

Это может быть связано с генетическими условиями формирования минимальных расходов, различными уровнем антропогенной нагрузки на водосборы рек и особенностями грунтового питания рек различных регионов Беларуси. Существенный разброс в значениях продолжительности циклов минимального стока (часто встречаются циклы с обертонами порядка 30 - 50) возможен в связи с относительной неорганизованностью (отсутствием дружности) формирования минимальных расходов по отношению к максимальным, имеющим часто непродолжительные пикообразные гидрографы.

На рис. 2 приведены распределения параметра хаотизации для различных рек Беларуси.

Для р. Припять – г. Мозырь в начале 60-х гг. отмечается спад параметра хаотизации до 0,28, а затем постепенный подъем до 0,72. В 1949 г. произошел скачок до 0,9. В основном размах колебаний от 0,4 до 0,8 для максимального стока. В 1900 – 1920 гг. параметр снизился до 0,33 и для минимального стока, затем происходит рост, размах колебаний от 0,4 до 0,7. Для р. Припять – г. Мозырь как для максимального, так и для минимального стоков в последние годы XX века наблюдается рост этого параметра.

В начале прошлого века размах колебаний был велик – от 0,3 до 0,9. В 1944 г. происходит резкое понижение параметра хаотизации до 0,2, а затем постепенный рост и снижение размаха колебаний (от 0,45 до 0,75) для максимального стока. Для минимального стока р. Неман – г. Гродно наблюдается обратная картина: снижение параметра хаотизации и увеличение размаха колебаний.

В 1898 г. наблюдалось минимальное значение параметра хаотизации (0,1) для максимального стока р. Западная Двина – г. Витебск. Однако в основном амплитуда колебаний параметра хаотизации колеблется от 0,35 до 0,7. Данный параметр для минимального стока имеет наименьшее значение в 1925 г. (0,2) и затем постепенно увеличивается, а наибольший пик наблюдается в 1966 г. (0,9).

Для максимального стока р. Березина – Бобруйск параметр хаотизации растет до 1939 г., размах колебаний в этот период составляет от 0,35 до 0,8. Период 1939 – 1961 гг. параметр снизился и находился в пределах 0,45 – 0,6, затем наблюдается рост параметра (до 0,8) и в 1979 г. опять начинается спад до 0,25 (1991 г.). Для минимального стока этой реки характерен наибольший пик в 1977 г. (0,8) и наименьшее значение наблюдалось в 1925 г. (0,1), размах колебаний составил в период 1881 – 1921 гг. от 0,36 до 0,7, в период 1929 – 1971 гг. – от 0,25 до 0,6.

Минимальное значение параметра хаотизации для максимального стока р. Днепр – г. Орша зафиксировано в 1898 г. (0,1), а максимальное значение – в 1903 г. (0,8). Затем наблю-

дается постепенный рост параметра с размахом колебаний от 0,3 до 0,7. Иначе обстоит дело с минимальным стоком этой реки; здесь наблюдается чередование пиков и спадов: с начала периода наблюдений и до 1910 г. идет подъем (от 0,37 до 0,84), затем до 1924 г. происходит спад до 0,18, далее снова подъем до 1939 г., и с 1941 г. начинается возрастание параметра хаотизации. Наименьшее значение этого параметра было зафиксировано в 1970 г. (0,1), а пики значений приходятся на 1910 (0,84), 1933 (0,76), 1969 (0,84), 1985 (0,78).

Размах колебаний хаотического параметра для максимального стока р. Днепр – г. Речица составляет от 0,14 до 0,8; наибольшие значения были в 1967 г. (0,77) и в 1981 г. (0,78), а наименьшее – в 1898 г. (0,14). Для всего графика наблюдается постепенное возрастание параметра за исключением периода 1936 – 1947 гг. (размах колебаний был небольшим от 0,24 до 0,44). Для минимального стока р. Днепр – г. Речица параметр хаотизации определяется тремя пиками – 1893 г. (0,69), 1931 г. (0,73), 1964 г. (0,78) – и тремя спадами 1924 г. (0,13), 1940 г. (0,26), 1990 г. (0,28). Как видно из графика максимальные и минимальные значения параметра с каждым циклом увеличиваются и наблюдается общая тенденция возрастания параметра хаотизации.

