

- Федерации / Л. В. Кирейчева, И. В. Белова, Н. П. Карпенко, С. Б. Адыяев, Э. Б. Дедова, Г. Н. Кониева. – М., 2008. – 82 с.
22. Зайдельман, Ф. Р. Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 320 с.
23. Применение агромелиоративных мероприятий на осушенных минеральных землях Нечерноземной зоны РСФСР (технологический регламент). Минсельхозпрод РСФСР, ВНИИМЗ, СевНИИ-ГиМ. – М., 1990. – 58 с.

Материал поступил в редакцию 04.02.2019

#### IVANOV D. A. Development of landscape-adaptive land use in the upper Volga region on the basis of geostatistical methods

The paper shows the examples of the application of geostatistical procedures in agro-ecological practices. The possibilities of dispersion and track analysis in determining the regularities of the formation of farming systems are revealed. The nature of the use of integrated indicators of productivity of agricultural landscapes for reclamation and protection of their natural environment.

УДК 556.5+574

Волчек А. А., Шпока И. Н., Шпока Д. А.

### ОЦЕНКА КОЛЕБАНИЙ УРОВНЕЙ ВОДЫ РЕКИ ЛЕСНАЯ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

**Введение.** Уровни воды являются важной характеристикой любого водотока, которые определяют не только его экологическое состояние, но и характер современного и перспективного использования. Кроме того, при использовании водотоков для потребительских нужд необходимо знать не только уровенный режим на текущий момент, но и важно иметь прогнозные оценки колебаний уровней на расчетную перспективу. Сложность анализа колебаний уровней воды в реках заключается в оценке влияния множества факторов, как естественных, так и антропогенных. Особое место занимают малые реки, так как чувствительны к тем или иным воздействиям. Кроме того, они составляют около 95 % всех рек региона. Исследовать влияние каждого фактора на уровенный режим не представляется возможным, поэтому в большинстве исследований положены статистические методы, которые используют гипотезу переноса статистических характеристик, полученных по наблюдаемым данным, на будущее. Это может служить обоснованием принятия инженерных решений при строительстве и (или) эксплуатации гидротехнических сооружений в реке или ее бассейна.

Современное потепление климата, начавшееся с 1988 года, оказывает влияние на уровенный режим рек, что требуют качественной и количественной оценки [1].

**Цель исследований.** Дать оценку уровенного режима р. Лесная в современных условиях и на краткосрочную перспективу.

**Исходные данные.** Основными исходными материалами при исследовании уровней воды реки Лесная (средние годовые, максимальные весеннего половодья, максимальные летне-осеннего паводка, минимальные летне-осенние, минимальные зимние уровни) послужили данные государственного водного кадастра ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» за 1988–2014 гг. [2]. Выбор данного периода связан с тем, что с 1988 г. началось современное потепление климата на территории Беларуси.

Река Лесная типичная для юго-запада Беларуси, среднегодовой расход воды – 13,0 м<sup>3</sup>/с, средний уклон водной поверхности – 0,2 ‰. Средняя ширина реки – 25 м. Русло реки канализовано, песчаное, умеренно деформирующееся, зарастает водной растительностью [3].

Площадь водосбора в створе поста г. Каменец – 1920 км<sup>2</sup>, д. Тюхиничи – 2590 км<sup>2</sup>. Нуль поста графика уровня воды соответственно г. Каменец – 138,63 м, д. Тюхиничи – 128,69 м.

**Методика исследований.** Для исследований использовались статистические методы анализа: регрессионный, корреляционный, ряд Фурье [4–6].

Факторы, влияющие на формирование уровенного режима воды в реке, можно условно разделить на две группы. К первой группе

относятся глобальные факторы, которые касаются больших территорий, а ко второй – локальные факторы. Тогда уровень воды в реке можно представить как (4, 5, 6):

$$H(t) = H_{\phi}(t) \pm \Delta H_n(t), \quad (1)$$

где  $H(t)$  – уровень воды в реке в расчетном календарном году, см;

$H_{\phi}(t)$  – фоновая составляющая в формировании уровенного режима реки в том же году, см;  $\pm \Delta H_n(t)$  – вклад в формирование уровенного режима реки локальных факторов, см.

Изменения в хронологическом ходе уровней воды оценивались с помощью линейных трендов, определяются по формуле:

$$H_{\phi}(t) = H_{\phi}(0) \pm \Delta H \cdot t, \quad (2)$$

где  $H_{\phi}(t)$  – текущее значение уровня воды, см;

$H_{\phi}(0)$  – значение уровня воды в начальный момент времени, см;

$\Delta H$  – градиент изменения уровня воды, см/год;

$t$  – текущий момент времени, год.

Значимость коэффициента регрессии в уравнении (2) оценивается с помощью коэффициента линейной корреляции.

Для выявления цикличности в колебаниях уровней воды использовали нормированные разностно-интегральные кривые, которые определялись по формуле:

$$K_i = \frac{\sum(K_i - 1)}{C_v}, \quad (3)$$

где  $C_v$  – коэффициент вариации;

$K_i = H_i/H_{cp}$  – модульный коэффициент уровней воды.

