

За весь рассматриваемый период существования Республики Беларусь как независимого государства можно выделить два основных этапа. Первый из них (1991–1995) вызван значительной потерей рынков сбыта, ограниченностью сырья и топлива, комплекующих, слабой конкурентоспособностью продукции, вследствие чего и произошло снижение уровня жизни населения и падение производства. Второй этап, начиная с 1996 года, характеризуется стабилизацией экономики и началом медленного экономического роста как показателей ВВП в целом, так и объемов промышленности в частности. В сельском хозяйстве этот рост прослеживается только с 2000 года, одной из причин такой нестабильности стал недостаток собственных источников финансирования, и как следствие, низкий уровень закупочных цен, которые не обеспечивали рентабельность сельскохозяйственного производства. Проследить тенденцию изменения макроэкономических показателей в процентах по отношению к 1990 году можно на рисунке 7.

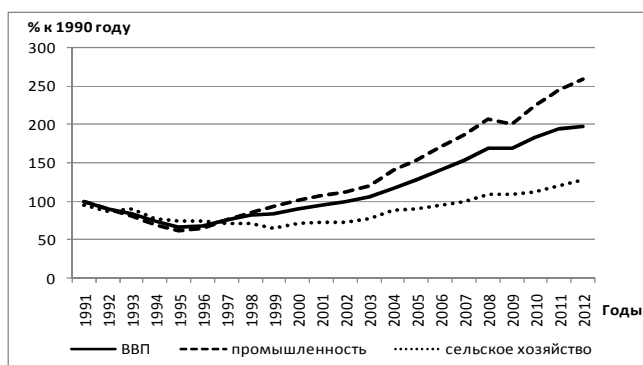


Рис. 7. Динамика макроэкономических показателей за 1991–2012 гг., % к 1990 году

Заключение. Современный этап использования водных ресурсов в Республике Беларусь характеризуется стабилизацией их потребления. В обозримом будущем в стране не следует ожидать значительно-го роста или падения водопотребления, и существующие водные ресурсы в полной мере будут удовлетворять потребности всех отраслей экономики и требованиям экологического стока. Однако это не снимает проблему очистки природных и сточных вод, качества природных, безопасность функционирования водных экосистем.

Основным резервом повышения эффективности использования водных ресурсов является сокращение потребления воды в основных водопотребляющих отраслях, в особенности это относится к свежей воде – прежде всего за счет внедрения водосберегающих технологий и уменьшения ее использования на хозяйственные нужды. Второе направление – ликвидация многочисленных потерь воды при транспортировке, что существенно снизит стоимость воды и сократит забор воды, необходимой для использования непосредственно у водопотребителей, в частности в мелиорации. Необходимо проведение реконструкции и усовершенствования инженерных сетей, совершенствование технологий очистки сточных вод и др. Все перечисленные выше мероприятия позволят повысить экологическую и экономическую эффективность использования водных ресурсов в Республике Беларусь.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Окружающая среда и природные ресурсы Республики Беларусь: статистический сб. Минстат Республики Беларусь, НИИ статистики. – Минск, 1995-2012.
2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод. – Минск: Минприроды Республики Беларусь, 1994-2008.
3. Природная среда Беларуси / Под ред. В.Ф. Логина. – Мн.: ООО «БИП-С», 2002.
4. Режим доступа: <http://cricuwr.by/gvk/default.aspx>

Материал поступил в редакцию 09.06.14

VOLCHEK A.A., ZUBRITSKAYA T.E. Use of water resources in Republic of Belarus

Water resources – the major component of natural resource potential of the country, which is heavily used by the population and various sectors of the economy.

Comprehensive analysis of the status of water consumption in the country will allow to identify ways to minimize the negative consequences and improve the environmental and economic efficiency of water resources use.

