значительно отличается от усредненного за весь период внутригодового хода, характеризующегося двумя максимумами и двумя минимумами), что свидетельствует о слабом влиянии сезонного цикла режимобразующих факторов для исследуемого региона.

Ключевые слова: р. Преголя, уровень воды, временной тренд, сезонные особенности, экстремальные уровни воды.

Введение. Признаваемый всеми рост температуры воздуха сопровождается подъемом уровня Мирового океана и окраинных морей, в том числе и Балтийского. По данным наблюдений в XX в. установлен подъем уровня у юго-восточных берегов Балтийского моря со скоростью $1.3\text{—}1.5 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ [8, 17, 18], отмечается усиление этого роста к концу XX—началу XXI в. как в Куршском, так и Вислинском заливах до $3.7\text{—}4.5 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ [7, 8, 16]. В регионе Юго-Восточной Балтики в этом процессе играют роль и другие факторы — местные тектонические движения, а именно: опускание южной окраины дна Балтийского моря на фоне подъема Скандинавского полуострова [19].

В межгодовых колебаниях уровня в среднем и верхнем течениях р. Преголи — главного водотока Калининградской области, определяющую роль играют объем водного стока и его временная изменчивость, связанная с физико-географическими условиями района и климатическими факторами, т. е. чередованием многоводных и маловодных лет. Во внутригодовом ходе значительная часть вариаций величины стока определяется сезонными изменениями водного баланса речного бассейна: максимум его, как правило, приходится на весну, когда наблюдаются максимально высокие уровни; в остальные месяцы уровень воды может подниматься в период дождевых паводков, которые случаются как летом, так и осенью.

В отличие от основного русла для нижнего течения реки характерна широкая пойма (выше Калининграда — до 5 км), и речной сток, распространяясь по пойме, слабо влияет на высоту уровня. В устьевой части реки

главными причинами колебания уровня оказываются нагоны вод из Калининградского/Вислинского залива (и соответственно сгоны), вызываемые переменными по направлению ветрами, связанными с синоптической обстановкой над Балтийским морем. Прохождение через центральные районы Балтики серии циклонов с запада на восток вызывает усиление ветров с западной составляющей в районе Калининградского/Вислинского залива и подъем уровня, особенно в его северо-восточной части и устье р. Преголи [4, 10]. Подъем уровня в устье реки обусловлен одновременным воздействием непосредственно затока заливных вод в устье реки при нагоне и подпором стекающих речных вод. Повторяемость штормовых нагонов в устье р. Преголи начиная со второй половины XX в. имела тенденцию к росту вплоть до 1980-х гг., но в период с 1991 по 2006 г. произошло снижение количества и высоты наиболее сильных нагонов по сравнению с предшествующими десятилетиями [5].

Результаты анализа открытых данных многолетних наблюдений (с 1840 г.) показали тенденцию роста среднегодового уровня в заливе [5, 7, 8], но не позволили оценить аналогичные тенденции для отдельных сезонов (приведенные в [1] оценки базировались только на 15-летних рядах). Цель настоящей работы — сравнить тенденцию хода годовых средних и экстремальных характеристик уровня за период 1996—2015 гг. с данными, полученными ранее, и оценить тенденции в изменчивости сезонных значений уровня, их вклад в тенденцию для среднегодового уровня, используя 20-летний ряд ежесуточных наблюдений за уровнем воды в центре Калининграда, в устьевой части р. Преголи.

Район и методика исследований. Река Преголя, протяженностью 123 км и с площадью водосбора около 13 600 км², образуется от слияния рек Инструч и Анграпа, протекает в средней части Калининградской области с востока на запад. В 40 км от Калининграда (у г. Гвардейска) от р. Преголи отходит как самостоятельный рукав р. Дейма, через которую в среднем 40 % стока отводится в Куршский залив. При сильных западных ветрах, нагоняющих воду из устья р. Преголи вверх по реке, фактически весь сток р. Преголи направляется в Куршский залив, в южной части которого в этот момент уровень вод понижается из-за денивелизации уровня залива. Участок р. Преголи в самом нижнем течении находится в промышленной зоне Калининграда и подвержен сильному антропогенному загрязнению, особенно в летний период. Почти постоянно на этом участке сохраняется соленостная вертикальная стратификация вод и только периодически возникающие нагонные явления со стороны Калининградского/Вислинского залива способствуют интенсивному перемешиванию речных вод [12, 13].

В месте стоянки бывшего научно-исследовательского, а теперь музейного судна (МС) «Витязь», удаленной от устья примерно на 9 км, сотрудники АО ИО РАН¹ при содействии работников музея вот уже 20 лет (1996—2015 гг.) наблюдают за состоянием реки и метеопараметрами [1, 3]. Наблюдения за уровнем р. Преголи были начаты на МС «Витязь» в 1996 г. и состояли из ежесуточных измерений, выполняемых один раз в сутки в околополуденное время — 09 ч Всемирного (UTC)/гринвичского времени, зимой в 11:00, летом в 12:00 ч местного декретного времени по водомерной рейке, имеющей привязку к Балтийской системе (БС) отсчета уровней. Измерения проводились

¹ Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Калининград.

вручную, в случае экстремальных значений они повторялись.² Одновременно измерялись скорость и направление ветра, течение на поверхности реки, атмосферное давление, осадки, температура воды и воздуха, а также фиксировались объекты загрязнения, имеющие антропогенный характер. Следует отметить, что в 4 км ниже по течению от МС «Витязь» находится гидропост Калининград (Рыбачий), для которого имеются опубликованные данные о годовых уровнях с 1901 по 1980 г. [14] и с 1977 по 2006 г. [2], которые использовались в настоящей работе для сравнения с наблюдениями на МС «Витязь».