Прогнозные оценки изменения уровней воды в реке осуществлялись с помощью рядов Фурье. Ряд Фурье — представление произвольной функции  $H_{\phi}(t)$ :

$$H_{\phi}(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_n (a_n \cdot \cos(n \cdot t) + b_n \cdot \sin(n \cdot t)) \quad (4)$$

где  $a_0 = \frac{1}{\pi} \cdot \int_{-\pi}^{\pi} f(t) dx$ ;  $a_n = \frac{1}{\pi} \cdot \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cdot \cos(n \cdot t) dx$ ;

$b_n = \frac{1}{\pi} \cdot \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cdot \sin(n \cdot t) dx$ ;  $n = 1, 2, 3, \dots$  – коэффициенты ряда (коэффициенты Фурье).

Разность между фактическим уровнем воды и модельной фоновой составляющей определяются, в основном, колебаниями погодных условий и влиянием локальных факторов.

**Шпока Ирина Николаевна**, к. г. н., доцент кафедры природообустройства факультета инженерных систем и экологии Брестского государственного технического университета, e-mail: shpoka@yandex.ru.

**Шпока Дарья Александровна**, аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, факультета инженерных систем и экологии Брестского государственного технического университета, e-mail: daria-a-sh@rambler.ru.

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

Таблица 1 – Статистические характеристики уровней воды

| Название поста /<br>Название уровня         | Средний<br>уровень   | Коэффициент    |                |                      | Градиент измене-<br>ния уровня<br>воды |
|---|----------------------|----------------|----------------|----------------------|--|
|   |                      | вариации       | асимметрии     | корреляции<br>тренда |  |
|   | Н <sub>ср</sub> , см | C <sub>v</sub> | C <sub>s</sub> | r                    | α, см/год                              |
| <b>р. Лесная - г. Каменец</b>               |                      |                |                |                      |  |
| Средний годовой уровень                     | 120,4                | 0,10           | 0,50           | 0,09                 | 0,14                                   |
| Максимальный уровень весеннего половодья    | 178,9                | 0,20           | 0,20           | 0,14                 | 0,66                                   |
| Максимальный уровень летне-осеннего паводка | 166,2                | 0,20           | 0,40           | 0,22                 | 0,95                                   |
| Минимальный уровень летне-осеннего периода  | 96,1                 | 0,10           | 0,0            | 0,13                 | 0,19                                   |
| Минимальный уровень зимнего периода         | 94,6                 | 0,10           | 0,20           | -0,14                | -0,20                                  |
| <b>р. Лесная - д. Тюхиничи</b>              |                      |                |                |                      |  |
| Средний годовой уровень                     | 160,2                | 0,10           | 1,00           | 0,50                 | 1,02                                   |
| Максимальный уровень весеннего половодья    | 250,3                | 0,20           | 0,10           | 0,23                 | 1,46                                   |
| Максимальный уровень летне-осеннего паводка | 236,7                | 0,10           | 0,40           | 0,34                 | 1,35                                   |
| Минимальный уровень летне-осеннего периода  | 116,9                | 0,10           | -0,50          | 0,26                 | 0,23                                   |
| Минимальный уровень зимнего периода         | 145,4                | 0,10           | 1,8            | 0,48                 | 1,18                                   |

Примечание:  $r_c=0,38$  – критическое значение коэффициента корреляции при уровне значимости 0,05 и числа степени свободы равным  $v=n-2=27-2=25$  [4]

Динамика локальной составляющей формирования уровня воды реки может быть представлена в виде аддитивной функции:

$$\Delta H_n(t) = H_u(t) \pm H_n(t), \quad (5)$$

где  $H_u(t)$  – детерминированная функция;  
 $\pm H_n(t)$  – случайная составляющая.

Функцию  $H_u(t)$  часто удается подобрать так, что процесс  $H_n(t)$  оказывается значительно более простым, чем  $\Delta H_n(t)$ , и тогда решение задач, связанных с этими процессами, существенно упрощается.

Для стационарных процессов практический интерес представляет выявление закономерностей в динамике формирования уровней воды: плавного возрастания или убывания (монотонный тренд), периодических изменений (циклический тренд), постоянства в течение каких-то периодов времени и резкого изменения при переходе от одного отрезка к другому (ступенчатый тренд). Все эти ситуации могут быть описаны полиномиальной аппроксимацией тренда вида:

$$H_u(t) = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \cdot \varphi_i(t), \quad (6)$$

где  $\varphi_1(t) \dots \varphi_k(t)$  – заданные функции времени;

$a_0 \dots a_k$  – коэффициенты регрессии.

Функции времени могут быть либо линейными, степенными, показательными или логарифмическими при монотонном тренде, либо тригонометрическими при циклическом и кусочно-постоянными при ступенчатом тренде. Во всех этих случаях параметры  $a_0 \dots a_k$  оцениваются по имеющемуся ряду наблюдений  $H_1 \dots H_n$ .

**Обсуждение результатов.** Проведен анализ изменения среднегодового уровня воды на р. Лесная – г. Каменец (рисунок 1). За период 1988–2014 гг. на р. Лесная – г. Каменец наблюдается незначительный рост уровня воды. Так в 2003 г. средний годовой уровень был 98 см, а в 2010 г. – 144 см. Средний годовой уровень воды на р. Лесная – д. Тюхиничи (рисунок 2) показал изменения в сторону увеличения. Так, например, в 1992 г. средний годовой уровень воды составлял 136 см, а в 2010 г. – 207 см.

