

Міністэрства адукацыі Рэспублікі Беларусь  
Установа адукацыі «Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт  
імя А.С. Пушкіна»

# *Вучоныя запіскі*

*Брэсцкага ўніверсітэта*

---

*Зборнік навуковых прац*

*Выпуск 12*

*Частка 2  
Прыродазнаўчыя навукі*

**Брэст • 2016**

Заснаваны ў 2005 годзе

*Галоўны рэдактар*

**А.М. Сендзер**

*Намеснікі галоўнага рэдактара:*

С.А. Марзан (*Частка 1. Гуманітарныя і грамадскія навукі*)

А.Я. Будзько (*Частка 2. Прыродазнаўчыя навукі*)

*Рэдакцыйны савет:*

В.Е. Гайдук, К.К. Красноўскі, Л.Г. Лысюк, Б.М. Ляпешка, З.П. Мельнікава, А.Ф. Равінскі, М.П. Ярчак

*Міжнародны савет:*

А.А. Афонін (Расія), В.Р. Бязрогаў (Расія), Ф.Я. Васілюк (Расія), В.А. Главан (Малдова),  
Марцін Грабэ (Германія), М.М. Громаў (Расія), В.В. Дзікусар (Расія), Андраш Золтан (Венгрыя),

Антон Мірановіч (Польшча), В.А. Несцяроўскі (Украіна), Ежы Нікітаровіч (Польшча),

Станіслаў Рудальф (Польшча), Б.В. Саліхаў (Расія), В.Р. Самойленка (Украіна),

Фелікс Чыжэўскі (Польшча), Антоні Юўка (Польшча), Эдвард Ярмах (Польшча)

*Рэдакцыйная калегія:*

Г.І. Займіст (*адказны рэдактар; Частка 1. Гуманітарныя і грамадскія навукі*),

Н.С. Ступень (*адказны рэдактар; Частка 2. Прыродазнаўчыя навукі*),

У.В. Амелькін, С.В. Арцёменка, М.А. Багдасараў, В.Ф. Байнёў, В.У. Будкевіч, А.М. Вабішчэвіч,

П.А. Вадап'янаў, І.Я. Валітава, В.М. Ватыль, А.М. Вігчанка, А.А. Волчак, Т.А. Гарупа,

А.М. Грыгаровіч, А.А. Гужалоўскі, А.Л. Гулевіч, Т.І. Доўнар, М.П. Жыгар,

Г.А. Зорын, В.І. Іўчанкаў, М.С. Кавалевіч, Т.А. Кавальчук, Ч.С. Кірвель, У.Л. Ключня, П.П. Крусць,

У.У. Лосеў, А.А. Лукашанец, М.І. Ляўчук, В.С. Манахаў, І.П. Мартынаў, А.А. Махнач,

А.В. Мацвееў, У.А. Плецохоў, Я.В. Радына, С.В. Рашэтнікаў, Д.Г. Ротман, В.Ф. Русецкі, А.А. Савіч,

У.С. Секяржыцкі, М.М. Сендзер, У.А. Сенькавец, Я.У. Скакун, А.С. Сляповіч,

В.А. Сцепановіч, В.І. Сянкевіч, М.М. Труш, Л.Р. Цітарэнка, А.В. Чычурын, І.А. Швед,

Я.К. Яловічава, Я.С. Яскевіч

**Адрас рэдакцыі:**

224665, г. Брэст, бульвар Касманаўтаў, 21

тэл.: 21-72-07

e-mail: [vesnik@brsu.brest.by](mailto:vesnik@brsu.brest.by)

ISBN 978-985-555-573-6 (ч. 2)

ISBN 978-985-555-571-2

© УА «БрДУ імя А.С. Пушкіна», 2016

# Scientific Proceeding



of Brest University

COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS

2016 • Issue 12 • Part 2

## INDEX

### MATHEMATICS

- Matysik O.V.** Iteration Method of Explicit Type  
for Solving Incorrect Equations  
of First Kind with Approximately Specified Operator..... 9

### PHYSICS

- Pletyukhov V.A.** The Theory of RWE and Standard Model ..... 19

### CHEMISTRY

- Stupen N.S.** Aggressive Environment for Concrete:  
Structures Classification, Mechanisms of Action ..... 29

### BIOLOGY

- Gaiduk V.E., Abramova I.V.** Distribution and Number of a Beaver  
(*Castor fiber*) in Southwest Belarus ..... 37

- Klimes H.P., Yuhimuk A.N.** Variability of Some Morphological  
and Physiological Characteristics *Aesulus Hippocastanum L.*  
Stands in the City of Brest..... 45

- Kolbas A., Shimalova N., Yakovuk I.** Taxonomic Analysis of Plant Collection  
in «Winter Garden» Belonging to the Ecology Center  
of BrSU named after A.S. Pushkin ..... 52

- Matusevich N.M., Zhigar M.P.** Comparative Study of the Structure  
Morfoanatomical Petioles Some *Fabaceae Lindl* ..... 68

### EARTH SCIENCES

- Volchak A.A., Volchak An.A.** Hydrological Risks in the Pripyat River  
Watershed and their Minimization..... 72

<b>Grechanik N.F.</b> Morphodynamic Analysis of the Relief of the Eastern Part of the Podlaska-Brest Depression .....	88
<b>Yelovicheva Ya.K.</b> New about the Palaeogeography of the Middle Glaciopleistocene on the Territorium of Belarus .....	99
<b>Krasouski K.</b> Malorita District in the Demographic Dimension .....	108
<b>Tokarchuk O.V., Lopuh P.S., Tokarchuk S.M.</b> Conception of Ecological-Hydrographical Atlas of Belarusian-Ukrainian Transboundary Part for the Balanced Nature and Water Resources Management .....	117
<b>Tokarchuk S.M.</b> Assessment of Recreational Attractiveness the Landscapes of Brest Region .....	124

---

---

Заснаваны ў 2005 годзе

*Галоўны рэдактар*

**А.М. Сендзер**

*Намеснікі галоўнага рэдактара:*

С.А. Марзан (*Частка 1. Гуманітарныя і грамадскія навукі*)

А.Я. Будзько (*Частка 2. Прыродазнаўчыя навукі*)

*Рэдакцыйны савет:*

В.Е. Гайдук, К.К. Красоўскі, Л.Г. Лысюк, Б.М. Ляпешка, З.П. Мельнікава, А.Ф. Равінскі, М.П. Ярчак

*Міжнародны савет:*

А.А. Афонін (Расія), В.Р. Бязрогаў (Расія), Ф.Я. Васілюк (Расія), В.А. Главан (Малдова),  
Марцін Грабэ (Германія), М.М. Громаў (Расія), В.В. Дзікусар (Расія), Андраш Золтан (Венгрыя),  
Антон Мірановіч (Польшча), В.А. Несцяроўскі (Украіна), Ежы Нікітаровіч (Польшча),  
Станіслаў Рудальф (Польшча), Б.В. Саліхаў (Расія), В.Р. Самойленка (Украіна),  
Фелікс Чыжэўскі (Польшча), Антоні Юўка (Польшча), Эдвард Ярмах (Польшча)

*Рэдакцыйная калегія:*

Г.І. Займіст (*адказны рэдактар; Частка 1. Гуманітарныя і грамадскія навукі*),

Н.С. Ступень (*адказны рэдактар; Частка 2. Прыродазнаўчыя навукі*),

У.В. Амелькін, С.В. Арцёменка, М.А. Багдасараў, В.Ф. Байнёў, В.У. Будкевіч, А.М. Вабішчэвіч,  
П.А. Вадап'янаў, І.Я. Валітава, В.М. Ватыль, А.М. Вігчанка, А.А. Волчак, Т.А. Гарупа,  
А.М. Грыгаровіч, А.А. Гужалоўскі, А.Л. Гулевіч, Т.І. Доўнар, М.П. Жыгар,  
Г.А. Зорын, В.І. Іўчанкаў, М.С. Кавалевіч, Т.А. Кавальчук, Ч.С. Кірвель, У.Л. Ключня, П.П. Крусць,  
У.У. Лосеў, А.А. Лукашанец, М.І. Ляўчук, В.С. Манахаў, І.П. Мартынаў, А.А. Махнач,  
А.В. Мацвееў, У.А. Плецохоў, Я.В. Радына, С.В. Рашэтнікаў, Д.Г. Ротман, В.Ф. Русецкі, А.А. Савіч,  
У.С. Секяржыцкі, М.М. Сендзер, У.А. Сенькавец, Я.У. Скакун, А.С. Сляповіч,  
В.А. Сцепановіч, В.І. Сянкевіч, М.М. Труш, Л.Р. Цітарэнка, А.В. Чычурын, І.А. Швед,  
Я.К. Яловічава, Я.С. Яскевіч

**Адрас рэдакцыі:**

224665, г. Брэст, бульвар Касманаўтаў, 21

тэл.: 21-72-07

e-mail: [vesnik@brsu.brest.by](mailto:vesnik@brsu.brest.by)

ISBN 978-985-555-573-6 (ч. 2)

ISBN 978-985-555-571-2

© УА «БрДУ імя А.С. Пушкіна», 2016

# Вучоныя запіскі



Брэсцкага ўніверсітэта

ЗБОРНИК НАВУКОВЫХ ПРАЦ

2016 • Вып. 12 • Ч. 2

## ЗМЕСТ

### МАТЭМАТЫКА

- Матысик О.В.** Итерационный метод явного типа для решения некорректных уравнений первого рода с приближенно заданным оператором ..... 9

### ФІЗІКА

- Плетюхов В.А.** Теория РВУ и стандартная модель ..... 19

### ХІМІЯ

- Ступень Н.С.** Агрессивные среды для железобетонных конструкций: классификация, механизмы воздействия ..... 29

### БІЯЛОГІЯ

- Гайдук В.Е., Абрамова И.В.** Распространение и численность бобра (*Castor fiber*) в юго-западной Беларуси ..... 37

- Климец Е.П., Юхимук А.Н.** Изменчивость некоторых морфологических и физиологических признаков *Aesculus hippocastanum L.* в насаждениях города Бреста ..... 45

- Колбас А.П., Шималова Н.В., Яковук И.Н.** Таксономический состав коллекций экспозиции «Зимний сад» Центра экологии Учреждения образования «БрГУ имени А.С. Пушкина» ..... 52

- Матусевич Н.М., Жигар М.П.** Сравнительное изучение морфоанатомического строения черешков некоторых *Fabaceae Lindl.* ..... 68

### НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

- Волчек А.А., Волчек Ан.А.** Гидрологические риски в бассейне реки Припять и их минимизация ..... 72

<b>Гречаник Н.Ф.</b> Морфодинамический анализ рельефа восточной части Подляско-Брестской впадины .....	88
<b>Еловичева Я.К.</b> Новое о стратиграфии и палеогеографии среднего гляциоплейстоцена на территории Беларуси .....	99
<b>Красовский К.К.</b> Малоритский район в демографическом измерении .....	108
<b>Токарчук О.В., Лопух П.С., Токарчук С.М.</b> Концепция электронного эколого-гидрографического атласа белорусско-украинского пограничья для целей сбалансированного природопользования и управления водными ресурсами .....	117
<b>Токарчук С.М.</b> Оценка рекреационной привлекательности ландшафтов Брестской области .....	124

---

---

# Scientific Proceeding



of Brest University

COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS

2016 • Issue 12 • Part 2

## INDEX

### MATHEMATICS

- Matysik O.V.** Iteration Method of Explicit Type  
for Solving Incorrect Equations  
of First Kind with Approximately Specified Operator..... 9

### PHYSICS

- Pletyukhov V.A.** The Theory of RWE and Standard Model ..... 19

### CHEMISTRY

- Stupen N.S.** Aggressive Environment for Concrete:  
Structures Classification, Mechanisms of Action ..... 29

### BIOLOGY

- Gaiduk V.E., Abramova I.V.** Distribution and Number of a Beaver  
(*Castor fiber*) in Southwest Belarus ..... 37

- Klimez H.P., Yuhimuk A.N.** Variability of Some Morphological  
and Physiological Characteristics *Aesulus Hippocastanum L.*  
Stands in the City of Brest..... 45

- Kolbas A., Shimalova N., Yakovuk I.** Taxonomic Analysis of Plant Collection  
in «Winter Garden» Belonging to the Ecology Center  
of BrSU named after A.S. Pushkin ..... 52

- Matusevich N.M., Zhigar M.P.** Comparative Study of the Structure  
Morfoanatomical Petioles Some *Fabaceae Lindl* ..... 68

### EARTH SCIENCES

- Volchak A.A., Volchak An.A.** Hydrological Risks in the Pripyat River  
Watershed and their Minimization..... 72



<b>Grechanik N.F.</b> Morphodynamic Analysis of the Relief of the Eastern Part of the Podlaska-Brest Depression .....	88
<b>Yelovicheva Ya.K.</b> New about the Palaeogeography of the Middle Glaciopleistocene on the Territorium of Belarus .....	99
<b>Krasouski K.</b> Malorita District in the Demographic Dimension .....	108
<b>Tokarchuk O.V., Lopuh P.S., Tokarchuk S.M.</b> Conception of Ecological-Hydrographical Atlas of Belarusian-Ukrainian Transboundary Part for the Balanced Nature and Water Resources Management .....	117
<b>Tokarchuk S.M.</b> Assessment of Recreational Attractiveness the Landscapes of Brest Region .....	124

---

---



UDC 519.6+517.983.54

**O.V. Matysik**

*Head of Applied Mathematics and Informatics chair,  
PhD in Physics and Mathematics, associate professor*

## ITERATION METHOD OF EXPLICIT TYPE FOR SOLVING INCORRECT EQUATIONS OF FIRST KIND WITH APPROXIMATELY SPECIFIED OPERATOR

*The article deals with the study of the explicit method of solving incorrect equations of the first kind with nonnegative self-adjoint limited operator in Hilbert space. It aims at proving the method convergence in case of a priori and a posteriori choice of the number of iterations in the basic norm of Hilbert space on the assumption of existing errors not only in the equation right-hand member but in the operator as well. Error estimation, a priori stop moment and estimate for the a posteriori moment stop are obtained.*

### 1. Problem statement

Let  $H$  and  $F$  be Hilbert spaces and  $A \in L(H, F)$ , i. e.  $A$  is a linear continuous operator functioning from  $H$  to  $F$ . It is assumed that zero belongs to operator spectrum  $A$ , but it is not its characteristic constant. The following equation is solved

$$Ax = y. \quad (1)$$

The problem of searching for element  $x \in H$  by element  $y \in F$  is incorrect, for arbitrary small disturbances in the right-hand member  $y$  may result in arbitrary disturbances in solution.

Let us suppose that the accurate development  $x^* \in H$  of equation (1) exists and is the unique one. We shall search for it with the help of iteration process

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n - \alpha_{n+1}(Ax_n - y), \quad x_0 = 0, \\ \alpha_{2n+1} &= \alpha, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \alpha_{2n+2} = \beta, \quad n = 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (2)$$

where  $E$  is an identity operator while  $\alpha$  and  $\beta$  are an iteration parameters.

We consider that operator  $A$  and the right-hand member of equation (1) are specified approximately, i.e. approximation  $y_\delta$ ,  $\|y - y_\delta\| \leq \delta$  is known instead of  $y$ , and operator  $A_\eta$ ,  $\|A - A_\eta\| \leq \eta$  is known instead of operator  $A$ . Suppose  $0 \in Sp(A_\eta)$ ,  $Sp(A_\eta) \subseteq [0, 1]$ . Then method (2) will look

$$\begin{aligned} x_{n+1, \delta} &= x_{n, \delta} - \alpha_{n+1}(A_\eta x_{n, \delta} - y_\delta), \quad x_{0, \delta} = 0, \\ \alpha_{2n+1} &= \alpha, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \alpha_{2n+2} = \beta, \quad n = 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (3)$$

The case of approximate right-member of equation  $y_\delta$  and faithful operator  $A$  for the method under consideration (3) has been studied in [1–2]. It deals with a priori and a posteriori choice of a regularization parameter and the case of non-unique solution of problem (1).

Let us prove the method convergence (3) in case of a priori and a posteriori choice of a regularization parameter in solving the equation  $A_\eta x = y_\delta$  with the approximate operator  $A_\eta$  and the approximate right-hand member  $y_\delta$  and obtain estimated errors.



## 2. The a priori choice of the number of iterations

Let  $H$  equal  $F$ ,  $A = A^* \geq 0$ ,  $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$ ,  $Sp(A_\eta) \subseteq [0, 1]$ ,  $0 < \eta \leq \eta_0$ . The iteration method (3) will be presented in the following way  $x_n = g_n(A_\eta)y_\delta$ , where  $g_n(\lambda) = \lambda^{-1} \left[ 1 - (1 - \alpha\lambda)^{n/2} (1 - \beta\lambda)^{n/2} \right] \geq 0$ , ( $n$  - an even). There have been obtained in [1–2] the conditions for functions  $g_n(\lambda)$  with  $0 < \alpha < 2$ ,  $(\alpha + \beta)^2 < 8\alpha\beta$ ,  $\alpha + \beta < \frac{3}{2}\alpha\beta$ ,

$$\frac{1}{16} + \alpha\beta \leq \alpha + \beta:$$

$$\sup_{0 \leq \lambda \leq 1} |g_n(\lambda)| \leq \gamma n, \quad \gamma = \frac{\alpha + \beta}{2}, \quad n > 0, \quad (4)$$

$$\sup_{0 \leq \lambda \leq 1} \lambda^s |1 - \lambda g_n(\lambda)| \leq \gamma_s n^{-s}, \quad \gamma_s = \left( \frac{s}{\alpha + \beta} \right)^s, \quad (n > 0), \quad 0 < s < \infty \quad (5)$$

(here  $s$  is the degree of source representability of exact solution  $x^* = A^s z$ ,  $s > 0$ ,  $\|z\| \leq \rho$ ),

$$\sup_{0 \leq \lambda \leq 1} |1 - \lambda g_n(\lambda)| \leq \gamma_0, \quad \gamma_0 = 1, \quad n > 0. \quad (6)$$

The following is valid:

**Lemma 1.** Let  $A = A^* \geq 0$ ,  $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$ ,  $\|A_\eta - A\| \leq \eta$ ,  $Sp(A_\eta) \subseteq [0, 1]$ , ( $0 < \eta \leq \eta_0$ ),  $0 < \alpha < 2$ ,  $(\alpha + \beta)^2 < 8\alpha\beta$ ,  $\frac{1}{16} + \alpha\beta \leq \alpha + \beta$  and condition (6) be satisfied. Then  $\|G_{m\eta}v\| \rightarrow 0$  at  $n \rightarrow \infty$ ,  $\eta \rightarrow 0$   $\forall v \in N(A)^\perp = \overline{R(A)}$ , where  $N(A) = \{x \in H | Ax = 0\}$  and  $G_{m\eta} = E - A_\eta g_n(A_\eta)$ .

Proof. We have  $\|G_{m\eta}v\| = \|(E - A_\eta g_n(A_\eta))v\| = \left\| \int_0^1 (1 - \lambda g_n(\lambda)) dE_\lambda v \right\| =$   
 $= \left\| \int_0^1 (1 - \alpha\lambda)^{n/2} (1 - \beta\lambda)^{n/2} dE_\lambda v \right\| \leq \left\| \int_0^\varepsilon (1 - \alpha\lambda)^{n/2} (1 - \beta\lambda)^{n/2} dE_\lambda v \right\| + \left\| \int_\varepsilon^1 (1 - \alpha\lambda)^{n/2} (1 - \beta\lambda)^{n/2} dE_\lambda v \right\|$   
 $\left\| \int_\varepsilon^1 (1 - \alpha\lambda)^{n/2} (1 - \beta\lambda)^{n/2} dE_\lambda v \right\| \leq q^{n/2}(\varepsilon) \left\| \int_\varepsilon^1 dE_\lambda v \right\| \rightarrow 0, \quad n \rightarrow \infty,$

as for  $\lambda \in [\varepsilon, 1]$   $|(1 - \alpha\lambda)(1 - \beta\lambda)| \leq q(\varepsilon) < 1$ .

$\left\| \int_0^\varepsilon (1 - \alpha\lambda)^{n/2} (1 - \beta\lambda)^{n/2} dE_\lambda v \right\| \leq \left\| \int_0^\varepsilon dE_\lambda v \right\| = \|E_\varepsilon v\| \rightarrow 0, \quad \varepsilon \rightarrow 0$  owing to integrated spectrum properties [3–4]. Consequently,  $\|G_{m\eta}v\| \rightarrow 0$  at  $n \rightarrow \infty$ ,  $\eta \rightarrow 0$ . Lemma 1 is proved.

The convergence condition for method (3) is given by

**Theorem 1.** Let  $A = A^* \geq 0$ ,  $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$ ,  $\|A_\eta - A\| \leq \eta$ ,  $Sp(A_\eta) \subseteq [0, 1]$ , ( $0 < \eta \leq \eta_0$ ),  $y \in R(A)$ ,  $\|y - y_\delta\| \leq \delta$  and conditions  $0 < \alpha < 2$ ,  $(\alpha + \beta)^2 < 8\alpha\beta$ ,



$\frac{1}{16} + \alpha\beta \leq \alpha + \beta$ , (4) be satisfied. Let us choose parameter  $n = n(\delta, \eta)$  in approximation (3)

so that  $(\delta + \eta)n(\delta, \eta) \rightarrow 0$  at  $n(\delta, \eta) \rightarrow \infty$ ,  $\delta \rightarrow 0$ ,  $\eta \rightarrow 0$ . Then  $x_{n(\delta, \eta)} \rightarrow x^*$  at  $\delta \rightarrow 0, \eta \rightarrow 0$ .

Proof. We have  $x_n = g_n(A_\eta)y_\delta$ . Then

$$\begin{aligned} x_n - x^* &= g_n(A_\eta)y_\delta - x^* = -G_{m\eta}x^* + G_{m\eta}x^* + g_n(A_\eta)y_\delta - x^* = \\ &= -G_{m\eta}x^* + (E - A_\eta g_n(A_\eta))x^* + g_n(A_\eta)y_\delta - x^* = -G_{m\eta}x^* + g_n(A_\eta)(y_\delta - A_\eta x^*). \end{aligned}$$

Condition (4) being as follows  $\|g_n(A_\eta)\| \leq \sup_{0 \leq \lambda \leq 1} |g_n(\lambda)| \leq \gamma n$ ,  $\gamma = \frac{\alpha + \beta}{2}$ , then

$$\|y_\delta - A_\eta x^*\| \leq \|y_\delta - y\| + \|y - A_\eta x^*\| = \|y_\delta - y\| + \|Ax^* - A_\eta x^*\| \leq \delta + \|A - A_\eta\| \|x^*\| \leq \delta + \eta \|x^*\|.$$

Consequently,  $\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\| \leq \|G_{m\eta}x^*\| + \|g_n(A_\eta)(y_\delta - A_\eta x^*)\| \leq \|G_{m\eta}x^*\| + \gamma n(\delta + \eta \|x^*\|)$ .

As appears from Lemma 1,  $\|G_{m\eta}x^*\| \rightarrow 0$  at  $n \rightarrow \infty$ ,  $\eta \rightarrow 0$ , and according to the condition of Theorem 1,  $n(\delta + \eta) \rightarrow 0$  at  $\delta \rightarrow 0$ ,  $\eta \rightarrow 0$ . Thus,  $\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\| \rightarrow 0$ ,  $\delta \rightarrow 0$ ,  $\eta \rightarrow 0$ . Theorem 1 is proved.

**Theorem 2.** Let  $A = A^* \geq 0$ ,  $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$ ,  $\|A_\eta - A\| \leq \eta$ ,  $Sp(A_\eta) \subseteq [0, 1]$ ,  $(0 < \eta \leq \eta_0)$ ,  $y \in R(A)$ ,  $\|y_\delta - y\| \leq \delta$  and conditions  $0 < \alpha < 2$ ,  $(\alpha + \beta)^2 < 8\alpha\beta$ ,  $\alpha + \beta < \frac{3}{2}\alpha\beta$ ,  $\frac{1}{16} + \alpha\beta \leq \alpha + \beta$ , (4), (5), (6) be satisfied. If the exact solution is source representable, i.e.  $x^* = A^s z$ ,  $s > 0$ ,  $\|z\| \leq \rho$ , then error estimation is equitable

$$\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\| \leq \gamma_0 c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + \gamma_s n^{-s} \rho + \gamma n(\delta + \eta \|x^*\|), \quad 0 < s < \infty.$$

Proof. Using the source representability of the exact solution we have

$$\|G_{m\eta}x^*\| = \|G_{m\eta}A^s z\| \leq \|G_{m\eta}(A^s - A_\eta^s)z\| + \|G_{m\eta}A_\eta^s z\| \leq \gamma_0 c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + \gamma_s n^{-s} \rho,$$

as according to Lemma 1.1 [5, p. 91]  $\|A_\eta^s - A^s\| \leq c_s \eta^{\min(1, s)}$ ,  $c_s = \text{const}$ , ( $c_s \leq 2$  for  $0 < s \leq 1$ ).

