

природно-технических объектов [2, 4]. Практически ни один из апробированных на практике методов не позволяет получить развернутую обобщенную характеристику метеорологических режимов при реализации климатологического прогноза в виде схематизированного типичного распределения основных метеофакторов по всем необходимым спектрам расчетных периодов вегетации с учетом сложного и неоднозначного характера условий их формирования в многолетнем и внутривегетационном сечении, в том числе с учетом возможных изменений климата.

На наш взгляд, и согласно научным трудам [2], в основу решения этой задачи должна быть положена разработка климатических сценариев, а в нашем случае – это разработка типовых схем метеорологических режимов на долгосрочной основе с помощью соответствующих моделей.

Данная задача может быть реализована с помощью соответствующих моделей, описывающих типичное распределение основных метеорологических характеристик при изменении климатических условий с учетом глобального потепления. Распределение векторов основных метеорологических характеристик в условиях изменения климата может быть представлено в неявном виде как

$$\bar{X}_f = \bar{X}_f^0 + \Delta\bar{X}_f, \quad f = \overline{1, n_f}, \quad (4)$$

где  $\bar{X}_f^0$  – вектор среднесуточных норм  $f$ -го метеофактора, определяющегося по базовому сценарию на основе ретроспективных статистических метеоданных формирования метеорологических режимов в современных условиях;

$\Delta\bar{X}_f$  – соответствующие прогнозируемые изменения среднесуточных норм  $f$ -го метеофактора при изменении климата определены согласно соответствующим моделям.

Поскольку метеорологические условия характеризуются не какой-то определенной метеорологической величиной, а их совокупность, то при выполнении режимных мелиоративных, экологических и метеорологических прогнозов традиционно используются такие метеорологические характеристики, как осадки, температура, дефицит и относительная влажность воздуха, по которым в дальнейшем могут быть определены величина суммарного испарения, сумма активных температур, фотосинтетическая активная радиация (ФАР) и др.

Получение нормированного  $f$ -го метеофактора, определяющегося по базовому сценарию на основе ретроспективных статистических метеоданных формирования метеорологических режимов в современных условиях, может быть осуществлено по методам, информационному и программному обеспечению, разработанным на кафедре природообустройства и гидромелиораций НУВХП [2, 5].

Учитывая несовершенство существующих моделей прогнозирования климата в целом, и для условий Украины в частности, такое прогнозирование может быть выполнено с использованием шести различных моделей, четыре из которых: GISS, GFDL, CCCM и UKMO [4].

#### GROMACHENKO S.Y., ROKOCHINSKIY A.M. Forecast and estimation of waste dumps and landfills water regime taking into account climate change conditions

The theoretical approaches to the leachate generation volume and regime forecasting based on water-balance calculations taking into account climate change conditions in the complex of engineering land reclamation measures for waste disposal were considered.

УДК 556(476)

**Волчек А.А., Натарева О.Н.**

### ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ АМПЛИТУД ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА ВОДЫ РЕКИ БЕЛАРУСИ

**Введение.** Начиная с середины 80-х годов прошлого столетия, климатологи отмечают направленный рост как среднегодовых температур, так и температур за отдельные месяцы. Картина временных изменений атмосферных осадков достаточно сложная, так как реки являются продуктом климата, и если две основные составляющие

Таким образом, прогнозируемые изменения среднесуточных норм  $f$ -го метеофактора при изменении климата, по нашему мнению, целесообразно определять по методике [5] с учетом [4] согласно моделям CCCM (модель Канадского климатического центра, чувствительность к удвоению CO<sub>2</sub> – 4,0 °C) и UKMO (модель Метеорологического бюро Соединенного королевства, чувствительность к удвоению CO<sub>2</sub> – 6,0 °C).

**Заключение.** Определение объема фильтрата, образующегося в пределах свалки или полигона ТБО, осуществляется на основе общепринятого балансового метода, как главного инструмента оценки и прогноза водного режима. В условиях изменения климата роль метеорологических условий на формирование водного и общего природно-экологического режимов объекта ТБО, технологические и технические решения его устройства постоянно увеличивается. Метеорологическое обеспечение прогнозных режимных расчетов ВБ в условиях изменения климата должно учитывать как базовый сценарий получения нормированного метеофактора, так и его прогнозируемые изменения согласно соответствующим климатическим моделям.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Захист від забруднення ландшафтів побутовими відходами та промисловими відходами на основі використання природних сорбентів: монографія / За редакцією проф. В.А. Сташук, З.Р. Маланчука та проф. А.М. Рокочинського; [В.А. Сташук, З.Р. Маланчук, А.М. Рокочинський, М.О. Клименко, П.Д. Колодич, Л.І. Каменчук, Р.В. Жомирук, С.Ю. Громаченко, О.О. Бедункова]. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 420 с.
2. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водо-регулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / За редакцією академіка УААН. Ромащенко М.І. – Рівне: НУВГП, 2010 – 351 с.
3. Громаченко, С.Ю. Принципи побудови й реалізації моделей прогнозу оцінки водного режиму сміттєзвалищ та полігонів відходів на довготерміновій основі й визначення режимно-технологічних параметрів їх складових / С.Ю. Громаченко, А.М. Рокочинський // Вісник НУВГП. – 2011. – Вип. 1(53). – С. 25–32.
4. Ромащенко, М.І. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату. Наукова доповідь-інформація / М.І. Ромащенко, О.О. Собко, Д.П. Савчук, М.І. Кульбіда – Київ: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. – 46 с.
5. Меліоративні системи та споруди: посібник до ДБН В.2.4-1-99. – Розділ 3. Осушувальні системи // Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проєктах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А.М.Рокочинський, О.І. Галік, В.А.Сташук, Н.А. Фроленкова, В.А. Волощук та ін. – Рівне, 2008. – 64 с.

*Матеріал посту́пил в редакцію 11.02.15*

**Натарева Оксана Николаевна**, ст. преподаватель кафедры геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

годового его распределения. Это крайне важно учитывать при проведении воднобалансовых и водохозяйственных расчетов.

**Исходные данные и методика исследований.** Для оценки временных пространственно-временных колебаний амплитуд стока воды рек Беларуси принят ряд многолетних наблюдений за среднемесячными расходами воды по 51 гидрологическому створу, опубликованные Республиканским гидрометеорологическим центром Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Изменения во внутригодовом распределении стока воды рек Беларуси оценивали величиной относительного изменения колебаний

$$\dot{A}_i = \frac{(Q_{max_i}^{i \dot{a}\dot{n}} - Q_{min_i}^{i \dot{a}\dot{n}})}{Q_{\dot{a}\dot{i} \dot{a}_i}}, \quad (1)$$

где  $Q_{max_i}^{i \dot{a}\dot{n}}$ ,  $Q_{min_i}^{i \dot{a}\dot{n}}$  – максимальный и минимальный среднемесячные расходы воды в году, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{\dot{a}\dot{i} \dot{a}_i}$  – среднегодовой многолетний расход воды, м<sup>3</sup>/с.