Анализ максимального уровня весеннего половодья (рис. 1–2) на р. Лесная на двух постах показал увеличения уровня воды в период

весеннего половодья. Максимальные уровни наблюдались в 2013 г. – 254 см, в 1996 г. – 351 см. Минимальные уровни на р. Лесная наблюдались в 1997 г. – 114 см, в 1992 г. – 158 см.

Анализ максимального уровня летне-осеннего паводка показал увеличение уровня воды по двум постам р. Лесная – г. Каменец, р. Лесная – д. Тюхиничи (рисунки 1–2). Наивысшее значение уровня воды на р. Лесная – г. Каменец наблюдалось в 2014 г. и равнялось 234 см (рисунок 1), а на р. Лесная – д. Тюхиничи – 306 см в 2011 г. (рисунок 2). Наименьшее значение на р. Лесная – г. Каменец (рисунок 1) летне-осеннего паводка – 110 см зафиксировано в 2003 г., а на р. Лесная – д. Тюхиничи (рисунок 2) минимальное значение наблюдалось в 1996 г. – 175 см.

Значения минимального уровня летне-осеннего периода на р. Лесная – г. Каменец, р. Лесная – д. Тюхиничи имеют устойчивую тенденцию в сторону повышения (рисунки 1–2).

Анализ минимального уровня показал, что в зимний период наблюдается понижение уровня воды на р. Лесная – г. Каменец (рисунок 1). Так, в 1990 г. уровень составил 113 см, а в 2009 г. – 83 см. На р. Лесная – д. Тюхиничи (рисунок 2) наблюдается повышение уровня воды.

На рисунках 3–4 показан анализ колебаний уровней воды р. Лесная с использованием разностных интегральных кривых. Как видно из рисунков 3–4, в колебаниях уровней воды р. Лесная прослеживается определенная цикличность с затуханием размаха колебаний. Например, на рисунке 3 наблюдается значительный рост минимальных уровней воды в зимний период с 1988 до 1992 г., так же можно выделить период значительного понижения уровней воды в период с 2003 до 2006 г. Как видно на рисунке 3, можно выделить понижение максимального уровня весеннего половодья с 1989 до 1993 г., а рост наблюдается с 2004 до 2007 г. На рисунке 4 можно увидеть значительное понижение средних годовых уровней воды в период с 1988 до 1997 г., также можем выделить значительный рост уровней, в период наблюдений с 2008 до 2011 г. Также можем наблюдать скачкообразное поведение минимальных уровней воды летне-осеннего периода. Значительное понижение минимальных уровней воды летне-осеннего периода наблюдалось в период с 1988 до 1994 г., а значительный рост уровней воды – 2006–2012г.

Основные статистические гидрологические характеристики уровней воды реки Лесная вычислялись по стандартной методике и представлены в таблице 1 [7].