Then  $\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\| \leq \gamma_0 c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + \gamma_s n^{-s} \rho + \gamma n(\delta + \eta \|x^*\|)$ ,  $0 < s < \infty$ . (7)

Theorem 2 is proved.



If the right side of estimation (7) is minimized by  $n$ , we get the meaning of a priori

stop moment: 
$$n_{\text{opt}} = \left[ \frac{s\gamma_s \rho}{\gamma(\delta + \|x^*\| \eta)} \right]^{1/(s+1)} = d_s \rho^{1/(s+1)} \left[ \delta + \eta \|x^*\| \right]^{-1/(s+1)}, \quad \text{where}$$

$$d_s = \left( \frac{s\gamma_s}{\gamma} \right)^{1/(s+1)}. \text{ Consequently,}$$

$$n_{\text{opt}} = s \left( \frac{\alpha + \beta}{2} \right)^{-1} 2^{-s/(s+1)} \rho^{1/(s+1)} \left( \delta + \eta \|x^*\| \right)^{-1/(s+1)}.$$

Let us substitute  $n_{\text{opt}}$  in estimation (7) to get

$$\begin{aligned} \|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\|_{\text{opt}} &\leq \gamma_0 c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + \gamma_s \rho \left( d_s \rho^{1/(s+1)} \right)^{-s} \left( \delta + \eta \|x^*\| \right)^{s/(s+1)} + \\ &\quad + \gamma \left( \delta + \eta \|x^*\| \right) d_s \rho^{1/(s+1)} \left( \delta + \eta \|x^*\| \right)^{-1/(s+1)} = \\ &= \gamma_0 c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + \left( \delta + \eta \|x^*\| \right)^{s/(s+1)} \left( d_s^{-s} \gamma_s \rho^{1/(s+1)} + \gamma d_s \rho^{1/(s+1)} \right) = \\ &= \gamma_0 c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + \rho^{1/(s+1)} c'_s \left( \delta + \eta \|x^*\| \right)^{s/(s+1)}, \end{aligned}$$

where  $c'_s = d_s^{-s} \gamma_s + \gamma d_s = \left( s^{1/(s+1)} + s^{-s/(s+1)} \right) \gamma_s^{s/(s+1)} \gamma_s^{1/(s+1)} = (1+s) 2^{-s/(s+1)}$ . Hence

$$\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\|_{\text{opt}} \leq c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + (1+s) 2^{-s/(s+1)} \rho^{1/(s+1)} \left( \delta + \eta \|x^*\| \right)^{s/(s+1)}.$$

**Note 1.** *Optimal error estimation does not depend on  $\alpha$  and  $\beta$ , whereas  $n_{\text{opt}}$  depends on  $\alpha$  and  $\beta$ . Thus, for the contraction of computing it is necessary to take  $\alpha$  and  $\beta$  probably big of conditions  $0 < \alpha < 2$ ,  $(\alpha + \beta)^2 < 8\alpha\beta$ ,  $\alpha + \beta < \frac{3}{2}\alpha\beta$ ,  $\frac{1}{16} + \alpha\beta \leq \alpha + \beta$ , (4), (5), (6) and it, that  $n_{\text{opt}} \in \mathbb{Z}$ .*

### 3. The a posteriori choice of a number of iterations.

The equation is considered  $Ax = y$  from section 1. Iteration method (3) is used for its solution.

Let's prove the convergence of a method (3) in case of a posteriori method of choice of parameter of regularization for the solution of equation  $A_\eta x = y_\delta$ , where the operator  $A_\eta$  and the right-hand member of the equation are approximately:  $\|A_\eta - A\| \leq \eta$ ,  $\|y - y_\delta\| \leq \delta$ . Such questions were studied in [5], but for other methods. We consider, that zero is not the eigenvalue of the operator  $A_\eta$ , but belongs to its spectrum. Let's consider that the equation  $A_\eta x = y_\delta$  has the only solution.

Let's set stop level  $\varepsilon > 0$  and define the moment  $m$  stop of iteration method (3) the condition



$$\left. \begin{aligned} & \|A_\eta x_{n(\delta, \eta)} - y_\delta\| > \varepsilon, (n < m), \\ & \|A_\eta x_{m(\delta, \eta)} - y_\delta\| \leq \varepsilon, \end{aligned} \right\} \varepsilon = b \left( \delta + \|x^*\| \eta \right), b > 1. \quad (8)$$

Let's suggest that in the initial approximation  $x_{0(\delta, \eta)}$  discrepancy is big enough, more than the level of stop  $\varepsilon$ , so  $\|A_\eta x_{0(\delta, \eta)} - y_\delta\| > \varepsilon$ . Let's show the possibility of application of the rule (8) to the method (3).

Let  $H = F$ ,  $A = A^* \geq 0$ ,  $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$ ,  $Sp(A_\eta) \subseteq [0, 1]$ ,  $0 < \eta \leq \eta_0$ . Valid

**Lemma 3.** Let  $A = A^* \geq 0$ ,  $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$ ,  $\|A_\eta - A\| \leq \eta$ ,  $\|A_\eta\| \leq 1$  ( $n$  – an even) and the condition is satisfied (5). For  $G_{m\eta} = E - A_\eta g_n(A_\eta)$  the relation to is fair for  $\forall v \in \overline{R(A)}$ :

$$n \|A_\eta G_{m\eta} v\| \rightarrow 0 \text{ if } n \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 0. \quad (9)$$

Proof. We will use the theorem Banach – Steingaus [4]. Here  $\|B_n\| = n \|A_\eta G_{m\eta}\|$  and on a condition (5) norms  $\|B_n\|$  are limited in total

$$\begin{aligned} n \|A_\eta G_{m\eta}\| &= n \|A_\eta (E - A_\eta g_n(A_\eta))\| = \\ &= n \sup_{0 \leq \lambda \leq 1} \lambda |1 - \lambda g_n(\lambda)| \leq n \gamma_1 n^{-1} = \gamma_1, (n > 0, \eta > 0). \end{aligned}$$

For form elements  $v = A\omega$ , making in  $\overline{R(A)}$  a dense subset, by virtue of (5) we have

$$\begin{aligned} n \|A_\eta G_{m\eta} v\| &= n \|A_\eta G_{m\eta} A\omega\| \leq n \|A_\eta G_{m\eta} (A - A_\eta)\omega\| + \\ &+ n \|A_\eta G_{m\eta} A_\eta \omega\| \leq \left( \gamma_1 \eta + n \sup_{0 \leq \lambda \leq 1} \lambda^2 |1 - \lambda g_n(\lambda)| \right) \|\omega\| \leq \\ &\leq (\gamma_1 \eta + n \gamma_2 n^{-2}) \|\omega\| = (\gamma_1 \eta + \gamma_2 n^{-1}) \|\omega\| \rightarrow 0, n \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 0. \end{aligned}$$

According to Banach – Steingaus theorem  $n \|A_\eta G_{m\eta} v\| \rightarrow 0$  at  $n \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 0$ . Lemma 3 is proved.

**Lemma 4.** Let  $A = A^* \geq 0$ ,  $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$ ,  $\|A_\eta - A\| \leq \eta$ ,  $\|A_\eta\| \leq 1$ , and the conditions are satisfied (4), (6). If for some  $v_0 \in \overline{R(A)}$ ,  $n_p \leq \bar{n} = \text{const}$  and  $\eta_p \rightarrow 0$  we have  $A_{\eta_p} G_{n_p \eta_p} v_0 \rightarrow 0$  at  $p \rightarrow \infty$ , so  $G_{n_p \eta_p} v_0 \rightarrow 0$ .

Proof. Owing to an inequality (6) the sequence  $v_p = G_{n_p \eta_p} v_0$  is limited, so  $\|v_p\| = \|G_{n_p \eta_p} v_0\| \leq \gamma_0 \|v_0\|$ ,  $p \in N = \{1, 2, \dots\}$ . Thus in Hilbert space out of it sequence we can remove poorly agreed subsequence  $v_p \rightarrow v$ , ( $p \in N' \subseteq N$ ). Then  $A_{\eta_p} v_p \rightarrow A_{\eta_p} v$ ,



( $p \in N'$ ). Under the condition  $\omega_p = A_{\eta p} v_p \rightarrow 0$ , it means,  $A_{\eta p} v = 0$ . But as zero is not the eigenvalue of the operator  $A_{\eta p}$ , so  $v = 0$ . And now

$$\begin{aligned} \|v_p\|^2 &= \left( v_p, G_{n_p \eta_p} v_0 \right) = \left( v_p, \left( E - A_{\eta p} g_{n_p} \left( A_{\eta p} \right) \right) v_0 \right) = \left( v_p, v_0 \right) - \\ &- \left( A_{\eta p} v_p, g_{n_p} \left( A_{\eta p} \right) v_0 \right) = \left( v_p, v_0 \right) - \left( \omega_p, g_{n_p} \left( A_{\eta p} \right) v_0 \right) \rightarrow \left( v, v_0 \right) = \left( 0, v_0 \right) = 0, \quad (p \in N'), \end{aligned}$$

as  $\omega_p \rightarrow 0$ , on a condition (4)  $\|g_{n_p} \left( A_{\eta p} \right)\| \leq \gamma n_p \leq \gamma \bar{n}$ . So, any weakly convergent subsequence of a limited sequence  $v_p$  aspires to zero on norm. Thus it follows, that all the sequence  $v_p \rightarrow 0$ ,  $p \rightarrow \infty$  is on norm. Lemma 4 is proved.

We'll use the proved lemmas to prove the following theorems.

**Theorem 3.** Let  $H = F$ ,  $A = A^* \geq 0$ ,  $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$ ,  $\|A_\eta - A\| \leq \eta$ ,  $\|A_\eta\| \leq 1$ , ( $0 < \eta \leq \eta_0$ ),  $y \in R(A)$ ,  $\|y - y_\delta\| \leq \delta$  and the conditions are satisfied  $0 < \alpha < 2$ ,  $(\alpha + \beta)^2 < 8\alpha\beta$ ,  $\frac{1}{16} + \alpha\beta \leq \alpha + \beta$ , (4), (5), (6). Let the parameter  $m(\delta, \eta)$  ( $m$ -an even) is chosen by the rule (8). So  $(\delta + \eta)m(\delta, \eta) \rightarrow 0$ ,  $x_{m(\delta, \eta)} \rightarrow x^*$  under  $\delta \rightarrow 0$ ,  $\eta \rightarrow 0$ .

Proof. We have  $x_{n(\delta, \eta)} = g_n(A_\eta)y_\delta$ , then

$$\begin{aligned} x_{n(\delta, \eta)} - x^* &= -x^* + g_n(A_\eta)y_\delta = -G_{m\eta}x^* + G_{m\eta}x^* - \\ &- x^* + g_n(A_\eta)y_\delta = -G_{m\eta}x^* + \left( E - A_\eta g_n(A_\eta) \right) x^* - \\ &- x^* + g_n(A_\eta)y_\delta = -G_{m\eta}x^* + x^* - A_\eta g_n(A_\eta)x^* - \\ &- x^* + g_n(A_\eta)y_\delta = -G_{m\eta}x^* + g_n(A_\eta)(y_\delta - A_\eta x^*). \end{aligned}$$

Consequently,

$$x_{n(\delta, \eta)} - x^* = -G_{m\eta}x^* + g_n(A_\eta)(y_\delta - A_\eta x^*). \quad (10)$$

Hence

$$\begin{aligned} A_\eta x_{n(\delta, \eta)} - A_\eta x^* &= -A_\eta G_{m\eta}x^* + A_\eta g_n(A_\eta)y_\delta - A_\eta g_n(A_\eta)A_\eta x^*; \\ A_\eta x_{n(\delta, \eta)} &= A_\eta x^* - A_\eta G_{m\eta}x^* + A_\eta g_n(A_\eta)y_\delta - A_\eta g_n(A_\eta)A_\eta x^*; \\ A_\eta x_{n(\delta, \eta)} - y_\delta &= -A_\eta G_{m\eta}x^* - y_\delta + \left( E - A_\eta g_n(A_\eta) \right) A_\eta x^* + \\ &+ A_\eta g_n(A_\eta)y_\delta = -A_\eta G_{m\eta}x^* + G_{m\eta}A_\eta x^* - \left( E - A_\eta g_n(A_\eta) \right) y_\delta = \\ &= -A_\eta G_{m\eta}x^* + G_{m\eta}A_\eta x^* - G_{m\eta}y_\delta = -A_\eta G_{m\eta}x^* - G_{m\eta}(y_\delta - A_\eta x^*). \end{aligned}$$

Thus,

$$A_\eta x_{n(\delta, \eta)} - y_\delta = -A_\eta G_{m\eta}x^* - G_{m\eta}(y_\delta - A_\eta x^*). \quad (11)$$

According to lemma 1 it follows that

$$\|G_{m\eta}x^*\| \rightarrow 0, \quad n \rightarrow \infty, \quad \eta \rightarrow 0. \quad (12)$$

Let's show that



$$\|g_n(A_\eta)(y_\delta - A_\eta x^*)\| \leq \gamma n (\delta + \|x^*\|_\eta). \quad (13)$$

On a condition (4)  $\|g_n(A_\eta)\| \leq \sup_{0 \leq \lambda \leq 1} |g_n(\lambda)| \leq \gamma n$ , and  $\|y_\delta - A_\eta x^*\| \leq \|y_\delta - y\| + \|y - A_\eta x^*\| = \|y_\delta - y\| + \|Ax^* - A_\eta x^*\| \leq \delta + \|(A - A_\eta)x^*\| \leq \delta + \|x^*\|_\eta$ ,

thus  $\|g_n(A_\eta)(y_\delta - A_\eta x^*)\| \leq \gamma n (\delta + \|x^*\|_\eta)$ .

By virtue of lemma 3

$$\sigma_{m\eta} = n \|A_\eta G_{m\eta} x^*\| \rightarrow 0, n \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 0. \quad (14)$$

We will apply the rule of stop (8), then  $\|A_\eta x_{m(\delta, \eta)} - y_\delta\| \leq b (\delta + \|x^*\|_\eta)$ ,  $b > 1$  and from (6) and (11) we get

$$\|A_\eta G_{m\eta} x^*\| \leq (b+1) (\delta + \|x^*\|_\eta). \quad (15)$$

Rea 1, from (11)  $\|A_\eta G_{m\eta} x^*\| \leq \|A_\eta x_{m(\delta, \eta)} - y_\delta\| + \|G_{m\eta}(y_\delta - A_\eta x^*)\| \leq b (\delta + \|x^*\|_\eta) + (\delta + \|x^*\|_\eta) = (b+1) (\delta + \|x^*\|_\eta)$ .

For  $\forall n < m$   $\|A_\eta x_{n(\delta, \eta)} - y_\delta\| > \varepsilon$ , consequently

$$\|A_\eta G_{m\eta} x^*\| \geq \|A_\eta x_{n(\delta, \eta)} - y_\delta\| - \|G_{m\eta}(y_\delta - A_\eta x^*)\| \geq (b-1) (\delta + \|x^*\|_\eta).$$

Thus, for  $\forall n < m$

$$\|A_\eta G_{m\eta} x^*\| \geq (b-1) (\delta + \|x^*\|_\eta). \quad (16)$$

From (16) and (14) we have  $\frac{\sigma_{m-2, \eta}}{m-2} = \|A_\eta G_{m-2, \eta} x^*\| \geq (b-1) (\delta + \|x^*\|_\eta)$  under  $n = m-2$  or  $(m-2) (\delta + \|x^*\|_\eta) \leq \frac{\sigma_{m-2, \eta}}{b-2} \rightarrow 0, \delta \rightarrow 0, \eta \rightarrow 0$  (because from (14)  $\sigma_{m\eta} \rightarrow 0, m \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 0$ ). If it  $m(\delta, \eta) \rightarrow \infty$  under  $\delta \rightarrow 0, \eta \rightarrow 0$ , so, using (10), (12)

and (13), we get  $\|x_{m(\delta, \eta)} - x^*\| \leq \|G_{m\eta} x^*\| + \|g_m(A_\eta)(y_\delta - A_\eta x^*)\| \leq \|G_{m\eta} x^*\| + \gamma m(\delta, \eta) (\delta + \|x^*\|_\eta) \rightarrow 0, m \rightarrow \infty, \delta \rightarrow 0, \eta \rightarrow 0$ ,

so that  $x_{m(\delta, \eta)} \rightarrow x^*$ .

If for any  $\delta_n$  and  $\eta_n$  the consequence  $m(\delta_n, \eta_n)$  will be limited, even in this case  $x_{m(\delta_n, \eta_n)} \rightarrow x^*, \delta_n \rightarrow 0, \eta_n \rightarrow 0$ . It is true, out of (15) is made





$\|A_{\eta_n} G_{m\eta_n} x^*\| \leq (b+1)(\delta_n + \|x^*\| \eta_n) \rightarrow 0, \delta_n \rightarrow 0, \eta_n \rightarrow 0$ . Thus, we have  $A_{\eta_n} G_{m\eta_n} x^* \rightarrow 0, \delta_n \rightarrow 0, \eta_n \rightarrow 0$  and under lemma 4 we get that under  $\delta_n \rightarrow 0, \eta_n \rightarrow 0$  it is made  $G_{m\eta_n} x^* \rightarrow 0$ . Thus

$$\|x_{m(\delta_n, \eta_n)} - x^*\| \leq \|G_{m\eta_n} x^*\| + \gamma m(\delta_n, \eta_n) (\delta_n + \|x^*\| \eta_n) \rightarrow 0, \delta_n \rightarrow 0, \eta_n \rightarrow 0.$$

Theorem 3 is proved.

**Theorem 4.** Let the following theorem 3 conditions are satisfied. If  $x^* = A^s z, s > 0, \|z\| \leq \rho$ , that are true the assessment

$$m \leq 2 + \frac{s+1}{\alpha + \beta} \frac{\rho^{1/(s+1)}}{\left[ (b-1)(\delta + \|x^*\| \eta) - c_s \gamma_1 \eta \rho \right]^{1/(s+1)}};$$

$$\begin{aligned} \|x_{m(\delta, \eta)} - x^*\| &\leq c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + \left[ c_s \gamma_1 \eta \rho + (b+1)(\delta + \|x^*\| \eta) \right]^{s/(s+1)} \rho^{1/(s+1)} + \\ &+ \frac{\alpha + \beta}{2} \left\{ 2 + \frac{s+1}{\alpha + \beta} \frac{\rho^{1/(s+1)}}{\left[ (b-1)(\delta + \|x^*\| \eta) - c_s \gamma_1 \eta \rho \right]^{1/(s+1)}} \right\} (\delta + \|x^*\| \eta). \end{aligned} \quad (17)$$

Proof. Let's value again  $\|A_{\eta} G_{m-2, \eta} x^*\|$ . By vitue of (5) and lemma 1.1 [5, p. 91]

$$\begin{aligned} \|A_{\eta} G_{m-2, \eta} x^*\| &= \|A_{\eta} G_{m-2, \eta} A^s z\| \leq \|A_{\eta} G_{m-2, \eta} (A^s - A_{\eta}^s) z\| + \\ &+ \|A_{\eta}^{s+1} G_{m-2, \eta} z\| \leq (\beta_{m-2, s} \eta + \gamma_{s+1} (m-2)^{-(s+1)}) \rho, \end{aligned}$$

where  $\beta_{m-2, s} = c_s \sup_{0 \leq \lambda \leq 1} \lambda(1 - \lambda g_{m-2}(\lambda)) \leq [(m-2)(\alpha + \beta)]^{-1} c_s = c_s \gamma_1 (m-2)^{-1}, \beta_{m-2, s} \rightarrow 0,$

$m \rightarrow \infty$ . Here  $c_s = \text{const}$  ( $c_s \leq 2$  under  $0 < s \leq 1$ ). Comparing it with (16),

we get  $(b-1)(\delta + \|x^*\| \eta) \leq (\beta_{m-2, s} \eta + \gamma_{s+1} (m-2)^{-(s+1)}) \rho$ . Hence we have

$$(m-2)^{(s+1)} \leq \frac{\gamma_{s+1} \rho}{\left[ (b-1)(\delta + \|x^*\| \eta) - \beta_{m-2, s} \eta \rho \right]}, \text{ and, consequently,}$$

$$m \leq 2 + \frac{s+1}{\alpha + \beta} \left[ \frac{\rho}{(b-1)(\delta + \|x^*\| \eta) - \beta_{m-2, s} \eta \rho} \right]^{1/(s+1)}.$$



As  $\beta_{m-2,s} = c_s \gamma_1 \frac{1}{m-2} \leq c_s \gamma_1$  (as at  $m > 2 \frac{1}{m-2} \leq 1$ ), so  $(b-1)(\delta + \|x^*\|_\eta) - \beta_{m-2,s} \eta \rho \geq (b-1)(\delta + \|x^*\|_\eta) - c_s \gamma_1 \eta \rho$ , and, it means, we get the following assessment for  $m$ :  $m \leq 2 + \frac{s+1}{\alpha + \beta} \frac{\rho^{1/(s+1)}}{\left[ (b-1)(\delta + \|x^*\|_\eta) - c_s \gamma_1 \eta \rho \right]^{1/(s+1)}}$ .

We have  $\|G_{m\eta} x^*\| = \|G_{m\eta} A^s z\| \leq \|G_{m\eta} (A^s - A_\eta^s) z\| + \|G_{m\eta} A_\eta^s z\|$ . Under lemma 1.1 [5, p. 91]  $\|G_{m\eta} (A^s - A_\eta^s) z\| \leq c_s \eta^{\min(1,s)} \rho$ , that gives the contribution  $O((\delta + \eta)^{s/(s+1)})$  to an assessment  $\|x_{m(\delta,\eta)} - x^*\|$  [5, p. 111]. We will estimate norm  $\|G_{m\eta} A_\eta^s z\|$  with the help of inequality of moments, lemmas 1.1 [5, c. 91] and (15):

$$\begin{aligned} \|G_{m\eta} A_\eta^s z\| &= \|A_\eta^s G_{m\eta} z\| = \|A_\eta^{s+1} G_{m\eta} z\|^{s/(s+1)} \|G_{m\eta} z\|^{1/(s+1)} \leq \\ &\leq \|A_\eta G_{m\eta} A_\eta^s z\|^{s/(s+1)} \|z\|^{1/(s+1)} \leq \left( \|A_\eta G_{m\eta} (A_\eta^s - A^s) z\| + \right. \\ &\left. + \|A_\eta G_{m\eta} A^s z\| \right)^{s/(s+1)} \rho^{1/(s+1)} \leq \left[ \beta_{ms} \eta \rho + (b+1)(\delta + \|x^*\|_\eta) \right]^{s/(s+1)} \rho^{1/(s+1)}. \end{aligned}$$

Then

$$\begin{aligned} \|x_{m(\delta,\eta)} - x^*\| &\leq \|G_{m\eta} x^*\| + \|g_m(A_\eta)(y_\delta - A_\eta x^*)\| \leq c_s \eta^{\min(1,s)} \rho + \left[ \beta_{ms} \eta \rho + (b+1) \times \right. \\ &\times \left. (\delta + \|x^*\|_\eta) \right]^{s/(s+1)} \rho^{1/(s+1)} + \gamma m (\delta + \|x^*\|_\eta) \leq c_s \eta^{\min(1,s)} \rho + \\ &+ \left[ c_s \gamma_1 \eta \rho + (b+1)(\delta + \|x^*\|_\eta) \right]^{s/(s+1)} \rho^{1/(s+1)} + \\ &+ \frac{\alpha + \beta}{2} \left\{ 2 + \frac{s+1}{\alpha + \beta} \frac{\rho^{1/(s+1)}}{\left[ (b-1)(\delta + \|x^*\|_\eta) - c_s \gamma_1 \eta \rho \right]^{1/(s+1)}} \right\} (\delta + \|x^*\|_\eta). \end{aligned}$$

Theorem 4 is proved.