УДК 556.512:556.135 (476)

Волчек А.А., Шпендик Н.Н.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПРОДУКТИВНЫХ ВЛАГОЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Введение. В последние годы вопросы взаимного влияния климата и хозяйственной деятельности приобретают для науки и практики фундаментальное значение, поскольку планирование и управление законами экономической информации требуют полного знания о природных процессах, их изменениях, а также корректного применения этих знаний на практике. Изменение климата вызовет трансформацию режима почвенной влаги, что скажется на сельскохозяйственном производстве, водохозяйственном строительстве, экологическом состоянии окружающей среды. Выявление этих трансформаций возможно с помощью детального анализа внутренней структуры рядов почвенных влагозапасов. На сегодняшний день имеются достаточно длинные ряды наблюдений за продуктивными влагозапасами минеральных почв Беларуси, что позволяет на основании статистических методов исследования получать результаты, характеризующие закономерности в многолетних колебаниях продуктивных влагозапасов, выделять периоды этих колебаний и дать прогнозную

оценку возможных изменений влажности почвы в будущем.

Исходные материалы и методы исследования. Исходными данными для анализа внутренней структуры временных рядов продуктивных влагозапасов послужили данные инструментальных наблюдений с 1960 по 2010 годы (50 лет) Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. На основании первичного анализа данных с учётом того обстоятельства, что эмпирические функции изменяются в зависимости от длины исходных рядов и начала отсчета, выбран единый расчетный период времени с 1960 по 2001 годы за продуктивными влагозапасами вегетационного периода минеральных почв репрезентативных метеостанций Беларуси – Витебск, Василевичи, Лельчицы, Слуцк и Марьина Горка.

В настоящее время исследование внутренней структуры временных рядов выполняется различными методами: построением разност-

Шпендик Наталья Николаевна, к.г.н., доцент кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета.

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

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

ных интегральных кривых, корреляционных, автокорреляционных и спектральных функций, использованием спектрально-временного анализа (СВАН), причем каждый из них имеет свои преимущества и недостатки [1, 2]. Одним из наиболее наглядных методов считается спектральный анализ, основанный на разложении функций, графически представляемых как колебательный процесс, в ряд Фурье [3].

Практическая реализация спектрального анализа заключается в аппроксимации с любой точностью заданной функции H на интервале времени t с помощью конечного набора гармонических составляющих, т.е.

$$H(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^m (a_n \cdot \cos n \cdot \omega_1 \cdot t + b_n \cdot \sin n \cdot \omega_1 \cdot t) \quad (1)$$

или

$$H(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^m (A_n \cdot \cos(n \cdot \omega_1 \cdot t - \varphi_n)), \quad (2)$$

где n – номер гармоники; $\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot f_1$ – угловая частота повторения; a_0, a_n и b_n – коэффициенты ряда Фурье; m – число гармоник; A_n и φ_n – соответственно амплитуда и начальная фаза n -й гармоники.

Коэффициенты a_n и b_n для дискретных числовых рядов определяются по формулам:

$$a_n = \frac{2}{N} + \sum_{i=1}^N (y_i \cdot \cos \omega_i \cdot \Delta t), \quad (3)$$

$$b_n = \frac{2}{N} + \sum_{i=1}^N (y_i \cdot \sin \omega_i \cdot \Delta t), \quad (4)$$

где N – число членов ряда на интервале $T_n=1/f_n$; Δt – отрезок времени между соседними членами ряда.

Конечная цель спектрального анализа – нахождение спектральной функции $D=f(\omega)$, описывающей распределение дисперсии D исходного ряда по различным частотам ω . Амплитудно- и фазово-частотные характеристики (АЧХ и ФЧХ) спектра определяются по формулам:

$$A_n(f) = \sqrt{a_n^2(f) + b_n^2(f)}, \quad (5)$$

$$\varphi(f) = -\arctg\left(\frac{b_n(f)}{a_n(f)}\right). \quad (6)$$

Как известно, величины A_n и D_n взаимосвязаны ($D_n = A_n^2 / 2$ для крайних и $D_n = A_n^2$ для промежуточных значений n), с практической точки зрения важнее представляется провести анализ АЧХ спектра, определяющие конкретные значения амплитуде годовых расходов воды на различных частотах. Так как выделяемые на АЧХ гармоники в реальном природном процессе могут быть нестабильными и с течением времени возможно изменение АЧХ, оптимальный вариант – построение АЧХ спектра для одних и тех же точек на последовательных временных интервалах.