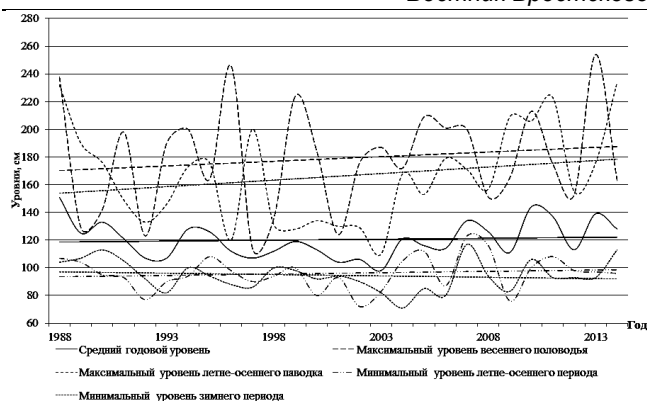


Рисунок 1 – Многолетний ход уровней воды на р. Лесная – г. Каменец

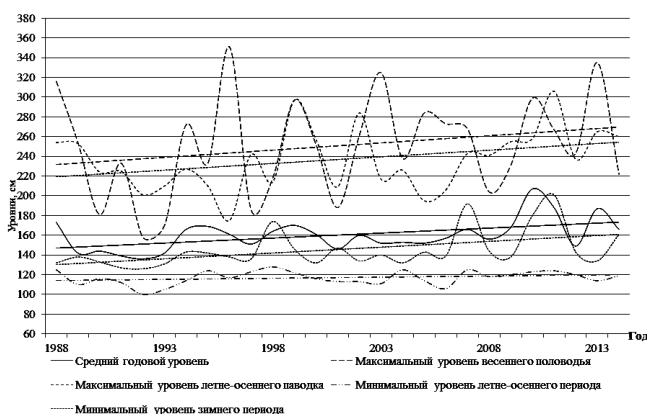


Рисунок 2 – Многолетний ход уровней воды на р. Лесная – д. Тюхиничи

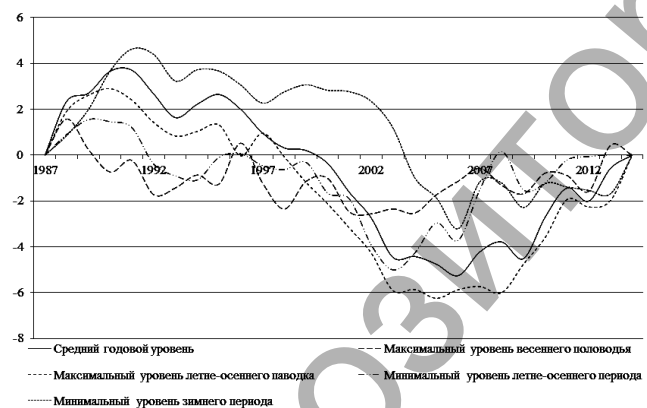


Рисунок 3 – Нормированная разностная интегральная кривая уровней воды р. Лесная – г. Каменец

На рисунках 5–14 представлена разность между фактическим уровнем воды и модельной фоновой составляющей на р. Лесная – г. Каменец, р. Лесная – д. Тюхиничи.

Прогнозные оценки изменения уровней воды в реке Лесная осуществлялись с помощью рядов Фурье, рассчитывались по формуле (4) и представлены в таблице 2.

Хронологический ход  $\pm \Delta H_{\text{л}}(t)$  определенной как разница между наблюдаемым и смоделированными уровнями воды р. Лесная по моделям приведенным в таблице 2, представлены на рисунках 15–16 в относительных отметках.

Так как тренд явно не выражен, воспользуемся совместным анализом выборочных АКФ и ЧАКФ данного процесса, с помощью которых определяем характер изменения уровней воды. В качестве примера АКФ и ЧАКФ приведены графики р. Лесная – г. Каменец максимальных уровней воды весеннего половодья на рисунках 17–19. Значения максимального уровня воды весеннего половодья на

р. Лесная – г. Каменец, статистически значимыми и включенными в модель являются  $T=2, 4$ , а все остальные значения статистически не значимы и характеризуются чередованием положительных и отрицательных значений. На основании анализа цикличности во временных рядах с помощью АКФ и ЧАКФ удалось построить прогнозную модель, позволяющую дать оценку динамики процесса с заблаговременностью в 1 год.

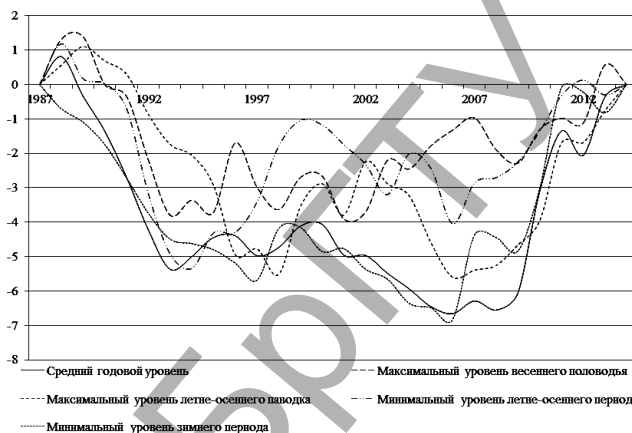


Рисунок 4 – Нормированная разностная интегральная кривая уровней воды р. Лесная – д. Тюхиничи

$$h(t+1) = -1,1 - 0,596 \cdot h(t-2) - 0,549 \cdot h(t-4),$$

где  $h(t+1)$  – прогнозируемый уровень воды в последующем году, см;  
 $h(t), h(t-4)$  – уровень воды в реке за предшествующий год и уровень воды в  $(t-4)$ -й год.

**Заключение.** Проведенный анализ изменения уровня режима на р. Лесная – г. Каменец, р. Лесная – д. Тюхиничи за период 1988–2014 гг. позволяет сделать выводы о наличии статистически значимых изменений в динамике уровней воды весеннего половодья на р. Лесная по двум постам. Данные изменения обусловлены как климатическими, так и антропогенными факторами изменения уровня режима.

Показана возможность построения прогнозных моделей уровней воды р. Лесная с заблаговременностью в один год.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волчек, А. А. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек, В. Н. Корнеев, С. И. Парфомук, И. А. Булак, Ан. А. Волчек, О. И. Грядунова, О. Н. Натарова, Т. А. Шелест. – Брест: Альтернатива, 2017. – 228 с.
2. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод.– Минск : 1988–2014. – Ч. 1 Реки и каналы. – Ч. 2 Озера и водохранилища. – Т. III.
3. Гидрографическая характеристика рек Беларуси [Электронный ресурс]. – Минск, 2019. – Режим доступа : <http://pogoda.by/315/gid.html?ind=40>. – Дата доступа : 12.02.2019.
4. Валуев, В. Е. Статистические методы в природопользовании : уч. пособие для студ. высш. учеб. завед. по спец. «Мелиорация и водное хозяйство» / В. Е. Валуев [и др.] – Брест : Брестский политехнический институт, 1999. – 252 с.
5. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек; НАН Беларуси, Ин-т проблем пользы природ. ресурсов и экол., Полесский аграрно-экол. ин-т. – Минск : Тонпик, 2006. – 160 с.
6. Волчек, А. А. Водные ресурсы Брестской области / А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Минск : Изд. центр БГУ, 2002. – 440 с.
7. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения : ТКП 45-3.04-168-2009 (02250). – Введ. 30.12.2009. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 56 с.