ВЫВОДЫ

В заключение отметим, что спектрально-временной анализ дает средства для отслеживания динамики различных циклов гидрологических рядов, а также оценки возможности применения такого анализа при создании статистических моделей прогнозирования водного режима рек. Совместный анализ СВАН-диаграмм и временных распределений параметров хаотизации показал устойчивость циклов, а следовательно, возможность построения прогностических оценок для минимального стока воды рассматриваемых рек, и в меньшей степени выделяются циклы для максимальных расходов воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волчек А. А. Автоматизация гидрологических расчетов // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды: Труды международной научно-практической конференции / Брест. политехн. институт. – Биберах – Брест – Ноттингем, 1998. – с. 55 – 59.
2. Логинов В. Ф., Иконников В. Ф. Спектрально-временной анализ уровня режима озер и колебаний расходов воды крупных рек Беларуси // Природопользование. Сб. науч. тр. // Под ред. И. И. Лиштвана, В. Ф. Логинова. Вып. 9. Ин-т проблем использования природ. Ресурсов и экологии НАН Беларуси. – Мн.: ОДО «Тонпик», 2003. – с. 25 – 33.

УДК 551.579.5 (476)

Шпендик Н.Н.

РЕСУРСЫ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ БЕЛАРУСИ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ТЕНДЕНЦИИ КОЛЕБАНИЙ И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ

ВВЕДЕНИЕ

Почвенная влага является одной из главных составляющих водного баланса, и это единственный источник водопотребления, существования и развития природных экосистем. Она является связующим звеном в единстве поверхностных и подземных вод и формирует свои запасы за счет атмосферных

осадков, просачивающихся в толщу почвенного покрова. К сожалению, количественные и режимные характеристики этой части водных ресурсов в настоящее время изучены недостаточно.

В задачу наших исследований входило дать количественную оценку среднемноголетних продуктивных влагозапасов

Шпендик Наталья Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории рационального использования водных ресурсов Белорусского Полесья.

Отдел проблем Полесья НАН Беларуси. Беларусь, г. Брест, ул. Московская, 204.

минеральных почв Беларуси, подобрать кривые распределения и рассчитать обеспеченные величины. Выполнить анализ временных рядов влагозапасов и на его основе оценить изменения, которые происходят с влагозапасами.

Исходные данные и методика исследования.

Основными исходными данными при исследовании режимов влагозапасов и влагообеспеченности послужили материалы наблюдений за продуктивными влагозапасами 0–100 см слоя минеральных почв на метеостанциях Беларуси с интервалами наблюдений 1959 – 2000 гг. за вегетационный период. Исследуемый период охватывает различные по увлажнению годы и отражает среднееголетние условия увлажнения в Беларуси.

Для построения карт предварительно выполнен статистический анализ временных рядов наблюдений за влажностью почвы. Оценка однородности временных рядов наблюдений за продуктивными влагозапасами осуществлялась на основе генетического анализа условий формирования водного режима почв путем выявления причин, обуславливающих неоднородность исходной информации. Первичный анализ однородности временных рядов влажности почвы проводился графическим методом, который предусматривает построение суммарных кривых связей от времени

$$\Sigma W = f(t), \quad (1)$$

где ΣW – нарастающее значение величины продуктивных влагозапасов; t – время.

Резкое изменение угла наклона таких временных кривых характеризует начало изменения условий формирования водного режима почвы. Всякие выявленные значения изменения угла наклона должны подтверждаться информацией об изменении условий формирования водного режима почв. Нарушение однородности временных рядов продуктивных влагозапасов возможно и по причине естественных природных циклов изменения водности.

В случае нарушения однородности для количественной их оценки использовались статистические критерии однородности средних значений и дисперсий.

Использование в практических целях данных о влажности почвы связано с интерполяцией, экстраполяцией и осреднением этих значений по площади. Для этих целей нами использован метод оценки среднего значения элемента с учетом пространственного его распределения за реальный период и закономерностей формирования, предположенный В. И. Бабкиным [Бабкин, Гусев и др., 1974]. Теоретической основой которого является теорема Вейерштрасса, в силу которой любая функция $f(x)$, непрерывная в интервале (a, b) , может быть представлена в этом интервале с любой степенью точности через многочлен.