В зарубежной литературе [4] часто встречается следующая зависимость разложения функций в ряд Фурье

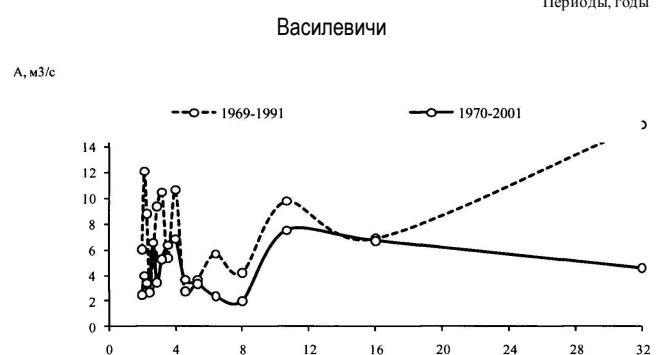
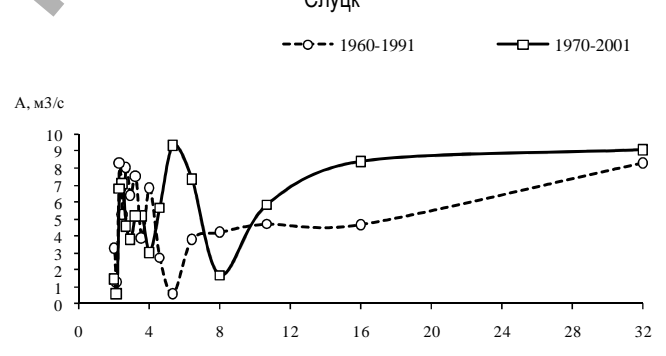
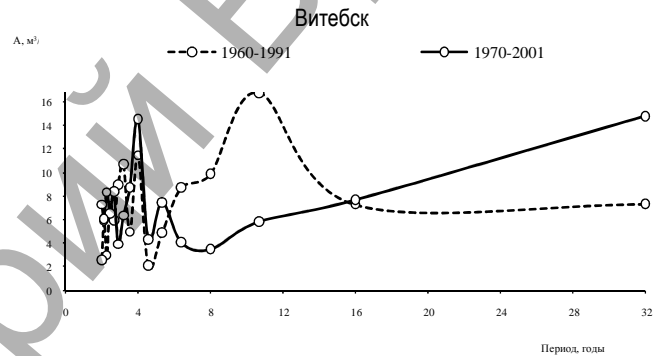
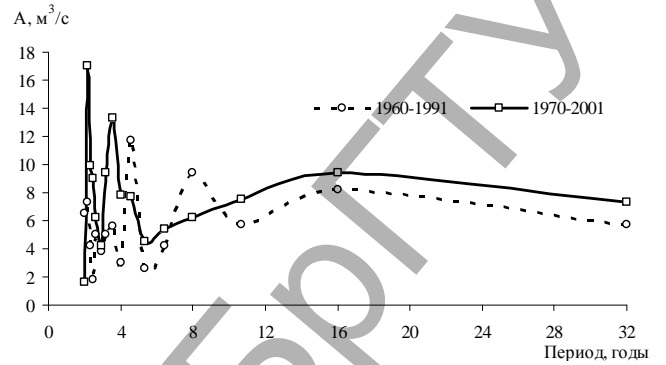
$$x_i = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^m ((a_n \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot (t-1)) + b_n \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot (t-1))), \quad (7)$$

где f_n – частота – количество циклов в единицу времени, $1/f_n=T$ – период повторения, который интерпретируется как количество наблюдений (годовых расходов воды), формирующих один полный цикл на соответствующей частоте; a_n и b_n – косинусоидные и синусоидные коэффициенты, являющиеся коэффициентами регрессии, т.е. показывающие связь теоретических функций косинусов и синусов с эмпирическими точками при соответствующей частоте.