Таблица 2 – Прогнозные модели реки Лесная

| Река Пост             | Уровни                                      | Модель  | R    |
|-----------------------|---|---|------|
| 1                     | 2   | 3   | 4    |
| р. Лесная г. Каменец  | Средний годовой уровень                     | $H(t)=118,36-1,47 \cdot \text{Cost}-7,48 \cdot \text{Cos}[\pi t/30]-7,06 \cdot \text{Sin}[2t]+12,85 \cdot \text{Sin}[\pi t/15]$     | 0,99 |
|                       | Максимальный уровень весеннего половодья    | $H(t)=185,08+11,39 \cdot \text{Cost}+14,91 \cdot \text{Cos}[\pi t/60]+1,50 \cdot \text{Sin}[0,31t]-16,39 \cdot \text{Sin}[2t]$      | 0,98 |
|                       | Максимальный уровень летне-осеннего паводка | $H(t)=169,45+2,45 \cdot \text{Cost}+21,71 \cdot \text{Cos}[\pi t/15]+11,07 \cdot \text{Sin}[2t]+26,91 \cdot \text{Sin}[\pi t/15]$   | 0,99 |
|                       | Минимальный уровень летне-осеннего периода  | $H(t)=98,27-3,06 \cdot \text{Cost}-7,50 \cdot \text{Cos}[\pi t/60]+7,37 \cdot \text{Sin}[2t]-10,06 \cdot \text{Sin}[\pi t/30]$      | 0,99 |
|                       | Минимальный уровень зимнего периода         | $H(t)=95,26-3,57 \cdot \text{Cost}-35,52 \cdot \text{Cos}[\pi t/30]-4,19 \cdot \text{Sin}[2t]-27,91 \cdot \text{Sin}[\pi t/30]$     | 0,99 |
| р. Лесная д. Тюхиничи | Средний годовой уровень                     | $H(t)=180,58+0,01 \cdot \text{Cost}-25,03 \cdot \text{Cos}[\pi t/40]-12,90 \cdot \text{Sin}[0,5t]-6,22 \cdot \text{Sin}[2t]$        | 0,99 |
|                       | Максимальный уровень весеннего половодья    | $H(t)=247,62+20,66 \cdot \text{Cost}+14,76 \cdot \text{Cos}[\pi t/15]-16,31 \cdot \text{Sin}[2t]+28,60 \cdot \text{Sin}[4\pi t/15]$ | 0,98 |
|                       | Максимальный уровень летне-осеннего паводка | $H(t)=236,83+15,97 \cdot \text{Cos}[0,3t]-5,59 \cdot \text{Cost}+3,20 \cdot \text{Sin}[2t]+13,64 \cdot \text{Sin}[2\pi t/9]$        | 0,99 |
|                       | Минимальный уровень летне-осеннего периода  | $H(t)=116,86+1,71 \cdot \text{Cost}-6,34 \cdot \text{Cos}[\pi t/6]+3,22 \cdot \text{Sin}[2t]+0,60 \cdot \text{Sin}[\pi t/3]$        | 0,99 |
|                       | Минимальный уровень зимнего периода         | $H(t)=144,97-0,33 \cdot \text{Cost}+3,05 \cdot \text{Cos}[\pi t/5]+11,11 \cdot \text{Sin}[2t]+3,98 \cdot \text{Sin}[2\pi t/5]$      | 0,99 |

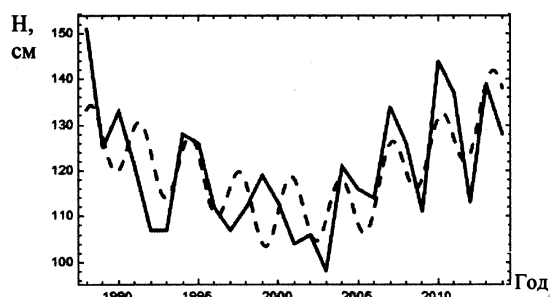


Рисунок 5 – Хронологический ход измеренных уровней и рассчитанных по формуле (4) средних годовых уровней воды на р. Лесная – г. Каменец

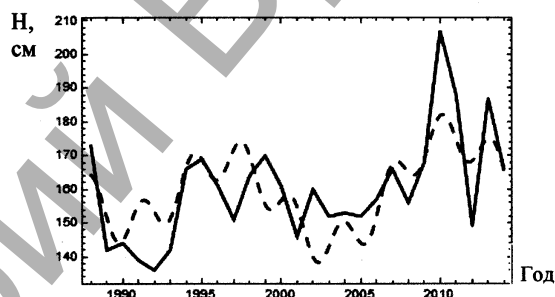


Рисунок 6 – Хронологический ход измеренных уровней и рассчитанных по формуле (4) средних годовых уровней воды на р. Лесная – д. Тюхиничи