При этом сопоставлялись периоды максимальной повторяемости трех форм атмосферной циркуляции по Г.Я. Вантенгейму – А.А. Гирсу: меридиональная и восточная (1949–1970), восточная (1971–1995), западная (1996–2010). Для оценки статистической значимости изменений среднемесячных амплитуд использован критерий Стьюдента, а динамика изменения амплитуды колебаний ВРС оценивалась линейным трендом в виде

$$\dot{A}_{i_{t-1}} = \dot{A}_{i_0} \pm \Delta \dot{A}_i \cdot t, \quad (2)$$

где  $\dot{A}_{i_{t-1}}$  – значение относительной амплитуды ВРС воды в  $t-1$  в году;

$\dot{A}_{i_0}$  – значение относительной амплитуды ВРС воды в начальный год расчетного периода;

$\pm \Delta \dot{A}_i$  – градиент изменения относительных амплитуд ВРС воды;

$t$  – интервал времени.

**Анализ результатов исследований.** С целью выявления изменений во внутригодовом распределении стока воды рек Беларуси строились линейные тренды для каждой формы атмосферной циркуляции. Характеристики трендов каждого гидрологического створа представлены в таблице 1.

Анализ линейных трендов свидетельствует как об уменьшении значений относительных амплитуд ВРС воды, так и об их увеличении в смешанную меридиональную и восточную форму атмосферной циркуляции. Увеличение значений соответствующих амплитуд отмечено в Западно-Двинском, Верхне-Днепровском, Неманском и Припятском гидрологических районах. Средние значения относительных амплитуд ВРС воды для данных гидрологических районов соответственно составляют 4,46; 5,27; 2,83; 3,91. Уменьшение характерно для рек Вилейского (среднее значение относительных амплитуд – 2,58) и Центрально-Березинского (3,51) гидрологических районов. Относительно больших рек, пересекающих несколько гидрологических районов, то для них зафиксировано увеличение значений относительных амплитуд ВРС воды. Среднее значение соответствующих амплитуд больших рек составляет 3,65.

В восточную форму атмосферной циркуляции отмечено уменьшение относительных амплитуд ВРС воды во всех гидрологических районах. Наибольшие изменения наблюдаются на реках Западно-Двинского, Верхне-Днепровского и Центрально-Березинского гидрологических районов. Средние значения соответствующих амплитуд составляют 3,41; 3,62; 2,01. Однако имеются исключения. Так, на реках Вилия (с. Стешицы), Неман (г. Столбцы), Щара (г. Слоним), Дитва (с. Поречаны), Птичь (снт. Кринка), Копажовка (с. Черск) зафиксировано увеличение относительных амплитуд ВРС воды. Значения относительных амплитуд ВРС воды данных рек представлены в таблице 1. Относительно больших рек, пересекающих несколько

гидрологических районов, можно сказать что для них характерно уменьшение значений соответствующих амплитуд. Наибольшее уменьшение отмечено на реках Днепр (г. Могилев), Припять (пгт. Туров), Припять (г. Мозырь), Сож (г. Гомель), Днепр (г. Орша).

В период развития западной формы атмосферной циркуляции преимущественно отмечается увеличение значений относительных амплитуд ВРС воды, а именно на реках Западно-Двинского, Верхне-Днепровского, Вилейского и Центрально-Березинского гидрологических районов, а также на больших реках, пересекающих несколько гидрологических районов. Средние значения соответствующих амплитуд для данных гидрологических районов соответственно равны: 3,07; 3,00; 1,60; 2,04; 2,33. Наибольшее увеличение зафиксировано на реках Западно-Двинского и Центрально-Березинского гидрологических районов. Для рек Неманского и Припятского гидрологических районов отмечено уменьшение значений соответствующих амплитуд. Средние значения относительных амплитуд ВРС воды для рек данных гидрологических районов равны 1,92 и 2,05.

Определенный интерес представляет выявление месяцев с максимальными и минимальными значениями среднемесячных расходов воды. Так, максимальные значения среднемесячных расходов воды, в большей степени, приходятся на весенние месяцы, в частности на апрель. Изредка наибольшие значения среднемесячных расходов воды наблюдаются в июле месяце. Минимальные значения среднемесячных расходов воды чаще всего отмечены в августе, сентябре (октябре) и один из зимних месяцев. Эта тенденция изменения присуща всем формам атмосферной циркуляции.

Построенные линейные тренды легли в основу пространственно-временных структур изменения ВРС воды в разные периоды максимальной повторяемости форм атмосферной циркуляции, а именно, объединение их в характерные группы позволило выделить три состояния ВРС воды рек Беларуси с соответствующими интервалами значений: увеличение, незначительное изменение, уменьшение. Пространственно-временные структуры изменения внутригодового распределения воды представлены на рисунках 1–3. Также с целью установления причинно-следственной связи произошедших во ВРС изменений на рисунках 1–3 приведены пространственно-временные структуры изменения осадков, температур воздуха и средних скоростей ветра.

Анализ пространственно-временных структур представлен ниже:

- **Смешанная меридиональная и восточная форма атмосферной циркуляции.**

Пространственно-временная структура изменения ВРС воды (рисунок 1а) характеризуется следующими интервалами изменений: увеличение (более 0,15), незначительное изменение (0,15 – -0,15), уменьшение (менее -0,15). Увеличение речного стока воды отмечено в подрайонах IIб, IIв Верхне-Днепровского, подрайоне Va Центрально-Березинского, юго-восточной части подрайонов VIа, VIб, частично подрайоне VIв Припятского, Неманского гидрологических районов. Увеличение стока воды связано прежде всего с физико-географическим расположением водосборов рек. Территория Неманского гидрологического района по физико-географическому районированию относится к Белорусской Гряде. В частности, наибольшие значения градиентов стока отмечены на реках, водосборы которых расположены на территории Волковысской, Гродненской, Новогрудской возвышенностей. Водосборы рек Верхне-Днепровского гидрологического района отнесены к территории Приднепровья, в большей степени, Оршанской возвышенности. В целом, для территории республики зафиксировано наибольшее увеличение стока воды именно на реках Верхне-Днепровского гидрологического района. Так, для р. Беседь – с. Светиловичи значение градиента стока воды составляет 1,03, р. Проня – с. Летяги (х. Ясарь) – 1,56. Уменьшение стока воды отмечено на реках Случь, Копажовка, Рыта и др. Водосборы этих рек расположены на равнинной территории, на границе Неманского, Центрально-Березинского и Припятского гидрологических районов. Уменьшение речного стока воды также прослеживается на реках подрайона IIIа Вилейского гидрологического района. Наибольшее уменьшение речного стока воды в Вилейском гидрологическом районе установлено на реке Эсса. Значение градиента стока воды для этой реки составляет -0,13. На всей остальной территории республики значительных изменений в стоковом режиме не отмечено.