Средние и экстремальные значения уровня. Величина среднего многолетнего уровня р. Преголи у МС «Витязь» за период 1996—2015 гг. составила 14 см БС, среднегодовые уровни колебались от –1 (1996 г.) до 29 см (2007 г.). Наиболее высокий уровень — 141 см — был измерен 04.12.1999 г., наименьший — –57 см — 16.12.2002 г., абсолютный размах колебаний составил 198 см. Наибольший годовой размах (186 см) колебаний был зафиксирован в 2002 г. (табл. 1). Все эти экстремумы наблюдались в первой половине рассматриваемого временного интервала, и наиболее часто как высокие, так и низкие уровни фиксировались с ноября по январь, т. е. в штормовой осенне-зимний период. В соответствии с установленным в 2013 г. для Калининградской области перечнем опасных метеорологических явлений, представляющих угрозу безопасности людей и способных нанести значительный экономический ущерб, таковыми считаются: при сильном ветре не менее 20 м/с подъем уровня в устье Преголи до 124—154 см БС и при ветровых сгонах спад уровня до –100 см БС и ниже [9]. В ряду наблюдений на МС «Витязь» действительно имеются годы, когда подъем уровня приближался и достигал таких опасных отметок: 141 см — 04.12.1999 г., 131 см — 19.12.1999 г., 129 см — 29.01.2002 г., 121 см — 10.08.2005 г., 120 см — 13.01.2007 г. и 122 см — 22.12.2015 г. Снижение уровня до особо опасной отрицательной отметки за все годы отмечено не было. Подъем уровня до критических отметок (и выше) в районе измерений, как и во всей южной Балтике, происходит преимущественно в осенне-зимний период при ветрах юго-западного направления (ЮЗ), весной и летом — западного (З) направления [6, 15].

Межгодовая тенденция хода уровня. Определенная ранее тенденция хода среднего годового уровня р. Преголи по наблюдениям на МС «Витязь» за более короткие периоды была положительной (в 1996—2008 гг. $13.5 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ [6], в 1996—2010 гг. $7.5 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ [1]), но по абсолютной величине, принимая во внимание длину ряда, весьма ненадежной. Настоящая оценка хода среднегодовых уровней за 20-летний период (1996—2015 гг.), также показывающая устойчивую тенденцию к росту, является более убедительной — линейный временной тренд среднегодового значения уровня за эти годы наблюдений составил $6.4 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, а приращение по тренду достигло 12.8 см, что близко к оценкам для Вислинского и Куршского заливов на конец XX—начало XXI в. [7, 8, 16] (табл. 2, рис. 1).

Наиболее согласованным с динамикой средних годовых уровней за период 1996—2015 гг. оказывается ход минимальных годовых уровней с трендом $4.7 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ и приращением 9.5 см по тренду. Несколько иной характер из-

² Поскольку изменения уровня в устье р. Преголи могут происходить за считанные часы, использованные в статье данные измерений (раз в сутки) дают оценку снизу для экстремальных значений уровня.

Таблица 1

Среднегодовые (H_{av}) и измеренные (точка МС «Витязь») экстремальные годовые уровни (H_{max} и H_{min}) с указанием месяца их наступления, размах колебаний между ними за период 1996–2015 гг.

Годы	H_{av} (см)	H_{max} (см) — месяц	H_{min} (см) — месяц	Размах колебаний (см)
1996	–1	114 — XI	–56 — III	170
1997	11	104 — IV	–31 — I	135
1998	13	94 — X	–51 — X	145
1999	11	141 — XII	–36 — IX	177
2000	11	79 — III	–45 — IX	124
2001	10	88 — XI	–52 — I	140
2002	6	129 — I	–57 — XII	186
2003	12	93 — VIII	–48 — III	141
2004	22	88 — XI	–23 — V	111
2005	16	121 — VIII	–28 — XI	149
2006	14	85 — IX	–39 — I	124
2007	29	120 — I	–48 — II	168
2008	18	110 — XI	–40 — I	150
2009	11	90 — XI	–54 — XI	144
2010	10	85 — XI	–50 — XI	135
2011	21	104 — XII	–43 — II	147
2012	27	119 — I	–17 — XII	136
2013	15	63 — XII	–43 — III	106
2014	6	95 — I	–41 — XII	136
2015	26	122 — XII	–34 — X	156
Средне- многолетнее, $\pm\sigma$	14 8	102 19	–42 11	144 20
Экстремальные за период и дата	29 (2007) –1 (1996)	141 4.12.1999	–57 16.12.2002	186 (2002)

менений наблюдается у максимальных годовых уровней (отрицательный тренд $-4.8 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ и понижение на 9.5 см по тренду). Соответственно для годовой амплитуды получается отрицательный тренд ($-9.5 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$) и уменьшение ее величины на 19 см по тренду за период 1996–2015 гг.

Полученные результаты вполне сопоставимы с величинами трендов, рассчитанных как по короткому ряду лет (1996–2006 гг.), так и по более длинным рядам наблюдений (1975–2006 и 1959–2006 гг.) на гидропостах Калининград (Рыбачий), а также Балтийск (в проливе, соединяющем Калининградский/Вислинский залив с Гданьским заливом Балтийского моря) и Пионерский (на открытом побережье моря) (табл. 2). Очевидно, что неуклонный рост среднегодового уровня во все периоды (хотя и с разной скоростью) часто при взаимоисключающей тенденции хода экстремальных уровней показателен для всего региона в целом, в том числе и для устьевой части р. Преголи.

Таблица 2

Линейные тренды (tr , мм · год⁻¹) средних, максимальных и минимальных годовых уровней в пунктах наблюдения в устье р. Преголи (МС «Витязь» и Калининград (Рыбачий)) и на побережье Балтийского моря (Балтийск и Пионерский) в разные периоды с 1959 по 2015 г.