По сути формулы (1), (2) и (7) являются преобразованием одного выражения, поэтому возможно использование любой из них.

Анализ результатов исследований. Временные ряды значений продуктивных влагозапасов были разделены на две группы,

соответствующие 32 годам наблюдений – 1960–1991 и 1970–2001 годы. При построении АЧХ учитывался тот факт, что разложение временных рядов в ряд Фурье допустимо только в случае стационарности исходного ряда. Это означает, что если в исследуемом ряде присутствуют колебания, период которых больше длительности наблюдения (интервала), то необходимо описать эти колебания с помощью трендовой составляющей. Преобразованные в периодограммы АЧХ продуктивные влагозапасы минеральных почв, рассчитанные с помощью уравнений (3), (4) и (5), показаны на рис. 1.



$A, м^3/с$

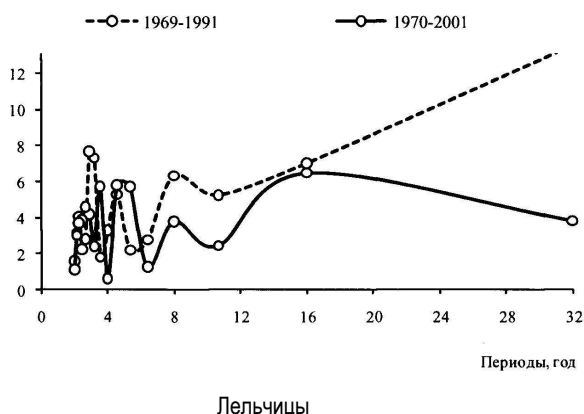


Рис. 1. Периодограммы продуктивных влагозапасов за 1960–1991 и 1970–2001 годы

Анализ рис. 1 показывает, что во временных рядах продуктивных влагозапасов присутствуют циклические изменения с интервалами 4–5 и 10–12 лет, причем сами циклы различны как по длительности, так и по амплитудам. Для Витебска эти различия незначительны, возможно четкое выделение 4-летнего цикла, а 7-летний цикл за интервал 1960–1991 годы полностью сглаживается в интервале 1970–2001 годы. Для продуктивных влагозапасов по метеостанции Слуцк произошло выравнивание амплитуды 11-летнего цикла за период 1970–2001 годы. Цикличность колебаний продуктивных влагозапасов на метеостанции Василевичи изменилась с одного периода в 3 года за интервал 1960–1991 гг. до 3 и 6 лет за интервал 1970–2001 гг. при одновременном четком выделении этих двух циклов. По метеостанции Марына Горка выделяются два периода 3 и 11 лет за два интервала наблюдения. Для метеостанции Лельчицы как и для метеостанции Марына Горка, характерны одинаковые циклы за два интервала наблюдения.

Фазово-частотные характеристики продуктивных влагозапасов, преобразованные в периодограммы и вычисленные с помощью (6), приведены на рис. 2.