Таблица 1. Характеристика стокового режима Беларуси

Река-пост	меридиональная и восточная форма				восточная форма				западная форма			
	$\alpha^*10$	$C_v$	$r$	$A_m$	$\alpha^*10$	$C_v$	$r$	$A_m$	$\alpha^*10$	$C_v$	$r$	$A_m$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I - Западно-Двинский гидрологический район												
Подрайон в												
р. Полота – с. Янково 1-е	-0,02	0,299	0,01	3,38	-0,17	0,278	0,15	3,56	1,20	0,283	0,42	2,54
Подрайон г												
р. Дисна – пгт. Шарковщина	0,34	0,300	0,16	4,49	-0,25	0,289	0,18	3,12	0,16	0,296	0,03	3,12
р. Берёзовка – с. Саутки	0,12	0,342	0,04	5,50	-0,44	0,296	0,29	3,54	1,20	0,351	0,23	3,54
II – Верхне-Днепровский гидрологический район												
Подрайон б												
р. Остер – с. Ходунь	0,46	0,296	0,19	5,10	-0,46	0,298	0,29	3,60	0,853	0,275	0,27	2,95
р. Проня – с. Летяги (х. Яскарь)	1,56	0,277	0,39	4,61	-0,37	0,196	0,25	3,87	0,17	0,347	0,14	2,92
Подрайон в												
р. Беседь – с. Светиловичи	1,03	0,345	0,35	5,66	-0,58	0,294	0,37	3,52	2,27	0,393	0,61	2,95
р. Жадунька – г. Костюковичи	0,50	0,392	0,19	5,72	-0,50	0,295	0,35	3,49	0,61	0,362	0,18	3,19
III – Вилейский гидрологический район												
Подрайон а												
р. Улла – с. Промыслы	-0,35	0,297	0,19	3,43	0,75	-	0,39	2,68	2,69	0,296	0,51	2,51
р. Эсса – с. Гадивля	-0,43	0,197	0,24	2,75	-0,07	0,194	0,08	1,83	0,53	0,196	0,23	1,78
р. Вилия – с. Стешицы	0,03	0,225	0,01	2,56	0,04	0,244	0,05	1,64	-0,26	0,228	0,13	1,68
р. Вилия – г. Вилейка	-0,17	0,293	0,09	1,92	-0,28	0,294	0,28	1,65	0,05	0,246	0,02	1,58
р. Вилия – с. Михалишки	-0,23	0,200	0,15	2,57	-0,04	0,194	0,05	1,37	-0,31	0,196	0,17	1,30
р. Нарочь – с. Нарочь	-0,21	0,573	0,13	2,82	-0,15	0,768	0,20	1,71	-0,14	0,200	0,06	1,82
р. Березина – г. Борисов	-0,25	0,193	0,18	2,61	-0,20	0,199	0,19	1,99	0,38	0,190	0,14	1,69
Подрайон б												
р. Исlochь – с. Боровиковщина	0,05	0,198	0,02	3,04	-0,07	0,197	0,09	1,67	-0,38	0,197	0,13	1,68
р. Гавья – с. Лубинята	-0,43	0,153	0,24	1,82	-0,04	0,111	0,07	1,17	-0,33	0,196	0,19	1,02
р. Ошмянка – с. Великие Яцны	0,14	0,174	0,10	2,20	-0,02	0,149	0,02	1,29	0,01	0,195	0,00	1,24
р. Гайна – с. Гайна	-0,88	0,880	0,35	2,68	-0,16	1,260	0,21	1,33	-0,30	0,268	0,14	1,26
IV – Неманский гидрологический район												
р. Неман – г. Столбцы	0,15	0,791	0,07	3,18	2,80	0,526	0,44	1,52	-8,77	0,965	0,70	3,73
р. Неман – с. Белица	0,26	0,249	0,19	2,71	-0,16	0,178	0,16	1,74	-0,10	0,281	0,05	1,47
р. Неман – пгт. Мосты	0,13	0,197	0,09	2,63	-0,14	0,150	0,16	1,64	-0,27	0,214	0,12	1,41
р. Неман – г. Гродно	0,20	0,200	0,16	2,48	-0,08	0,160	0,09	1,63	-0,40	0,221	0,17	1,40
р. Щара – г. Слоним	0,71	0,259	0,38	2,55	0,04	0,195	0,04	1,75	-0,70	0,299	0,35	1,53
р. Дитва – с. Поречаны	0,03	0,298	0,00	3,86	0,16	0,290	0,14	2,34	-0,77	0,296	0,08	2,20
р. Свислочь – с. Сухая Долина	0,48	0,230	0,33	2,37	-0,05	0,199	0,09	1,37	-1,47	0,277	0,39	1,70
V – Центрально-Березинский гидрологический район												
Подрайон а												
р. Ухлясть – пос. Радков	0,32	0,273	0,17	3,41	-0,26	0,195	0,32	1,98	0,43	0,293	0,19	2,05
р. Свислочь – с. Теробуты	-0,33	0,234	0,17	2,55	-0,28	0,197	0,37	1,13	-0,10	0,252	0,07	0,90
р. Грава – с. Аминовичи	0,64	0,457	0,20	4,60	-0,33	0,352	0,18	2,60	0,13	0,499	0,04	2,86
р. Сушанка – с. Суша	0,61	0,365	0,32	3,96	-0,21	0,361	0,17	2,28	1,78	0,399	0,60	3,03
Подрайон б												
р. Случь – с. Ленин	-4,08	0,385	0,59	4,30	-0,37	0,392	0,28	2,28	-0,66	0,366	0,18	2,22
р. Птичь – снт. Кринка	0,06	0,275	0,04	3,71	0,15	-	0,08	2,55	0,69	0,268	0,15	2,10
р. Птичь – с. Лучицы	-0,14	0,359	0,03	2,97	-0,27	0,353	0,25	1,81	0,74	0,341	0,37	1,50
р. Оресса – с. Андреевка	-0,20	0,348	0,14	2,57	-0,07	0,296	0,09	1,45	0,14	0,357	0,07	1,63