Пункт наблюдений	Период	H_{cp} год			H_{max}			H_{min}			Амплитуда		
		tr	R^2	P	tr	R^2	P	tr	R^2	P	tr	R^2	P
МС «Витязь»	1996—2015	6.4	0.25	98	-4.8	0.02	72	4.7	0.06	85	-9.5	0.08	87
	1996—2006	10.8	0.39	98	-12.8	0.04	99	13.2	0.14	87	-26.0	0.13	86
Калининград (Рыбачий)	1996—2006	11.4	0.30	96	12.3	0.02	72	7.7	0.09	83	4.5	0.00	57
	1975—2006	4.2	0.27	99	-1.6	0.00	59	6.8	0.17	99	-8.4	0.07	92
	1959—2006	3.7	0.4	99	3.2	0.02	85	4.3	0.16	99	-1.8	0.01	70
Балтийск	1996—2006	14.8	0.51	99	25.6	0.34	97	9.0	0.09	82	12.2	0.08	80
	1975—2006	4.5	0.36	99	0.5	0.00	63	8.0	0.23	99	-8.5	0.22	99
	1959—2006	3.6	0.43	99	2.2	0.04	91	5.0	0.23	99	-3.4	0.08	94
Пионерский	1996—2006	16.2	0.29	96	52.7	0.54	99	4.4	0.02	90	48.2	0.49	99
	1975—2006	2.9	0.13	98	-2.4	0.01	71	7.4	0.22	99	-9.9	0.13	98
	1959—2006	2.3	0.19	99	-0.2	0.00	66	3.3	0.10	99	-3.8	0.04	91

Примечание. Малые значения достоверности аппроксимации (R^2) означают, что приращение, согласно тренду, намного меньше характерных изменений функций в течение периода. Используемый критерий Стьюдента (в табл. 2 и 3) справедлив только для нормально распределенных случайных величин; предположение о таком распределении анализируемой величины уровня было сделано, но не было доказано. R^2 — достоверность аппроксимации, P — обеспеченность по критерию Стьюдента (%). Тренды для гидропостов Калининград (Рыбачий), Балтийск и Пионерский взяты из [8].

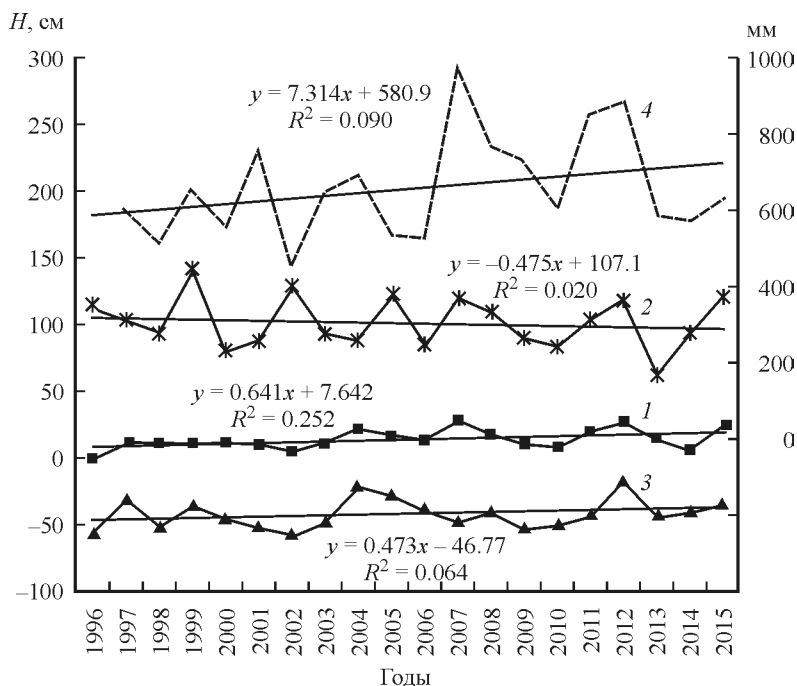


Рис. 1. Межгодовая динамика среднегодовых (1), измеренных максимальных (2) и минимальных (3) годовых уровней (левая ось), а также годовых сумм осадков (4, правая ось) по наблюдениям МС «Витязь» в 1996—2015 гг.

Показаны линейные тренды и их количественные характеристики.

Снижение величин максимальных уровней одновременно с ростом средних и минимальных значений может свидетельствовать о некотором ослаблении ветрового воздействия в последние годы, связанного с региональной атмосферной циркуляцией [11]. При анализе достаточно длинных рядов наблюдений на гидропостах российской части Вислинского залива (100 лет и более) уже подчеркивался более значимый вклад динамики минимального уровня (по сравнению с максимальным) в рост среднего годового уровня начиная примерно с середины XX в. [8]. Это может быть связано с тем, что во временном ходе минимальных уровней проявляются общие тенденции повышения уровня за счет климатических изменений гидрологических климатообразующих факторов (увеличение осадков), в то время как максимальные уровни более отражают тенденции в режиме нагонных ветров.

Совпадение тенденций роста среднегодового уровня в устье р. Преголи с аналогичной тенденцией для заливов юго-восточной Балтики и для ее открытого побережья позволяет использовать ряд измерений уровня в устье р. Преголи для анализа существующих в регионе тенденций для сезонных значений уровня.

Сезонный ход уровня. Многолетний внутригодовой ход среднего и измеренных экстремальных уровней на р. Преголе по наблюдениям МС «Витязь» [3] и данным на посту Калининград (Рыбачий) [2] представлен на рис. 2. Поскольку МС «Витязь» находится выше по течению реки, средние за 20 лет ежемесячные значения, рассчитанные по данным измерений на нем, больше по абсолютной величине значений, полученных для поста Калининград (Ры-