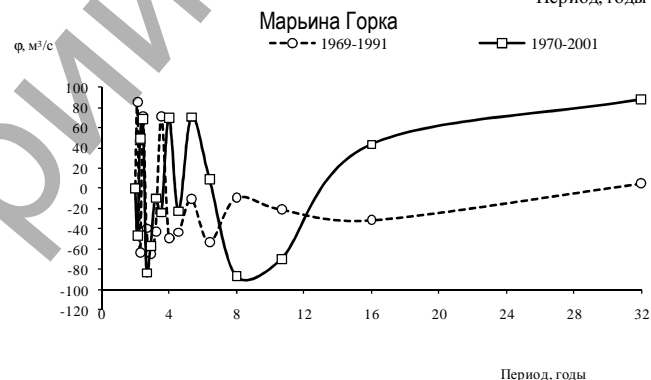
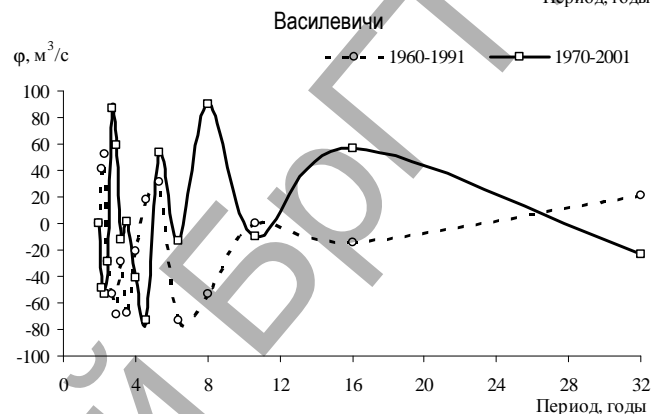
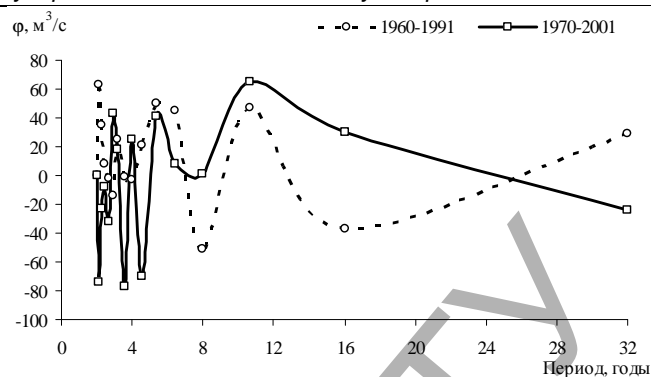
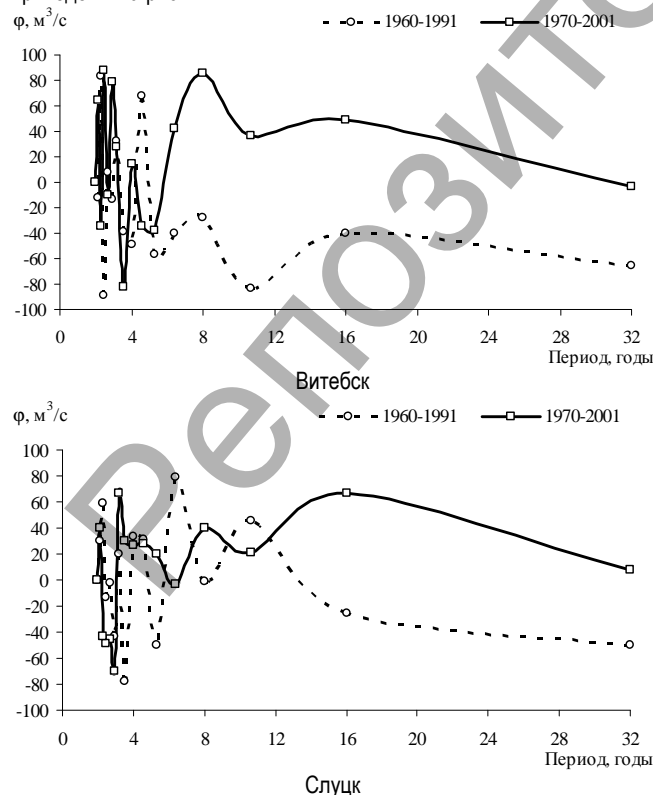


Рис. 2. Фазовые периодограммы продуктивных влагозапасов за 1960–1991 и 1970–2001 годы

Существенных изменений фазовых периодограмм двух рассматриваемых периодов не обнаружено (рис. 2). Можно отметить более «компактное» расположение графиков на втором временном интервале (1970–2001), т.е. произошла «стабилизация» процессов изменения цикличности продуктивных влагозапасов, что связано с такими же процессами в колебаниях атмосферных осадков и изменениями климата.