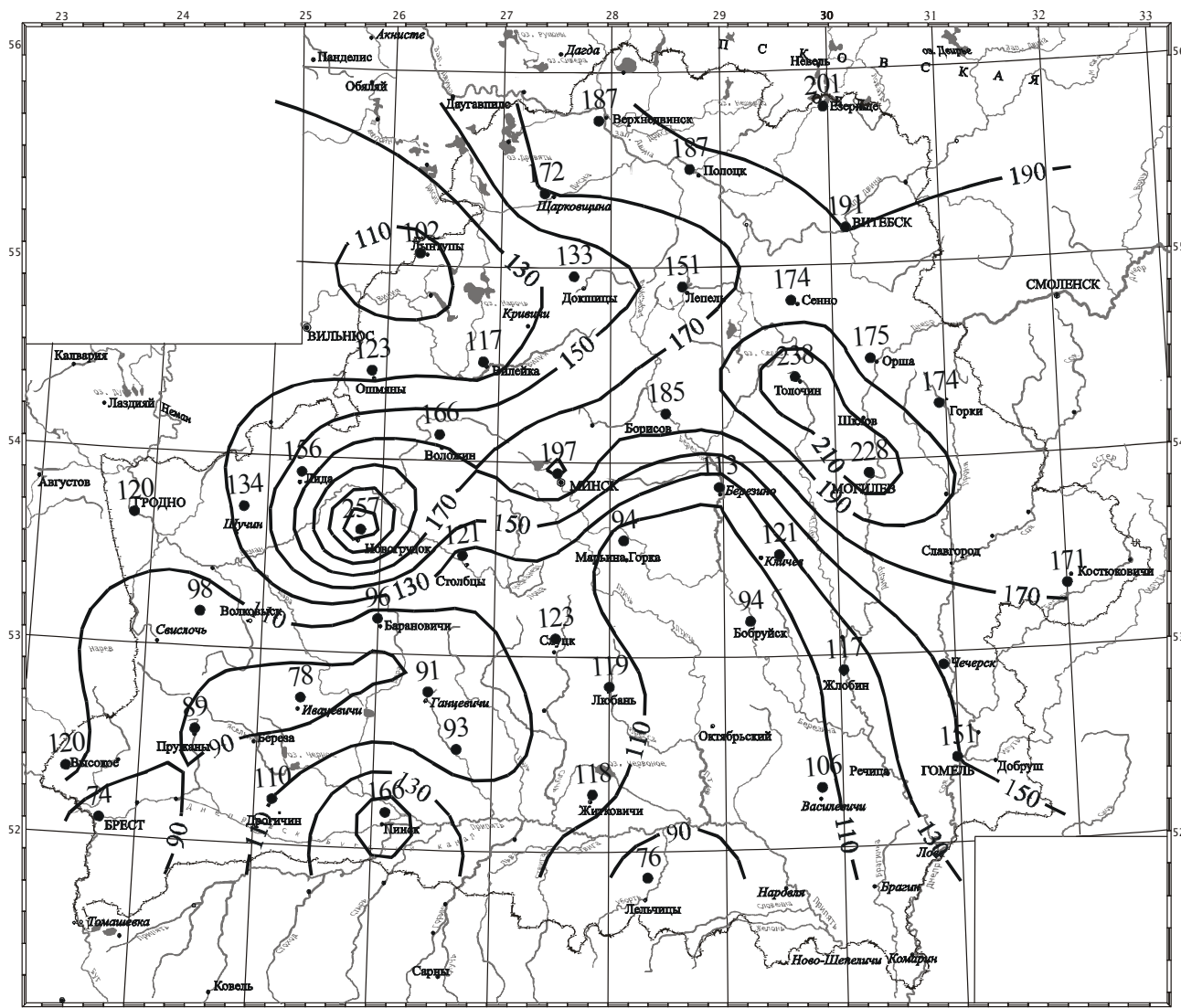


Рис. 1. Среднее значение продуктивных влагозапасов почвы за вегетационный период в слое 0 – 100 см.