**Note 2.** The order of evaluation (17) is  $O((\delta + \eta)^{s/(s+1)})$ , and, as it comes from [5], is optimum in a class of problems with source representable decisions.

**Note 3.** Though the formulation of theorem 4 is given with the indication of degree of source representable  $s$  and source representable element  $z$ , in practice their value are not required, because they are not held in the stopping rule for the discrepancy (8).



---

LITERATURE CITED

1. Matysik, O. V. Simple-iteration method with alternating step size for solving operator equations in Hilbert space / O. V. Matysik, M. M. Van Hulle // J. Comp. & Appl. Math. (Elsevier). – 2016. – № 300. – P. 290–299.
2. Savchuk, V. F. Regularization of operator equations in the Hilbert space / V. F. Savchuk, O. V. Matysik. – Brest : BrSU named after A. S. Pushkin, 2008. – 196 p.
3. Kantorovich, L. V. Functional analysis in normed spaces / L. V. Kantorovich, G. P. Akilov. – M. : Fizmatgiz, 1959. – 680 p.
4. Lyusternik, L. A. Elements of functional analysis / L. A. Lyusternik, V. I. Sobolev. – M. : Nauka, 1965. – 520 p.
5. Vainikko, G. M. Iteration procedures in ill-posed problems / G. M. Vainikko, A. Yu. Veretennikov. – M. : Nauka, 1986. – 178 p.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 15.06.2016

**Матысик О.В. Итерационный метод явного типа для решения некорректных уравнений первого рода с приближенно заданным оператором**

*Статья посвящена изучению явного метода решения некорректных уравнений первого рода с неотрицательным самосопряженным ограниченным оператором в гильбертовом пространстве. Доказана сходимость метода в случае априорного и апостериорного выбора числа итераций в исходной норме гильбертова пространства, в предположении, что погрешности есть не только в правой части уравнения, но и в операторе. Получены оценка погрешности метода, априорный момент останова и оценка для апостериорного момент останова.*



УДК 539.12:530.145

**В.А. Плетюхов**

*д-р физ.-мат. наук, проф., проф. каф. общей и теоретической физики  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*

## ТЕОРИЯ РВУ И СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ

*Даны тензорная и матрично-дифференциальная формулировки релятивистского волнового уравнения, описывающего массивно-безмассовое скалярно-векторное поле с четырьмя типами векторных квантов: одним безмассовым и тремя массивными. Рассмотрены два варианта теории: с одним и двумя скалярными бозонами. Векторная составляющая этого поля может быть интерпретирована как электрослабое поле, а скалярная – как линейный аналог (аналоги) бозона Хиггса.*

### Введение

В работе [1] установлена принципиальная возможность построения релятивистского волнового уравнения (РВУ), описывающего массивно-безмассовое векторное поле с четырьмя типами носителей: тремя с ненулевой массой и одним безмассовым. При этом в качестве составной части такого поля в теории возникает скалярная частица с ненулевой массой. Необходимость появления последней диктуется одним из основных положений теории РВУ, согласно которому единый физический объект должен описываться не распадающимся в релятивистски-инвариантном смысле уравнением. Другими словами, с точки зрения теории РВУ скалярный бозон Хиггса представляет собой не просто «побочный продукт» принятого в Стандартной модели механизма генерации массы, но является необходимой составной частью электрослабого поля, если это поле трактовать как единый физический объект.

Однако в [1] предложен лишь один вариант теории массивно-безмассового скалярно-векторного поля, причём не самый общий. Учитывая важность данного вопроса, в настоящей работе мы дадим его всестороннее исследование, в том числе рассмотрим модель с двумя скалярными бозонами.

### Массивно-безмассовое векторное поле с одним скалярным бозоном.

#### Тензорная формулировка

Сначала, как и в [1], будем исходить из волновой функции

$$\Psi = \psi_\mu, \tilde{\psi}_\mu, \psi_{\mu\nu}, \varphi_\mu, \tilde{\varphi}_\mu, \varphi_{\mu\nu}, \psi_0, \quad (1)$$

где  $\psi_0$  – скаляр;  $\psi_\mu, \varphi_\mu$  – четырехмерные векторы;  $\psi_{\mu\nu}, \varphi_{\mu\nu}$  – антисимметричные тензоры второго ранга;  $\tilde{\psi}_\mu, \tilde{\varphi}_\mu$  – псевдовекторы, дуально сопряженные тензорам третьего ранга

$$\tilde{\psi}_\mu = \frac{1}{3!} \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \psi_{\nu\alpha\beta}, \quad \tilde{\varphi}_\mu = \frac{1}{3!} \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \varphi_{\nu\alpha\beta} \quad (2)$$

( $\varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta}$  – тензор Леви – Чивита,  $\varepsilon_{1234} = -i$ ).

Из набора лоренцевских ковариантов, фигурирующих в (1), можно построить следующую релятивистски-инвариантную систему линейных уравнений первого порядка:

$$\partial_\nu \psi_{\mu\nu} = 0, \quad (3)$$

$$\alpha \partial_\nu \tilde{\psi}_{\mu\nu} + \beta \partial_\mu \psi_0 + m \tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (4)$$



$$-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu + \alpha^* \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \tilde{\psi}_\beta + m \psi_{\mu\nu} = 0, \quad (5)$$

$$\rho \partial_\nu \varphi_{\mu\nu} + \gamma \partial_\mu \psi_0 + m \varphi_\mu = 0, \quad (6)$$

$$\delta \partial_\nu \tilde{\varphi}_{\mu\nu} + \sigma \partial_\mu \psi_0 + m \tilde{\varphi} = 0, \quad (7)$$

$$\rho^* -\partial_\mu \varphi_\nu + \partial_\nu \varphi_\mu + \delta^* \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \tilde{\psi}_\beta + m \varphi_{\mu\nu} = 0, \quad (8)$$

$$\beta^* \partial_\mu \tilde{\psi}_\mu - \gamma^* \partial_\mu \varphi_\mu + \sigma^* \partial_\mu \tilde{\varphi}_\mu + m \psi_0 = 0. \quad (9)$$

Здесь  $\alpha, \beta, \gamma, \rho, \delta, \sigma$  – произвольные комплексные параметры,  $m$  – вещественный массовый параметр и для удобства записи использованы обозначения

$$\tilde{\psi}_{\mu\nu} = \frac{1}{2} \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \psi_{\alpha\beta}, \quad \tilde{\varphi}_{\mu\nu} = \frac{1}{2} \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \varphi_{\alpha\beta}. \quad (10)$$

Для установления физического смысла системы (3) – (9) найдём эквивалентные ей уравнения второго порядка.

Сначала подействуем на уравнение (5) оператором  $\partial_\nu$

$$\square \psi_\mu - \partial_\mu \partial_\nu \psi_\nu = 0. \quad (11)$$

Используя калибровочное преобразование

$$\psi_\nu \rightarrow \psi_\nu + \partial_\nu \Lambda, \quad (12)$$

на потенциал  $\psi_\nu$  можно наложить условие калибровки Лоренца и привести уравнение (11) к виду

$$\square \psi_\mu = 0, \quad \partial_\mu \psi_\mu = 0. \quad (13)$$

Теперь перепишем уравнение (5) в форме

$$-\varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \psi_\beta + \alpha^* -\partial_\mu \tilde{\psi}_\nu + \partial_\nu \tilde{\psi}_\mu + m \tilde{\psi}_{\mu\nu} = 0 \quad (14)$$

и снова подействуем на него оператором  $\partial_\nu$ . Имеем

$$\alpha^* -\partial_\mu \partial_\nu \tilde{\psi}_\nu + \square \tilde{\psi}_\mu + m \partial_\nu \tilde{\psi}_{\mu\nu} = 0. \quad (15)$$

Применяя к (4) оператор  $\partial_\mu$ , получим

$$\square \partial_\mu \tilde{\psi}_\mu = -\frac{\beta}{m} \square \psi_0. \quad (16)$$

Комбинация уравнений (4), (15) и (16) даёт соотношение

$$\square \tilde{\psi}_\mu - \frac{m^2}{|\alpha|^2} \tilde{\psi}_\mu + \frac{\beta}{m} \partial_\mu \square \psi_0 - \frac{\beta m}{|\alpha|^2} \partial_\mu \psi_0 = 0. \quad (17)$$

Отсюда с помощью подстановки

$$\tilde{\Psi}_\mu = \tilde{\psi}_\mu + \frac{\beta}{m} \partial_\mu \psi_0 \quad (18)$$

получим уравнение

$$\square \tilde{\Psi}_\mu - \frac{m^2}{|\alpha|^2} \tilde{\Psi}_\mu = 0. \quad (19)$$

Кроме того, как следует из (16), (18), для  $\tilde{\Psi}_\mu$  выполняется условие

$$\partial_\mu \tilde{\Psi}_\mu = 0. \quad (20)$$



Подействуем на (8) оператором  $\partial_\nu$ . Это даёт

$$-\rho^* \partial_\mu \partial_\nu \varphi_\nu + \rho^* \square \varphi_\mu + m \partial_\nu \varphi_{\mu\nu} = 0. \quad (21)$$

Из (16) вытекают равенства

$$\partial_\nu \varphi_{\mu\nu} = \frac{\gamma}{\rho} \partial_\mu \psi_0 - \frac{m}{\rho} \varphi_\mu, \quad (22)$$

$$\partial_\nu \varphi_\nu = -\frac{\gamma}{m} \square \psi_0, \quad (23)$$

Подставляя (2) и (23) в (21), приходим к уравнению

$$\square \varphi_\mu - \frac{m^2}{|\rho|^2} \varphi_\mu + \frac{\gamma}{m} \square \partial_\mu \psi_0 - \frac{\gamma m}{|\rho|^2} \partial_\mu \psi_0 = 0. \quad (24)$$

Если ввести в рассмотрение вектор

$$\Phi_\mu = \varphi_\mu + \frac{\gamma}{m} \partial_\mu \psi_0, \quad (25)$$

(24) принимает вид

$$\square \Phi_\mu - \frac{m^2}{|\rho|^2} \Phi_\mu = 0. \quad (26)$$

При этом вектор  $\Phi_\mu$  удовлетворяет аналогичному (20) условию

$$\partial_\mu \Phi_\mu = 0. \quad (27)$$

Далее, сворачивая уравнение (8) с тензором Леви – Чивита, приведём его к виду

$$-\rho^* \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \varphi_\beta + \delta^* (-\partial_\mu \tilde{\varphi}_\nu + \partial_\nu \tilde{\varphi}_\mu) + m \tilde{\varphi}_{\mu\nu} = 0. \quad (28)$$

Из (28) следует уравнение второго порядка

$$\delta^* \square \tilde{\varphi}_\mu - \delta^* \partial_\mu \partial_\nu \tilde{\varphi}_\nu + m \partial_\nu \tilde{\varphi}_{\mu\nu} = 0. \quad (29)$$

Подставляя в (29) вытекающие из (7) соотношения

$$\partial_\nu \tilde{\varphi}_{\mu\nu} = -\frac{\sigma}{\delta} \partial_\mu \psi_0 - \frac{m}{\delta} \tilde{\varphi}_\mu, \quad (30)$$

$$\partial_\nu \tilde{\varphi}_\nu = -\frac{\sigma}{m} \square \psi_0, \quad (31)$$

Приходим к уравнению

$$\square \tilde{\varphi}_\mu - \frac{m^2}{|\delta|^2} \tilde{\varphi}_\mu + \frac{\sigma}{m} \square \partial_\mu \psi_0 - \frac{\sigma m}{|\delta|^2} \partial_\mu \psi_0 = 0. \quad (32)$$

Опять, совершая замену

$$\tilde{\Phi}_\mu = \tilde{\varphi}_\mu + \frac{\sigma}{m} \partial_\mu \psi_0 = 0, \quad (33)$$

отсюда находим

$$\square \tilde{\Phi}_\mu - \frac{m^2}{|\delta|^2} \tilde{\Phi}_\mu = 0. \quad (34)$$

Из (31), кроме того, следует

$$\partial_\mu \tilde{\Phi}_\mu = 0. \quad (35)$$



Возьмём, наконец, уравнение (9). Комбинируя его с соотношениями (16), (23), (31), получим уравнение второго порядка для скалярной функции  $\psi_0$ :

$$\square \psi_0 - \frac{m^2}{|\beta|^2 - |\gamma|^2 + |\sigma|^2} \psi_0 = 0. \quad (36)$$

Уравнения (13), (19), (20), (26), (27), (34) – (36) показывают, что не распадающаяся в лоренц-инвариантном смысле система уравнений первого порядка (3) – (9) описывает полеую систему, которой сопоставляются четыре типа векторных (в смысле собственной группы Лоренца) частиц и одна скалярная. Одна из векторных частиц имеет нулевую массу, три другие имеют массы

$$m_1 = \frac{m}{|\alpha|}, \quad m_2 = \frac{m}{|\rho|}, \quad m_3 = \frac{m}{|\delta|}. \quad (37)$$

Скалярный бозон характеризуется массой

$$m_0 = \frac{m}{\sqrt{|\beta|^2 - |\gamma|^2 + |\sigma|^2}}. \quad (38)$$

Данная полевая система по всем признакам может быть идентифицирована как электрослабое поле. При этом существенным обстоятельством является то, что полевые величины  $\tilde{\Psi}_\mu$ ,  $\Phi_\mu$ ,  $\tilde{\Phi}_\mu$ , сопоставляемые массивным векторным бозонам, содержат в качестве составной части слагаемое  $\partial_\mu \psi_0$ . Тем самым, роль скалярного бозона в предлагаемой модели заключается в обеспечении единства указанных векторных бозонов. Что касается безмассового векторного поля с потенциалом  $\psi_\mu$ , то его «зацепление» (смешивание) с бозоном  $\tilde{\Psi}_\mu$  осуществляется посредством уравнения (5). Таким образом, с точки зрения теории РВУ, использующей при описании элементарных микрообъектов только симметрии пространственно-временного происхождения, электрослабое поле как единый физический объект может существовать только совместно со скалярным бозоном. Последний, таким образом, является неотъемлемой компонентой этого поля.

### Матрично-дифференциальная формулировка

Тензорная система (3) – (9) может быть записана в матрично-дифференциальной форме

$$\Gamma_\mu \partial_\mu + m \Gamma_0 \Psi = 0, \quad (39)$$

где  $\Gamma_\mu$  – четвёрка квадратных матриц,  $\Gamma_0$  – особенная (проективная) матрица, имеющая в базисе (1) вид

$$\Gamma_0 = \begin{pmatrix} 0_4 & \\ & I_{25} \end{pmatrix}. \quad (40)$$

Соответствующая системе (3) – (9) схема зацеплений неприводимых представлений группы Лоренца такова:



$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 & 0, 1 & \\
 \swarrow & & \searrow \\
 \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) & & \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)' \\
 \searrow & & \swarrow \\
 & 1, 0 & 
 \end{array}
 - 0, 0 - 
 \begin{array}{ccc}
 & 0, 1 & \\
 \swarrow & & \searrow \\
 \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)' & & \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \\
 \searrow & & \swarrow \\
 & 1, 0 & 
 \end{array}
 \end{array} \quad (41)$$

Найдём вид матрицы  $\Gamma_4$ , играющей основную роль для РВУ (39) – (41), в базисе Гельфанда – Яглома [2].

Для удобства введём нумерацию представлений, содержащихся в схеме (41):

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \square 1 \psi_\mu ; \quad \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)' \square 2 \tilde{\psi}_\mu ; \quad 0, 1, 1, 0 \square 3, 4 \psi_{\mu\nu} ; \\
 \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \square 5 \varphi_\mu ; \quad \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)' \square 6 \tilde{\varphi}_\mu ; \quad 0, 1, 1, 0 \square 7, 8 \varphi_{\mu\nu} ; \\
 0, 0 \square 9 \psi_0 .
 \end{aligned} \quad (42)$$

Тогда для матрицы  $\Gamma_4$

$$\Gamma_4 = \begin{pmatrix} C^0 & \\ & C^1 \otimes I_3 \end{pmatrix} \quad (43)$$

и её спиновых блоков  $C^0$ ,  $C^1$  получим общие выражения

$$C^0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & c_{19}^0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{29}^0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{59}^0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{69}^0 \\ c_{91}^0 & c_{92}^0 & c_{95}^0 & c_{96}^0 & 0 \end{pmatrix}, \quad C^1 = \begin{pmatrix} C^{1'} & \\ & C^{1''} \end{pmatrix}, \quad (44)$$

$$C^{1'} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & c_{13}^1 & c_{14}^1 \\ 0 & 0 & c_{23}^1 & c_{24}^1 \\ c_{31}^1 & c_{32}^1 & 0 & 0 \\ c_{41}^1 & c_{42}^1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad C^{1''} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & c_{57}^1 & c_{58}^1 \\ 0 & 0 & c_{67}^1 & c_{68}^1 \\ c_{75}^1 & c_{76}^1 & 0 & 0 \\ c_{85}^1 & c_{86}^1 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (45)$$

Инвариантность обсуждаемого РВУ относительно преобразований собственной группы Лоренца в данном случае каких-либо ограничений на элементы  $c_{ij}^0$ ,  $c_{ij}^1$  не накладывает.

Требование Р-инвариантности по отношению к электрослабому полю не является обязательным. Поэтому остаётся наложить условие возможности лагранжевой формулировки теории

$$c_{\tau\tau'}^s \eta_{\tau'\tau}^s = c_{\tau'\tau}^{s*} \eta_{\tau\tau}^s, \quad (46)$$

в результате чего приходим к соотношениям





$$\begin{aligned}
 c_{91}^0 &= f c_{19}^{0*}, & c_{92}^0 &= g c_{29}^{0*}, & c_{95}^0 &= h c_{59}^{0*}, & c_{96}^0 &= e c_{69}^{0*}, \\
 c_{31}^1 &= p c_{14}^{1*}, & c_{41}^1 &= p c_{13}^{1*}, & c_{32}^1 &= q c_{24}^{1*}, & c_{42}^1 &= q c_{23}^{1*}, \\
 c_{75}^1 &= r c_{58}^{1*}, & c_{85}^1 &= r c_{57}^{1*}, & c_{76}^1 &= s c_{68}^{1*}, & c_{86}^1 &= s c_{68}^{1*},
 \end{aligned} \tag{47}$$

где использованы обозначения

$$\begin{aligned}
 f &= \eta_{11}^0 / \eta_{99}^0, & g &= \eta_{22}^0 / \eta_{99}^0, & h &= \eta_{55}^0 / \eta_{99}^0, & e &= \eta_{66}^0 / \eta_{99}^0, \\
 p &= \eta_{34}^1 / \eta_{11}^1, & q &= \eta_{34}^1 / \eta_{22}^1, & r &= \eta_{78}^1 / \eta_{55}^1, & s &= \eta_{78}^1 / \eta_{66}^1.
 \end{aligned} \tag{48}$$

Элементы  $\eta_{\tau\bar{\tau}}^s$  матрицы лоренц-инвариантной билинейной формы выберем следующим образом:

$$-\eta_{11}^0 = \eta_{22}^0 = -\eta_{55}^0 = \eta_{66}^0 = \eta_{11}^1 = -\eta_{22}^1 = \eta_{55}^1 = -\eta_{66}^1 = \eta_{34}^1 = \eta_{78}^1 = \eta_{99}^0 = 1. \tag{49}$$

РВУ, эквивалентное тензорной системе (3)–(9), получится, если в блоках  $C^0$  (44),  $C^{1'}$ ,  $C^{1''}$  (45) положить

$$\begin{aligned}
 c_{19}^0 &= 0, & c_{29}^0 &= \beta, & c_{59}^0 &= \gamma, & c_{69}^0 &= \sigma; \\
 c_{13}^1 &= c_{14}^1 = \frac{1}{\sqrt{2}}, & c_{23}^1 &= -c_{24}^1 = \frac{\alpha}{\sqrt{2}}, & c_{57}^1 &= c_{58}^1 = \frac{\delta}{\sqrt{2}}, & c_{67}^1 &= -c_{68}^1 = \frac{\rho}{\sqrt{2}}.
 \end{aligned} \tag{50}$$

При этом, с учётом соотношений (47)–(49), для спиновых блоков  $C^0$ ,  $C^1$  будут иметь место выражения

$$C^0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \beta \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \gamma \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma \\ 0 & \beta^* & -\gamma^* & \sigma^* & 0 \end{pmatrix} \tag{51}$$

$$C^{1'} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & \alpha & -\alpha \\ 1 & \alpha^* & 0 & 0 \\ 1 & -\alpha^* & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad C^{1''} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 0 & \delta & \delta \\ 0 & 0 & \rho & -\rho \\ \delta^* & \rho^* & 0 & 0 \\ \delta^* & -\rho^* & 0 & 0 \end{pmatrix}. \tag{52}$$

Блок  $C^0$  (51) имеет ненулевые корни  $\pm\sqrt{|\beta|^2 - |\gamma|^2 + |\sigma|^2}$ , что соответствует массе (38) скалярного бозона. Блок  $C^{1'}$  (52) имеет корни  $\pm 1, \pm|\alpha|$ .

Первый из них в силу особенности матрицы  $\Gamma_0$  описывает безмассовое векторное поле, второй – векторную частицу с массой  $m/|\alpha|$ .

Корни  $\pm|\delta|, \pm|\rho|$  спинового блока  $C^{1''}$  соответствуют состояниям векторных бозонов с массами  $m/|\delta|$  и  $m/|\rho|$ .





Кроме того, из (55) имеем

$$\partial_\mu \tilde{\psi}_{\mu\nu} = -\frac{\beta}{\alpha} \partial_\mu \psi_0 - \frac{\gamma}{\alpha} \partial_\mu \tilde{\psi}_0 - \frac{m}{\alpha} \tilde{\psi}_\mu. \quad (63)$$

Подставляя (62), (63) в (15), получаем уравнение второго порядка вида (19), в котором

$$\tilde{\Psi}_\mu = \psi_\mu + \frac{\beta}{m} \partial_\mu \psi_0 + \frac{\gamma}{m} \partial_\mu \tilde{\psi}_0. \quad (64)$$

Как следует из (62), для  $\tilde{\Psi}_\mu$  (64) имеет также место условие типа (20).

Так как уравнение (59) совпадает с (8), из него аналогичным способом можно получить уравнение (29). Подставляя в (29) вытекающие из (58) формулы

$$\partial_\nu \tilde{\varphi}_{\mu\nu} = -\frac{\sigma}{\delta} \partial_\mu \psi_0 - \frac{\chi}{\delta} \partial_\mu \tilde{\psi}_0 - \frac{m}{\delta} \tilde{\varphi}_\mu, \quad (65)$$

$$\partial_\mu \tilde{\varphi}_\mu = -\frac{\sigma}{m} \square \psi_0 - \frac{\chi}{m} \square \tilde{\psi}_0, \quad (66)$$

получим

$$\square \tilde{\varphi}_\mu + \frac{\sigma}{m} \square \partial_\mu \psi_0 + \frac{\chi}{m} \square \partial_\mu \tilde{\psi}_0 - \frac{m^2}{|\delta|^2} \tilde{\varphi}_\mu - \frac{m\sigma}{|\delta|^2} \partial_\mu \psi_0 - \frac{m\chi}{|\delta|^2} \partial_\mu \tilde{\psi}_0 = 0. \quad (67)$$

Подстановка

$$\tilde{\Phi}_\mu = \tilde{\varphi}_\mu + \frac{\sigma}{m} \partial_\mu \psi_0 + \frac{\chi}{m} \partial_\mu \tilde{\psi}_0 \quad (68)$$

приводит уравнение (67) к виду (34) и, соответственно, (66) к виду (35).