Двойная волна макропогоды в 11-летнем цикле СА представляет правдоподобной. Многими исследователями было установлено наличие циклов длиной 4–6 лет во многих природных явлениях в конце XIX и первой половине XX века при минимуме векового цикла СА в 1881–1912 годах [5]. Правомерным является утверждение, что в последующие годы периодичность явлений должна возрастать в связи с увеличением СА. При этом следующий минимум векового цикла СА приходится на конец XX века. Поэтому в 1950–1955 годах должны выделяться периоды с наибольшей цикличностью, близкой к 10–15 годам, а далее возможно увеличение количества периодов с малой длительностью. Следовательно, в конце XX века на периодограммах АЧХ должны отмечаться аномалии амплитуд с периодичностью 4–6 лет, а солнечнообусловленный 11-летний цикл должен быть выражен незначительно. То есть в последние 30 лет происходит закономерное изменение периодичности циклов, выражающееся в уменьшении длительности

ности короткопериодических и длиннопериодических циклов, причем роль длиннопериодической составляющей АЧХ увеличивается, т.е. с течением времени соотношение амплитуд циклов изменяется. Аналогичные изменения отмечаются и в структуре метеорологических данных, уровней поверхностных и грунтовых вод [6].

С целью подтверждения статистической значимости выявленных на периодограммах циклов построены автокорреляционные функции рядов продуктивных влагозапасов за период 1960–2001 годы, графики которых показаны на рис. 3. При сопоставлении графиков с доверительным интервалом «белого шума» 95%-й вероятности превышения, приходим к выводу, что, по крайней мере, циклы длиной около 2–5 и 10–13 лет, регистрируемые периодограммами, неслучайны. Эта длина циклов близка к среднеарифметической периодичности всплесков, зафиксированных на данном временном интервале. При этом реальная длина циклов, как отмечалось выше, с течением времени изменялась.

Заключение. На основании спектрального анализа продуктивных влагозапасов выявлена цикличность колебаний влажности минеральных почв репрезентативных метеостанций Беларуси. Отмечаются как короткопериодические (2-5 лет) и длиннопериодические (10-15 лет) циклы, при этом в интервале 1970-2001 лет амплитуды короткопериодических циклов имеют тенденцию к уменьшению, а длиннопериодические – к увеличению.

Полученные результаты могут найти практическое применение при построении прогнозных моделей для оценки продуктивных влагозапасов минеральных почв Беларуси в будущем.