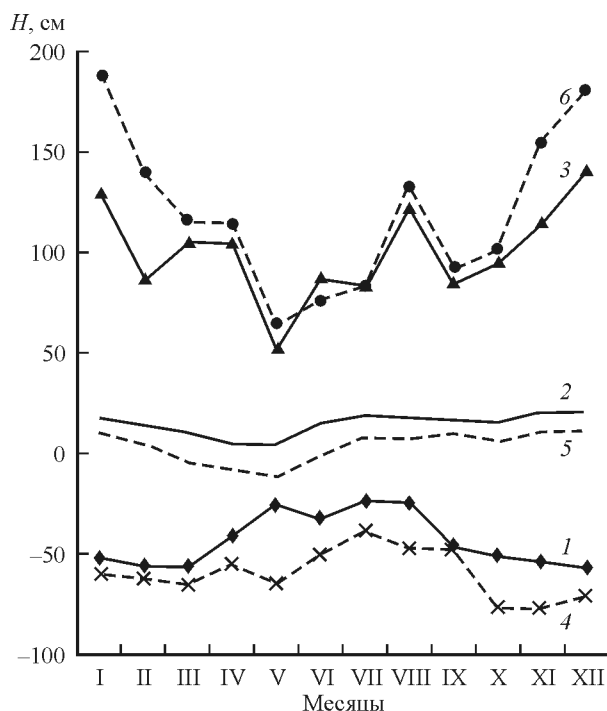


Рис. 2. Годовой ход средних за месяц и измеренных экстремальных месячных уровней по наблюдениям на МС «Витязь» в 1996—2015 гг. (1 — минимальный уровень, 2 — средний, 3 — максимальный) и в Калининграде (гидропост Рыбачий) в 1977—2006 гг. (4 — минимальный уровень, 5 — средний, 6 — максимальный).

бачий). Для экстремальных значений наблюдается другая закономерность — максимальные и минимальные месячные значения для поста Калининград (Рыбачий) соответственно больше и меньше аналогичных для точки МС «Витязь». Причина в том, что основным движущим фактором колебаний уровня на приустьевом участке р. Преголи являются колебания уровня в Калининградском/Вислинском заливе. Чем бы ни были вызваны подъемы или спады величины уровня в самом заливе — изменением уровня Балтики или действием местного нагонного или стонного ветра, сигнал об изменении уровня «поднимается» вверх по реке, постепенно затухая. Данная закономерность слегка нарушилась только для максимальных месячных значений в июне—июле, что свидетельствует о том, что именно в эти месяцы район реки, где происходят наблюдения, в большей степени находился под влиянием речного фактора.

Средние месячные уровни в устье р. Преголи за период 1996—2015 гг. изменялись в течение года в пределах 17 см; они понижались с января по май (до 4 см БС), с июня начинался рост, достигающий максимума в июле (19 см БС), затем было незначительное снижение до октября (15 см) и вновь рост с достижением максимальных значений в ноябре (21 см) и декабре (20 см). Многолетний ход средних месячных уровней в устье р. Преголи, имеющий два максимума и два минимума, вполне соответствует характеру сезонного хода средних уровней в Вислинском заливе и Балтийском море [4]. Такой обобщенный внутригодовой ход уровня отражает влияние основных опре-

деляющих факторов, о которых было сказано выше. Так, на формирование низкого уровня весной оказывают влияние ослабление в этот период зональной составляющей ветра и уменьшение количества осадков, минимум которых приходится на февраль—апрель, после чего начинается их рост с максимумом в августе и снижением в сентябре [1, 6].

Результаты для внутригодового хода, полученные на МС «Витязь» (1996—2015 гг., 20 лет) и гидропосту Калининград (Рыбачий) (1977—2006 гг., 31 год), достаточно хорошо соответствуют друг другу; их сравнение дает представление о возможных вариациях величины тренда за счет разных периодов осреднения: максимальные различия в максимальных месячных значениях относятся к осенне-зимним месяцам, в то время как те же различия для месячных минимальных значений — к летним месяцам. Это может свидетельствовать о том, что в последнее время воздействие ветровых нагонов в осенне-зимние месяцы снижается (в период, когда этот фактор является основным), а в летние — снижение уровня Балтийского моря, которое обеспечивает понижение общего уровня в заливе и реке, не такое сильное, как было ранее.

Сезонные особенности в тенденции роста уровня. Тенденция роста уровня, установленная по 20-летнему ряду средних годовых уровней МС «Витязь», прослеживается и в динамике всех средних месячных уровней кроме февраля (табл. 3). Максимальный рост среднемесячных значений характерен для декабря и января, относительно незначительный — для марта, июля, ноября и особенно слабый — для октября; наиболее близким к среднемноголетнему значению ($6.4 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$) был тренд в мае ($5.9 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$).

Расчет временных трендов в рамках календарных сезонов показал, что, несмотря на разнообразие внутригодового хода уровня, его изменение в сезоны в среднем характеризуется близкими по величине положительными линейными трендами, за исключением зимнего, когда рост уровня происходил в 2 раза быстрее, чем в остальные сезоны, и это при том, что средний за февраль уровень понижался: $10.7 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ (зима), 4.9 , 4.8 , $5.0 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ (весна, лето, осень). Увеличение длины анализируемого ряда по сравнению с [1], где для периода 1996—2010 г. скорости роста составили $12.8 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ (зима), 4.0 , 7.3 , $9.5 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ (весна, лето, осень) подтвердило тенденцию максимального роста уровня зимой и сбалансировало скорости для других сезонов. Уровни в декабре и январе с течением времени становятся все выше, этот эф-

Таблица 3

Линейные тренды для месячных, сезонных и годового значений уровня (tr , $\text{мм} \cdot \text{год}^{-1}$) р. Преголи для периода 1996—2015 гг., по данным измерений на МС «Витязь»

Месяц	tr	R^{2*}	P^{**}	Месяц	tr	R^2	P	Период	tr	R^2	P
I	20.4	0.18	96	VII	3.3	0.03	77	XII—II	10.7	0.11	92
II	-5.0	0.02	95	VIII	8.4	0.12	72	III—V	4.9	0.10	90
III	3.2	0.01	65	IX	9.8	0.12	92	VI—VIII	4.8	0.12	92
IV	7.5	0.10	92	X	1.8	0.00	56	IX—XI	5.0	0.05	82
V	5.9	0.15	95	XI	3.5	0.01	66	I—XII	6.4	0.25	98
VI	4.9	0.12	92	XII	15.9	0.18	96				

Примечание. $*R^2$ — коэффициент детерминации, $**P$ — обеспеченность по критерию Стьюдента (%).