Подрайон а												
р. Уза – с. Прибор	0,96	0,393	0,35	5,07	-0,10	0,292	0,05	3,07	-0,14	0,497	0,04	3,11
р. Ясельда – г. Берёза	0,69	0,367	0,36	4,56	-0,52	0,254	0,61	1,78	-0,11	0,399	0,16	1,03
р. Ясельда – с. Сенин	0,45	0,396	0,28	3,59	-0,43	0,290	0,40	2,13	0,16	0,486	0,08	1,66
VI – Припятский гидрологический район												
Подрайон б												
р. Словечна – с. Кузьмичи	-0,20	0,467	0,08	3,85	-0,62	0,382	0,41	2,91	-7,16	0,489	0,67	1,93
Подрайон в												
р. Копаявка – с. Черск	-0,64	0,588	0,32	3,64	0,18	0,394	0,18	2,24	-0,02	0,588	0,00	2,30
р. Рыта – с. Мал. Радваничи	-0,41	0,546	0,17	3,27	-0,11	0,390	0,13	2,10	-0,08	0,499	0,04	2,11
р. Лесная – с. Замосты	0,35	0,350	0,20	3,36	-0,01	0,193	0,02	1,87	-0,38	0,350	0,12	2,25
Большие реки, пересекающие несколько гидрологических районов												
р. Западная Двина – г. Витебск	0,56	0,281	0,27	4,39	-0,34	0,197	0,27	3,69	0,98	0,295	0,21	3,25
р. Западная Двина – г. Полоцк	0,37	0,264	0,20	4,09	-0,29	0,195	0,25	3,37	0,87	0,284	0,21	3,02
р. Днепр – г. Орша	0,24	0,275	0,13	4,30	-0,35	0,223	0,26	3,30	0,94	0,295	0,32	2,75
р. Днепр – г. Могилев	0,20	0,255	0,13	4,02	-0,51	0,194	0,45	3,27	0,77	0,272	0,26	2,59
р. Днепр – г. Жлобин	-0,08	0,271	0,06	3,36	-0,11	0,194	0,11	2,59	1,11	0,282	0,50	2,08
р. Днепр – г. Речица	-0,10	0,199	0,07	2,81	-0,18	0,183	0,23	2,00	1,11	0,255	0,49	1,68
р. Березина – г. Бобруйск	0,04	0,199	0,03	2,66	-0,13	0,196	0,14	1,62	0,48	0,236	0,20	1,52
р. Сож – г. Славгород	0,55	0,293	0,26	4,66	-0,24	0,250	0,17	3,32	0,16	0,288	0,06	2,75
р. Сож – г. Гомель	0,60	0,292	0,30	4,31	-0,35	0,199	0,26	3,09	1,05	0,296	0,35	2,29
р. Припять – пгт. Туров	0,21	0,339	0,19	2,79	-0,36	0,337	0,51	1,75	0,55	0,376	0,20	1,84
р. Припять – г. Мозырь	0,31	0,352	0,26	2,81	-0,36	0,312	0,36	1,95	0,87	0,369	0,35	1,91

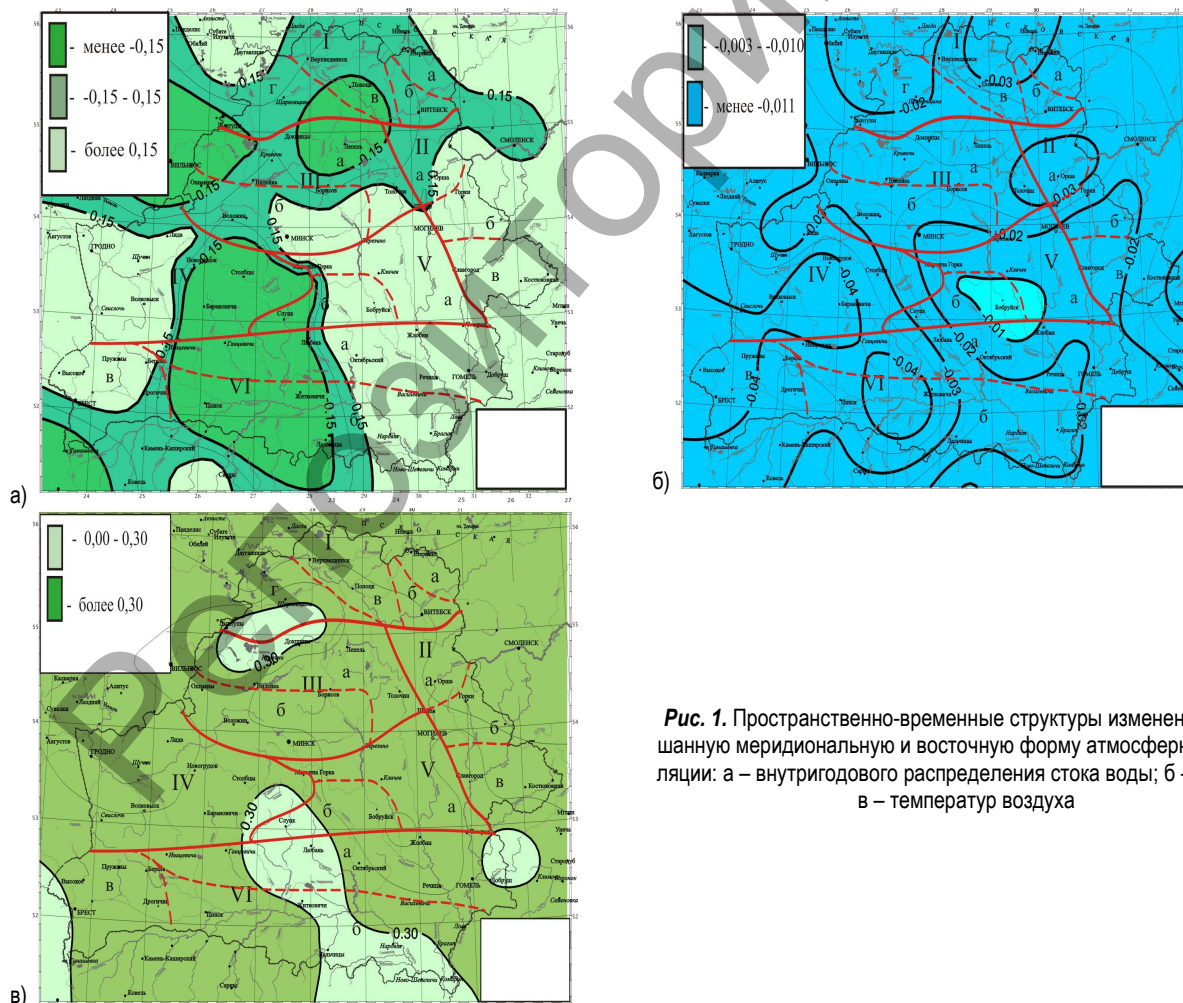


Рис. 1. Пространственно-временные структуры изменения в смешанную меридиональную и восточную форму атмосферной циркуляции: а – внутригодового распределения стока воды; б – осадков; в – температур воздуха