Применяя к уравнениям (57), (59) оператор  $\partial_\mu$ , получим

$$\square \varphi_\mu + \frac{m^2}{|\rho|^2} \varphi_\mu = 0, \quad (69)$$

$$\partial_\mu \varphi_\mu = 0. \quad (70)$$

Для установления уравнений второго порядка для скалярных полей  $\psi_0$  и  $\tilde{\psi}_0$  подставим формулы (62), (66) в (60) и (61). Соответственно будем иметь

$$|\beta|^2 + |\sigma|^2 \square \psi_0 + \beta^* \gamma + \sigma^* \chi \square \tilde{\psi}_0 - m^2 \psi_0 = 0, \quad (71)$$

$$|\gamma|^2 + |\chi|^2 \square \tilde{\psi}_0 + \beta \gamma^* + \sigma \chi^* \square \psi_0 - m^2 \tilde{\psi}_0 = 0. \quad (72)$$

Налагая на произвольные параметры  $\beta$ ,  $\sigma$ ,  $\gamma$ ,  $\chi$  условие

$$\beta^* \gamma + \sigma^* \chi = 0, \quad (73)$$

получим уравнения

$$\square \psi_0 - \frac{m^2}{|\beta|^2 + |\sigma|^2} \psi_0 = 0, \quad (74)$$

$$\square \tilde{\psi}_0 - \frac{m^2}{|\gamma|^2 + |\chi|^2} \tilde{\psi}_0 = 0. \quad (75)$$

Массы скалярных бозонов в соответствии с (74), (75) равны

$$\frac{m}{\sqrt{|\beta|^2 + |\sigma|^2}}, \quad \frac{m}{\sqrt{|\gamma|^2 + |\chi|^2}}. \quad (76)$$



Матрично-дифференциальная формулировка теории электрослабого поля с двумя скалярными бозонами отличается от рассмотренной в п. 3 теории этого поля с одним скалярным бозоном видом спинового блока  $C^0$ . Нумеруя дополнительное псевдоскалярное представление  $0,0' \square 10 \tilde{\psi}_0$ , будем иметь для блока  $C^0$  в базисе Гельфанда общее выражение

$$C^0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{29}^0 & c_{2,10}^0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{59}^0 & c_{5,10}^0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{69}^0 & c_{6,10}^0 \\ 0 & c_{92}^0 & c_{95}^0 & c_{96}^0 & 0 & 0 \\ 0 & c_{10,2}^0 & c_{10,5}^0 & c_{10,6}^0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (77)$$

Для приведения блока  $C^0$  (77) в соответствие с тензорной системой (54) – (61) надо положить

$$c_{59}^0 = c_{5,10}^0 = c_{95}^0 = c_{10,5}^0 = 0. \quad (78)$$

Кроме того, выбирая, без уменьшения общности, матричный элемент  $\eta_{10,10}^0$  матрицы билинейной формы  $\eta$ , равным

$$\eta_{10,10}^0 = \pm 1, \quad (79)$$

с учётом условия (46), получим

$$C^0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{29}^0 & c_{2,10}^0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{69}^0 & c_{6,10}^0 \\ 0 & c_{29}^{0*} & 0 & c_{69}^{0*} & 0 & 0 \\ 0 & \pm c_{2,10}^{0*} & 0 & \pm c_{6,10}^{0*} & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (80)$$

Спиновый блок  $C^0$  (80) приводит к значениям масс (76) скалярных бозонов при следующих соотношениях между произвольными параметрами тензорной и матрично-дифференциальной формулировок:

$$|c_{29}^0|^2 \pm |c_{2,10}^0|^2 + |c_{69}^0|^2 \pm |c_{6,10}^0|^2 = |\beta|^2 + |\sigma|^2 + |\gamma|^2 + |\chi|^2, \quad (81)$$

$$\pm |a|^2 |d|^2 \pm |b|^2 |c|^2 \mp adb^*c^* \mp a^*d^*bc = |\beta|^2 |\gamma|^2 + |\beta|^2 |\chi|^2 + |\sigma|^2 |\gamma|^2 + |\sigma|^2 |\chi|^2. \quad (82)$$

### Заключение

Таким образом, схема зацеплений (53) позволяет построить релятивистское волновое уравнение, описывающее электрослабое поле с двумя типами бозонов Хигса – скалярным и псевдоскалярным. Полученное РВУ, как и уравнение Дирака – Кэлера, содержит полный набор антисимметричных тензорных полей в пространстве размерности  $d = 4$ . Поэтому с точки зрения принятого в теории РВУ способа пространственно-временного описания всей степеней свободы исследуемых микрообъектов предложенное



уравнение обладает очевидным преимуществом по сравнению с моделью с одним бозоном Хиггса.

Отметим, что возможность существования различных типов хиггсовских бозонов и ранее обсуждалась в литературе, хотя и с других позиций.

Предпринимаются также попытки экспериментального обнаружения второго скалярного бозона, что в случае успеха потребует внесения определенных изменений в существующую Стандартную модель и, возможно, поможет разрешить некоторые имеющиеся в этой модели трудности.

Настоящая работа может рассматриваться как дополнительное обоснование актуальности исследований в указанном направлении с точки зрения теории РВУ.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плетюхов, В. А. Об интерпретации электрослабого поля в теории релятивистских волновых уравнений / В. А. Плетюхов // Методы неевклидовой геометрии в физике и математике : материалы Междунар. конф., Минск, 27–30 окт. 2015 г. / НАН Беларуси, Ин-т физики им. Б. И. Степанова. – Минск, 2016. – С. 387–395.

2. Гельфанд, И. М. Представления группы вращений и группы Лоренца / И. М. Гельфанд, Р. А. Минлос, З. Я. Шапиро. – М. : Физматгиз, 1958. – 368 с.

3. Стражев, В. И. Уравнение Дирака – Кэлера. Классическое поле / В. И. Стражев, И. А. Сатиков, В. А. Ционенко. – Минск : БГУ, 2007. – 195 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 10.10.2016

#### ***Pletyukhov V.A. The Theory of RWE and Standard Model***

*In this paper, we give a tensor and a matrix-differential formulations of the relativistic wave equation which describes a massive-massless scalar-vector field with four types of quanta – one massless quantum and three massive quanta. We give considerations to two variants of the theory, either with a single scalar boson or with two scalar bosons. A vector component of this field can be interpreted as the electroweak field, while a scalar one (ones) can be interpreted as a linear analogue (analogies) of the Higgs boson.*



УДК 691.544:666.941.2

**Н.С. Ступень**

*канд. техн. наук, доц., зав. каф. химии*

*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*

**АГРЕССИВНЫЕ СРЕДЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ:  
КЛАССИФИКАЦИЯ, МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*В статье представлен аналитический обзор исследований по изучению влияния различных агрессивных сред на долговечность бетонных и железобетонных конструкций. Представлены результаты по оптимальному соотношению хлорид-, сульфат- и гидрокарбонат-ионов и ионов водорода в бетонных композициях. Даны рекомендации по контролю и устранению возможных причин коррозионных процессов в цементном клинкере и стальной арматуре.*

Несмотря на проведенные в последние годы многочисленные исследования в области коррозии бетона, остаётся немало нерешённых проблем, связанных с разрушениями бетонных и железобетонных конструкций. В большинстве случаев основными причинами повреждений являются коррозионные процессы, развивающиеся в результате неблагоприятного воздействия окружающей среды. Так, большинство путепроводов и мостов городов, дорожные покрытия разрушаются от применения противогололедных реагентов из-за выделения в атмосферу оксидов азота, сернистого и других газов, выбрасываемых двигателями автотранспорта, промышленными предприятиями, от размораживания бетона. Ежегодные аварийные обрушения коммунальных тоннелей, особенно коллекторов сточных вод, происходят в первую очередь в результате газовой коррозии металлических и железобетонных элементов.

Такие повреждения имеются на самых крупных городских коллекторах. В последнее время распространилось поражение конструкций плесневыми грибами. Это, по данным санитарных врачей и экологов, неблагоприятно сказывается на здоровье человека, особенно детей. Большую неприятность доставляют строителям высолы на кирпичных и бетонных конструкциях жилых и гражданских сооружений. Агрессивному воздействию подвергается в разных отраслях народного хозяйства от 15 до 75% строительных конструкций зданий и сооружений.

В условиях роста промышленного и жилищного строительства постоянно растет потребность в получении строительных материалов, отвечающих современным требованиям. В настоящее время бетоны практически всех составов разрабатываются и производятся с химическими или минерально-химическими добавками. Современные добавки позволяют существенно повысить качество бетона, уменьшить сроки схватывания, сэкономить материальные и энергетические ресурсы предприятий. Но при этом зачастую теряется долговечность железобетонных конструкций. Это связано прежде всего с коррозионными процессами, которые идут в цементном камне и стальной арматуре.

Весьма часто наблюдаются разрушения строительных конструкций, соприкасающихся с грунтами, насыщенными или периодически увлажняемыми минерализованными водами. Коррозионные процессы в твёрдой и газообразной средах фактически начинаются и протекают только в присутствии жидкой фазы. Для бетонных и железобетонных конструкций это природные и промышленные растворы, содержащие различное количество растворённых веществ (кислот, солей, щелочей) или некоторые органические жидкости.



Атмосферныя воды, выпадаючыя ў выглядзе асадкаў, змяшчаюць звычайна нічтожнае колькасць солей: хлорид-іонаў, як правіла, у межах 1,5–4 мг/л, а сульфатаў у расліце на  $\text{SO}_3$  – ад 1 да 16 мг/л. Колькасць  $\text{SO}_3$  можа быць значна большае ў раёне гарадоў, дзе паветра забруднюецца дымовымі газамі. Акрамя таго, атмосферныя воды змяшчаюць некаторае колькасць растваранага  $\text{CO}_2$ , зніжаючага рН у выніку ўтварэння ў вады вуглянага кіслоты да 5,7.

Адным з асноўных фактараў, вызначаючых скорасць і ступень карозійных працэсаў будавальных збудаванняў, з'яўляецца хімічны склад грунтоўных вод.

Хімічны склад грунтоўных вод залежыць ад многіх фактараў і ў тым ліку ад складу парод і характара пачв, з якімі соприкасается вада, складу паітаючых вод (атмасферных, речных, морскіх і т.д.), блізкасці вод да паверхнасці і кліматычных умоў даннага раёна. У гідрогэалагічных даследаваннях прапанавана некалькі варыянтаў класіфікацыі складу падземных вод у залежнасці ад ступені іх мінералізацыі. Па прапанаваным К.Е. Піцеўвай [1], падземныя воды можна раздзяліць на чатыры групы з рознай ступенню мінералізацыі. Першая група – прэсныя воды са ступенню мінералізацыі < 1 г/л. Гэта пераважна гидрокарбонатныя кальцыева-магніевыя воды. Другая група – слабомінералізаваныя воды са ступенню мінералізацыі 1–10 г/л. Падземныя воды гэтай групы ўключаюць гидрокарбонатны, сульфатны і хлорідны тыпы па аніонам і кальцыевы, магніевы і натрыевы тып па катіонам. У трэцюю групу ўваходзяць мінералізаваныя воды са ступенню мінералізацыі 10–30 г/л. Гэтыя воды хлоріднага тыпу па аніонам і натрыевага тыпу па катіонам. Чвёртая група ўключае воды са ступенню мінералізацыі большае 30 г/л, яны адносяцца да хлоріднага тыпу па аніонам і да натрыевага, кальцыевага, магніевага па катіонам. Прадэльнае змяшчэнне гидрокарбонатнага іона  $\text{HCO}_3^-$  залежыць ад таго, з якімі катіонамі звязаны сульфатны іон. Змяшчэнне іонаў  $\text{HCO}_3^-$  у грунтоўных водах невялікае. У прэсных грунтоўных водах пры мінералізацыі 5–6 г/л можа змяшчацца да 0,5–0,6 г/л іонаў  $\text{HCO}_3^-$ . У мінералізаваных грунтоўных водах можна выдзяліць як воды са значным колькасцем іонаў  $\text{SO}_4^{2-}$ , так і воды з вельмі малым змяшчэннем гэтых іонаў. Нягледзячы на праведзеныя ў апошнія гады шырокія даследаванні, застаецца некалькі нерашаных праблем, абумоўленых указаным відам карозіі бетона, колькасцю іона  $\text{Cl}^-$ , звязанага з катіонамі  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$ . У глыбінных падземных водах у буйным колькасці прысутствуе раствараны вуглекіслы газ.

Ацаніць ступень агрэсіўнасці вод можна толькі з улікам усяго комплексу паказатэляў, якія ўключаюць хімічны склад грунтоўных вод, прызначэнне збудаванняў, асаблівасці іх канструкцый, тэрмін службы, прымяняемы цэмент і патрабаванні, прад'яўляемыя да бетону.

Дзеянне агрэсіўнай воды трэба ўспрамаваць і не дапускаць узнікнення гэтых разбураючых па сваім выніку працэсаў. Меры абароны маюць комплексны характар і ўключаюць у сабе выбар віду і маркі цэмента, запоўніцеляў, падбор і прыгатаванне шчыльных бетонаў, выкарыстанне ў шэрагу выпадкаў канструктыўных мер абароны (у тым ліку гидроізаляцыі бетона). Для таго, каб разгледзець механізм разбураўвання бетона пры дзеянні розных па складу агрэсіўных вод, трэба ўспрамаваць, што бетон мае асчалоўную сроду, дзякуючы чаму і магчыма ўключэнне ў яго металу сталёвай арматуры пры зготавленні жалезобетона. Зніжэнне асчалоўнасці бетона ў выніку паступеннага вышчалоўвання – гэта складаны працэс, на які рашаючае ўплывае жаскасць вады-сроды.

Разбураўванне бетона пад уплывам вады, як і любой хімічнага працэса, у даннага выпадку гидролітычная дысацыяцыя клінкерных мінералаў і прадуктаў но-



вообразования, составляющих цементный камень, зависит от количества этой воды и поверхности цементного камня, контактирующей с водой. Чем плотнее бетон, тем при прочих равных условиях меньше поверхность контакта, из-за которого возникает коррозия. Исходя из этого обычно выделяют три вида коррозии цементного клинкера [2; 3].

**Коррозия I вида.** Очень мягкая вода способна воздействовать на поверхность бетона, покрытую карбонатом кальция ( $\text{CaCO}_3$ ), поэтому именно это обстоятельство приводит к кажущемуся различию в растворении ею больших количеств извести по сравнению с жесткой (более минерализованной) водой. При наличии в воде гидрокарбонатов систематически происходит карбонизация бетона и, следовательно, значительное повышение его водостойкости. Соединения, растворяющие образовавшиеся карбонатные слои (затвердевшие пленки  $\text{CaCO}_3$ ), будут вызывать выщелачивание – удаление из цементного камня извести. В плотном бетоне разрушение резко замедляется, так как уменьшается вынос извести из цементного камня.

Процесс разрушения бетона происходит еще быстрее очень мягкими водами, если применять вяжущие, в продуктах гидролиза и гидратации которых не присутствует свободная известь (например, при использовании пуццолановых и шлакопортландцементов оптимальных составов, для твердения которых созданы необходимые условия). При одном и том же составе и способах уплотнения бетоны без органических добавок и электролитов по водонепроницаемости можно разместить в следующем порядке (по возрастанию этого показателя, если за эталон взят портландцемент): шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент с гидравлической добавкой трепелом; пуццолановый портландцемент с гидравлической добавкой сиштоффом. С течением времени указанный порядок в получении менее водонепроницаемых бетонов становится еще более разительным, что связано с процессом твердения.

Процессы связывания извести, выделяющейся при гидролизе и гидратации минерала  $\text{C}_3\text{S}$ , можно назвать вторичными. Следовательно, результат уплотнения и повышенная водостойкость цементного камня, а в целом водонепроницаемость бетона сказывается лишь с течением времени, большим, чем период, необходимый для первичных процессов между портландцементом и водой. Научные разработки этого вопроса в наше время значительно продвинулись и позволяют скорректировать указанный порядок распределения вяжущих материалов по эффективности получения бетонов высокой водонепроницаемости. Новые виды шлакопортландцемента позволяют получать бетон с высокой водонепроницаемостью, в частности, благодаря возможности получать изопластичные смеси по сравнению со смесями на других цементах, но с меньшим содержанием воды.

По расчетам количество извести, выделяющейся при твердении портландцемента, в среднем таково: на 28 суток – около 10%, на 90 суток – около 15% от массы цемента, содержащегося в бетоне. В случае выщелачивания извести и соответствии со степенью растворимости остальных компонентов цементного камня будет происходить их диссоциация, усиливающая коррозию цементного камня. Вначале начнется диссоциация высокоосновных гидросиликатов кальция (с основностью от 1,5 до 2 молекул  $\text{CaO}$  на 1 молекулу  $\text{SiO}_2$ ) с переходом их в более устойчивый низкоосновный гидросиликат кальция. По окончании диссоциации гидросиликатов в порядке растворимости гидратированных соединений цемента, после того как концентрация  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в бетоне (при ее дальнейшем выщелачивании) достигает предельного значения – четырехкальциевого гидроалюмината (1,08 г/л  $\text{CaO}$ ), начнется диссоциация этого соединения и т. д.





Указанная схема лежыць у аснове працэса карозіі I віда. Яна тыпічная для любога вяжучага, аднак у другіх вяжучых асновай для узнікнення разбурэння і скорасці гэтага працэса з'яўляецца іная структура вады і іная шчыльнасць бетону. Сярод іншага трэба ўлічваць, што перанос прадуктаў карозіі ў талшчы збудаванняў таксама прыводзіць да шчыльнасці бетону. На аснове большага ліку эксперыментаў разробаны нормы, якія ўлічваюць сказанае аб магчымасці шчыльнасці бетону прадуктамі карозіі цементнага камяня, памеры збудаванняў, падвергнутых карозіі, і ўмовы пранікнення м'якай вады ў бетон.

**Карозія II віда.** У адрозненне ад м'якай вады агульнае змяшчэнне іонаў у вадзе з высокай ступенню мінералізацыі дасягае некалькіх дзясяткаў тысяч міліграмм у літры. Такія вады сустракаюцца ў пародах, якія змяшчаюць растворымыя мінералы. Хларыды, сульфаты і бикарбонаты кальцыя, магназія і натрыя (іоны  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{HCO}_3^-$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Na}^+$ ) у рознай колькасці змяшчаюцца ў грунтовых, падземных, рэчных, океанскіх і морскіх водах. Трэба вельмі ўважліва ставіцца да выбару цэменту і складу бетону пры будаўніцтве ў солончакіх ґрунтах і забалочаных месцах [4].

Вады кембрыйскай сістэмы, якія маюць высокую (ад 2 000 да 5 000 мг/л) мінералізацыю, змяшчаюць многа хларыстага натрыя. У водах сілурыйскай сістэмы, якія знаходзяцца ў вапняках, пераважаюць бикарбонаты кальцыя і магназія пры адносна невялікай мінералізацыі (ад 300 да 500 мг/л). Ступень мінералізацыі і склад вады дэвонскай сістэмы розныя. Вада морскіх адкладаў, пермскай сістэмы пры высокай мінералізацыі змяшчае значнае колькасць сульфатаў і хларыдаў. Ступень мінералізацыі ўказаных вод тым вышэй, чым яны глыбей размяшчаныя адносна паверхні.

Асаблівае ўважэнне трэба звяртаць і на вады забалочаных месцаў, якія маюць нізкія значэнні pH; прысутнасць арганічных гуміновых кіслот аказвае спецыфічнае (тормозящее) дзеянне на твёрдненне бетону. Змяшчэнне ў ваде-срэды торфа можа не толькі значна затармазіць працэс твёрднення бетону (раствору), але і выклікаць яго разбурэнне. Пералічаны іонны склад вады (акрамя сульфата іонаў) выклікае карозію II віда.

Апытанні з ужываннем змеленага торфа ў складзе пяску паказалі: пры яго змяшчэнні да 1,3% трываласць зразкаў падае прыкладна ў 2 разы, а пры змяшчэнні да 2,52% трываласць зніжаецца ў 6 разоў.

Улічваючы магчымасць разбурэння бетону (раствору), вельмі важна дакладна дозіраваць гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Магчымы наступныя два выпадкі разбурэння бетону пры дзеянні сульфатных вод:

1. Чыста сульфалюмінатнае, калі ў ваде-срэды канцэнтрацыя іона  $\text{SO}_4^{2-}$  незначальная.

2. Кмплекснага дзеяння, дзе акрамя іона  $\text{SO}_4^{2-}$  пры яго значнальных канцэнтрацыях у ваде-срэды разбурэнне выклікаецца таксама крystalлізацыяй гипса. Вынікі дзеяння сульфатнай карозіі на бетон неаднаковыя і залежаць не толькі ад канцэнтрацыі іона  $\text{SO}_4^{2-}$ , але і ад солевага складу вады, што адражана ў нормах [4].

Корродуючы дзеянне солей сернай кіслаты, дысоцыіраваных у воднай срэды, такіх як катыёны ўсіх металоў, аснованія (гідраты аксідоў), якія маюць меншую па адношэнні да  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  растварымасць у вадзе, звязана з іх растварымасцю. Напрыклад, калі катыёны  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  з аналагічнай ім па ўказанаму прызнаку растварымасцю, запоўняюць капіляры бетону пры падсохненні вады, злучаюцца з ёй (з гідроксільным аніёнам вапняку  $\text{OH}^-$ ) у стабільныя для гэтых умоў злучэнняў,



то резко снизится в цементном камне ее содержание (этот случай типичен для коррозии бетона сточными промышленными водами).

**Коррозия III вида.** Она наступает при насыщении определенными солями натрия, часто являющимися комплексными соединениями. Это могут быть даже т.н. тетрагидроксиалюминаты, которые являются очень хрупкими. Когда в бетоне появляются такие участки, то он становится чрезвычайно уязвимым к механическим вибрациям. Также часто при использовании воды с переменной жесткостью возможно образования гидроксида магния, который также является очень мягкой субстанцией. Единственный способ противостоять этому типу коррозии – это следить за составом воды, но использовать при этом дистиллированную воду категорически запрещено.

Оценка степени агрессивного воздействия твердых сред на конструкции определяется стойкостью материала, характеристикой твердой среды и относительной влажностью воздуха. Характеристикой агрессивных твердых сред является их растворимость и гигроскопичность. Малорастворимыми солями считаются соли с растворимостью менее 1 г/л. К малогигроскопичным солям относятся те, которые имеют при температуре +20 °С равновесную относительную влажность 60% и более, а к гигроскопичным – менее 60%.

При одновременном развитии коррозионных процессов, различных по своему характеру, например, при совместном воздействии на бетон водных растворов солей и мороза или попеременном их воздействии, степень агрессивности среды определяется экспериментом в натуральных условиях, т.е. определяется снижение прочности и изменение внешнего вида образцов, находившихся в исследуемой среде в течение года.

По воздействию на бетон среды делят на три типа: неагрессивная, слабоагрессивная, среднеагрессивная.

Неагрессивной считается среда, которая не вызывает снижения прочности материала и не способствует появлению внешней коррозии.

Слабоагрессивная среда вызывает снижение прочности материала не более чем на 5% и слабое поверхностное разрушение материала.

Среднеагрессивной считается среда, снижающая прочность бетона в зоне коррозии на 5–20% и вызывающая повреждение углов или образование волосяных трещин. Сильноагрессивная среда вызывает снижение прочности материала более чем на 20% с ярко выраженным разрушением материала.

Основным типом грунтовых вод на большей части территории стран СНГ и Беларуси в том числе является сульфатно-гидрокарбонатная вода, которая содержит катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  а также анион  $\text{Cl}^-$ .

Ранее [5] нами были установлены закономерности изменения фазового и минералогического состава в системе  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$  под действием сульфат-ионов, а также под влиянием совместного действия сульфат- и гидрокарбонат-ионов. Установлено, что в присутствии гидрокарбонат-ионов в сульфатном растворе в системе  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$  заметно уменьшается содержание гидросульфатоалюмината кальция. Совместное влияние хлорид- и сульфат-ионов зависит от количественного соотношения между ними. Экспериментально установлено, что при концентрациях сульфат-ионов 3 и 5 г/л и при соотношении  $\text{SO}_4^{2-} : \text{Cl}^- = 1 : 1$  степень выщелачивания гидроксида кальция в системе уменьшается [5; 6].

Установлено также, что хлориды натрия, кальция, магния являются сильноагрессивным фактором, вызывающим процесс сульфатной коррозии цементного клинкера и стальной арматуры в железобетонных конструкциях. Но при определенных соотношениях сульфат и хлорид-ионов, хлориды металлов не оказывают заметного агрессив-



ного влияния по отношению к цементному клинкеру. Снижение агрессивности хлоридов связано с наличием в грунтовых водах гидрокарбонат-ионов. При совместном воздействии гидрокарбонатных и хлоридных ионов образование гидросульфоалюмината кальция в трехсульфатной форме значительно замедляется, а это значит, что замедляется процесс коррозии цементного клинкера [6].

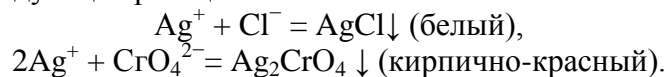
Наиболее часто коррозионные повреждения арматуры возникают в результате действия хлорид-ионов, обладающих способностью разрушать пассивирующие пленки на поверхности стали. В результате этого образуются гальванические пары. Коррозионные поражения анодных участков приводят к возникновению «язв» на поверхности стальной арматуры.