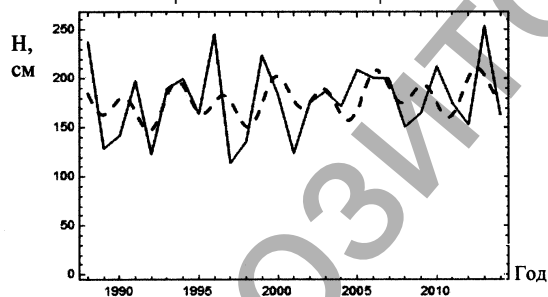


Рисунок 7 – Хронологический ход измеренных уровней и рассчитанных по формуле (4) максимальных уровней воды весеннего половодья на р. Лесная – г. Каменец

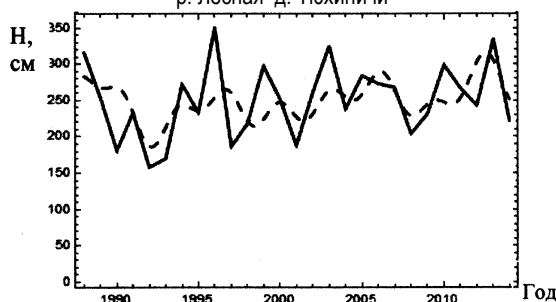


Рисунок 8 – Хронологический ход измеренных уровней и рассчитанных по формуле (4) максимальных уровней воды весеннего половодья на р. Лесная – д. Тюхиничи

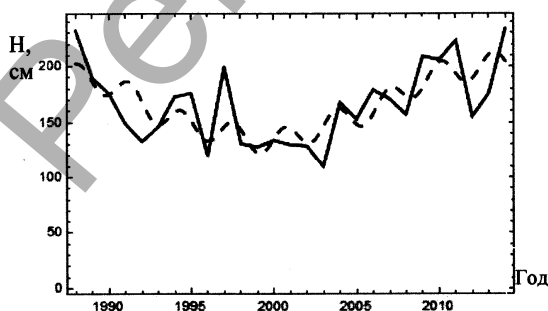


Рисунок 9 – Хронологический ход измеренных уровней и рассчитанных по формуле (4) максимальных уровней воды летне-осеннего паводка на р. Лесная – г. Каменец

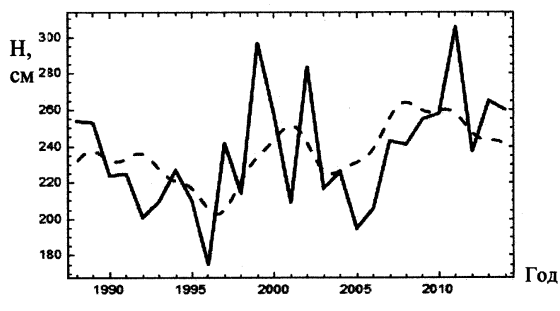


Рисунок 10 – Хронологический ход измеренных уровней и рассчитанных по формуле (4) максимальных уровней воды летне-осеннего паводка на р. Лесная – д. Тюхиничи

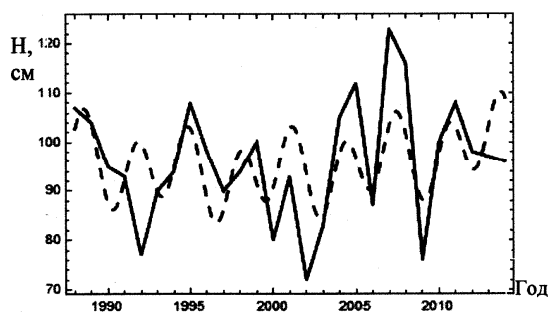


Рисунок 11 – Хронологический ход измеренных уровней и рассчитанных по формуле (4) уровней воды летне-осеннего периода на р. Лесная – г. Каменец

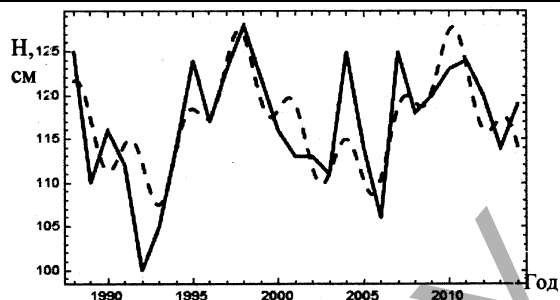


Рисунок 12 – Хронологический ход измеренных уровней и рассчитанных по формуле (4) уровней воды летне-осеннего периода на р. Лесная – д. Тюхиничи

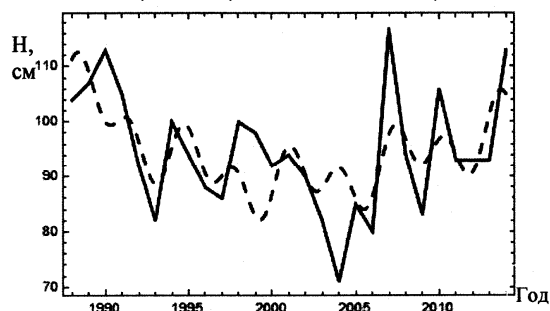


Рисунок 13 – Хронологический ход измеренных уровней и рассчитанных по формуле (4) низших зимних уровней воды на р. Лесная – г. Каменец