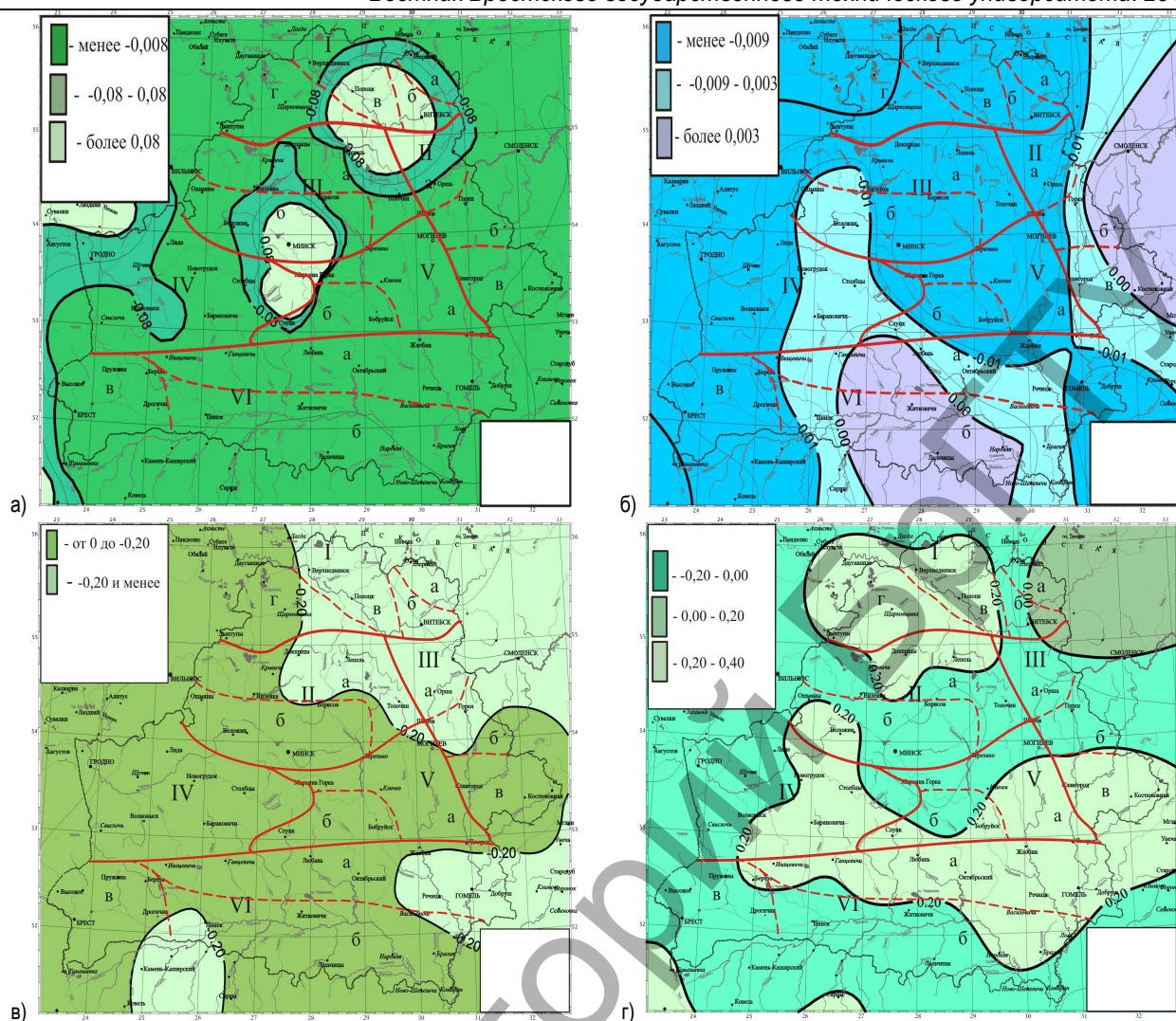


Рис. 2. Пространственно-временные структуры изменения в восточную форму атмосферной циркуляции: а – внутригодового распределения стока воды; б – осадков; в – температур воздуха; г – средних скоростей ветра

Что касается влияния на сток воды рек атмосферных осадков, то оно не отмечено, т.к. построенная пространственно-временная структура (рисунок 1б) отразила уменьшение градиентов атмосферных осадков в целом по территории республики. Значения градиентов атмосферных осадков ничтожно малы, а интервал изменения их величин от  $-0,003$  до  $-0,011$ . Наибольшее уменьшение зафиксировано в Неманском и подрайоне VIв Припятского гидрологических районов. Так, на метеостанциях в г. Бресте, г. Ганцевичи, г. Гродно градиенты атмосферных осадков составляют  $-0,044$ ,  $-0,038$ ,  $-0,038$  соответственно. Также наибольшим уменьшением количества атмосферных осадков характеризуется Западно-Двинский гидрологический район (значения градиентов осадков, в целом, для района  $-0,049$ ). В подрайоне VIб Центрально-Березинского гидрологического района отмечены незначительные изменения величин градиентов осадков. Интервал колебания значений составляет  $-0,003$  -  $-0,011$ .

Уменьшение речного стока воды обособовано также увеличением температуры воздуха, о чем свидетельствует построенная пространственно-временная структура изменения соответствующих градиентов (рис. 1в). Повышение температуры воздуха привело к росту испарения. В целом, в период максимальной повторяемости данной формы атмосферной циркуляции наблюдается увеличение значений градиентов температур воздуха, практически для всей территории республики. Однако, выделены небольшие территориальные участки, характеризующиеся незначительными изменениями величин градиентов температур воздуха. Эти участки приходятся на подрайоны VIа, VIб Припятского гидрологического района. Значения градиентов температур воз-

духа – менее  $0,30$ . Небольшой участок находится вокруг г. Добруш – подрайон VIа Припятского гидрологического района. Незначительные изменения градиентов температур воздуха отмечены на границе Западно-Двинского и Вилейского гидрологических районов (территория, прилегающая к г. Докшицы и г. Лынтупы).

• **Восточная форма атмосферной циркуляции.**

Для восточной формы атмосферной циркуляции (рис. 2а) отмечен следующий размах колебаний градиентов речного стока воды: более  $0,08$  (увеличение); от  $-0,08$  до  $0,08$  (незначительное изменение); менее  $-0,08$  (уменьшение). В целом, для республики зафиксировано уменьшение речного стока воды. Наибольшее уменьшение – на реках Верхне-Днепровского, подрайонах VIа, VIб Припятского гидрологических районов.

Значения градиентов стока воды рек Верхне-Днепровского гидрологического района находятся в пределах от  $-0,37$  до  $-0,58$ , рек Припятского гидрологического района от  $-0,43$  до  $-0,62$ . Отметим, что на построенной пространственно-временной структуре изменения ВРС в период максимальной повторяемости восточной атмосферной циркуляции намечены две небольшие по площади зоны заметного роста градиентов стока воды. Одна из них приходится на территорию, представляющую собой границу Неманского и Центрально-Березинского гидрологических районов, и отражает непосредственно изменения стокового режима р. Неман, в том числе и на гидрологическом посту в г. Столбцы. Другая зона – территория на границе Западно-Двинского, Верхне-Днепровского, Вилейского гидрологических районов. Первая зона по физико-географическому районированию относится к террито-



рии Белорусской Гряды, в частности Минской возвышенности. Другая зона – к территории Белорусского Поозерья, в частности Нещердно-Городецкой и Витебской возвышенностей. Таким образом, формирование стокового режима Беларуси обусловлено прежде всего рельефом местности. Незначительное уменьшение стока воды зафиксировано на реках подрайона IIIб Вилейского гидрологического района. Исключение составляет река Гайна. Незначительные изменения в стоковом режиме отмечены на реках Щара и Свислочь (с. Сухая Долина) Неманского гидрологического района.

Влияние атмосферных осадков на речной сток воды неоднозначно. Так, на водосборах рек Неманского, Западно-Двинского, Центрально-Березинского, Вилейского, подрайоне IIа Верхне-Днепровского, подрайоне VIв Припятского гидрологических районов выпало небольшое количество атмосферных осадков. Наименьшее значение выпадающих атмосферных осадков отмечено на территориях Неманского и подрайона VIв Припятского гидрологических районов, о чем свидетельствуют полученные значения соответствующих градиентов (-0,025 - -0,016). Уменьшение количества выпадающих атмосферных осадков сказалось на речном стоке. Однако на построенной пространственно-временной структуре изменения атмосферных осадков (рисунок 2б) также намечены две зоны их увеличения. Эти зоны приходятся на подрайон IIб Верхне-Днепровского и частично подрайон VIв Припятского гидрологических районов. Значения градиентов атмосферных осадков в данных районах выше 0,003. В целом, анализируя построенную структуру, отметим тенденцию увеличения атмосферных осадков в направлениях с

севера на юг и с запада на восток.