При попадании в бетон хлорид-ионов коррозия стальной арматуры наступает в результате двух идущих параллельно процессов:

- 1) коррозии цементного камня и карбонизации защитного слоя;
- 2) хлоридной коррозии арматуры.

Таким образом, для оценки агрессивности грунтовых вод по отношению к железобетонным конструкциям необходимо рассматривать совместное влияние катионов и анионов данной среды на устойчивость цементного клинкера и стальной арматуры к процессам коррозии.

Контроль содержания хлорид-ионов в цементном клинкере, а также их влияние на интенсивность процессов коррозии цемента и стальной арматуры можно проводить доступными аналитическими методами [7]. Для этого готовят водную вытяжку из цемента. Испытание фильтрата на хлорид-ионы можно проводить аргентометрией (методом Мора) с индикатором раствора хромата калия  $K_2CrO_4$ . При титровании по методу Мора протекают следующие реакции:



Ионы  $CrO_4^{2-}$  реагируют с ионами  $Ag^+$  с образованием осадка кирпично-красного цвета, но окрашенный осадок в определенных условиях начинает выделяться лишь после того, как ионы  $Cl^-$  практически нацело осаждены в виде хлорида серебра  $AgCl$ .

Это возможно вследствие того, что растворимость осадка хромата серебра (ПР ( $Ag_2CrO_4 = 2 \times 10^{-12}$ )) выше растворимости галогенидов серебра (ПР ( $AgCl = 1,7 \times 10^{-10}$ )). Осадок хромата серебра в точке эквивалентности образуется при концентрации индикатора 0,01 н. Титрование необходимо проводить в нейтральной среде, так как в кислой среде резко снижается чувствительность индикатора, а в щелочных растворах выделяется гидроксид серебра.

Количественное определение сульфат-ионов можно проводить гравиметрическим методом, используя в качестве осадителя горячий раствор 5%-ного раствора хлорида бария в присутствии 2–3 мл 2 н соляной кислоты.

Известно, что при соотношении сульфат- и хлорид-ионов 1 : 2 в бетоне даже замедляется сульфатная коррозия. Поэтому, определив содержание хлорид- и сульфат-ионов в затвердевшем цементном клинкере, в качестве рекомендации в технологической схеме можно учитывать химический состав добавки-ускорителя, подбирая необходимые концентрации сульфат- и хлорид-ионов [7].

Исследование фазового состава бетонных смесей с фосфата натрия добавкой, показало, что в структуре цементного клинкера с добавкой присутствует крупнокристаллическая фаза ортофосфата кальция и мелкокристаллическая фаза гидрофосфата кальция. Данные рентгенофазового анализа подтверждаются исследованием шлифов образцов. Основную поверхность шлифа образцов с фосфатной добавкой составляют



округлые зерна и их гроздевидные совокупности с четкими, а иногда размытыми границами. Зерна бесцветные, прозрачные, с показателем преломления 1,70–1,71. Более размытые зерна имеют показатель преломления 1,65–1,67. Оптические характеристики и внешний вид этих кристаллов соответствуют фосфату и гидрофосфату кальция. Свободный (несвязанный) оксид кальция в образцах без добавки фосфата натрия содержится в клинкерах в количестве, обычно не превышающем 0,75–1%. Это свидетельствует о неполноте реакций образования силикатов кальция. Свободный оксид кальция в клинкере представлен в виде скоплений или отдельных округлых зерен, часто примерно одинакового с белитом размера; его трудно обнаружить в прозрачном шлифе клинкера, но он хорошо виден в полированном шлифе, так как благодаря округлой форме заметно выделяется на поверхности шлифа. Содержание свободного оксида кальция в образцах с добавкой фосфата натрия, исходя из соотношения концентраций ионов  $\text{SO}_4^{2-} : \text{PO}_4^{3-} = 1 : 2$  уменьшается до 0,3%, а это влечет за собой уменьшение степени выщелачивания и стабилизации рН на высоком уровне (рН = 12) [8].

Для надежной защиты арматуры в бетоне необходимо, чтобы щелочность среды бетона была не ниже рН = 11,8. При меньших значениях рН возможна коррозия арматуры в бетоне. Сталь в щелочной среде пассивна. Наступление пассивности характеризуется резким облагораживанием электродного потенциала металла. Так, железо в активном состоянии имеет потенциал –0,40 В, а в пассивном его потенциал поднимается до +1 В. Пассивность обеспечивается покрытием оксидных пленок  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  или  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

В твердеющей бетонной смеси смещение потенциала стали в положительную сторону происходит не сразу. Значение потенциала стали, зависит от влажности и от проницаемости бетона для кислорода. Начальное значение рН в бетонной смеси велико. Со временем оно изменяется вследствие химизма процессов твердения. Поэтому важен нижний диапазон значений рН, при котором коррозия стали не идет, – 11,5–11,8 (по некоторым источникам рН = 12). Опытным путем установили, что диапазон потенциалов стали в бетоне при рН = 12–12,5 находится в области пассивности и коррозионные процессы не идут [3].

Понижение рН среды в бетоне наблюдается при уменьшении концентрации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  вследствие выщелачивания его проточной водой или в случае использования активных минеральных добавок. Вместе с тем в поверхностных слоях бетона может наблюдаться снижение щелочности вследствие нейтрализации гидроксида кальция кислотными жидкостями и газами (карбонизация). Активные минеральные добавки в составе портландцемента связывают гидроксид кальция, и концентрация извести в среде может снизиться настолько, что произойдет растворение гидроалюмината кальция. Гидроалю-минат в этом случае будет образовываться в присутствии сульфат-ионов в жидкой фазе, и его кристаллизация не вызовет разрушающих напряжений в цементном камне. Это может даже в какой-то степени способствовать уплотнению цементного камня.

Поэтому значения рН водных вытяжек из цементного клинкера дает информацию о степени выщелачивания  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  под действием различных добавок. Для приблизительного определения рН можно использовать универсальную индикаторную бумагу. Точное измерение рН проводят рН-метром [7].

Таким образом, долговечность бетонных и железобетонных конструкций определяется условиями внешней среды, т.е. климатом местности, составом воздуха, воды и грунта, а также особенностями контакта между внешней средой и наружными поверхностями конструкции.



Один из основных путей повышения долговечности бетонных конструкций при воздействии различных агрессивных сред – создание плотного бетона. Высокопрочные бетоны, имеющие, как правило, достаточно однородную структуру и повышенную плотность, более устойчивы при работе в таких условиях.

При этом очень важно обеспечить получение эффективного защитного слоя (в конструкциях, предназначенных для работы в агрессивных условиях, толщина защитного слоя должна быть не менее 20 мм) и повышение трещиностойкости железобетонных конструкций. Одним из радикальных средств защиты конструкций от воздействия агрессивных сред является применение различного вида покрытий [2]. Покрытия, нанесенные после распалубки на поверхность конструкции, способствуют нормальному процессу твердения бетона и в значительной степени предупреждают появление и развитие усадочных трещин.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Питьева, К. Е. Гидрохимия / К. Э. Питьева. – М. : Наука, 1971. – 336 с.
2. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин [и др.]. – М. : Стройиздат, 1980. – 536 с.
3. Бетон. Часть 1: Общие технические требования, производство и контроль качества: EN 206-1. – Введ. 12.05.2000. – СЕН/ТС 104 (секретариат при DIN). – 103 с.
4. Москвин, В. М. О роли ионного и солевого состава раствора при сульфатной коррозии бетона / В. М. Москвин, Г. В. Любарская // Бетон и железобетон. – 1982. – № 9. – С. 16–18.
5. Ступень, Н. С. Исследование системы  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$  в присутствии ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$  / Н. С. Ступень, Б. С. Шевченко, Ю. В. Волыничук // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. прыродазн. навук. – 2003. – № 2 (34). – С. 55–61.
6. Ступень, Н. С. Исследование совместного влияния хлорид-ионов и реакции среды на течение процессов коррозии в цементном камне стальной арматуре / Н. С. Ступень, М. В. Лукашевич // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2010. – № 2. – С. 19–25.
7. Ступень, Н. С. Исследование процессов коррозии в железобетонных композициях аналитическими методами / Н. С. Ступень // Химическая наука: современные достижения и историческая перспектива : материалы III Всерос. науч. интернет-конф. с междунар. участием, Казань, 31 марта 2015 г. – Казань, 2015. – С. 118–122.
8. Ступень, Н. С. Влияние фосфатных добавок на устойчивость магнезиальных вяжущих / Н. С. Ступень // Менделеевские чтения 2014 г. : материалы Междунар. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 28 февр. 2014 г. – Брест, 2014. – С. 88–95.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 03.10.2016

#### **Stupen N.S. Aggressive Environment for Concrete: Structures Classification, Mechanisms of Action**

*The article presents an analytical review of studies on the impact of various corrosive environments on the durability of concrete and reinforced concrete structures. The results on optimum ratio chloride, sulfate and carbonate ions and hydrogen ions in concrete compositions. Recommendations to control and eliminate the possible causes of corrosion processes in the cement clinker and steel reinforcement.*



УДК 636.932.2/3 (476.7)

**В.Е. Гайдук<sup>1</sup>, И.В. Абрамова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>д-р биол. наук, проф., проф. каф. зоологии и генетики  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина  
<sup>2</sup>канд. биол. наук, доц., декан географического факультета  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

## **РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ БОБРА (*CASTOR FIBER*) В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ**

*В статье изложены результаты многолетних исследований (1967–2015 гг.) распространения, биотопического распределения, численности и добычи бобра в юго-западной Беларуси. В регионе в настоящее время бобр заселил практически все пригодные для его жизни прибрежные экосистемы различных типов водоемов. В последние годы (2013–2015 гг.) численность бобра в охотничьих хозяйствах юго-западной Беларуси составляет 7 661–9 841 особь, при этом изымается 7–17% от общей численности бобра в регионе.*

### **Введение**

Бобры в регионе обитают в водоемах различного типа, отличающиеся по режиму, характеру берегов, качеству и количественному составу водно-болотной и береговой древесно-кустарниковой растительности. Лучшие биотопы – старицы и пойменные озера, русла небольших рек.

В настоящее время бобр встречается во всех районах Беларуси и является многочисленным видом. В XI–XVII вв. на территории современной Беларуси этот вид был многочисленным. Высокий спрос на шкурку бобра, бобровую «струю» и мясо, влиявшие хозяйственной деятельности человека, привело к тому, что на конец XIX – начало XX ст. бобр сохранился в небольшом количестве в Беларуси и других регионах на всей территории евроазиатского ареала [1–5]. В Беларуси небольшие бобровые поселения остались в малодоступных для человека местах бассейнов р. Березины, Припяти и др. Наиболее крупные поселения бобров сохранились в верховьях р. Березины. По инициативе профессора А.В. Федюшина правительством БССР с целью сохранения и увеличения численности бобра в 1925 г. здесь был создан Березинский государственный заповедник. Уже накануне Второй мировой войны в Беларуси, включая и юго-западную часть, обитало около 5 тыс. животных. Данные о распространении бобров по бассейнам крупных рек Беларуси имеются в ряде монографий [1; 4], вышедших в середине XX в. В 1988 г. вышла книга В.М. Толкачева и В.И. Саутина [6], посвященная бобру Белорусского Полесья. В монографии Б.П. Савицкого с соавторами [4] имеется очерк о бобре Беларуси, в котором подведены итоги исследования биологии этого вида на начало XX в. Наконец, бобру Беларуси посвящена большая монография В.Ф. Литвинова с соавторами [7]. В работе детально рассмотрена история вида, восстановления численности, акклиматизация и реакклиматизация бобра в Беларуси и других регионах и современное состояние. В этих и других работах имеются сведения о распространении, численности и ее динамике в юго-западной Беларуси (Брестская область). Отметим, что таких данных очень мало. Уместно здесь упомянуть исследования В.Е. Гайдюка, посвященные распространению и численности бобра в бассейнах рек Березины и Припяти. Распространение и численность бобра в бассейне р. Березины в 1957–1960 гг. изучены в его дипломной работе под руководством профессора И.Н. Сержанина. Были обследованы р. Березина и ее притоки (реки Уша, Бобр и др.) от г. Борисова до впадения ее в Днепр. Всего было обнаружено 148 поселений в норах, 67 бобровых хаток и 18 плотин на мел-



ких реках и каналах. Часть этих материалов с дополнениями были опубликованы в соавторстве с лесничим Ушанского лесничества Березинского лесхоза [8]. По заданию И.Н. Сержанина в июне–июле 1961 и 1962 гг. В.Е. Гайдук проводил исследования речных бобров в бассейне р. Припять. За два сезона были обследованы русла р. Припять и ее притоки (рек Ясельда, Случь, Горынь и др.) на территории Брестской и Гомельской областей. Были обнаружены ряд поселений бобров на водоемах Брестской области (реки Лань, Ясельда и др.). Несколько десятков поселений бобров были выявлены в бассейне р. Припять на территории Петриковского, Калинковичского и Гомельского районов.

### **Характеристика района исследований, материал и методы**

Значительная часть территории Брестской области располагается в пределах Полесской низменности с её однообразным плоским рельефом. Территория региона богата водоемами разного типа: реки, озера, водохранилища, пруды, затоки, каналы, что является необходимым условием для жизнедеятельности бобра. Речная сеть хорошо развита и представлена водотоками бассейнов рек Припяти, Немана и Западного Буга. В Брестской области многие мелкие и средние реки полностью или частично канализированы. В регионе была создана разветвленная осушительная сеть в болотных массивах. Основными притоками р. Припять в пределах региона являются реки Горынь, Ясельда, Цна, Лань и др. Реки бассейна Припяти имеют извилистые зарастающие русла, часто являются водоприемниками мелиоративных систем. Они представляют собой хорошие угодья для обитания бобра. В XX в. были построены водохранилища. Леса произрастают в основном по левобережью, между низовьями рек Ясельда и Птичь. В древостое преобладают сосна, береза, ольха, осина, мозаично дубовые леса. В поймах рек часто встречаются заросли кустарников и ольшаника. 23% бассейна Припяти в пределах Беларуси мелиорировано [7]. В эксплуатации находится около 56 тыс. км открытой осушительной сети каналов. Больше всего мелиорированные и осушительные работы проведены в бассейнах притоков: Пины (35%), Ясельды (31%), Цны (22%), Горыни (12%), Лани (24%). В половодье и при дождевых паводках пойма Припяти затопляется, ширина разлива около г. Пинска достигает 30 км. Характерно продолжительное весеннее половодье, кратковременная летняя межень и почти ежегодные осенние подъемы уровня воды, которые в верхнем течении достигают 2 м, в среднем – 5 м. Такая изменчивость гидрологического режима реки неблагоприятна для обитания бобров по ее руслу и в пойме, в притоках и каналах условия более или менее благоприятны для его жизнедеятельности.

В пределах бассейна р. Неман на территории Брестской области протекает р. Щара (верхнее и среднее течение), а также ее притоки (реки Гривда, Мышанка и др.). Лесная растительность долины р. Щара представлена смешанным лесом с преобладанием хвойных пород. Здесь имеются необходимые для жизни бобра условия. Наибольшую площадь имеют озера Выгонощанское и Белое. Низинные болота приурочены, как правило, к долинам рек.

На территории Брестской области р. Зап. Буг принимает два основных притока – реки Мухавец и Лесная. Территория Брестского Полесья пересекается каналами: Ореховский, Бона, Казацкий и др. Самый крупный из них Днепровско-Бугский. Наиболее крупными озерами (водохранилищами) являются Любань, Луковское и Олтушское. По берегам р. Зап. Буг и его притоков произрастают смешанные, сосновые и мелколиственные леса. По экологическим условиям р. Зап. Буг мало пригодна для обитания бобра. Притоки рек Мухавец, Лесная, Рита и др. и мелиоративные каналы, берега ко-



торых покрыты кустарниковой и лесной растительностью, вполне благоприятны для жизнедеятельности бобра.

Таким образом, на территории Брестской области относительно благоприятные условия для жизнедеятельности бобра сложились как на естественных водотоках, так и на многих мелиоративных каналах, на которых в последние 20 лет сформировалась устойчивая кормовая база для бобра.

Сведения о распространении и численности бобра в Брестской области и по речным бассейнам региона накапливались в процесс проведения полевых практик по зоологии позвоночных, экологии и другим дисциплинам со студентами биологического и географического факультетов БрГУ имени А.С. Пушкина в 1967–2015 гг. (ГНП «Беловежская пушта», биосферный резерват «Прибужское Полесье», Кобринский, Березовский, Ивановский, Каменецкий и др. районы), при проведении учебных экскурсий на пруды рыбхозов (Селец, Новоселки, Руда, Страдочь и др.), на озера и водохранилища (Выгонощанское, Споровское, Луково, Селяхи и др.). В процессе экспедиций при обследовании заказников республиканского значения «Простырь» и «Средняя Припять» было изучен бассейн р. Припять и ее притоки в устьях. Некоторые данные о бобрах региона были получены при выполнении курсовых и дипломных работ под руководством авторов статьи, собраны сведения от выпускников БрГУ имени А.С. Пушкина, охотоведов и охотников. Для расчета численности бобров на естественных и искусственных водоемах производили подсчет поселений, а затем вычисляли путем умножения их общего количества на пересчетный коэффициент – среднее число особей в семье (нами принят равным 4 особям) [7]. Используются статистические данные Брестского областного управления и комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды по численности и добыче бобров.

Прирост популяций бобра определяли путем учета численности вновь возникших поселений. В процессе исследований использовались и другие принятые методики, суть которых излагается непосредственно в тексте статьи, по ходу рассмотрения тех или иных вопросов.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Данные о распространении бобра в Западной Беларуси в 1921–1939 гг. имеются в работе польского зоолога А. Дегнеля [9]. Было установлено, что в бассейнах Немана и Припяти (верховья рек) в пяти бобровых резерватах: на р. Жигулянка, на каналах Огинском и Светицком, в верховье р. Щара, в окрестностях озера Выгоновское и р. Гривда – имелись поселения речных бобров. По данным этого автора, всего в 1937–1939 гг. в бассейнах этих рек обитало около 400 особей. Сведений о бобре в бассейне р. Зап. Буга не имеется.

После Великой Отечественной войны в 1946–1948 гг. И.Н. Сержанин при содействии Управления охотничьего хозяйства и заповедников Министерства сельского хозяйства БССР изучал распространение бобра на территории республики, в том числе и Брестской области. Было выявлено около 30 бобровых поселений (хатки, норы) в верховьях р. Щара и ниже по течению (Ганцевичский и Ивацевичский районы). В бассейне р. Припять жилые хатки и норы были найдены на р. Жигулянка на территории Березовского района и на каналах Ивацевичского и Пинского районов [2; 3].

В 1948 г. численность бобра в Беларуси составляла 6–8 тыс. особей. Их начали отлавливать с целью реакклиматизации по всей территории Беларуси и за ее пределами. Всего в 1948–1951 гг. было отловлено и выпущено в различных районах Беларуси 559 бобров, в том числе в 1956 г. 12 бобров, отловленных в р. Щара, – в р. Лесную Ка-





менецкого района. В 1957 г. были выпущены 140 особей в р. Лань в Ганцевичском районе (звери были отловлены также в р. Щара). В 1948–1959 гг. из Беларуси были вывезены и расселены в водоемы СССР 3,5 тыс. бобров [3]. С 1963 г. начали добывать зверей на шкурку. Всего в 1963–1969 гг. на пушную базу республики было сдано 2 887 шкурок. К этому времени общая численность бобров в Беларуси достигала 20–22 тыс. особей [10].

Сведения о динамике численности и добычи бобра в охотничьих угодьях Беларуси в 1963–2009 гг. содержатся в монографии [7], динамика численности вида в 1990–2013 гг. прослежена в Экологическом бюллетене «Состояние природной среды Беларуси» [11]. По размерам промысловой нагрузки отечественными териологами [7] выделены 5 фаз:

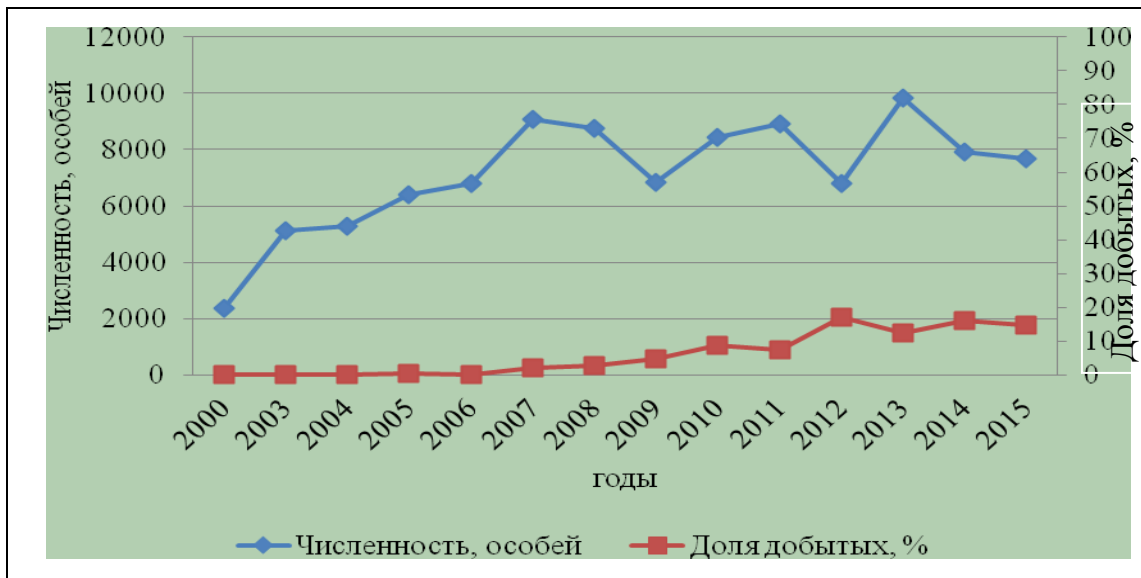
- 1 – умеренного использования ресурсов бобра (1963–1980 гг.);
- 2 – максимального использования (1981–1991 гг.);
- 3 – резкого снижения использования ресурсов (1992–1996 гг.);
- 4 – минимального использования ресурсов (1997–2006 гг.);
- 5 – резкого увеличения использования ресурсов бобра (2007–2009 гг.), когда добывалось 2 133–3 494 особи.

Всего за три года было изъято 7 885 особей, или 4,2–5,4% ежегодно. Такой размер промысловой нагрузки характерен и для населения бобра Брестской области. По официальной статистике, в 2009 г. в охотничьих хозяйствах Беларуси учтено около 65 тыс. бобров. Териологи, опираясь на проведенные исследования отдельных локальных популяций, оценили численность вида в Беларуси в 75–80 тыс. особей [7], по другим данным [11], она в 2011 г. составляла 90–100 тыс. особей.

На основании обработки данных Брестского общества охотников и рыболовов (БООР) и областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды установлено, что численность бобра колебалась от 388 особей в 1987 г. до 2 160 в 1994 г. Добыча зверей в регионе началась в 1982 г., когда было добыто 50 экземпляров, максимальное количество было добыто в 1987 г. – 115 экземпляров [12]. Недопромысел бобра при высокой плотности объясняет миграцию животных за пределы региона, звери переселяются на малопригодные для их жизни территории. Они негативно воздействуют на дамбы окружающие водоемы, на водохранилища, рыбхозы и т.п.

Численность зверей прогрессивно увеличилась и достигла максимума в 2007 г. В этот период (до 2006 г.) изъятие зверей было незначительным и составляло от 0,09% от всего поголовья в 2003 г. до 0,16% – в 2006 г. Это характерно в целом для всей Беларуси, где в 1997–2006 гг. охотники добывали в среднем 0,4% от всего поголовья бобров (максимально 0,8%) [7]. Резкое увеличение использования ресурсов бобра в регионе начинается с 2007 г., когда было добыто 222 особи, или 2,22% от численности. Доля изъятия зверей в последующие годы продолжала увеличиваться и достигла 16,95% в 2012 г. В республике в целом добывалось от 2 133 особей в 2007 г. до 3 400 особей в 2009 г., что составляет в среднем 4,2% от общей численности (максимально 5,4%) [7]. Динамика численности и добычи бобра в 2000–2015 гг. изображена на рисунке.