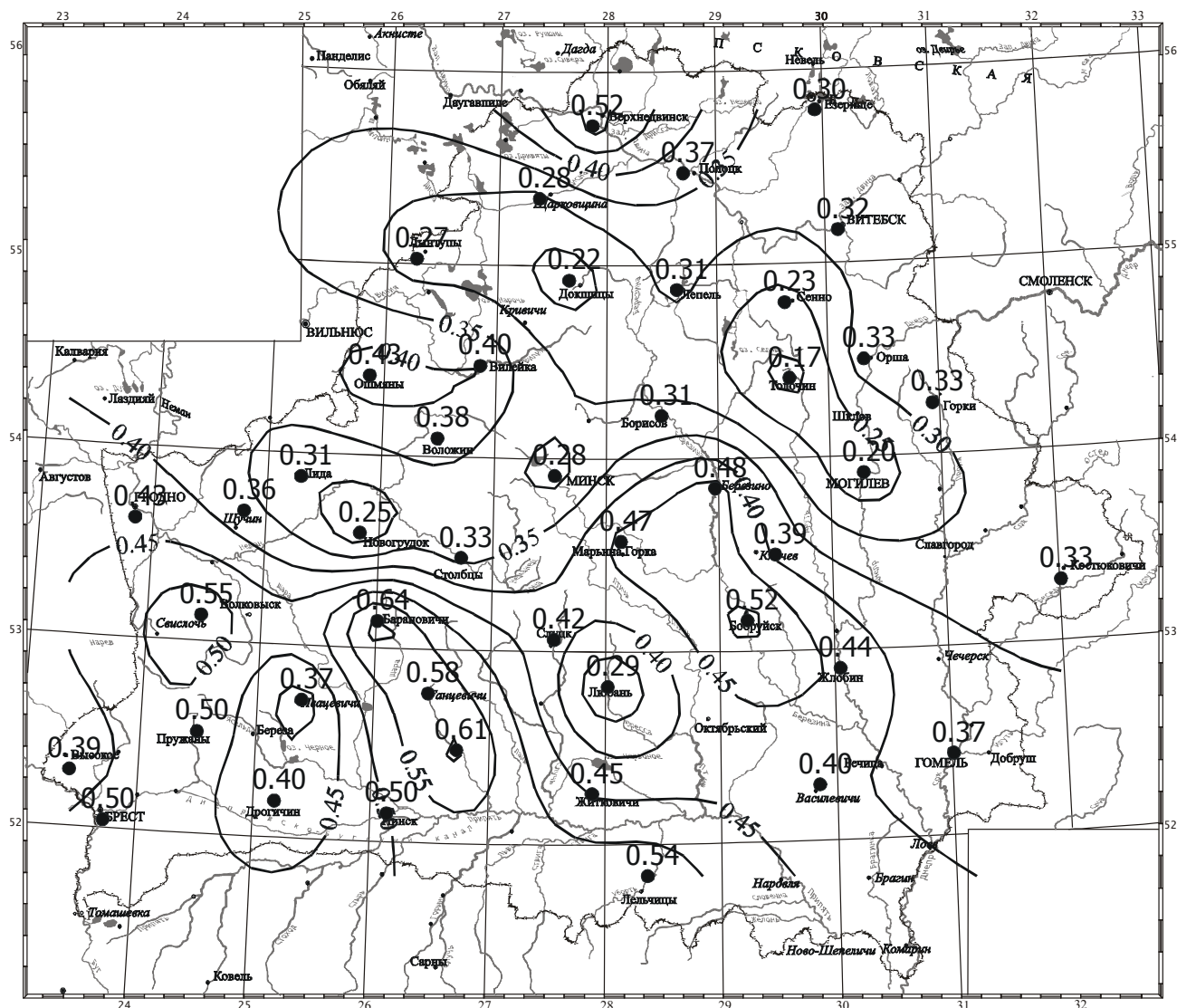


Рис. 2. Коэффициент вариации влажности почвы для слоя 0-100 см за вегетационный период минеральных почв Беларуси.

В качестве исходной функции распределения продуктивных влагозапасов по территории принята функция $W(\varphi, \lambda, H)$, заданная в табличном виде, где W – значение продуктивных влагозапасов в пунктах наблюдений; φ, λ, H – координаты пунктов наблюдений. Функция распределения продуктивных влагозапасов, заданная в табличной форме, преобразовывалась в аналитическое выражение аппроксимирующей функцией трехмерной линейной интерполяции.

Таким образом, пространственная структура продуктивных влагозапасов за различные интервалы осреднения (W_j) может быть описана многочленом первой степени

$$W_{jh} = a_{1jh} \cdot \varphi + a_{2jh} \cdot \lambda + a_{3jh} \cdot H + a_{0jh}, \quad (2)$$

где W_j – влажность продуктивных влагозапасов в расчетном пункте для h -го слоя, мм; φ, λ – условные прямоугольные координаты (широта, долгота) расчетного пункта, принимаемые в данном случае относительно пункта Минск, км; H – абсолютная отметка поверхности земли (в Балтийской системе высот) в расчетном пункте, м; $a_{1jh}, a_{2jh}, a_{3jh}, a_{0jh}$, – коэффициенты частных уравнений регрессии оценки влажности почвы за различные интервалы осреднения для расчетных слоев.

Для решения ряда прикладных задач часто используются значения влажности почвы расчетной обеспеченности. В гидрологии обычно используются два вида распределений: трехпараметрическое гамма-распределение и распределение Пирсона III типа.