фект, скорее всего, связан с участвовавшими случаями слабоснежных зим или укорочением периода отрицательных температур за счет более поздней даты его наступления на водосборе р. Преголи. Таким образом, в зимние месяцы происходит основной вклад в тенденцию роста среднегодового уровня.

Внутригодовой ход уровня. В отличие от среднемноголетнего годового хода распределение уровня в каждый отдельный год оказывается более сложным, перепады от месяца к месяцу очень изменчивы по знаку и величине; в одни и те же месяцы, но в разные годы могут наблюдаться как высокие, так и низкие уровни (рис. 3). К тому же тенденция внутригодового хода уровня, отмеченная визуально, может быть как положительной, так и отрицательной (и первый вариант встречается чаще). Тем не менее в некоторые годы прослеживаются общие черты: значительное понижение уровня в весенние месяцы (чаще в один из них), повышение в июле—августе и спад в октябре—ноябре. Внутригодовой ход для месячных уровней, в отдельные годы значительно отличающийся от среднего внутригодового хода за 20-летний период, характерен для многих гидропостов Балтики [4], что свидетельствует о слабом влиянии сезонного цикла режимобразующих факторов для исследуемого региона. Логическим следствием этого является необходимость более детального статистического анализа всего 20-летнего ряда ежесуточных измерений, использованного в настоящей статье, что выходит за рамки первоначальной постановки задачи.

Выводы

По данным 20-летнего периода (1999—2015 гг.) ежесуточных наблюдений за уровнем в устье р. Преголи (Калининградский залив) установлен рост среднегодового уровня со скоростью $6.4 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, что близко к оценкам по Вислинскому и Куршскому заливам на конец XX—начало XXI в. Важным является определение неоднозначности вклада в рост среднего годового уровня изменений экстремальных уровней (положительного тренда минимального уровня, $4.7 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$; отрицательного тренда максимального уровня, $-4.8 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$). Рост минимальных уровней, как правило, происходит в результате климатических изменений гидрологических климатообразующих факторов, в то время как максимальные уровни более отражают тенденции в режиме нагонных ветров.

Значительный вклад в рост среднего уровня вносит зимний сезон, возможно по причине участвовавших случаев теплых и влажных зим в регионе. Скорость роста уровня в зимние месяцы (декабрь—февраль) составляет $10.7 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, что вдвое превышает аналогичные скорости весной, летом и осенью: 4.9, 4.8, $5.0 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$.

Подтверждается, что характер внутригодового хода среднемесячных значений уровня в устье р. Преголи для каждого из проанализированных годов периода 1996—2015 гг. индивидуален и часто существенно отличается от усредненного за весь период внутригодового сезонного хода, что свидетельствует о слабом влиянии сезонного цикла режимобразующих факторов в исследуемом регионе.

Работа выполнена в рамках темы № 0149-2014-0017 «Эволюция прибрежных систем бесприливных морей в условиях изменения климата и техноген-

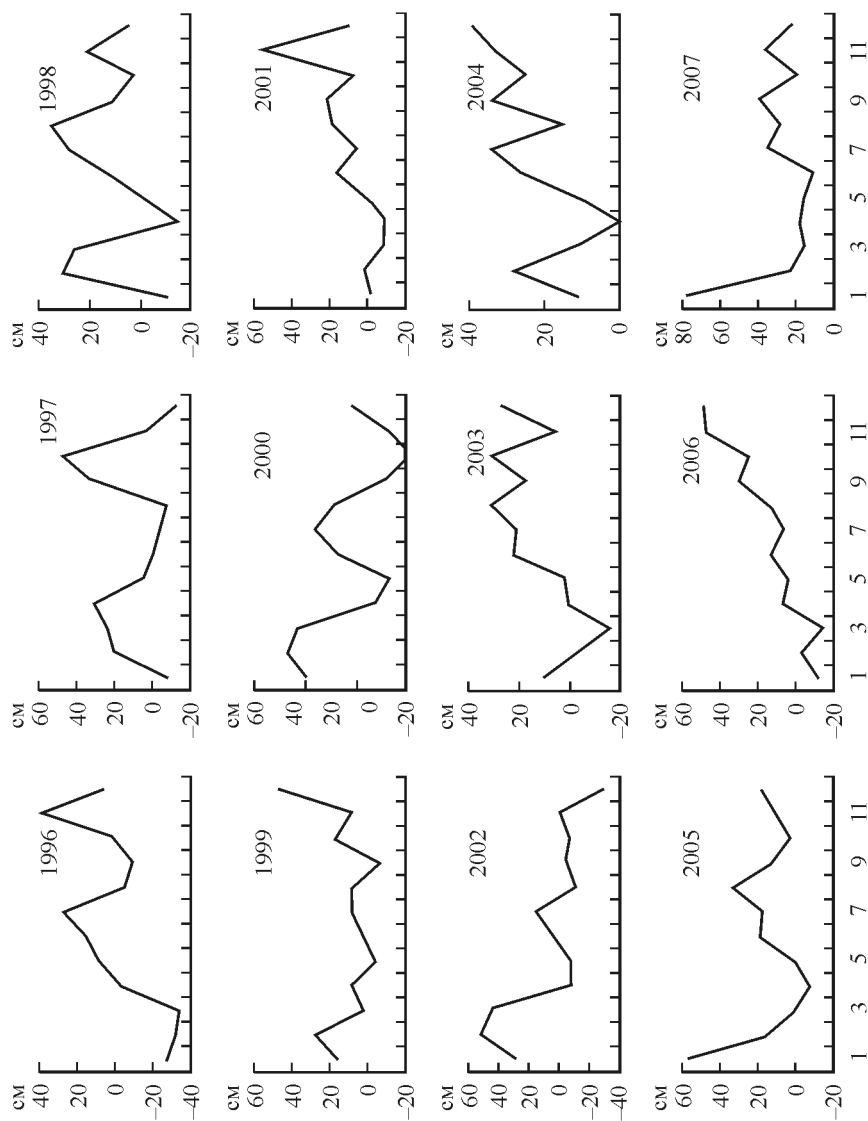


Рис. 3. Ежегодные графики хода средних месячных уровней р. Преголи по наблюдениям МС «Витязь» в 1996—2015 гг. На последнем графике показан также внутригодовой ход средних за период ежемезных уровней (1) и среднемноголетнее значение уровня (2). Месяцы обозначены арабскими цифрами.