В.Ф. Литвинов с соавторами [7] отмечают, что данные, поступающие в Статистический комитет Беларуси из охотничьих хозяйств, дают только общее представление о численности бобра и пространственном распределении этого вида в Беларуси. Эти показатели зачастую отражают конъюнктурность изначальных базовых данных по численности бобра. Как пишут авторы, показатель численности охотничьего вида в конкретном хозяйстве преднамеренно завышают или понижают в зависимости от спроса охотников на лицензии и экономической выгоды их продажи. Мы разделяем их точку зрения.



Рисунк. – Численность и добыча бобра в охотничьих хозяйствах Брестской области в 2000–2015 гг.

Рост численности бобра в конце XX в. – первом десятилетии XXI в. объясняется незначительным использованием ресурсов, снижением браконьерской добычи и формированием благоприятных кормовых и защитных условий на осушительных каналах. Специалисты считают, что полное изъятие бобров в первую очередь необходимо проводить на дамбах и плотинах водохранилищ, рыбхозов, мелиоративных каналов, полей и сенокосов, в лесах с преобладанием видов деревьев, не выдерживающих продолжительного подтопления (дуб, сосна, ель), а также на водоемах вблизи шоссе и железнодорожных путей.

Приведем несколько примеров поселений бобров, за которыми велись наблюдения продолжительное время. В 2003–2015 гг. (июнь–июль) наблюдали за жизнедеятельностью одной семьи речного бобра в окрестностях водохранилища «Орхово» Брестского района. Бобры поселились в ловчем канале водохранилища спустя 14 лет после его образования. К этому времени на правом берегу канала, который впадает в р. Зап. Буг, появились кустарники и деревья (ивняки, осина, ольха, береза и травянистая растительность), сформировалась вполне удовлетворительная кормовая база. К левому берегу канала примыкают мелиорированные сельскохозяйственные угодья. В различные годы здесь выращивали разнообразные культуры: овес, рапс, пшеницу. Звери ежегодно посещали прибрежные участки этих полей, не дальше 20 м от канала. Бобры прокладывали тропы среди сельскохозяйственных культур, срезали их стебли и уносили в норы или для ремонта плотины. Площадь таких участков достигала 20 м<sup>2</sup>. Таких площадок на берегу канала длиной около одного километра было в разные годы от 8 до 14. Бобры живут в норах, которые построены на внешней стороне дамбы правого берега канала, реже на левом берегу канала. В течение первых трех лет здесь встречался один бобр, с 2006 по 2015 г. – семья, состоящая из 4–8 особей. Звери на канале построили плотину около 6 м длиной, при помощи которой они поддерживают необходимый для их жизнедеятельности уровень воды. Строительным материалом служили обрубки деревьев толщиной 10–15 см, ветки, прутья, различные травянистые растения и грязь. Несколько раз эту плотину местные жители разрушали – бобры ее восстанавливали. За годы наблюдения этого поселения был обнаружен труп одного молодого бобра. Интересно,



что погрызы и норы бобра не отмечались нами на внутреннем склоне водохранилища, где произрастают кустарники и деревья, хотя несколько раз плавающих бобров видели на водохранилище.

Примерно в 1–3 км от этого поселения находятся еще три. Первое расположено около полевой дороги среди поля. Водоем замкнутый, длина его около 40 м, ширина около 30 м. По его берегам произрастают кустарники и деревья: осина, ольха, береза, – толщина стволов некоторых из них достигает 40 см. Большинство из них повалены и обработаны бобрами: сгрызена кора, обрублены сучья и стволы. В этом месте они появились в 2005 г., по-видимому, пришли с реки Зап. Буг, который протекает в 1 км. Другие два поселения, которые находятся на расстоянии 1 и 3 км от первого, обнаружены в старице реки Зап. Буг. Эти территории входят в состав биосферного резервата «Прибужское Полесье». В последние 10 лет бобр заселил мелиоративные каналы, старицы рек, прибрежные экосистемы водоемов, пригодные для жизни бобра биосферного резервата «Прибужское Полесье» [13]. Наблюдается увеличение его численности. Бобр осваивает новые местообитания.

Бобр обитает на водоемах г. Бреста и его окрестностях. Следы его деятельности: свежие погрызы кустарников и деревьев, жилые норы – отмечены в Брестской крепости по берегам рек Мухавец и Зап. Буг. Впервые звери здесь появились в 2002 г. Они подгрызают деревья, в том числе и декоративные. Предпринимаются меры по защите деревьев, стволы которых на высоту 60 см от земли обвязывают различными материалами и даже колючей проволокой. Погрызы деревьев и кустарников встречаются практически на всем протяжении р. Мухавец в г. Бресте. Как только сформировалась в процессе сукцессии древесно-кустарниковая растительность на берегах канала, проходящего вдоль шоссе и пешеходной дороги в микрорайоне «Ковалево» г. Бреста, здесь в 2006 г. поселился один бобр. Живет он в норах, сделанных в дамбе, по которой проложен тротуар. В некоторых местах имеются обвалы тротуарной плитки, что является результатом деятельности бобра. Это местообитание бобра ликвидировано в январе–марте 2016 г. в связи с подготовкой площадки под застройку нового жилого микрорайона.

По берегам и старицам и другим пойменным водоемам р. Мухавец за пределами г. Бреста, где имеются соответствующие условия для жизни бобра, мы встречали свежие погрызы деревьев и кустарников, жилые норы. Поселения бобров находятся друг от друга примерно на расстоянии 1–6 км. Это касается и других водоемов: рек Лесная, Жигулянка, Гривда, Щара, Лань, Цна, Ясельда и др. На дамбах и прибрежной полосе рыбхозов «Селец», «Днепро-Бугский», «Страдочь», «Локтыши» нами регистрировались погрызы деревьев и кустарников, жилые норы бобров. Бобр в рыбхозах считается нежелательным зверем и добывается.

Анализ распространения и численности бобра показал [4], что в бассейне р. Зап. Буг в 1960 г. обитало 20 бобров, в 1970 г. – 130, а в 1984 г. – 300 бобров; в бассейне р. Неман 6 865 особей [7]. Значительный рост численности бобра [4; 7] в 2007–2008 гг. отмечен в бассейне р. Припять, где выявлены три популяции, общей численностью около 11 800 особей. Здесь же отмечен наибольший темп роста численности популяций, выраженный в процентах от исходной численности, за которую взят 2000 г. (он составляет 165%); средний процент прироста численности в Беларуси составляет 125%. Наименьший процент заселения русла и пойм центрального водотока бассейна р. Припять характерен р. Припять (1,25%); поселения бобра преобладают на крупных притоках (80%); в бассейне р. Неман – 44%. Мелкие притоки первого, второго и третьего порядков, а также мелиоративные каналы, торфяные карьеры и лесные болота заселены бобрами неравномерно. Мелиоративные каналы, согласно [7] и нашим наблюдениям, в



регионе стали интенсивно заселяться бобрами в последние десятилетия после почти полного прекращения мелиоративных работ и развития древесно-кустарниковой растительности по берегам каналов. По нашим наблюдениям, удовлетворительная кормовая база для этого вида формируется спустя не менее 7–8 лет после создания мелиоративных каналов, если прибрежная растительность не вырубается. В последние десятилетия отдельные участки берегов многих каналов заросли кустарниками и деревьями. Наши учеты поселений бобра на некоторых каналах в Брестском, Ивацевичском, Ивановском, Малоритском, Пинском, Столинском и других районах, сведения, полученные от выпускников университета, охотников и охотоведов, показывают, что бобры охотно заселяют эти водоемы.

В заказнике «Простырь» на территории Ласицкой охотдачи численность бобра в последние годы увеличивается. В 2009 г. на р. Стырь она составляла 25 особей, которые жили в шести хатках. В мелиоративных каналах обитало 97 особей и было выявлено 48 нор и 48 плотин [14].

Поселения бобра в долине р. Припять и устьевых участков ее притоков на территории республиканского заказника «Средняя Припять» довольно обычны. По нашим данным [12], плотность популяции бобра составляет около трех поселений на 10 км территории заказника (в среднем 4 особи в одном поселении). Наиболее устойчивый охотхозяйственный режим имеется в ЭЛОХ «Лясковичи», в котором регулярно проводится охрана угодий от браконьеров и хищников и весь комплекс мер по биотехническим мероприятиям. Здесь было учтено 680 особей бобра, изымается 3,2% от общего количества.

### **Заключение**

В настоящее время на территории Брестской области бобр практически заселил все пригодные для его жизни места обитания: прибрежные участки рек, озер, водохранилищ, искусственных прудов, непроточные водоемы и мелиоративные каналы. В регионе наиболее высокая численность животных характерна бассейну р. Припять, где наиболее многочисленные поселения бобров встречаются на крупных притоках: реках Ясельда, Цна, Бобрик, Горынь и др.; бобр заселил притоки первого, второго и третьего порядков и мелиоративные каналы. Собственные наблюдения, сведения охотников, охотоведов, статистические данные Брестского статистического управления и литературные источники свидетельствуют, что общая численность бобров в Брестской области в охотничьих хозяйствах и других территориях оценивается нами 14–16 тыс. особей. Больше всего (8–9 тыс. особей) обитает в бассейне р. Припять.

Изъятие бобров на шкурку в регионе началось в 1982 г., когда было добыто 50 животных, или 3,4% от общей численности. В 1993–1997 гг. не было добыто ни одного зверя [13]. Недопромысел животных приводит к миграции бобра за пределы региона (Украина, Польша). Необходимо изымать 10–12% от общего поголовья ежегодно, чтобы регулировать численность путем организованного промысла. В последние 5 лет (2010–2015 гг.) интенсивность добычи животных резко возросла и составляет 7,4–17,0% от общей численности.

Трофическая и строительная деятельность бобра во многих случаях оказывает негативное влияние на экосистемы в местах его обитания: разрушение плотин, дамб, подтопление и высыхание лесов, заболачивание полей и лугов в результате строительства плотин на мелких реках и каналах. В этих местообитаниях должно проводиться регулирование численности бобров.



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федюшин, А. В. Речной бобр, его история, жизнь и опыты по размножению / А. В. Федюшин. – М. : Ред.-изд. отд. Главпушнина, 1935. – 359 с.
2. Сержанин, И. Н. Речной бобр и его биологические особенности / И. Н. Сержанин. – Минск : Изд-во АН БССР, 1951. – 39 с.
3. Сержанин, И. Н. Млекопитающие Белорусской ССР / И. Н. Сержанин. – Минск : Изд-во АН БССР, 1961. – 318 с.
4. Савицкий, Б. П. Млекопитающие Беларуси / Б. П. Савицкий, С. В. Кучмель, Л. Д. Бурко. – Минск : Изд. центр БГУ, 2005. – 319 с.
5. Гайдук, В. Е. Годовые и многолетние биоритмы млекопитающих Беларуси / В. Е. Гайдук. – Брест : БрГУ, 2005. – 192 с.
6. Толкачев, В. И. Бобры в Белорусском Полесье / В. И. Толкачев, В. И. Сатин. – Минск : Университетское, 1988. – 88 с.
7. Литвинов, В. Ф. Популяционная экология бобра : монография / В. Ф. Литвинов [и др.]. – Витебск : Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины, 2012. – 256 с.
8. Гайдук, В. Е. Влияние деятельности человека на численность и распределение речного бобра (*Castor fiber*) в бассейне р. Березины (Днепровской) / В. Е. Гайдук, Е. А. Лавник // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, окт. 2003 г. / редкол.: А. Н. Кусенков (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2003. – С. 42–43.
9. Dehnel, A. Wykaz stanowisk bobra *Castor fiber* *vistulanus* *Mattschie* w dorzeczu górnego i środkowego Niemna oraz górnej Prypeci w latach 1937–1939 / A. Dehnel // *Fragmenta faunistica Musei Zoologici Polonici*. – 1948. – Т. 5, № 13. – S. 200–224.
10. Сержанин, Ю. И. Географическое распространение и состояние естественных запасов охотничье-промысловых млекопитающих в Белорусской ССР / Ю. И. Сержанин. – Минск : Наука и техника, 1970. – 122 с.
11. Состояние природной среды Беларуси : эколог. бюллетень / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 2013. – 340 с.
12. Биология промыслово-охотничьих наземных позвоночных Брестской области / В. Е. Гайдук [и др.]. – Брест : Изд-во БрГУ, 1999. – 134 с.
13. Гайдук, В. Е. Кадастр позвоночных животных биосферного резервата «Прибужское Полесье» (Белорусский сектор трансграничного биосф. резерв. «Западное Полесье») / В. Е. Гайдук [и др.]. – Брест : Альтернатива, 2014. – 80 с.
14. Подготовка обоснования о преобразовании республиканских заказников «Простырь» и «Средняя Припять» : отчет о НИР (заключ.) / Брест. гос. ун-т., рук. И. В. Абрамова. – Брест, 2010. – 314 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 29.06.2016

**Gaiduk V.E., Abramova I.V. Distribution and Number of a Beaver (*Castor fiber*) in Southwest Belarus**

*In article are explained: results of long-term researches (1967–2015) of distribution, biotopical distribution, number and production of a beaver in southwest Belarus. Nowadays in the region beaver occupied practically all suitable for his life coastal ecosystems of various types of reservoirs. In the last years (2013–2015) the total number of beavers in hunting farms of southwest Belarus makes 7 661–9 841 species, at the same time 7–17% of the total number of a beaver in the region are withdrawn.*



УДК 59:595.768

**Е.П. Климец<sup>1</sup>, А.Н. Юхимук<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии и генетики  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина  
<sup>2</sup>науч. сотрудник отдела биохимии и биотехнологии растений  
лаборатории прикладной биохимии  
Центрального ботанического сада НАН Беларуси

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L. В НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА БРЕСТА**

*В статье представлены результаты фенотипической изменчивости *Aesculus hippocastanum* L. по морфологическим и физиологическим параметрам: форма кроны, форма, структура, число лопастей и цвет листовой пластинки, а также интенсивность цветения в насаждениях города Бреста. Фенетический анализ разновозрастных выборок показал, что фенотипы их различны. Это свидетельствует о наличии различных адаптационных стратегий на разных этапах онтогенеза каштана конского.*

### **Введение**

Древесные растения принадлежат к тем объектам, для которых необходимость фенетических исследований является одной из актуальных задач. Это связано с тем, что древесные растения относятся к видам, проведение генетических исследований у которых сопряжено со значительными трудностями [1].

Одной из главных проблем фенетики древесных растений является проблема выявления элементарных, дискретных, альтернативных вариаций признаков – фенотипов [2]. В настоящее время фенетический подход при изучении структуры и динамики популяций растений используется многими исследователями [3–5]. У полиморфных видов актуальным является учет пространственного и хронологического распределения фенотипов и фенотипов, что, возможно, позволит в дальнейшем находить маркерные фенотипы и решать производственные, природоохранные и научные задачи.

Объект наших исследований – *Aesculus hippocastanum* L. – Конский каштан обыкновенный. Дерево до 30 м высотой с массивным стволом и тяжелой, густой, широкоокруглой кроной, крупными соцветиями и декоративными плодами. Листья сложные, пальчатые, из 5–7 продолговатых, обратнойцевидных листочков длиной до 25 см. Зацветает в начале мая, и цветение продолжается 15–25 дней. Родина – горные леса Балканского полуострова [6]. В культуре с 1557 г. Издавна выращивается в Беларуси, встречается на территории всей республики. Наиболее популярен в западной части Брестской области, особенно в Каменецком и Брестском районах. В последние 20–25 лет получил распространение в Минске [7].

Конский каштан заслуженно пользуется славой одного из красивейших деревьев, декоративных в течение всего года: зимой – красивым рисунком мощных ветвей; весной – рано распускающимися, крупными, клейкими, зеленовато-розовыми почками, из которых развиваются морщинистые, сложные, длинночерешковые листья, дающие при полном развитии густую тень. Декоративны и плоды каштана – шаровидные, зеленые, с многочисленными шипами, мясистые коробочки диаметром до 6 см, растрескивающиеся тремя створками и содержащие 1–3 блестящих темно-коричневых семени. Каштан долго сохраняет декоративность. Очень красочен осенью, когда листва приоб-



ретае красивую ярка-жёлтую окраску. Первоклассное дерево для посадки на улицах, бульварах, в аллеях парков.

Однако в последние годы в насаждениях г. Бреста уже в середине вегетационного периода отмечаются появления коричнево-ржавых пятен на листовых пластинках, их повреждения, а также раннее пожелтение и опадание листвы. В связи с этим изучение биологии, экологии и адаптивных механизмов устойчивости к неблагоприятным условиям у каштана конского представляет определенный интерес.

### Материал и методика

Нами изучались такие морфологические и физиологические параметры каштана конского, как форма кроны, форма, структура, число лопастей и цвет листовой пластинки, а также интенсивность цветения. Исследования проводились в 4 разобщенных посадках каштана г. Бреста, расположенных на улицах Мицкевича, Гоголя, на бульваре Космонавтов и проспекте Машерова. Всего было исследовано 335 экземпляров данного вида. С каждого дерева для изучения было собрано по 100 листьев.

В ходе работы был использован фенетический подход, основанный на выделении дискретных, альтернативных элементов признаков. Фенетический анализ морфологических параметров проводили по методике, разработанной Е.П. Климец [8]. Фенетический подход был использован для описания таких признаков каштана конского, как форма кроны дерева, форма листовых лопастей, структура и цвет листа. Интенсивность цветения определялась визуально по шестибалльной системе Капера [9].

Для обработки полученного материала использовались соответствующие статистические методы.

Для оценки фенетического разнообразия выборок использовался показатель внутрипопуляционного разнообразия ( $\mu$ ), который вычислялся по формуле:

$$\mu = \left( \sqrt{p_1} + \sqrt{p_2} + \dots + \sqrt{p_n} \right)^2,$$

где  $p_1, p_2, p_n$  – частоты встречаемых фенотипов.

Так как показатель внутрипопуляционного разнообразия показывает только степень разнообразия выборок, нами также использовался показатель  $h$  – доля редких фенотипов в популяции, который позволяет оценить структуру этого разнообразия. Показатель  $h$  вычисляется по формуле:

$$h = 1 - \frac{\mu}{m},$$

где  $\mu$  – показатель внутрипопуляционного разнообразия,  $m$  – количество встречаемых фенотипов одного признака;

Для показателей  $\mu$  и  $h$  вычислялись ошибки по следующим формулам:

$$S_\mu \approx \sqrt{\frac{\mu(m - \mu)}{N}},$$

где  $\mu$  – показатель внутрипопуляционного разнообразия;  $m$  – количество морф (фенотипов) данного признака;  $N$  – объем выборки.

$$S_h \approx \sqrt{\frac{h(1 - h)}{N}},$$

где  $h$  – доля редких фенотипов;  $N$  – объем выборки [10].



### Результаты исследования

Для каштана конского как декоративного растения одним из важнейших параметров является форма кроны. Она зависит от величины угла между стволом и скелетными осями. Так как величина этого угла изменчива, то, естественно, возможно формирование разных типов крон. Проведенные нами исследования позволили выделить следующие формы крон: округлая, конусовидная, овальная, обратно-конусовидная. Отмечены и асимметричные формы, которые возникают в том случае, если длина скелетных ветвей на разных сторонах дерева различна (рисунок).



Округлая

Конусовидная



Овальная

Обратно-конусовидная

Рисунок. – Формы кроны каштана конского





Таблица 1. – Частоты встречаемости переменных параметров в выборках каштана конского г. Бреста (2009 г.), %

Выборки	Форма кроны					Форма листовой пластинки		Структура листовой пластинки		Окраска листовой пластинки		Интенсивность цветения (по системе Капера)			
	Округлая	Конусовидная	Овальная	Обратно конусовидная	Асимметричная	Лланцевидная	Обратно яйцевидная	Гладкая	Гофрированная	Темнозеленая	Светлозеленая	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
улица Мицкевича n = 100	6,0	7,0	14,0	15,0	58,0	31,0	69,0	89,0	11,0	91,0	9,0	37,0	38,0	15,0	10,0
бульвар Космонавтов n = 80	28,8	8,7	27,5	23,8	11,2	5,0	95,0	32,5	67,5	55,5	44,5	8,9	28,8	33,7	27,6
улица Гоголя n = 100	0,0	0,0	66,0	17,0	17,0	0,0	100,0	100,0	0,0	54,0	46,0	0,0	8,0	52,0	40,0
проспект Машерова n = 55	18,2	3,6	16,4	3,6	58,2	0,0	100,0	100,0	0,0	54,5	45,5	16,4	27,3	12,7	43,6



Немаловажную роль в формировании декоративного облика древесных растений играют форма, структура и цвет листовой пластинки. Изучение изменчивости этих параметров позволило нам выделить ряд форм.

По форме выделены обратно-конусовидные и ланцетовидные листовые пластинки, которые по структуре могут быть гладкими или гофрированными, а по цвету – темно-зелеными либо светло-зелеными.

По декоративности в период цветения каштан конский не находит себе равных среди других древесных видов, поэтому обильность цветения и его продолжительность являются важнейшими показателями декоративного растения.

По интенсивности цветения в посадках г. Бреста из шести выделенных Каппером классов нами отмечены лишь первые четыре.

Данные по частотам встречаемости выделенных изменчивых элементов каштана конского в разных выборках города Бреста представлены в таблице 1.

Анализ таблицы показал, что даже в пределах небольшого региона частоты встречаемости отдельных признаков различны.

Степень и структура фенетического разнообразия четырех выборок каштана конского г. Бреста по всем изучаемым параметрам представлены в таблицах 2–6.

Анализ таблиц показывает, что максимальное фенетическое разнообразие и минимальная доля редких фенов по таким параметрам, как форма кроны, структура листа, форма лопасти листовой пластинки и интенсивность цветения, характерно для выборки каштанов, растущих на бульваре Космонавтов. Это деревья относительно молодого возраста (6–8 лет). Минимальное разнообразие и минимальная доля редких элементов по вышеотмеченным параметрам характерно для старовозрастных насаждений по улице Гоголя.

Максимальное фенетическое разнообразие в молодых насаждениях является свидетельством адаптивности вида к различным условиям и возможности протекания микроэволюционных процессов.

Снижение фенетического разнообразия в старовозрастных выборках является подтверждением того, что данные насаждения являются относительно адаптивными, так как уже прошел процесс отбора.

Таблица 2. – Фенотипическое разнообразие в исследуемых выборках по признаку «форма кроны»

Выборка	Частоты фенов					Численность, N	Среднее число фенов в выборке, $\mu$	Доля редких фенотипов, h
	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	p <sub>4</sub>	p <sub>5</sub>			
ул. Мицкевича	0,06	0,07	0,14	0,15	0,58	100	4,08 ± 0,19	0,18 ± 0,04
бульвар Космонавтов	0,29	0,09	0,28	0,24	0,11	80	4,8 ± 0,11	0,04 ± 0,02
ул. Гоголя	0,00	0,00	0,66	0,17	0,17	100	2,67 ± 0,24	0,46 ± 0,049
проспект Машерова	0,18	0,04	0,16	0,04	0,58	55	3,92 ± 0,28	0,22 ± 0,06

p<sub>1</sub> – округлая, p<sub>2</sub> – яйцевидная, p<sub>3</sub> – овальная, p<sub>4</sub> – обратноконусовидная (пирамидальная), p<sub>5</sub> – асимметричная (неправильная)



Таблица 3. – Фенотипическое разнообразие в исследуемых выборках по признаку «структура листа»

Выборка	Частоты фенотипов		Численность, N	Среднее число фенотипов в выборке, $\mu$	Доля редких фенотипов, h
	$p_1$	$p_2$			
ул. Мицкевича	0,10	0,90	100	$1,61 \pm 0,08$	$0,200 \pm 0,02$
бульвар Космонавтов	0,68	0,32	80	$1,93 \pm 0,04$	$0,035 \pm 0,02$
ул. Гоголя	0,00	1,00	100	$1,00 \pm 0,10$	$0,500 \pm 0,05$
проспект Машерова	0,00	1,00	55	$1,00 \pm 0,13$	$0,500 \pm 0,12$

$p_1$  – гофрированная,  $p_2$  – гладкая.

Таблица 4. – Фенотипическое разнообразие в исследуемых выборках по признаку «цвет листа»

Выборка	Частоты фенотипов		Численность, N	Среднее число фенотипов в выборке, $\mu$	Доля редких фенотипов, h
	$p_1$	$p_2$			
ул. Мицкевича	0,08	0,92	100	$1,54 \pm 0,080$	$0,23 \pm 0,040$
бульвар Космонавтов	0,55	0,45	80	$1,41 \pm 0,100$	$0,30 \pm 0,050$
ул. Гоголя	0,54	0,46	100	$1,98 \pm 0,019$	$0,01 \pm 0,009$
проспект Машерова	0,55	0,45	55	$1,99 \pm 0,020$	$0,005 \pm 0,01$

$p_1$  – темно-зеленый,  $p_2$  – светло-зеленый.