Что касается важнейшей климатической характеристики – температуры воздуха, то в период максимальной повторяемости восточной формы атмосферной циркуляции отмечено ее уменьшение, о чем свидетельствует построенная пространственно-временная структура (рисунок 2в). Эта структура позволила выделить для территории республики две зоны: 1 – зона незначительного уменьшения с размахом значений соответствующих градиентов от 0 до -0,20; 2 – зона заметного уменьшения температур воздуха с значениями соответствующих градиентов менее -0,020. Первая зона охватывает территорию Неманского, Центрально-Березинского, подрайон Iг Западно-Двинского, подрайон IIIб, частично IIIа Вилейского, подрайона IIв Верхне-Днепровского, подрайонов VIв, VIб, частично VIа Припятского гидрологических районов. Оставшаяся территория – ко второй зоне. В целом изменения, произошедшие в температурном режиме республики в данную эпоху атмосферной циркуляции, не сказались на стоковом режиме рек.

Увеличению стока на территории двух зон, отмеченных на пространственно-временной структуре изменения ВРС, способствовал ветер. Средние скорости ветра в этих зонах увеличились, о чем свидетельствуют величины соответствующих градиентов (0,20 – 0,40). В целом построенная пространственно-временная структура изменения средних скоростей ветра (рисунок 2г) отражает следующий размах соответствующих градиентов: а) уменьшение (-0,20 – 0); б) незначительное изменение (0 – 0,20); в) увеличение (0,20 – 0,40). В большей степени, на территории республики отмечены незначительные изменения средних скоростей ветра. По гидрологическому

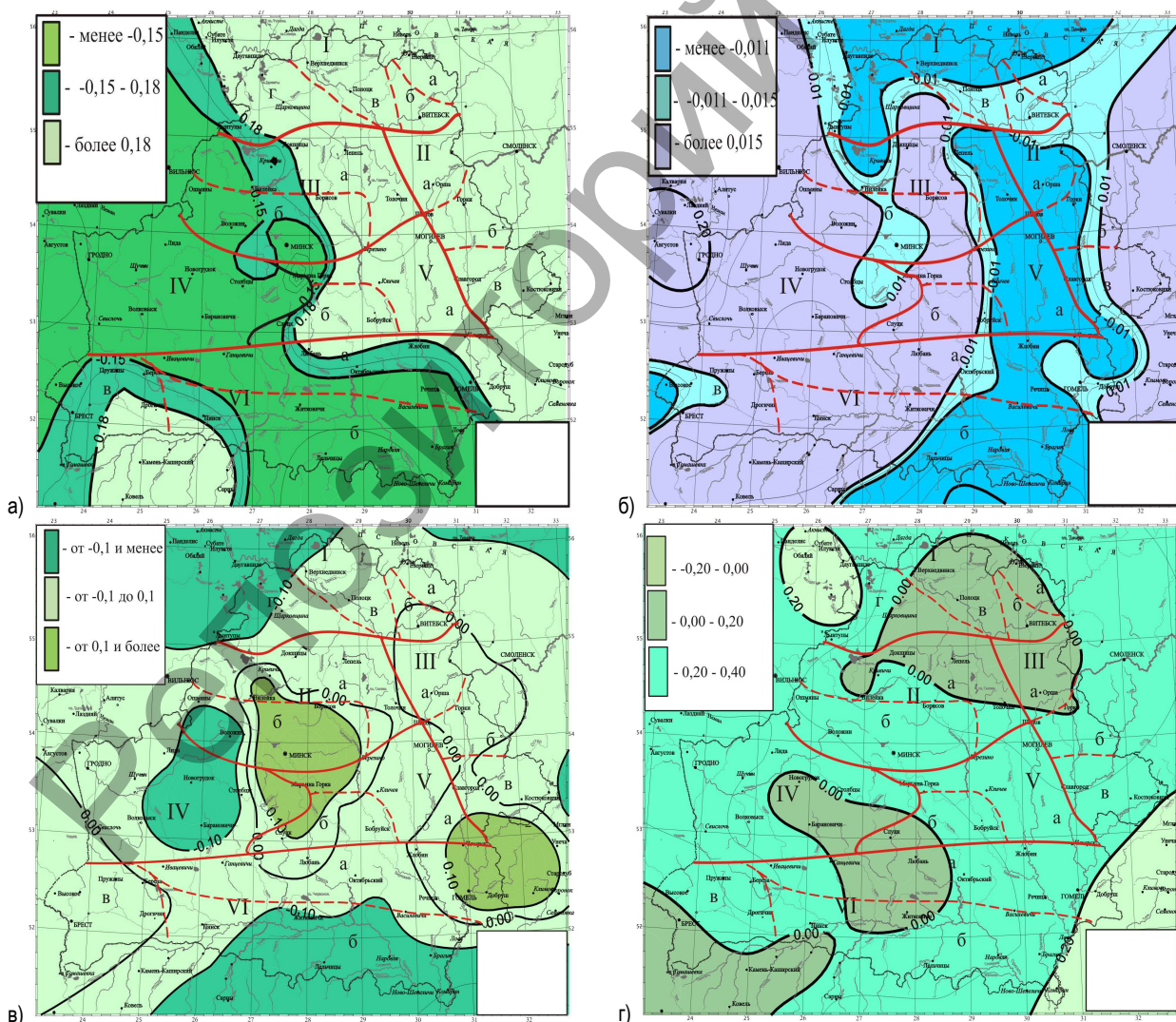


Рис. 3. Пространственно-временные структуры изменения в восточную форму атмосферной циркуляции: а – внутригодового распределения стока воды; б – осадков; в – температур воздуха; г – средних скоростей ветра

районированию – Вилейский, Верхне-Днепровский, Припятский и Центрально-Березинский районы. Уменьшение скоростей ветра зафиксировано в подрайонах Ia, Ib Западно-Двинского гидрологического района. Наименьшее значение скорости ветра получено на метеостанции в г. Витебске (величина градиента средней скорости ветра составляет  $-0,261$ ). Таким образом, влияние ветра на речной сток отмечено на территории двух зон.