Для определения обеспеченных величин помимо средних значений необходимы коэффициенты вариации (C_v) и коэффициенты асимметрии (C_s). Так как пространственно-временная изменчивость влажности почвы определяется теми же, что и их абсолютные величины, факторами, мы сочли возможным аппроксимировать изменения значения C_v по территории аналитическими функциями типа (2).

Средние продуктивные влагозапасы для некоторой территории можно определить по выражению

$$W_A = K_{ac} \cdot \frac{1}{\Delta H} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_{H_1}^{H_2} (W_{hpj}(\varphi, \lambda, H)) d\varphi d\lambda dH, \quad (3)$$

где $A \equiv (\varphi_2 - \varphi_1) \cdot (\lambda_2 - \lambda_1)$ площадь исследуемого участка, км²; $\varphi_1, \varphi_2, \lambda_1, \lambda_2$ – координаты крайних точек рассматриваемого участка, км; $\Delta H = H_{max} - H_{min}$ – разность, соответственно, максимальной и минимальной абсолютных отметок поверхности рассматриваемого участка.

Таблица 1. Продуктивные влагозапасы различной обеспеченности минеральных почв 0-100 см слоя вегетационного периода по некоторым метеостанциям Беларуси

Статистические параметры	метеостанции									
	Брест		Барановичи		Витебск		Гомель		Минск	
	Трехпараметрическое распр.	Распр. Пирсона III типа	Трехпараметрическое распр.	Распр. Пирсона III типа	Трехпараметрическое распр.	Распр. Пирсона III типа	Трехпараметрическое распр.	Распр. Пирсона III типа	Трехпараметрическое распр.	Распр. Пирсона III типа
<i>Wcp</i>	79	78	96	96	199	199	131	131	189	189
<i>Cv</i>	0,29	0,29	0,45	0,45	0,5	0,25	0,3	0,3	0,22	0,22
<i>Cs</i>	1,01	0,8	0,45	-0,2	0,87	0,6	0,76	0,4	0,11	-0,4
<i>P=5%</i>	108	120	161	164	269	287	100	104	252	254
<i>P=10%</i>	100	109	147	151	251	264	92	96	239	242
<i>P=25%</i>	89	91	122	126	225	229	80	82	214	220
<i>P=50%</i>	78	75	95	97	196	194	66	66	189	192
<i>P=75%</i>	68	62	68	68	171	163	52	51	163	163
<i>P=95%</i>	57	47	35	22	138	128	34	29	128	115