Таблица 5. – Фенотипическое разнообразие в исследуемых выборках по признаку «форма лопасти листовой пластинки»

Выборка	Частоты фенотипов		Численность, N	Среднее число фенотипов в выборке, $\mu$	Доля редких фенотипов, h
	$p_1$	$p_2$			
ул. Мицкевича	0,69	0,31	99	$1,17 \pm 0,10$	$0,42 \pm 0,05$
бульвар Космонавтов	0,95	0,05	80	$1,42 \pm 0,10$	$0,29 \pm 0,05$
ул. Гоголя	1,00	0,00	100	$1,00 \pm 0,10$	$0,50 \pm 0,05$
проспект Машерова	1,00	0,00	55	$1,00 \pm 0,13$	$0,50 \pm 0,12$

$p_1$  – обратнойцевидная,  $p_2$  – ланцетовидная.

Таблица 6. – Фенотипическое разнообразие в исследуемых выборках по признаку «интенсивность цветения»

Выборка	Частоты фенотипов				Численность, N	Среднее число фенотипов в выборке, $\mu$	Доля редких фенотипов, h
	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$			
ул. Мицкевича	0,37	0,38	0,15	0,10	100	$3,72 \pm 0,102$	$0,07 \pm 0,026$
бульвар Космонавтов	0,09	0,29	0,34	0,29	80	$3,84 \pm 0,078$	$0,04 \pm 0,019$
ул. Гоголя	0,00	0,08	0,52	0,40	100	$2,68 \pm 0,188$	$0,33 \pm 0,047$
проспект Машерова	0,16	0,27	0,13	0,44	55	$3,78 \pm 0,092$	$0,06 \pm 0,023$

$p_1$  – 0 баллов,  $p_2$  – 1 балл,  $p_3$  – 2 балла,  $p_4$  – 3 балла



### Заклучение

Проведенные фенетические исследования позволили выделить у каштана конского в насаждениях г. Бреста 15 дискретных, альтернативных вариаций признаков (фенов), характеризующих декоративные свойства изучаемого вида. Фенетический анализ выборок показал, что фенофонды изучаемых выборок различаются как по составу фенов, так и по их частотам. Это свидетельствует о наличии различных адаптационных стратегий на разных этапах онтогенеза каштана конского, а следовательно, о возможности использовать фенетический подход при оценке его декоративных свойств.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеев-Ресовский, Н. В. Очерк учения о популяции / Н. В. Тимофеев-Ресовский, А. В. Яблоков, Н. В. Глотов. – М. : Наука, 1973. – 278 с.
2. Петров, С. А. Возможности выделения элементарных вариаций в количественных признаках древесных растений / С. А. Петров // Фенетика популяций. – М., 1982. – С. 154–161.
3. Мамаев, С. А. Изучение популяционной структуры древесных растений с помощью метода морфофизиологических маркеров / С. А. Мамаев, А. К. Махнеев // Фенетика популяций. – М., 1982. – С. 140–150.
4. Магомедмирзаев, М. М. О проблемах морфологического измерения и счета с позиций фенетики растений / М. М. Магомедмирзаев // Общая биология. – 1976. – Т. 37, № 3. – С. 331–343.
5. Егоров, М. Н. Изучение фенофондов и фенотипической структуры природных и искусственных насаждений древесных растений как назревшая проблема в лесном хозяйстве страны / М. Н. Егоров // Фенетика популяций : материалы III Всесоюз. совещания, Саратов, 7–8 февр. 1985 г. – М., – 1985. – С. 64–65.
6. Богданов, П. Л. Дендрология / П. Л. Богданов – М. : Лесная промышленность, 1974. – 240 с.
7. Федорук, А. Т. Опыт интродукции древесных лиственных растений в Белоруссии / А. Т. Федорук. – Минск : Университетское, 1985. – 160 с.
8. Климец, Е. П. Дискретные вариации рисунка на дорсальной стороне тела колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*) / Е. П. Климец // Популяционная фенетика. – М., 1997. – С. 45–58.
9. Юркевич, И. Д. Фенологические исследования древесных и травянистых растений : метод. пособие / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, Э. П. Ярошевич. – Минск : Наука и техника, 1980. – 88 с.
10. Животовский, Л. А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам / Л. А. Животовский // Фенетика популяций. – М., 1982. – С. 38–44.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 07.09.2016

### ***Klimez H.P., Yuhimuk A.N. Variability of Some Morphological and Physiological Characteristics *Aesculus Hippocastanum* L. Stands in the City of Brest***

*The article presents the results of the phenotypic variability of *Aesculus hippocastanum* L on morphological and physiological parameters: the shape of the crown, the shape, the structure, the number of blades and the color of the leaf blade, and the intensity of flowering in plantations of Brest. Phenetic analysis of samples of different ages showed that the phene pool are different. This indicates the presence of a variety of adaptation strategies at different stages of ontogeny chestnut.*



УДК 635.9: 58.006

**А.П. Колбас<sup>1</sup>, Н.В. Шималова<sup>2</sup>, И.Н. Яковук<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>канд. биол. наук, доц., доц. каф. ботаники и экологии, начальник Центра экологии  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина  
<sup>2</sup>зам. начальника отдела «Ботанические экспозиции» Центра экологии  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина  
<sup>3</sup>начальник отдела «Ботанические экспозиции» Центра экологии  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

### **ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОЛЛЕКЦИЙ ЭКСПОЗИЦИИ «ЗИМНИЙ САД» ЦЕНТРА ЭКОЛОГИИ УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «БРГУ ИМЕНИ А.С. ПУШКИНА»**

*Ботаническая коллекция Зимнего сада БрГУ имени А.С. Пушкина на данный момент насчитывает более 550 таксонов растений закрытого грунта, относящихся к 98 семействам. Многие объекты уникальны для ботанических садов Беларуси. В работе приводится систематический список исследованных таксонов, анализ представительства, географического происхождения и динамики численности основных семейств. Наиболее полно представлены коллекции следующих семейств: Acanthaceae, Aloiaceae, Araceae, Begoniaceae, Bromeliaceae, Dracaenaceae, Cactaceae, Commelinaceae, Euphorbiaceae, Piperaceae, Rutaceae, Crassulaceae, Moraceae. Большинство из них относится к растительности влажных тропических лесов и аридных местообитаний. Фонды «Зимнего сада» находят широкое применение в учебно-методической и научно-исследовательской деятельности студентов и преподавателей университета. Коллекция играет большую роль в сохранении биоразнообразия и изучении процессов адаптации интродуцированных видов.*

Собрания растений, создаваемые человеком, имеют большое значение в поддержании биоразнообразия на Земле. Помимо сохранения генофонда они выполняют и ряд других функций: образовательная, научно-исследовательская, рекреационная, улучшение качества среды и др. По обыкновению, крупные региональные учреждения образования, имеющие естественнонаучные специальности, создают на своей базе ботанические коллекции, необходимые для подготовки квалифицированных специалистов. Результатом многолетних творческих стараний большего коллектива в Брестском государственном университете имени А.С. Пушкина была создана подобная коллекция.

Центр экологии, который объединяет на данный момент все ботанические коллекции университета, состоит из двух отделов: «Ботанические экспозиции» и «Агробиология». Таксономическая структура древесной и травянистой флоры отдела Агробиология приводится в предыдущих работах [1; 2]. Систематический список растений отдела «Ботанические экспозиции», насчитывающий 84 вида, приводился в 2007 г. [3]. В апреле 2016 г. по результатам проделанной работы ботанические коллекции университета были включены в Государственный реестр ботанических коллекций на основании решения коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, о чем выдано соответствующее свидетельство (№ 46).

Изучение местной флоры и интродукция растений не могут проводиться успешно без критической оценки исторических материалов. Поэтому на протяжении длительного времени в Центре экологии постоянно ведется идентификация, этикетаж и мониторинг жизненного состояния растений, исследуются некоторые аспекты интродукции [4]. За последние 10 лет экспозиции защищенного грунта значительно расширились за счет реконструкции учебной теплицы, которая была проведена в 2008–2010 гг. под руководством О.Н. Веремчук. Учебная теплица, заложенная еще в 60-е гг. XX в., к моменту реконструкции вмещала до 200 видов оранжерейных растений. Теперь на месте теплицы



Зимний сад. Формирование экспозиции шло при участии фондов Центрального ботанического сада Минска, ботанических садов Киева, Львова, Петропавловска, Брестской областной карантинной станции, а также частных коллекций.

Целью данной работы является исследование динамики биологического разнообразия коллекций Зимнего сада отдела «Ботанические экспозиции» и уточнение таксономической принадлежности некоторых объектов.

Растения в оранжерее расположены композиционно с учетом биогеографической и систематической принадлежности. Анализ динамики видового состава за последние 7 лет показал, что в 2010 г. на момент открытия Зимнего сада коллекция насчитывала 349 таксонов, относящихся к 87 семействам, а к 2016 г. фонды Зимнего сада насчитывали уже 1 800 экземпляров из 557 таксонов, относящихся к 98 семействам. Динамично прирастали новыми таксонами следующие семейства: айзовые, бегониевые, ластовневые, перечные, рутовые, толстянковые. На данный момент наиболее полно представлены коллекции следующих семейств: кактусовые (65), толстянковые (52), ароидные (29), бегониевые (23), алоевые (20), тутовые (20), драценовые (19), молочайные (17), бромелиевые (16), коммелиновые (16), акантовые (14), рутовые (13), перечные (12).

Среди родов значительным многообразием выделяются бегония (23), фикус (19), крассула (17), каланхоэ (15), пеперомия (12), маммиллярия (11), цитрус (11), сенсивьерия (10), очиток (9), молочай (9), нефролепис (8), алоэ (8), эхверия (8), плющ (8), кодеум (7), хавортия (7), драцена (7), фиттония (6), аспарагус (6), опунция (6), сциндапус (6).

Однако, несмотря на общую положительную динамику, коллекция утратила некоторые таксоны. Анализ элиминированных растений выявил, что большинство из них относятся к семействам астровые, молочайные, орхидные селлагинеловые и кактусовые. За это время полностью исключились следующие семейства: дербенниковые, кизиловые, камнеломковые, клузиевые, ситниковые, сумаховые. Лучшая приспособляемость растений из более древних таксонов может быть связана с развитым внутривидовым полиморфизмом и устоявшимися механизмами адаптации.

К факторам, отрицательно влияющим на рост и развитие растений, можно отнести отсутствие герметичной изоляции между экспозиционными зонами в Зимнем саду, проблемы в функционировании системы автоматического аэрозольного полива и несовершенная терморегуляция, что не позволяет создавать необходимые микроклиматические условия.

Анализ географии видов, показал, что они происходят из различных регионов Земли: Южная Америка (148), Африка (138), Азия (108), Центральная Америка (89), Европа (35), острова Тихого океана (24), Австралия и Новая Зеландия (18), Северная Америка (5).

Распределение видов по экспозиционным зонам Зимнего сада таково: зона влажных тропических лесов (211), зона субтропической растительности (79), зона арридных территорий (182), холлы (29), фондовая коллекция (64).

Большое видовое разнообразие делает коллекции растений Центра уникальным собранием наглядного материала и позволяет проводить на его базе плановые учебно-методические занятия со студентами факультетов естественнонаучного профиля а также со школьниками [7].

Непременным условием для научного использования коллекции является достоверность ботанических названий. Уточнение систематической принадлежности таксонов проводится постоянно по всем группам растений.



Систематический список растений Зимнего сада Центра экологии

БрГУ имени А.С.Пушкина (таксономический порядок приводится согласно [5])

1. Сем. **SELAGINELLACEAE Willk.\***  
(Селагинелловые)  
*Selaginella P. Beauv.\** (Селагинелла)  
- *serpens* (Desv. ex Poir.) Spring (ползучая)
2. Сем. **PSILOTACEAE J. W. Griff. et Henfr.** (Псилотовые)  
*Psilotum Sw.* (Псилот)  
- *nudum* (L.) P. Beauv. (голый)
3. Сем. **ADIANTACEAE (C. Presl) Ching\*** (Адиантовые)  
*Adiantum L.\** (Адиантум)  
- *capillus-veneris* L.\* (волос Венеры)
4. Сем. **PTERIDACEAE Relichenb.\*** (Птерисовые)  
*Pteris L.\** (Птерис)  
- *cretica* L.\* (критский)
5. Сем. **POLYPODIACEAE Bercht. et C. Presl\*** (Полиподиевые)  
*Aglaomorpha Schott* (Аглаоморфа)  
- *meyeniana* Schott (Мейена)  
*Drynaria (Bory) J. Sm.* (Дринария)  
- *sparsisora* (Desv.) T. Moore (рассеянносорусная)  
*Goniophlebium C. Presl* (Гониофлебиум)  
- *subauriculatum* (Blume) C. Presl (ушковатый)  
*Microsorium Link* (Микросорум)  
- *punctatum* (L.) Copel. cv. Ramo-Cristatum (точечный)  
*Phlebodium (R. Br.) J. Sm.* (Флебодиум)  
- *aureum* (L.) Sm. (золотистый)  
*Platyserium Desv.* (Платициериум)  
- *bifurcatum* (Cav.) C. Chr. (двувильчатый)
6. Сем. **DICKSONIACEAE (C. Presl.) Bower** (Диксониевые)  
*Cibotium Kaulf.* (Циботиум)  
- *glaucum* (Smith) Hooker ex Arnott (сизый)
7. Сем. **ASPENIACEAE Newm.\*** (Асплениевые, или Костенцовые)  
*Asplenium L.\** (Асплениум)  
- *nidus* L. cv. Fimbriatum (гнездовой)  
- *bulbiferum* G. Forst (луковиценосный)  
*Phyllitis Hill.\** (Листовик)  
- *scolopendrium* (L.) Newm.\* (сколопендровый)
8. Сем. **DRYOPTERIDACEAE Herter, nom. cons.** (Щитовниковые)  
*Cyrtomium C. Presl* (Циртомиум)  
- *falcatum* (L. f.) C. Presl (серповидный)  
*Polystichum* (Многорядник)  
- *tsussimense* (Hook.) John Sm. (цусимский)
9. Сем. **ATHYRIACEAE Alston\*** (Кочедыжниковые)  
*Diplazium Sw.* (Диплазиум)  
- *aspera* Poir. (шероховатый)
10. Сем. **BLECHNACEAE** (Блехновые, или Дербянковые)  
*Stenochlaena* (Стенохлаема)  
- *palustris* (Burm. fil.) Bedd (болотная)
11. Сем. **DAVALLIACEAE M.R. Schomb.** (Даваллиевые)  
*Davallia Smith* (Даваллия)  
- *canariensis* (L.) Sm. (канарская)
12. Сем. **OLEANDRACEAE Ching ex Pic. Serm.** (Олеандровые)  
*Nephrolepis Schott* (Нефролепис)  
- *exaltata* (L.) Schott (возвышенный)  
- *exaltata* (L.) Schott cv. Bostoniensis  
- *exaltata* (L.) Schott cv. Hilli  
- *exaltata* (L.) Schott cv. Fluffy Ruffles  
- *exaltata* (L.) Schott cv. Marisa  
- *exaltata* (L.) Schott cv. Teddy Junior  
- *exaltata* (L.) Schott cv. Verona  
- *cordifolia* (L.) C. Presl cv. Duffy (сердцелистный)
13. Сем. **CYCADACEAE Pers.\*** (Саговниковые)  
*Cycas L.\** (Цикас)  
- *revoluta* Thunb.\* (поникающий)
14. Сем. **EPHEDRACEAE Dumort.\*** (Эфедровые)  
*Ephedra L.\** (Эфедра)  
- *americana* Humb. et Bonpl. ex Willd. (американская)
15. Сем. **ARAUCARIACEAE Henkel et Hochst., now. cons.** (Араукариевые)  
*Araucaria Juss* (Араукария)



- *bidwillii* Hook. (Бидвилла)
- *heterophylla* (Salisb.) Franco (разнолистная)
- 16. Сем. TAXODIACEAE Warming** (Таксодиевые)
- Cryptomeria* D. Don** (Криптомерия)
- *japonica* (Thunb. ex L. f.) D. Don (японская)
- 17. Сем. CUPRESSACEAE Rich. ex Bartl.\*** (Кипарисовые)
- Cupressus* L.\*** (Кипарис)
- *sempervirens* L.\* (вечнозелёный)
- 18. Сем. EUPOMATIACEAE Endl.** (Эвпоматиевые)
- Eupomatia* R. Br.** (Эвпоматия)
- *laurina* R. Br. (лавровая)
- 19. Сем. ANNONACEAE Juss., now. cons.** (Анноновые)
- Annona* L.** (Аннона)
- *cherimola* Mill. (черимойя, или Черимойя)
- Artabotrys* R. Br.** (Артаботрис)
- *hexapetalus* (L. f.) Bhandari (шестилепестный)
- 20. Сем. LAURACEAE Juss.\*** (Лавровые)
- Persea* Mill.** (Персея)
- *americana* Mill. (американская, или Авокадо)
- Laurus* L.\*** (Лавр)
- *nobilis* L.\* (благородный)
- 21. Сем. PIPERACEAE Giseke, now. cons.** (Перечные)
- Peperomia* Ruiz et Pav.** (Пеперомия)
- *argyreia* (Miq.) E. Morren (серебристая)
- *caperata* Yunck. (сморщенная)
- *clusiifolia* (Jacq.) Hook. (клузиелистная)
- *colymella* Rauh et Hutchison (колончатая)
- *dolabriformis* Kunht (долотовидная)
- *incana* A. Dietr. (седая)
- *obtusifolia* (L.) A. Dietr. (туполистная)
- *obtusifolia* (L.) A. Dietr. cv. Variegata
- *obtusifolia* (L.) A. Dietr. cv. Green Gold
- *puteolata* Trel. cv. Watermelon (ямчатая)
- *scandens* Ruiz et Pav. (лазящая)
- *verticillata* (L.) A. Dietr. (мутовчатая)
- 22. Сем. MENISPERMACEAE Juss.\*** (Луносемянниковые)
- Cocculus* DC.** (Коккуллюс)
- *laurifolius* DC. (лавролистный)
- 23. Сем. MORACEAE Link\*** (Тутовые)
- Dorstenia* Plum. ex L.** (Дорстения)
- *contrajerva* L. (противоядная)
- Ficus* L.** (Фигус)
- *benjamina* L. (Бенджамина)
- *benjamina* L. cv. Buclee
- *benjamina* L. cv. Dominica
- *benjamina* L. cv. Exotica
- *benjamina* L. cv. Natasja
- *benjamina* L. cv. Starlight
- *carica* L.\* (карика, или Инжир)
- *carica* var. *afghanistanica* Warb.
- *craterostoma* Warb. ex Milbr. et Burret (кратеролистный)
- *craterostoma* Warb. ex Milbr. et Burret cv. Variegata
- *elastica* Roxb. ex Hornem. (каучуконосный)
- *elastica* Roxb. ex Hornem. cv. Belize
- *elastica* Roxb. ex Hornem. cv. Melany
- *elastica* Roxb. ex Hornem. cv. Sylvie
- *lyrata* Warb. (лировидный)
- *pumila* L. cv. Sunny (крохотный)
- *ramentacea* Roxb. (чешуйчатый)
- *retusa* L. (притупленный)
- *salicifolia* Vahl. (иволистный)
- 24. Сем. URTICACEAE Juss\*** (Крапивные)
- Pilea* Lindl.\*** (Пилея)
- *cadieraei* Gagner. et Guill. (Кадье)
- *depressa* (Sw.) Blume (прижатая)
- *microphylla* (L.) Liebm. (мелколистная)
- *muscosa* Lindl. (моховидная)
- *nummularifolia* (Sw.) Wedd. (монетолистная)
- *Norfolk hort.* (Норфолк)
- *peperomioides* Diels (пеперомиевидная)
- *spruceana* Wedd. (Спруса)
- Soleirolia* Gaud.** (Солейролия)
- *soleiroliae* (Req.) Dendy (Солейролия)
- 25. Сем. CASUARINACEAE R. Br. in Flinders** (Казуариновые)
- Casuarina* Rumph. ex L.** (Казуарина)
- *stricta* Dryand. (торчащая)
- 26. Сем. PHYTOLACCACEAE R.Br.\*** (Лаконосовые)
- Rivina* L.** (Ривина)
- *humilis* L. (низкая)





**27. Сем. NYCTAGINACEAE Juss\***

(Ночецветныя)

***Bougainvillea* Comm. ex Juss**

(Бугенвиллея)

- *glabra* Choisy (голая)

- *glabra* Choisy cv. *Sanderiana*

- *glabra* Choisy cv. *Variegata*

***Pisonia* (Plum.) L. (Пизонія)**

- *umbellifera* (J.R. Forst. et G. Forst.) Seem.

(зонтичная)

- *umbellifera* (J.R. Forst. et G. Forst.) Seem.

cv. *Variegata*

**28. Сем. AIZOACEAE Rudolphi\***

(Аизовыя)

***Aptenia* N.E. Br. (Аптэнія)**

- *cordifolia* (L. f.) Schwantes

(сердцелистная)

- *cordifolia* (L. f.) Schwantes cv. *Variegata*

***Delosperma* N.E. Br. (Делосперма)**

- *lehmannii* (Eckl. et Zeyh.) Schwantes ex

H. Jacobsen (Леманна)

***Faucaria* Schwantes (Фаукария)**

*tuberculosa* (Rolfe) Schwantes

(бугорчатая)

***Oscularia* Schwantes (Оскулярия)**

- *deltoides* (L.) Schwantes (дельтовидная)

***Pleiospilos* N.E. Br. (Плейоспилос)**

- *nelii* Schwantes (Неля)

***Titanopsis* Schwantes (Титанописис)**

- *calcareo* (Marloth) Schwantes

(известковый)

**29. Сем. CACTACEAE Juss\***

(Кактусовыя)

***Acanthocalycium* Backeb.**

(Акантокалициум)

- *glaucum* C. Ritt. (сизый)

***Aporocactus* Lem. (Апорокактус)**

- *flagelliformis* (L.) Lem. (плетевидный)

- *Aporocactus* sp.

***Astrophytum* Lem. (Астрофитум)**

- *ornatum* (DC.) Webb. (украшенный)

***Austrocylindropuntia* Backeb.**

(Аустроцилиндропунция)

- *clavarioides* (Pfeiff.) Backbg.

(булавовидная)

- *cylindrica* (Lam.) Backeb.

(цилиндрическая)

- *subulata* (Muehlenpf.) Backeb.

(шиловидная)

***Aylostera* Speg. (Айлостера)**

- *albiflora* (C. Ritt. et Buining) Backeb.

(белоцветковая)

***Brasiliopuntia* (K. Sch.) Berger**

(Бразилиопунция)

- *brasiliensis* (Willd.) Berger (бразильская)

***Carnegiea* Britton et Rose (Карнегия)**

- *gigantea* (Engelm.) Britton et Rose

(гиганская)

***Cephalocereus* Pfeiff. (Цефалocereус)**

- *senilis* (Haw.) Pfeiff. (старческий)

***Cephalocleistocactus* Ritt.**

(Цефалоклейстокактус)

- *chrysocephalus* Ritt.

(золотистоголовчатый)

***Cereus* Mill. (Цереус)**

- *azureus* Parm. (лазурный)

- *peruvianus* (L.) Mill. (перуанский)

- *peruvianus* (L.) Mill. cv. *Monstrosus*

***Cleistocactus* Lem. (Клейстокактус)**

- *strausii* (Heese) Backbg. (Штрауса)

- *winter* D.R. Hunt. (Винтера)

***Dolichothele* (K. Sch.) Br. et R.**

(Долихотеле)

- *camptotricha* Tieg. (изогнутоволосая)

- *decipiens* (Scheidw.) Tieg. (обманчивая)

***Echinocactus* Link et Otto (Эхинокактус)**

- *grusonii* Hildm. (Грусона)

***Echinopsis* Zucc. (Эхинописис)**

- *eyriesii* (Turp.) Zucc. (Эрье)

- *subdenudata* Card. (полуобнаженный)

***Epiphyllum* Haw. (Эпифиллум)**

- *hybridum hort.* ex Pfeiff. White

(гибридный)

- *oxypetalum* (DC.) Haw.