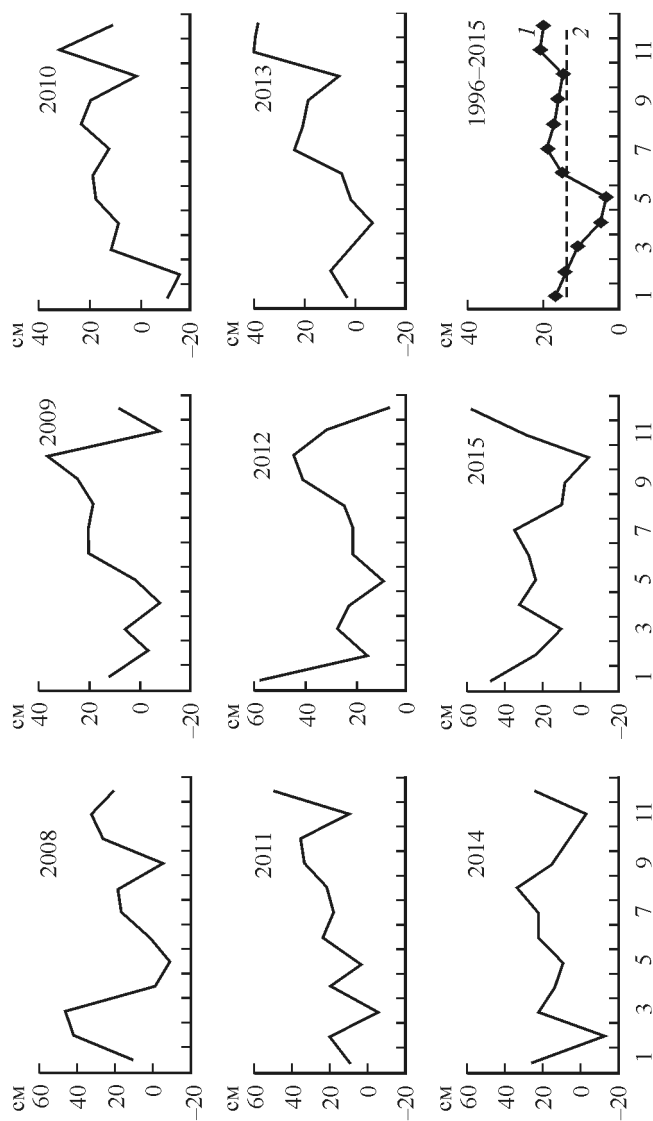


Рис. 3 (продолжение).

ного воздействия, методы мониторинга, оценки и прогнозирования для комплексного управления прибрежными зонами» государственного задания ИО РАН (№ госрегистрации 01201376670).

Авторы искренне благодарны сотрудникам АО ИО РАН Р. В. Абрамову, С. Н. Красильникову и их коллегам — наблюдателям, организовавшим и обеспечивающим проведение измерений уровня на МС «Витязь».

Список литературы

- [1] Абрамов Р. В., Гуцин О. А., Навроцкая С. Е., Стонт Ж. И. Гидрометеорологический мониторинг побережья Юго-Восточной Балтики в 1996—2010 гг. // Изв. РАН. Сер. географическая. 2013. № 1. С. 54—61.
- [2] Атлас «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана / Балтийское море». Обнинск, 2007. URL: <http://data.oceaninfo.ru/atlas/Balt/5-1.html> (дата обращения 10.12.2011).
- [3] «Витязь» 1996—2015: Гидрометеорологические наблюдения / Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Музей Мирового океана. 2015. Вып. 1—21.
- [4] Гидрометеорологический режим Вислинского залива / Под ред. Н. Н. Лазаренко и А. Маевского. Л.: Гидрометеиздат, 1971. С. 6—120.
- [5] Любимова О. Б., Иванов С. Н., Бережный Б. Д. Анализ динамики уровня в устьевой зоне р. Преголи у г. Калининграда // Проблемы управления социально-экономическими процессами регионов. VI Междунар. науч.-практич. конф. (27—28 апр. 2010): материалы. Калининград: АНО ВПО «КИУ», 2010. С. 103—107.
- [6] Навроцкая С. Е., Стонт Ж. И. Годовой ход уровня реки Преголи в центре Калининграда и случаи его подъема выше критических отметок по наблюдениям 1996—2008 гг. // Изв. РГО. 2010. Т. 142, вып. 5. С. 54—60.
- [7] Навроцкая С. Е., Чубаренко Б. В. О повышении уровня в российской части Вислинского залива // Метеорология и гидрология. 2012. № 1. С. 57—67.
- [8] Навроцкая С. Е., Чубаренко Б. В. Тенденции изменения уровня моря в лагунах Юго-Восточной Балтики // Океанология. 2013. Т. 53, № 1. С. 17—28.
- [9] Перечень и критерии опасных (ОЯ) и комплексов гидрометеорологических явлений по району ответственности Калининградского ЦГМС-филиала ФГБУ «Северо-Западное УГМС». 2013. URL: [//meteo39.ru/monitoring/voda.html](http://meteo39.ru/monitoring/voda.html) (дата обращения 12.02.2015).
- [10] Сергеева Л. Г. Исследование штормовых нагонов в устье р. Преголи у Калининграда // Изв. РГО. 1991. Т. 123, вып. 3. С. 275—279.
- [11] Стонт Ж. И., Чубаренко Б. В., Гуцин О. А. Изменчивость гидрометеорологических характеристик для побережья Юго-Восточной Балтики // Изв. РГО. 2010. Т. 142, вып. 4. С. 48—56.
- [12] Чубаренко Б. В., Шкуренок В. И. Особенности гидрологической структуры вод в эстуарии реки Преголи и в точке стоянки НИС «Витязь» // Экологические проблемы Калининградской области и Юго-Восточной Балтики. Калининград: Изд-во КГУ, 1999. С. 41—47.
- [13] Чубаренко Б. В., Шкуренок В. И. Физические механизмы проникновения соленых вод вверх по реке Преголе с учетом влияния рельефа дна // Физические проблемы экологии (экологическая физика). М.: Изд-во МГУ, 2001. Вып. 7. С. 80—88.
- [14] Экстремальные уровни вблизи берегов и эстуариев Балтийского моря. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 70 с.