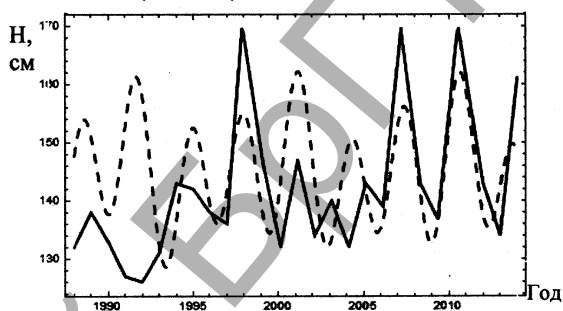


Рисунок 14 – Хронологический ход измеренных уровней и рассчитанных по формуле (4) низших зимних уровней воды на р. Лесная – д. Тюхиничи

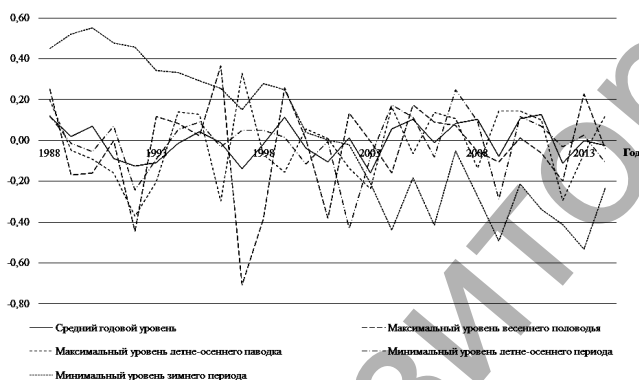


Рисунок 15 – Отклонения измеренных уровней от смоделированных р. Лесная – г. Каменец

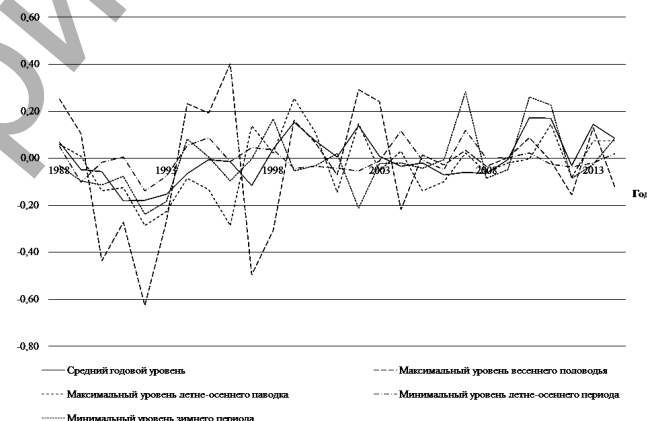


Рисунок 16 – Отклонения измеренных уровней от смоделированных р. Лесная – д. Тюхиничи

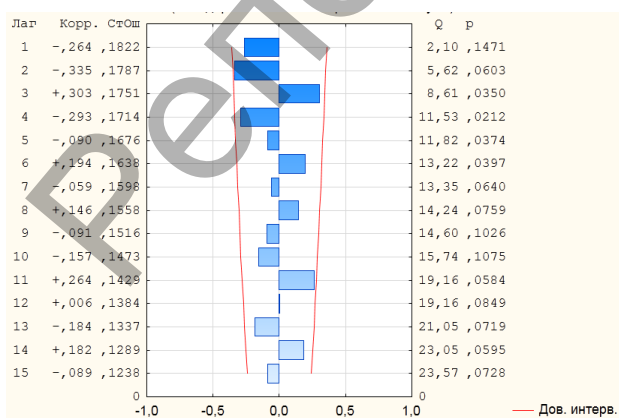


Рисунок 17 – Автокорреляционная функция максимальных уровней воды р. Лесная – г. Каменец

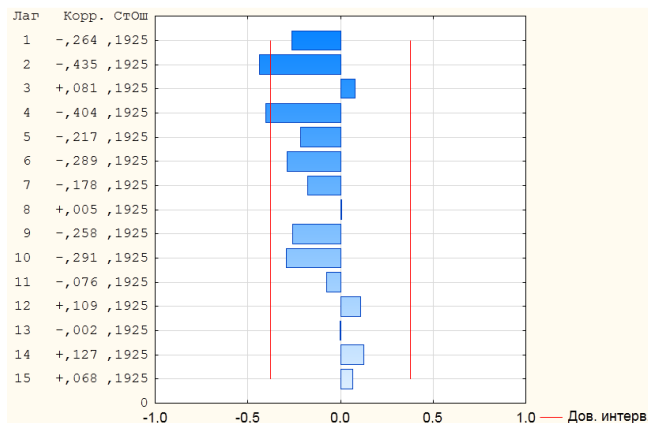


Рисунок 18 – Частная автокорреляционная функция максимальных уровней воды р. Лесная – г. Каменец