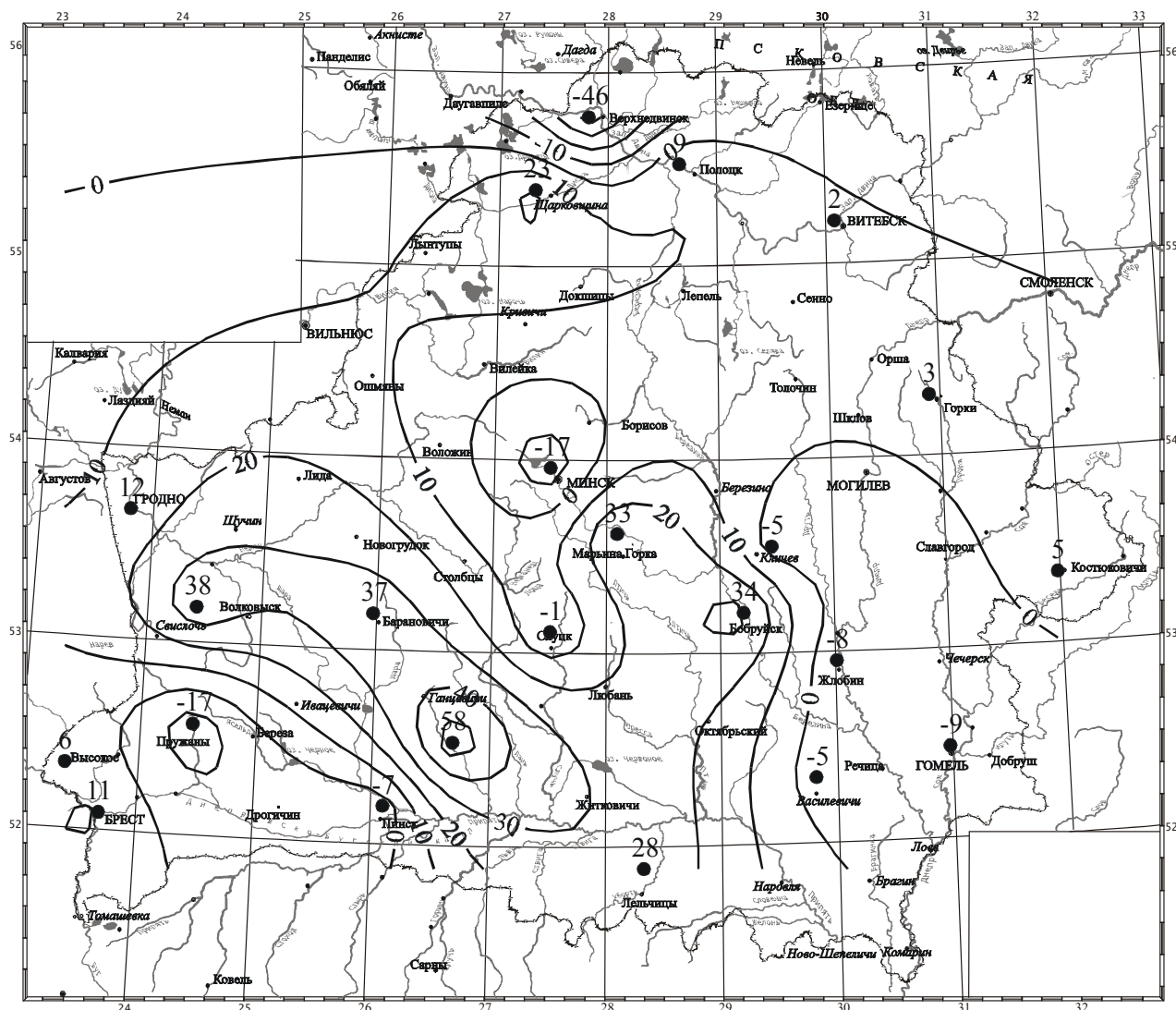


Рис. 3. Пространственная структура изменения продуктивных влагозапасов минеральных почв Беларуси 0-100 см.