- [15] Bierstedt S. E., Hunicke B. and Zorita E. Variability of wind direction statistics of mean and extreme wind events over Baltic Sea Region // *Tellus A*. 2015, 67, 29073. URL: [http:// dx.doi.org/10/3402/tellusa.v67.290733](http://dx.doi.org/10/3402/tellusa.v67.290733) (дата обращения 12.04.2016).
- [16] Dailidienė I., Baudler H., Chubarenko B., Navrotskaya S. Long term water level and surface temperature changes in the lagoons of the South and East Baltic // *Oceanologia*. 2011. 53 (1—II). P. 293—308.
- [17] Jensen J. and Mudersbach Ch. Zeitliche Änderungen in den Wasserstandszeitreihen an den Deutschen Küsten // *Berichte zur Deutschen*. Ed. by R. Glaser, et al. (Selbstverlag Deutsche Akademie für Landeskunde) Leipzig. 2007. Vol. 81. N 2. P. 99—112.
- [18] Prussak Z., Zavadzka E. Potential implication of sea-level rise for Poland // *J. of Coastal Res.* 2008. Vol. 24, N 2. P. 410—422.
- [19] Vestol O. Determination of postglacial land uplift in Fennoscandia from leveling, tide-gauges and continuous GPS stations using least squares collocation // *J. of Geodesy*. 2006. V. 80, N 5. P. 248—258.

Поступило в редакцию
27 июля 2016 г.

On the increase of the annual and seasonal values of water level in the mouth of the Pregolya River (the Baltic Sea) in 1996—2015

© S. E. Navrotskaya,¹ B. V. Chubarenko²

Atlantic Branch of the Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences,
Kaliningrad

E-mail: ¹ navsvet@atlas.baltnet.ru

² chuboris@mail.ru

The inter-annual fluctuations of water level at the mouth of the Pregolya River (the main river of the Kaliningrad oblast), considered on the basis of the daily observations during 1996—2015, demonstrate a positive trend of $6.4 \text{ mm} \cdot \text{year}^{-1}$ (the rise $12.8 \text{ cm} \cdot \text{period}^{-1}$). The trend for yearly minimum water level ($4.7 \text{ mm} \cdot \text{year}^{-1}$, $9.5 \text{ cm} \cdot \text{period}^{-1}$) is well coordinated with this trend, while the yearly maximum water level exhibits the negative trend ($-4.8 \text{ mm} \cdot \text{year}^{-1}$, $-9.5 \text{ cm} \cdot \text{period}^{-1}$). This may testify the weakening in wind impact associated with regional atmospheric circulation and the increase of the role of rainfall in the catchment basin during last years. The trend in calendar season values of the water level shows that water level in winter has grown twice faster than in other seasons ($10.7 \text{ mm} \cdot \text{year}^{-1}$ for winter and 4.9 , 4.8 , $5.0 \text{ mm} \cdot \text{year}^{-1}$ for spring, summer and autumn). This result may be caused by both the increase of frequency of no-snow winters or/and the reducing of the frozen period with shift of its beginning till February. The variations of monthly average water level are almost individual for each of the analyzed years in the period 1996—2015 and are often strongly different from the intra-annual seasonal course of the water level averaged through the period, which has two maxima and two minima. It indicates the weak influence of the seasonal variations of regime forming factors in the study area.

Key words: Pregolya River, water level, long term tendency, seasonal features, extreme water levels.