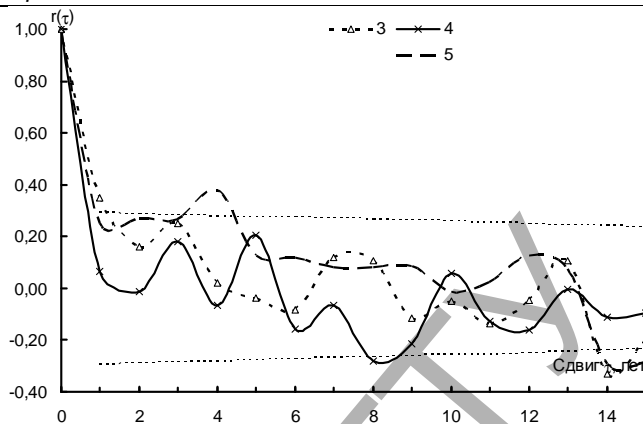
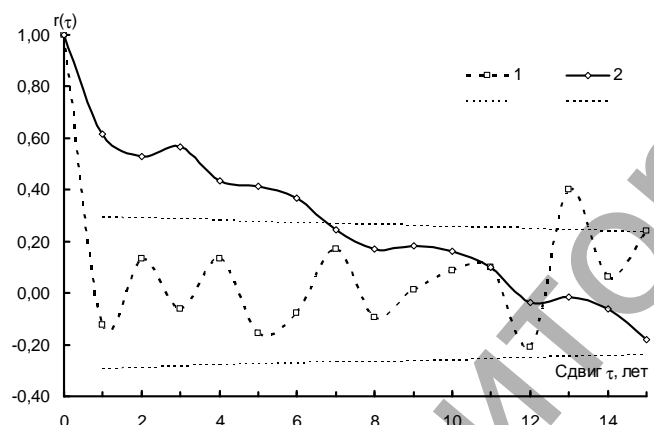


Рис. 3. Автокорреляционные функции продуктивных влагозапасов вегетационного периода за весь период наблюдений (1960–2001 годы). Пунктирными линиями выделен доверительный интервал «белого шума» 95%-й обеспеченности: 1 – Лельчицы, 2 – Витебск, 3 – Слуцк, 4 – Василевичи, 5 – Марьино Горка

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волчек, А.А. Анализ автокорреляционных функций продуктивных влагозапасов минеральных почв / А.А. Волчек, Н.Н. Шпендик // Актуальные проблемы экологии: материалы I Международной научной конференции. (6–8 октября 2004 г.): в 2 ч. – Гродно, 2005. – Часть 2. – С. 145–148.
2. Волчек, А.А. Анализ структуры временных рядов продуктивных влагозапасов минеральных почв Беларуси / А.А. Волчек, Н.Н. Шпендик // Теоретические и прикладные проблемы геоэкологии: материалы II Международной научной конференции, Минск, 15–18 ноября, 2005 г. / Бел. гос. ун-т; редкол. И.И. Пирожник [и др.]; научный ред. А.Н. Витченко. – Мн.: БГУ, 2005. – С. 117–118.
3. Пановский, Г.А. Статистические методы в гидрометеорологии / Г.А. Пановский, Г.В. Брайер – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 210с.
4. Shumway, R.H. Applied statistical time series analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988.
5. Витинский, Ю.И. Солнечная активность / Ю.И. Витинский. – М.: Наука, 1983. – 192 с.
6. Воробьева, Е.В. Изменение атмосферных циклов в связи с геомагнитной возмущенностью и долгосрочные прогнозы погоды / Е.В. Воробьева // Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды. Тр. I Всесоюз. совещ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – С. 333-346.

Материал поступил в редакцию 20.03.14

VOLCHEK A.A., SHPENDIK N.N. Analysis of structure of temporary ranks of productive moisture contents of mineral soils of Belarus

Work is devoted to an actual problem of studying of existential structure of moisture contents of mineral soils of Belarus. In work rather large volume of data (data of supervision from 1960 to 2010) is used that gives the chance to consider the received results reliable. On the basis of the analysis of temporary ranks with use of function of Fourier the temporary structure of moisture contents of mineral soils of representative meteorological stations of Belarus is investigated, recurrence of fluctuations of humidity of mineral soils is revealed, are established both korotkoperiodichny and dlinnoperiodichny cycles.

УДК 626.872

Глушко К.А., Глушко К.К.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДРЕНАЖА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКАХ И ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО РАБОТЫ

Введение. Общей тенденцией прохождения паводков, как весенних, так и летне-осенних, последних лет на мелиорируемых землях,

находящихся длительное время в эксплуатации, является аккумуляция поверхностного стока в западных местах и локальных

Глушко Константин Александрович, к.т.н., доцент кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.

Глушко Константин Константинович, магистр кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

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