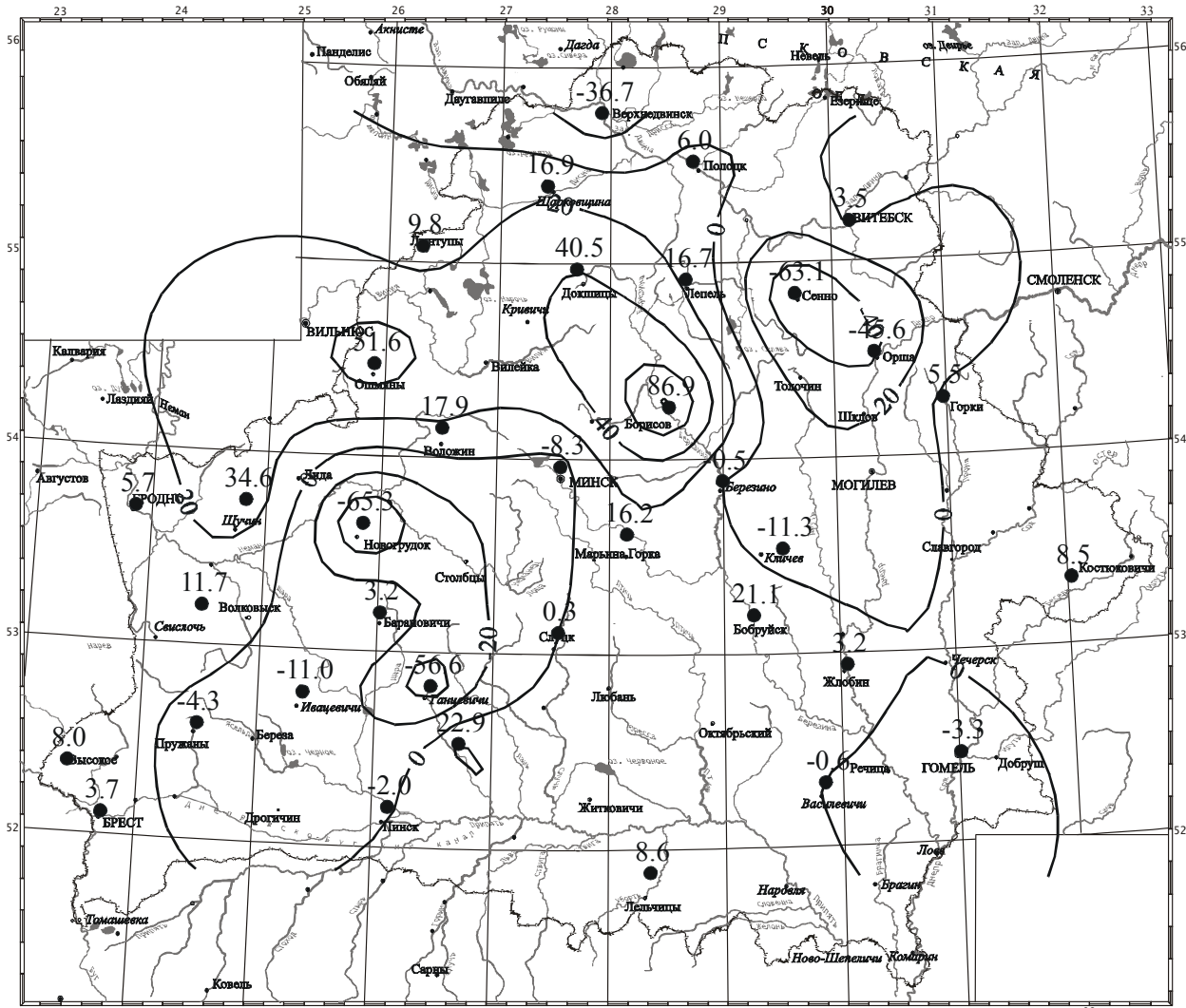


Рис. 4. Карта-схема градиентов продуктивных влагозапасов десятилетнего цикла вегетационного периода

Анализ изменения временных рядов продуктивных влагозапасов минеральных почв Беларуси осуществлялся с помощью сопоставления временных рядов с начала наблюдения до 1980 г. и с 1981 г. по 2000 г. Для оценки развития средних значений использовался критерий Стьюдента:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{n_x \hat{\sigma}_x^2 + n_y \hat{\sigma}_y^2}{n_x + n_y}}} \cdot \sqrt{\frac{n_x \cdot n_y \cdot (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (4)$$

где \bar{x}, \bar{y} – выбранные средние; $\hat{\sigma}_x, \hat{\sigma}_y$ – выборочные дисперсии; n_x, n_y – объемы выборок.

Для оценки однородности средних квадратических отклонений двух выборок использовался критерий Фишера

$$F = \frac{\hat{\sigma}_x^2}{\hat{\sigma}_y^2}. \quad (5)$$

Оценка тенденций изменения продуктивных влагозапасов осуществлялась с помощью линейного тренда

$$W_i = a_0 + a_1 \cdot t_i, \quad (6)$$

где W_i – продуктивные влагозапасы; a_0, a_1 – коэффициенты регрессии; t – время, год.

В качестве меры оценки изменений временного вегетационного ряда использовался градиент α , числом равный изменению продуктивных влагозапасов за 10 лет ($\alpha = 10 \cdot a_1$).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам обобщения данных наблюдений за влагозапасами построена карта (рис. 1) пространственного распределения продуктивных влагозапасов минеральных почв Беларуси. Как видно из рис. 1, максимальная величина продуктивных влагозапасов минеральных почв приурочена к возвышенностям и северу республики, где наиболее распространены суглинистые почвы, и запасы продуктивной влаги превышают 200 мм. Менее 100 мм продуктивных влагозапасов наблюдается на юге республики, на песчаных почвах запасы колеблются на уровне 80 мм.

Пространственное описание продуктивных влагозапасов 100 см слоя минеральных почв Беларуси (W_{100} , мм) осуществлялось полиномом первой степени:

$$W_{100} = 0,142\varphi + 0,09 \cdot \lambda + 0,34 \cdot H + 61,09, \quad (7)$$

где W_{100} – средняя за вегетационный период влажность почвы, мм.

Коэффициент множественной линейной корреляции равен 0,71, что является значимой величиной.

Аналогичным образом проведены исследования пространственной изменчивости коэффициентов вариации продуктивных влагозапасов вегетационного периода 100 см слоя минеральных почв Беларуси (рис. 2). Изменчивость влагозапасов максимальна в центральной части Белорусского Полесья на песчаных землях, и превышает 0,5. Затем закономерно убывает с продвижением на север, по причине смены механического состава почв на более тяжелый, уменьшения теплоресурсов и увеличения осадков, достигая 0,2 – 0,3.