References

- [1] *Abramov R. V., Gouschin O. A., Navrotskaya S. E., Stont G. I.* Hidrometeorologicheskii monitoring poberezh'ya Yugo-Vostochnoy Baltiki v 1996—2015 gg. // *Izvestiya RAN. Seria geograficheskaya*. 2013. N 1. S. 54—61.
- [2] Atlas «Klimat morej Rossii i klyuchevykh rajonov Mirovogo okeana / Baltijskoe more» Obninsk, 2007. <http://data.oceaninfo.ru/atlas/Balt/5-1.html> (data obraschenia 10.12.2011).
- [3] «Vityaz'» 1996—2015: Hydrometeorologicheskie nablyudeniya / Atlanticheskoe otdelenie Insnituta okeanologii im. P. P. Shirchova RAN. Musej Mirovogo okeana, 2015. N 1—21.
- [4] Hidrometeorologicheskij regim Vislinskogo zaliva / Pod red. N. N. Lazarenko and A. Maevskogo. L.: Gidrometeoizdat, 1971. S. 6—120.
- [5] *Lyubimova O. B., Ivanov S. N., Berezhnyj B. D.* Analiz dinamiki urovnya v ust'evoj zone r. Pregoli u g. Kaliningrada // Problemy upravleniya social'no-ehkonomicheskimi processami regionov. VI Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. (27—28 apr. 2010): materialy. Kaliningrad: ANO VPO «KIU», 2010. S. 103—107.
- [6] *Navrotskaya S. E., Stont Zh. I.* Godovoj hod urovnya reki Pregoli v centre Kaliningrada i sluchai ego pod"ema vyshe kriticheskikh otmetok po nablyudeniyam 1996—2008 gg. // *Izvestiya RGO*. 2010. T. 142, vyp. 5. S. 54—60.
- [7] *Navrotskaya S. E., Chubarenko B. V.* On the sea level rise in the Russian part of the Vistula Lagoon. *Russian Meteorology and Hydrology*, Volume 37, Issue 1, February 2012, pp. 39—46
- [8] *Navrotskaya S. E., Chubarenko B. V.* Trends in the Variations of the Sea level in the Lagoons of the Southeastern Baltic. // *Oceanology*. 2013. Vol. 53, No 1. Pp. 13—23.
- [9] Perechen' i kriterii opasnyh (OYa) i kompleksov gidrometeorologicheskikh yavlenij po rajonu otvetstvennosti Kaliningradskogo CGMS-filiala FGBU «Severo-Zapadnoe UGMS». 2013. URL: [//meteo39.ru/monitoring/voda.html](http://meteo39.ru/monitoring/voda.html) (data obrashcheniya 12.02.2015).
- [10] *Sergeeva L. G.* Issledovanie shtormovykh nagonov v ust'e r. Pregoli u Kaliningrada // *Izvestiya RGO*. 1991. T. 123, vyp. 3. S. 275—279.
- [11] *Stont Zh. I., Chubarenko B. V., Gushchin O. A.* Izmenchivost' gidrometeorologicheskikh harakteristik dlya poberezh'ya Yugo-Vostochnoj Baltiki // *Izvestiya RGO*. 2010. T. 142, vyp. 4. S. 48—56.
- [12] *Chubarenko B. V., Shkurenko V. I.* Osobennosti gidrologicheskoy struktury vod v ehs-tuarii reki Pregoli i v tochke stoyanki NIS «Vityaz'» // *Ehkologicheskie problemy Kaliningradskoj oblasti i Yugo-Vostochnoj Baltiki*. Kaliningrad: Izd-vo KGU, 1999. S. 41—47.
- [13] *Chubarenko B. V., Shkurenko V. I.* Fizicheskie mekhanizmy proniknoveniya solyonykh vod vverh po reke Pregole s uchytom vliyaniya rel'efa dna // *Fizicheskie problemy ehkologii (ehkologicheskaya fizika)*. M.: Izd-vo MGU, 2001. Vyp. 7. S. 80—88.
- [14] Ekstremal'nye urovni vblizi beregov i ehs-tuarijev Baltijskogo morya. L.: Gidrometeoizdat, 1982. 70 s.
- [15] *Bierstedt S. E., Hunicke B. and Zorita E.* Variability of wind direction statistics of mean and extreme wind events over Baltic Sea Region // *Tellus A*. 2015, 67, 29073, <http://dx.doi.org/10.3402/tellusa.v67.29073>. (data obraschenia 12.04.2016).
- [16] *Dailidiené I., Baudler H., Chubarenko B., Navrotskaya S.* Long term water level and surface temperature changes in the lagoons of the South and East Baltic // *Oceanologia PAS*. 2011. 53 (1—TI). P. 293—308.
- [17] *Jensen J. and Mudersbach Ch.* Zeitliche Anderungen in den Wasserstandszeitreihen an den Deutschen Kusten // *Berichte zur Deutschen / Ed. by R. Glaser, et al. (Selbst-*

verlag Deutsche Akademie für Landeskunde) Leipzig, 2007. Vol. 81, N 2. P. 99—112.

- [18] Prussak Z., Zavadzka E. Potential implication of sea-level rise for Poland // J. of Coastal Res. 2008. Vol. 24, N 2. P. 410—422.
- [19] Vestol O. Determination of postglacial land uplift in Fennoscandia from leveling, tide-gauges and continuous GPS stations using least squares collocation // J. of Geodesy. 2006. V. 80, N 5. P. 248—258.

Изв. РГО. 2017. Т. 149, вып. 2

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ И РАЙОНИРОВАНИЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

© **А. Н. ТАМАЙЧУК**

Симферополь
E-mail: tamaych2006@rambler.ru

Черное море четко разделяется на северо-западную мелководную и глубоководную части. Процессы дифференциации в северо-западной части Черного моря определяются своеобразием ее природных условий: мелководностью и речным стоком. Соответственно ведущими факторами, формирующими пространственную структуру северо-западной части Черного моря, выступают локальные особенности ее дна и характер взаимодействия стока различных рек. Специфической особенностью региональной дифференциации глубоководной части Черного моря является преобладание морфометрического фактора дифференциации. Конфигурация берегов, форма котловины и рельеф дна моря обуславливают концентрическое распределение в его глубоководной части географических характеристик с наиболее выраженными изменениями от прибрежных районов к открытому морю.

Ключевые слова: район, дифференциация, северо-западная часть, глубоководная часть, Черное море, фактор, структура.

Комплексное изучение географических объектов предполагает постижение закономерностей их внутренней дифференциации. Однако если в познании пространственного структурирования суши достигнуты заметные успехи, то особенности региональной дифференциации Мирового океана исследованы значительно слабее. В то же время необходимость изучения пространственной структуры океана давно ощущается наукой и практикой природопользования. Несмотря на это, работ, посвященных исследованию пространственной дифференциации Мирового океана, немного. Сказанное в полной мере относится и к Черному морю [4, 5, 13, 17, 33, 35, 37—39]. На сегодняшний день отсутствует детальная схема его комплексного природного районирования. В настоящей статье предпринимается попытка составления такой схемы на основе изучения ведущих факторов пространственной дифференциации, особенностей распределения экологически значимых характеристик и современных представлений о теории и методике физико-географического районирования. По нашему мнению, проведение природного районирования Черного моря требует анализа его пространственной дифференциации по четырем главным направлениям: зональному; собственно азональному, или морфоструктурному; циркумконтинентальному и вертикальному.