• **Западная форма атмосферной циркуляции.**

В западную форму атмосферной циркуляции на территории республики зафиксировано три состояния стокового режима рек: 1) увеличение (более  $0,18$ ); 2) незначительное изменение (от  $-0,15$  до  $0,18$ ); 3) уменьшение (менее  $-0,15$ ). Увеличение стока воды (рисунок 3а) отмечено на водосборах рек Западно-Двинского, Верхне-Днепровского, частично Вилейского, практически на всех Центрально-Березинского гидрологических районах. Значения градиентов стока воды велики, и, для некоторых рек, свыше  $2,00$ . Например, для р. Беседь – с. Светиловичи –  $2,27$ , р. Улла – с. Промыслы –  $2,68$ . Частично, увеличению стока воды способствовало местоположение водосборов рек. Так, по физико-географическому районированию территория Западно-Двинского гидрологического района относится к Белорусскому Поозерью и расположена на ряде возвышенностей: Браславско-Освейской, Святенской, Нещердно-Городецкой, Витебской. Реки подрайона Ia Верхне-Днепровского гидрологического района расположены на Оршанской возвышенности. Водосборы рек подрайона IIIb Вилейского гидрологического района частично расположены на Минской возвышенности и относятся по физико-географическому районированию к Белорусской Гряде. Увеличение стока воды на реках подрайонов IIb, IIв Верхне-Днепровского, подрайоне IIIa Вилейского, Центрально-Березинского гидрологических районов не обосновано рельефом местности.

Незначительные изменения в стоковом режиме произошли на реках Припятского гидрологического района, в частности, небольшое уменьшение стока воды на водосборах рек подрайона VIв – реки Копанька и Рыта. Значения градиентов стока воды для них соответственно равны:  $-0,02$ ,  $-0,08$ . В целом, анализ построенной пространственно-временной структуры ВРС позволил наметить увеличение стока воды в направлении на север и юг от Неманского гидрологического района.

Влияние атмосферных осадков на стоковый режим не выявлено, за исключением небольших по площади участков территории республики. Несмотря на это, построенная пространственно-временная структура изменения атмосферных осадков (рисунок 3б) позволила наметить три характерные зоны со следующим размахом значений соответствующих градиентов: 1) уменьшение (менее  $-0,011$ ); 2) незначительное изменение ( $-0,011 - 0,015$ ); 3) увеличение (более  $0,015$ ). Зона незначительных изменений настолько мала по площади распространения, что фактически всю территорию республики можно разделить на две зоны. Увеличение атмосферных осадков отмечено в Неманском, частично Вилейском, подрайонах IIb, IIв Верхне-Днепровского, подрайонах VIб, VIв Припятского гидрологических районов. Наибольшие значения величин градиентов атмосферных осадков зафиксированы на метеостанциях в г. Бресте ( $0,155$ ), г. Ганцевичи ( $0,169$ ), г. Пинске ( $0,227$ ), г. Барановичи ( $0,203$ ), г. Гродно ( $0,287$ ). Уменьшение атмосферных осадков наблюдалось частично в подрайонах VIa, VIб Припятского, подрайона IIIa Вилейского, подрайона Va Центрально-Березинского, подрайонах IIb, IIв Верхне-Днепровского гидрологических районов. Наибольшее уменьшение отмечено в подрайоне VIб Припятского гидрологического района (значения градиентов атмосферных осадков – менее  $-0,115$ ).

Относительно температур воздуха, можно сделать вывод, что на территории республики прослеживается как увеличение, так и уменьшение, о чем свидетельствует построенная пространственно-временная структура (рисунок 3в). Размах значений градиентов температуры воздуха следующий: 1) уменьшение (менее  $-0,10$ ); 2) незначительное изменение (от  $-0,10$  до  $0,10$ ); 3) увеличение (более  $0,10$ ). Понижение температуры воздуха наблюдалось в подрайоне VIб Припятского, частично Неманского гидрологических районов. Повышение температуры воздуха зафиксировано в подрайоне IIIb Вилейского, частично Неманского, Центрально-Березинского гидрологических районов. Повышение температуры воздуха на территории, вблизи городов Минск и Марына Горка, привело к уменьшению речного стока. Однако, большая часть территории республики характеризуется незначительными колебаниями температур воздуха, в ряде случаев – уменьшением. Незначительное понижение температур

воздуха и увеличение суммы атмосферных осадков в год спровоцировали увеличение стока воды на реках частично подрайонов IIIa, IIIб Вилейского, подрайона VIб Припятского гидрологических районов. Проведенный анализ пространственно-временных структур изменения ВРС и температур воздуха не позволил выявить четко выраженной зависимости.

На рисунке 3г представлена пространственно-временная структура изменения средних скоростей ветра. На ней четко выделено три зоны: 1) зона увеличения значений соответствующих градиентов. Значения градиентов колеблются от  $0,20$  до  $0,40$ . Зона по площади достаточно большая и приходится на территорию подрайонов IIb, IIв Верхне-Днепровского, подрайон IIIb Вилейского, частично Неманского, Центрально-Березинского, Припятского гидрологических районов. Увеличение скорости ветра на территории подрайонов IIb, IIв Верхне-Днепровского, подрайонов Va, частично VIб Центрально-Березинского, частично подрайона IIIb Вилейского гидрологических районов привело к увеличению стока воды рек. 2) зона уменьшения значений градиентов ( $0 - -0,20$ ). Данная зона имеет место в Западно-Двинском, подрайоне Ia Верхне-Днепровском, подрайоне IIIa Вилейского, частично подрайоне VIб Центрально-Березинского, подрайонах VIa, VIб, VIв Припятского и Неманского гидрологических районов. Наименьшие значения градиентов средних скоростей ветра зафиксированы на метеостанциях, расположенных в г. Лепель ( $-0,186$ ), г. Докшицы ( $-0,176$ ), г. Слуцк ( $-0,179$ ). В указанных подрайонах Припятского гидрологического района отмечено влияние ветра на сток, а именно на его уменьшение.

**Заключение.** Анализ пространственно-временных структур внутригодового речного стока позволил оценить колебания его амплитуд в складывающихся климатических условиях, а также провести параллель с их изменениями, отмеченными в 50-х годах прошлого столетия.

Построенные пространственно-временные структуры изменения не только ВРС, но и климатических характеристик в разные формы атмосферной циркуляции показали, что: 1) формирование ВРС воды рек в смешанную меридиональную и восточную форму обосновано рельефом местности, температурой воздуха и величиной испарения. Влияния атмосферных осадков на ВРС воды не выявлено; 2) формирование ВРС воды в восточную форму атмосферной циркуляции обосновано местоположением водосборов рек и скоростями ветра. Влияние атмосферных осадков на речной сток воды неоднозначно, а колебания температур не сказались на гидрологическом режиме; 3) формирование ВРС воды в западную форму атмосферной циркуляции обосновано, главным образом, рельефом местности. Влияние температур воздуха, атмосферных осадков и скоростей ветра прослеживается лишь на отдельных участках республики. Вместе с тем следует отметить отсутствие четко выраженной зависимости, что, на наш взгляд, связано с коротким рядом инструментальных наблюдений (9 лет).