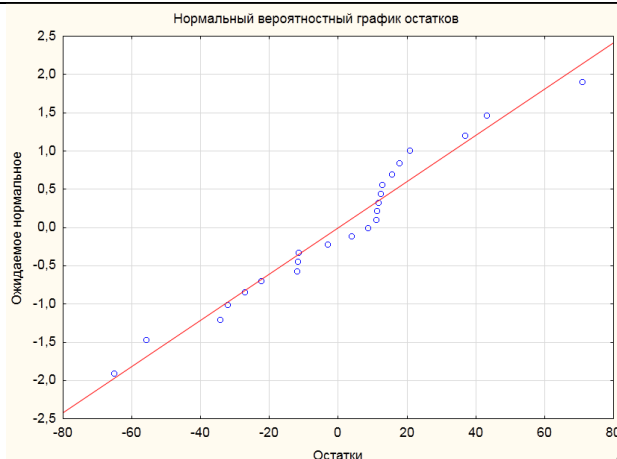


Рисунок 19 – Фактические и прогнозные максимальные урны воды весеннего половодья р. Лесная – г. Каменец

Материал поступил в редакцию 31.03.2019

**VOLCHEK A. A., SHPOKA I. N., SHPOKA D.A. Evaluation of lesnaya river water levels in the conditions of modern warming of climate**

The work considered the fluctuations of the levels of r. Lesnaya in the conditions of a changing modern climate, an estimate of the temporal variability of water levels on the river for 1988–2014.

The basis for the study was the data of the state water cadastre of the State Institution "Republican Center for Hydrometeorology, Radioactive Pollution Control and Environmental Monitoring". Analysis of fluctuations in water levels on the river. R. Lesnaya conducted using differential integral curves. As a result of the research, the graphs of the long-term progress of the water levels on the r. Lesnaya – c. Kamenets, r. Lesnaya – v. Tuhinichi. Were built predictive model r. Lesnaya.

The analysis of changes in the average annual water level on the river. R. Lesnaya – c. Kamenets and r. Lesnaya – v. Tuhinichi – showed a slight increase in the water level. So on r. Lesnaya – c. Kamenets in 2003 was 98 cm, and in 2010 – 144 cm, on the r. Lesnaya – v. Tuhinichi in 1992, the average water level was 136 cm, and in 2010 – 207 cm.

Analysis of the maximum level of spring flood on the river. R. Lesnaya at two posts showed an increase in water level during this period. The maximum water level of the summer-autumn flood on the river. R. Lesnaya at two posts showed an increase in water level.

The values of the minimum level of the summer-autumn period on the river. R. Lesnaya – c. Kamenets and r. Lesnaya – v. Tuhinichi have a steady upward trend. The analysis of the minimum level showed that in the winter on the river. R. Lesnaya – c. Kamenets marked lowering of the water level, on the river. R. Lesnaya – v. Tuhinichi – increase. This is due to the fact that the post r. Lesnaya – v. Tuhinichi water level mode is periodically distorted by 2 gateway-regulators above the post.

УДК 556.42

**Шевченко В. А., Губин В. К., Кудрявцева Л. В.**

**СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЦЕЗИЯ В ПОЧВЕ**

**Введение.** В результате аварии на Чернобыльской АЭС было установлено загрязнение радионуклидами <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr территорий нескольких областей в союзных республиках СССР. В РСФСР в зону загрязнения попало более 2 млн сельскохозяйственных угодий, в БССР – 1,4 млн га, в УССР загрязнено 0,9 млн га. В РСФСР в зону загрязнения <sup>137</sup>Cs плотностью выше 1 Ки/км<sup>2</sup> попали сельскохозяйственные угодья в Брянской области на площади 703 тыс. га, в Калужской области – 146 тыс. га, в Орловской области – 779 тыс. га, в Тульской – 669 тыс. га. Наиболее высокий уровень загрязнения установлен в шести районах Брянской области и трёх районах Калужской области [1].

**Цель работы.** Поиск новых направлений в разработке и применении мероприятий, позволяющих снизить воздействие загрязнения сельскохозяйственных земель радиоактивным изотопом цезия на выращиваемую сельскохозяйственную продукцию.

**Методы проведения исследований.** В основу работы положены результаты патентных исследований и материалы, опубликованные в научно-технической литературе с оценкой эффективности применя-

емых в производственных условиях мероприятиях по снижению поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию.

**Рассматриваемые материалы.** В Республике Беларусь использование загрязнённых земель регламентировано. Согласно Закону «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС», ведение сельскохозяйственного производства на территории Республики Беларусь, загрязненной радионуклидами цезия <sup>137</sup> возможно в трех зонах. К первой зоне относятся земли с плотностью загрязнения цезием <sup>137</sup> - 1<sup>А5</sup> Ки/км<sup>2</sup>. Здесь производство ведется в обычном порядке и содержание радионуклидов в продукции не превышает допустимые уровни.

Во вторую зону входят земли с плотностью загрязнения цезием <sup>137</sup> 5<sup>А15</sup> Ки/км<sup>2</sup>. Третья зона включает земли с плотностью загрязнения цезием <sup>137</sup> - 15<sup>А40</sup> Ки/км<sup>2</sup>. В последних двух зонах производство продукции ведется с внедрением специальных приемов, направленных на снижение поступления радионуклидов в продук-

**Шевченко Виктор Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», e-mail : Shevchenko.v.a @yandex.ru.

**Губин Владимир Константинович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела мелиорации земель ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», e-mail: gubin.vladimir2011@yandex.ru.

**Кудрявцева Лидия Владимировна**, младший научный сотрудник отдела мелиорации земель ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», e-mail : kudryavtzeva.lidia2016@yandex.ru.

127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, корпус 2.