Пространственное описание коэффициента вариации (C_v , %) для слоя 0-100 см имеет вид:

$$C_{v_{100}} = 55,74 - 0,032 \cdot \varphi - 0,016 \cdot \lambda - 0,106 \cdot H \quad (8)$$

В ходе исследования временных рядов продуктивных влагозапасов их эмпирическое распределение аппроксимировалось наиболее распространенными функциями трехпараметрическим гамма-распределением и распределением Пирсона III типа с помощью пакета прикладных задач "Гидролог" [Волчек, 1998]. Как показали результаты исследования, в большинстве случаев распределение Пирсона III типа лучше описывает эмпирические распределения временных рядов продуктивных влагозапасов. Тем не менее, оба рассматриваемых распределения пригодны для практических целей. Сравнительный анализ обеспеченных величин продуктивных влагозапасов для некоторых метеостанций Беларуси приведен в табл. 1.

Для выявления пространственной структуры продуктивных влагозапасов имеющиеся временные ряды наблюдений за влагозапасами 100 см слоя почвы разбиты на два периода: с начала наблюдений до 1980 г. и с 1981 г. до настоящего времени. При этом выбраковывались метеостанции с продолжительностью наблюдений менее 15 лет хотя бы за один из периодов. После выбраковки определены относительные изменения почвенных влагозапасов как $k_1 = (W_{cp2} - W_{cp1}) / W_{cp}$, где W_{cp1} и W_{cp2} – средние значения продуктивных влагозапасов; W_{cp} – среднее значение влагозапасов за период наблюдений.

УДК 330.111.4: 502.35+631.6:55656

Шведовский П.В., Волчек А.А., Бурлибаев М.Ж.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ АГРОТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТОВ

Сегодня для всей территории республики характерна оптимально высокая степень антропогенной трансформации, а для Белорусского Полесья не менее высокая степень и агротрансформации ландшафтов.

Сложившаяся экологическая ситуация, формируемые рыночные отношения и новая аграрная политика в области перестройки агропромышленного комплекса обуславливают значимое возрастание антропогенных нагрузок, что настоятельно требует отыскания механизма, позволяющего оптимально регулировать экологический баланс между техногенно преоб-

Статистически значимые различия в изменениях влажности почвы за вегетационный период до 1980 года и после 1981 года наблюдаются на следующих станциях: Барановичи, Бобруйск, Волковыск, Верхнедвинск, Лельчицы, Минск, Марына Горка, Полесская, Пружаны и Шарковщина, где относительные изменения в продуктивных влагозапасах составили более 15% (рис. 3). Анализ изменения продуктивных влагозапасов показывает, что основные изменения касаются Полесья, центральной ее части.

Анализ рисунка 4 показывает, что увеличение градиента влагозапасов вегетационного периода происходит в центральной части Беларуси. Незначительные изменения произошли на территории, где распространены почвы легкого механического состава: песчаные и супесчаные. Уменьшение градиента влагозапасов вегетационного периода прослеживается на тяжелых почвах Витебской области, а также на территории Новогрудской возвышенности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ продуктивных влагозапасов минеральных почв Беларуси позволил получить модель их пространственного описания в виде полинома первой степени, а также модель описания коэффициента вариации для слоя почвы 0-100 см. Показана возможность аппроксимации временных рядов влагозапасов почв трехпараметрическим гамма-распределением и распределением Пирсона III типа. Выявлена тенденция к увеличению продуктивных влагозапасов вегетационного периода 0-100 см слоя почвы и зоны их проявления. Значительные изменения отмечаются в Полесье, в центральной ее части.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабкин В.И., Гусев О.А., Новикова В.П. Методика осреднения и интерполяции гидрометеорологических характеристик. – Труды ГГИ, 1974. – Вып.217. – с. 175 – 186.
2. Волчек А. А. Автоматизация гидрологических расчетов// Водохозяйственное строительство и охрана окружающей Среды: Труды международной научно-практической конференции. / Брест. политехн. институт.- Биберах - Брест - Ноттингем, 1998. – С.55 – 59.

разованной и естественной средой, т.е. между гео-, экосистемами и техно-, агросистемами.

А так как в любом балансе определяющую роль играет достоверность составляющих, то очевидно первично и в этой проблеме – понимание взаимосвязи и взаимозависимости эволюции, трансформации и антропогенизации геосистем и их компонент.

Любая эволюция геосистем (от природных до антропогенизированных), в соответствии с генетической структурой [1], включает в себя четыре элемента иерархического уровня

Шведовский Петр Владимирович, профессор, к.т.н., профессор каф. оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.

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

Бурлибаев Малик Жолдасович, к.г.н., доцент, директор Казахского научно-исследовательского института мониторинга окружающей среды и климата.

Казахстан, КазНИИМОСК, 480072, г. Алматы, пр. Сейфуллина, 597.