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Гребінь, В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). – Київ: Ніка-Центр, 2010. – С. 152–233.
2. Шикломанов, И.А. Водные ресурсы России и их использование. – Санкт-Петербург, 2008. – С. 153–163.
3. Волчек, А.А. Оценка изменений внутригодового распределения стока рек Беларуси по данным гидрометрических наблюдений // А.А. Волчек, О.Н. Натарева / Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2009. – № 3. – С. 118–130.
4. Волчек, А.А. Внутригодовое распределение стока рек Беларуси и его статистическое моделирование / А.А. Волчек, О.Н. Натарева // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2010. – № 2 (62). – С. 46–55.
5. Волчек, А.А. Пространственная структура изменения годового стока рек Беларуси / А.А. Волчек, В.В. Лукша // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: материалы V Международной научно-практической конференции. – Гомель, октябрь 2003 года. – Гомель, 2003. – С. 32–34.
6. Волчек, А.А. Пространственные корреляционные функции стока рек Белоруссии / А.А. Волчек, Г.В. Фолитар // Водное хозяйство и гидротехническое строительство. – Минск: Вышэйшая школа, 1988. – Вып. 17. – С. 12–16.

Материал поступил в редакцию 11.02.12

**VOLCHAK A.A., NATAROVA O.N. Existential fluctuations of relative amplitudes of intra annual distribution of the drain of water of the rivers of Belarus**

Intra annual distribution of a drain of water is the major hydrological and water management the characteristics having impact on formation of many branches of a national economy of Republic of Belarus.

In the last decades changes in intra annual distribution of a drain of water of the rivers are noted. These changes found reflections not only in the size of a river drain of water, but also in its structure. As the reason of the happened changes the factors which caused fluctuations of climate serve that further affected the hydrological mode.

The major climate factor is served by the general circulation of the atmosphere. In work the analysis of influence of climatic characteristics on intra annual distribution of a drain of water of the rivers in different forms of atmospheric circulation according to G.Ya. Vanteygeym – A.A. Girsа is made. Results of the analysis are presented in the form of existential structures that allows to observe visually regularities of change of intra annual distribution of a drain of water of the rivers, in general across the territory of the republic.

УДК 556.535.3 (476.7)

**Волчек Ан.А.**

## ВЕСЕННЕЕ ПОЛОВОДЬЕ НА РЕКЕ ЯСЕЛЬДА

**Введение.** Одним из главных факторов, сформировавших Белорусское Полесье как уникальную природную экосистему, является высокое стояние грунтовых вод, вызванное не столько климатическими факторами, сколько особенностями геологического строения территории. Влияние Полесья на формирование природно-климатических условий не только в Беларуси, но и в Центральной Европе существенное. Поэтому изменения, происходящие на Полесье, в той или иной степени сказываются далеко за его пределами. В то же время Полесье представляет значительный интерес для хозяйственно-экономической деятельности страны. Антропогенное изменение водного режима Полесья, в ряде случаев, уже привело к негативным последствиям, а современные климатические изменения эту картину могут усугубить. Поэтому на первый план вступает задача рационального природопользования. Планы комплексного использования природных ресурсов целесообразно разрабатывать по бассейнам рек, так как бассейн реки является целостной экологической системой.

Максимальные расходы весеннего половодья являются расчетными величинами при проектировании и эксплуатации гидротехнических сооружений, мелиоративных систем, инженерных линейных сооружений и т.д. Кроме того, весеннее половодье определяет развитие экологической системы в целом.

Целью настоящей работы является изучение изменчивости условий формирования весеннего половодья в бассейне р. Ясельда, а именно – оценить современные изменения и дать прогноз весеннего половодья, что может послужить основой для разработки плана управления водным режимом бассейна в целом.

**Материалы и методы исследования.** Ясельда является типичной рекой Белорусского Полесья, на примере которой можно проследить произошедшие изменения водного режима, вызванные природными факторами и антропогенными воздействиями, а также смоделировать воздействия в будущем и наметить мероприятия по снижению негативных последствий. Река Ясельда – второй по величине и водности левобережный приток р. Припять. Длина реки 250 км, площадь водосбора 7790 км<sup>2</sup>. Свое начало р. Ясельда берет на водоразделе Балтийского и Черного морей, в 4 км к северу от д. Клепачи Пружанского района Брестской области. Верховье реки находится в пределах Прибугской равнины, среднее и нижнее течение – в границах Полеской низменности. Водосбор р. Ясельда расположен на северо-западе Полесья. Водораздел в условиях низкой и заболоченной местности выражен слабо, что в определенных условиях приводит к переливу высоких вод в соседние водосборы. Рельеф равнинный. Характерно высокое стояние уровня поверхностных вод и богатый запас грунтовых вод верхних горизонтов, которые являются основным источником оживления р. Ясельда. Из искусственных водоемов наиболее значительным является водохранилище «Селец». Река протекает через озера Мотольское и Споровское и впадает в р. Припять с левого бере-

га на 489 км от ее устья, у д. Качановичи Пинского района [Изменение ..., 2008, (Ч. 1); Ресурсы ..., 1971].

Густота естественной гидрографической сети водосбора составляет 0,25 км/км<sup>2</sup>. Для данного бассейна характерно наличие густой осушительной сети каналов, с учетом которой густота речной сети составляет 0,39 км/км<sup>2</sup>. Озера и водохранилища занимают более 1% от площади водосбора, заболочено же 32%.

Основные притоки Ясельды: правобережные – кан. Винец и р. Меречанка, левобережные – р. Жегулянка и кан. Огинский. Около 30 % стока дают р. Жегулянка и кан. Винец. Ясельда с Огинским каналом и р. Щара образуют водную систему, соединяющую бассейны Днепра и Немана.

Методологической основой исследований являются научные положения о стохастической природе изменчивости максимального стока весеннего половодья, что позволило использовать современные статистические методы анализа временных рядов (корреляционный, регрессионный и др.) и др.

В гидрологическом отношении водосбор р. Ясельды изучен удовлетворительно. Систематическое изучение режима уровней вод р. Ясельда начато в 1925 году около г. Береза. К этому периоду относятся и начало стационарных наблюдений за стоком воды. В периоды с 1934 по 1939 гг. и с 1941 по 1943 гг. гидрологические наблюдения были прекращены. После 1944 г. водомерная сеть частично была восстановлена и открыты также новые посты.

Исходными материалами для исследований послужили данные Республиканского гидрометцентра на постах р. Ясельда у г. Береза и с. Сенин, р. Меречанка у д. Красеево и кан. Винец у д. Рыгали за период их инструментальных наблюдений.

**Обсуждение результатов.** Весеннее половодье для рек бассейна Ясельды является характерной фазой гидрологического режима, в которую наблюдаются наибольшие расходы воды. Водность рек в период весеннего половодья определяется значением запасов воды в снеге к началу весеннего половодья, увлажненностью водосборов в осенне-зимний период, интенсивностью снеготаяния и количеством осадков, выпадающих в период весеннего половодья. Кроме этого, на значение максимального расхода на реках оказывает влияние совпадение или сдвигка во времени максимальных расходов, которые сформировались на основных притоках. Во время весеннего половодья проходит в среднем на р. Ясельда и ее притоках от 22 до 45 % суммарного стока за год. На рисунке 1 представлена карта слоя стока весеннего половодья в бассейне реки Ясельда. Изменения величины стока весеннего половодья носит широтный характер, уменьшается от истока (60 мм) к устью (45 мм).

**Волчек Анастасия Александровна, к.т.н., доцент, доцент кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета.**

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.