(остролепестный)

***Eriocactus* Backbg. (Эриокактус)**

- *schumannianus* (Nic.) Backeb. (Шумана)

***Espostoa* Britton et Rose (Эпостоа)**

- *blossfeldiorum* (Werderm.) Vuxb.

(Блоссфельда)

- *lanata* (H. B. K.) Britton et Rose

(шерстистая)

***Ferocactus* Britton et Rose (Ферокактус)**

- *glaucescens* (DC.) Britton et Rose

(сизоватый)

- *histris* (DC.) Linds. (дикообраз)

- *wislizenii* (Engelm.) Britton et Rose

(Вислизена)



**Gymnocalycium Pfeiff. ex Mittler**

(Гимнокалициум)

- *baldianum* Speg. (Бальда)
- *eurypleurum* F. Ritter (широкобокий)
- *saglione* (Gels.) Britton et Rose (Сальо)
- *stellatum* (Speg.) Speg. (звёздчатый)

**Hatiora Britton et Rose** (Хатиора)

- *salicornioides* L. Bens (солянковидная)

**Heliocereus (A. Berger) Britton et Rose**

(Гелиоцереус)

- *speciosus* (Cav.) Britton et Rose (изящный)

**Hylocereus (A. Berger) Britton et Rose**

(Гилоцереус)

- *minutiflorus* Britton et Rose

(мелкоцветковый)

**Mammillaria Haw.** (Маммиллярия)

- *bocasana* Poselg. (бокасская)
- *carmenae* Castan. et Nun. (Кармен)
- *elongata* DC. (удлиненная)
- *longimamma* DC. (длинносочковая)
- *plumosa* Web. (перистая)
- *polythale* Martius cv. Toluca

(многосочковая)

- *prolifera* (Mill.) Haw. (побегоносная)

- *prolifera* var. *haitiensis* (Mill.) Haw.

- *spinosissima* Lem. (колючейшая)

- *wildii* D. Dietr. (Вильда)

- *winteriae* Boed. (Винтера)

**Marniera Backeb.** (Марниера)

- *chrysocardium* (Alex.) Backeb.

(золотистосердцевинная)

**Myrtillocactus Cons.** (Миртиллокактус)

- *geometrizzans* (Mart. et Pfeiff.) Cons.

(геометрический)

**Notocactus (K. Schum.) Fric** (Нотокактус)

- *ottonis* (Lem.) A. Berger. (Отто)

- *submammulosus* (Lem.) Backeb.

(полусочковый)

**Opuntia (Tourn.) Mill.** (Опунция)

- *leucotricha* DC. (беловолосая)

- *microdasys* (Lehm.) Pfeiff.

(мелковолосистая)

- *monacantha* (Willd.) Haw.

(одноколючковая)

- *monacantha* (Willd.) Haw. cv. *Variegata*

- *vulgaris* Mill. (обыкновенная)

- *robusta* H. Wendl. (мощная)

**Pereskia Mill.** (Переския)

- *aculeata* (Plum.) Mill. (шиповатая)

**Polaskia Backeb.** (Полаския)

- *chichipe* (Goss.) Backeb. (чичипе)

**Rhipsalis Gaertn.** (Рипсалис)

- *houlettiana* Lem. (Хоуллета)

- *pilocarpa* Lofgr. (опушенноплодный)

**Schlumbergera Lem.** (Шлюмбергера)

- *gaertnech* (Regel) Br. Et. (Гартнера)

- *truncata* (Haw.) Moran (усечённая)

**Stetsonia Britton et Rose** (Стетсония)

- *coryne* (SD.) Britton et Rose

(булавовидная)

**30. Сем. PORTULACACEAE Juss.\***

(Портулаковые)

**Portulacaria Jacq.** (Портулакария)

- *afra* (L.) Jacq. (африканская)

**31. Сем. AMARANTHACEA Juss.\***

(Амарантовые)

- *herbstii* Hook. (Хербста)

- *lindenii* Van Houtte (Линдена)

**32. Сем. PLUMBAGINACEAE Juss.\***

(Свинчатковые)

**Plumbago L.\*** (Свинчатка)

- *auriculata* Lam. (ушковидная)

**33. Сем. THEACEAE D. Don.\*** (Чайные)

**Camellia L.** (Камелия)

- *japonica* L. (японская)

**34. Сем. PASSIFLORACEAE Juss. ex**

**Roussel, now. cons.** (Страстоцветные)

**Passiflora L.** (Пассифлора)

- *incarnate* L. (мясо-красная)

**35. Сем. CARICACEAE Dumort., now.**

**cons.** (Кариковые)

**Carica L.** (Карика)

- *papaya* L. (папайя, или Дынное дерево)

**36. Сем. BEGONIACEAE C. Agardh.**

(Бегониевые)

**Begonia L.** (Бегония)

- *x argenteo-guttata* M. Lem.

(серебряно-пятнистая)

- *bowerae* Ziesenh. (Бауэра)

- *bowerae* Ziesenh. cv. Anita Smorrad

- *bowerae* Ziesenh. cv. Beatrice Hadrell

- *bowerae* Ziesenh. cv. Black Velvet

- *bowerae* Ziesenh. cv. Bow-Arriola

- *bowerae* Ziesenh. cv. Cleopatra

- *bowerae* Ziesenh. cv. Rhinestone Jeans

- *bowerae* Ziesenh. cv. Spaulding

- *bowerae* Ziesenh. cv. Tiger

- *x crednerii* Haage et Schmidt (Креднера)



- *x erythrophylla* Neumann (краснолистная)
- *x erythrophylla* Neumann cv. Bunchii
- *griffithii* Hook. (Гриффита)
- *imperialis* Lem. cv. Otto Forster (императорская)
- *masoniana* Irmsch. (Мэсона)
- *pustulata* Liebm. var. *argentea* (пузырчатая)
- *rex* Putzeys (королевская)
- *rex* Putzeys cv. Jolly Silver
- *rex* Putzeys cv. L'escargo
- *rex* Putzeys cv. Regal Minuet
- *rex* Putzeys cv. Shamus
- *rex* Putzeys cv. Salamander
- *ricinifolia* A. Dietr. (клещевинолистная)
- *x speculata hort.* (зеркальная)

**37. Сем. ERICACEAE Juss.\***  
(Вересковые)

**Rhododendron L.\*** (Рододендрон)  
- *obtusum* (Lindl.) Planch. (тупой)

**38. Сем. MYRSINACEAE R. Br., now. cons.** (Мирсиновые)

**Ardisia Sw.** (Ардизия)  
- *crenata* Sims. (городчатая)

**Cyclamen L.\*** (Цикламен)  
- *persicum* Mill. (персидский)

**39. Сем. BOMBACACEAE Kunth, now. cons.** (Бомбаксовые)

**Ceiba (L.) Mill.** (Сейба)  
- *pentandra* (L.) Gaertn. (пятитычинковая, или Хлопковое дерево)

**Pachira Aubl.** (Пахира)  
- *aquatica* Aubl. (водная)

**40. Сем. MALVACEAE Juss.\***  
(Мальвовые)

**Abutilon Mill.\*** (Абутилон)  
- *hybridum hort.* (гибридный)

**Hibiscus L.\*** (Гибискус)  
- *rosa-sinensis* L.\* (китайский)

- *trionum* L.\* (трионум)  
**Malvaviscus Cav.** (Мальвавискус)

- *arboreus* Cav. (древовидный)

**41. Сем. EUPHORBIACEAE Juss.\***

(Молочайные)  
**Codiaeum Rumph. et A. Juss.** (Кодиеум)  
- *variegatum* (L.) Blume f. *cornutum* Andre cv. Banana (пестрый)

- *variegatum* (L.) Blume f. *cornutum* Andre cv. Gold Sun
- *variegatum* (L.) Blume f. *lobatum* Pax cv. Excellent
- *variegatum* (L.) Blume f. *platyphyllum* Pax cv. Mrs. Iseton Red
- *variegatum* (L.) Blume f. *platyphyllum* Pax cv. Norma
- *variegatum* (L.) Blume f. *platyphyllum* Pax cv. Petra
- *variegatum* (L.) Blume f. *taeniosum* Muell. Arg. cv. Gold Star

**Euphorbia L.** (Молочай)

- *canariensis* L. (канарский)
- *grantii* Oliv. (Гранта)
- *grantii* Oliv. cv. Rumba
- *leuconeura* Boiss. (беложилковый)
- *milii* Des Moulin (Миля)

- *pulcherrima* Willd. (красивейший, или Пуансеттия)

- *trigona* Haw. (трёхгранный)

- *tirucalli* L. (тирукалли)

- *submamillaris* (A. Berger) A. Berger (полусосочковый)

**Pedilanthus Neck. et Poit.** (Педилантус)

- *tithymaloides* (L.) Poit. *Variegated* (титималоидный)

**42. Сем. PITTOSPORACEAE R. Br.\***  
(Питтоспоровые)

**Pittosporum Banks et Soland\***

(Питтоспорум)

- *undulatum* Vent. (волнистый)

- *tobira* (Thunb.) Aiton\* (Тобира)

- *tobira* (Thunb.) Aiton\* cv. *Variegata*

**43. Сем. CRASSULACEAE DC.\***

(Толстянковые)

**Aichryson Webb et Berthel.** (Аихризон)

- *x domesticum* Praeger. (домашний)

**Crassula L.** (Крассула)

- *brevifolia* Harvey (коротколистная)

- *capitella* (Thunb.) Toelken

(мелкоголовчатая)

- *falcata* (DC.) Wendl. (серповидная)

- *x justi-corderoyi* H. Jacobsen et Poelln.

(Юсти-Кордерои)

- *lactea* Sol. (молочная)

- *lycopodioides* Lam. (плауновидная)

- *lycopodioides* Lam. var.

*Pseudolycopodioides*



- *marnieriana* Hub. (Марнье)
- *nealiana* V. Higgins (неалиана)
- *portulacea* Lam. (портулаковая)
- *ovata* Druce cv. Hobbit (овальная)
- *ovata* (Mill.) Druce ssp. *obliqua* cv. Solana
- *perforata* Thunb. (продырявленная)
- *perforata* Thunb. cv. *Variegata*
- *picturata* Boem. (точечная)
- *rupestris* Thunbg (наскальная)
- *socialis* Schoenl. (общественная)
- Echeveria DC.** (Эхеверия)
- *elegans* Rose (изящная)
- *derenbergii* J.A. Purpus. (Деренберга)
- *leucotricha* J.A.Purpus. (беловолосистая)
- *glauca* (Baker) Walther. ssp. *pumila* Van Houtte. cv. *Cristata* (сизая)
- *lilacina* Kimmach et Moran (лилейная)
- *pulidonis* Walther (пулидонис)
- *purpurorum* (Rose) A.Berger (пурпузорум)
- *runyonii* Rose cv. Topsy-Turvy (Руньона)
- Kalanchoe Adans.** (Каланхоэ)
- *beharensis* Drake et Castillo cv. Aureo-Aeneus (бехарское)
- *blossfeldiana* Poelln. (Блоссфельда)
- *blossfeldiana* Poelln. cv. *Variegata*
- *daigremontiana* R. Hamet et Perr. (Дегремона)
- *fedtschenkoi* Hamet et Perr. (Федченко)
- *fedtschenkoi* Hamet et Perr. var. *foliis variegatis*
- *laciniata* DC. (рассеченное)
- *manginii* Raym.-Hamet et H. Perrier (Мангина)
- *millotii* Hamet et Perr. (Миллота)
- *pinnata* (Lam.) Pers. (перистое)
- *rhombofilosa* O. Mannoni et Boiteau (ромбовидно-волосистое)
- *thyrsiflora* Harv. (метельчатоцветковое)
- *tementosa* Bak. (войлочное)
- *tubiflora* (Harvey) Hamet (трубкоцветное)
- *velutina* Welw. (бархатистое)
- Sedum L.\*** (Очиток)
- *burrito* Moran (буррито)
- *compressum* Rose (сжатый)
- *dasyphyllum* L. (густолистный)
- *hernandezii* J. Meunier (Эрнандеса)
- *greggii* Hemsl. (Грегга)
- *morganianum* Walthon (Моргана)
- *rubroinctum* R.T. Clausen (краснеющий)
- *rubroinctum* R.T. Clausen cv. *Aurora*
- *weinbergii* (Rose) Bgr. (Вайнберга)
- 44. Сем. ROSACEAE Juss.\*** (Розовые)
- Eriobotrya Lindl.\*** (Эриоботрия)
- *japonica* (Thunb.) Lindl.\* (японская или Мушмула японская)
- Laurocerasus Hill\*** (Лавровишня)
- *officinalis* M. Roem\* (лекарственная)
- 45. Сем. FABACEAE Lindl.\*** (Бобовые)
- Bauhinia (Plum.) L.** (Баугиния)
- *variegata* L. (пестрая)
- Ceratonia L.\*** (Цератония)
- *siligua* L.\* (стручковая)
- 46. Сем. NEPENTHACEAE Dumort., now. cons.** (Непентовые)
- Nepenthes L.** (Непентес)
- *x coccinea* Mast. (ярко-красный)
- 47. Сем. PUNICACEAE Horal\*** (Гранатовые)
- Punica L.\*** (Гранат)
- *granatum* L.\*cv. *Nana* (обыкновенный)
- 48. Сем. MELASTOMATACEAE Juss., now. cons.** (Меластомовые)
- Medinilla Gaudich.** (Мединилла)
- *magnifica* Lindl. (великолепная)
- 49. Сем. MYRTACEAE Juss.\*** (Миртовые)
- Acca O. Berg.** (Акка)
- *sellowiana* (Berg.) Burret (Селлова, или Фейхоа)
- Myrtus L.** (Мирт)
- *communis* L. (обыкновенный)
- *communis* L. cv. *Microphylla*
- Psidium L.** (Псидиум)
- *guianense* Pers. (гвианский, или Бразильская Гуава)
- *cattleyanum* Sabine (Кэттли, или Земляничная гуава)
- 50. Сем. ONAGRACEAE Juss.\*** (Кипрейные)
- Fuchsia L.** (Фуксия)
- *x hybrida hort.* (гибридная)
- 51. Сем. RUTACEAE Juss.\*** (Рутовые)
- Citrus L.\*** (Цитрус)
- *grandis* (L.) Osbeck (Помело)
- *hystrix* L. (Папеда ежеиглистая, или Каффир-лайм)



- *limon* (L.) Burm. f.\* cv. Eureka (Лимон)
- *limon* (L.) Burm. f.\* cv. Meyers
- *limon* (L.) Burm. f. \* cv. Pavlovsky
- *limon* (L.) Burm. f. \* cv. Ponderosa
- *medica* L. (цитрон)
- *paradisi* Macfad. (Грейпфрут)
- *sinensis* (L.) Osbeck. cv. Washington Navel (Апельсин сладкий)
- *reticulate* Blanco var. Unshiu (Mare.) Ну (Мандарин)

- *reticulata* × *Fortunella margarita* (Каламондин)

***Feronia Correa*** (Ферония)

- *limonia* (L.) Swingle (лимонная, или Слоновое яблоко)

***Fortunella Swingle*\*** (Фортунелла)

- *margarita* (Lour.) Swingle (Маргарита, или Кумкват нагами)

***Murraya J. Koenig et L.*** (Муррайя)

- *paniculata* (L.) Jacq. (метельчатая)

**52. Сем. SAPINDACEAE Juss.**

(Сапидовые)

***Litchi Sonn.*** (Личи)

- *chinensis* Sonn. (китайское)

***Nephelium L.*** (Нефелиум)

- *lappaceum* L. (репейниковый, или Рамбутан)

**53. Сем. OXALIDACEAE R. Br.\***

(Кисличные)

***Biophytum DC.*** (Биофитум)

- *sensitivum* (L.) DC. (чувствительный)

***Oxalis L.*** (Кислица)

- *triangularis* A. St. Hil cv. Mijke (треугольная)

**54. Сем. GERANIACEAE Juss.\***

(Гераниевые)

***Pelargonium L'Her. ex Ait.*** (Пеларгония)

- *graveolens* L'Her. ex Ait. (душистая)
- *zonale* (L.) L'Her. (зональная)

**55. Сем. BALSAMINACEAE A. Rich.\***

(Бальзаминовые)

***Impatiens L.\**** (Недотрога)

- *x hybrida hort.* New Quinta Group in cv. (гибридная)

**56. Сем. MALPIGHIACEAE Juss.**

(Мальпигиевые)

***Malpighia L.*** (Мальпигия)

- *coccigera* L. (багряная)

**57. Сем. ARALIACEAE Juss.\***

(Аралиевые)

***Hedera L.\**** (Плющ)

- *canariensis* Willd. (канарский)
- *helix* L.\* cv. Chicago (обыкновенный)

- *helix* L.\* cv. Chicago Variegata

- *helix* L.\* cv. Clotted Cream

- *helix* L.\* cv. Harald

- *helix* L.\* cv. Ivalace

- *helix* L.\* cv. Ripple

- *helix* L.\* cv. Sagittaeifolia

***Fatsia (Thunb.) Decne. et Planch.\****

(Фатсия)

- *japonica* (Thunb.) Decne. et Planch.\*

(японская)

***x Fatshedera Guillaumin*** (Фатсхедера)

- *lizei* (Cochet) Guillaumin (Лизе)

***Schefflera J.R. Forst. et G. Forst.***

(Шеффлера)

- *arboricola* (Hayata) Merr. (древовидная)

- *arboricola* (Hayata) Merr. cv. Gold

Capella

**58. Сем. CELASTRACEAE R. Br.\***

(Бересклетовые)

***Euonymus L.\**** (Бересклет)

- *japonicus* Thunb.\* (японский)

- *japonicus* Thunb.\* cv. Argenteovariegatus

- *japonicus* Thunb.\* cv. Aureovariegatus

**59. Сем. VITACEAE Juss.\***

(Виноградовые)

***Cissus L.*** (Циссус)

- *antarctica* Vent. (антарктический)

- *rhombifolia* (Baker) Vahl. (ромбический)

- *rhombifolia* (Baker) Vahl. cv. Ellen Dinasa

- *rotundifolia* (Forssk.) Vahl.

(круглолистный)

***Tetrastigma (Miq.) Planch.*** (Тетрастигма)

- *voinierianum* (Baltet) Pierre ex Gagner.

(Вуанье)

**60. Сем. LEEACEAE Dumort.** (Леевые)

***Leea D. Royle, now. cons.*** (Леея)

- *sambucina* (L.) Willd. cv. Burgundi (бузинная)

**61. Сем. RUBIACEAE Juss.\***

(Мареновые)

***Coffea L.*** (Кофе)

- *arabica* L. (аравийский)

***Psychotria L.*** (Психотрия)

- *punctata* Vatke (точечная, или Чакруна)



**62. Сем. APOCYNACEAE Juss.\***

(Кутровые)

*Allamanda* L. (Алламанда)

- *cathartica* L. cv. *Hendersonii*

(слабительная)

- *neriifolia* Hook (олеандролистная)

*Nerium* L.\* (Олеандр)

- *oleander* L.\* (обыкновенный)

- *oleander* L.\* cv. *Rosso sangue*

- *oleander* L.\* cv. *Rosso semplice*

**63. Сем. ASCLEPIADACEAE R. Br.\***

(Ластовневые)

*Ceropegia* L. (Церопегия)

- *africana* R. Br. (африканская)

- *linearis* E. Mey (линейная)

- *woodii* Schlechter (Вуда)

*Hoja* R. Br. (Хойя)

- *carnosa* (L. f.) R. Br. (мясистая)

*Huernia* R. Br. (Гуэрния)

- *barbata* (Mass.) Haw. (бородатая)

- *keniensis* R.E. Fr. (кенийская)

- *zebrina* N.E. Br. (полосатая)

*Stapelia* L. (Стапелия)

- *grandiflora* Mass (крупноцветная)

*Stephanotis* Thour. (Стефанотис)

- *floribunda* Brongn. (обильноцветущий)

**64. Сем. OLEACEAE Hoffm. et Link\***

(Маслиновые)

*Jasminum* L.\* (Жасмин)

- *sambac* (L.) Aiton (самбак)

*Olea* L.\* (Маслина)

- *europaea* L.\* (европейская)

**65. Сем. VERBENACEAE J. St.-Hil.\***

(Вербеновые)

*Clerodendrum* L.\* (Клеродендрум)

- *thomsoniae* Balf. (Томсона)

**66. Сем. LAMIACEAE Lindl.\***

(Яснотковые)

*Coleus* Lour. (Колеус)

- *Blumei* Benth. (Блюме)

- *rehneltianus* Berg. (Ренельта)

*Plectranthus* L?Her., now. cons.

(Плектрантус)

- *aromaticus* Roxb. (ароматный)

- *oertendahlii* T.C.E.FR. (Эртендаля)

*Pogostemon* Desf. (Погостемон)

- *cablin* (Blanco) Benth. (Пачули)

*Rosmarinus* L.\* (Розмарин)

- *officinalis* L.\* (лекарственный)

**67. Сем. SOLANACEAE Juss.\***

(Пасленовые)

*Brugmansia* Pers. (Бругмансия)

- *arborea* (L.) Steud. (древовидная)

- *suaveolens* Bercht. (душистая)

*Brunfelsia* L. (Брунфельсия)

- *hopeana* (Hook.) Benth. (Хопа)

*Capsicum* L.\* (Перец)

- *annuum* L.\* (однолетний,

или мексиканский)

*Solanum* L.\* (Паслён)

- *betaceum* Cav. (свекольный)

- *capsicastrum* Link\* (перцевидный)

**68. Сем. GESNERIACEAE Dumort.**

(Геснериевые)

*Aeschynanthus* Jack (Эсхинантус)

- *speciosus* Hook. (красивый)

*Hypocyrta* Mart. (Гипоцирта)

- *glabra* Hook. (голая)

*Kohleria* Regel (Колерия)

- *eriantha* Hanst. (пушистоцветковая)

*Sinningia* Nees (Синнингия)

- *speciosa* (Lodd.) Benth. et Hook.

(прекрасная, или Глоксиния)

*Saintpaulia* H. Wendl. (Сенполия)

- *hybrida hort.* (гибридная,

или Узамбарская фиалка)

*Streptocarpus* Lindl. (Стрептокарпус)

- *hybridus hort.* (гибридный)

- *saxorum* Engl. (скальный)

**69. Сем. ACANTHACEAE Juss.\***

(Акантовые)

*Fittonia* Coem. (Фиттония)

- *verschaffeltii* (Lem.) Coem cv. *Josan*

(Вершаффельта)

- *verschaffeltii* (Lem.) Coem cv. *Pearcei*

- *verschaffeltii* (Lem.) Coem cv. *Skeleton*

- *verschaffeltii* (Lem.) Coem cv. *Snow Star*

- *verschaffeltii* (Lem.) Coem cv. *White Star*

- *verschaffeltii* (Lem.) Coem. var.

*argyroneura*

*Hypoestes* Sol. et R. Br. (Гипоэстес)

- *phyllostachya* Baker cv. *Persuasion Pink*

(листоколосниковый)

- *phyllostachya* Baker cv. *Pink Splash Select*

- *phyllostachya* Baker cv. *Persuasion White*

- *phyllostachya* Baker cv. *Ruby Red*

*Justicia* L. (Юстиция)

- *brandegeana* Wassh. et L.B. Sm.

(Брандега)



- Pachystachys** Nees (Пахистахис)  
- *coccinea* (Hiern) Nees (ярко-красный)  
- *lutea* Nees (желтый)
- Ruellia** L. (Руэллия)  
- *caroliniensis* (Walt.) Steud. (каролинская)  
- *devosiana hort.* Макоу ex E. Morr (Девоса)
- Sanchezia** Ruiz. et Pav. (Санхеция)  
- *nobilis* Hook. (благородная)
- 70. Сем. CAMPANULACEAE Juss.\***  
(Колокольчиковые)
- Campanula** L.\* (Колокольчик)  
- *isophylla* Moretti cv. Alba (равнолистный)  
- *isophylla* Moretti cv. Mayi
- 71. Сем. ASTERACEAE Dumort.\***  
(Астровые)
- Gynura** Cass (Гинура)  
- *sarmentosa* DC. (плетеносная)
- Senecio** L.\* (Крестовник)  
- *articulatus* (L. f.) Sch. Bip. (членистый)  
- *articulatus* (L. f.) Sch. Bip. (членистый)  
- *macroglossus variegatus* DC. (крупноязычковый)  
- *rowleyanus* Jacobs (Роули)
- 72. Сем. ALISMATACEAE Vent.\***  
(Частуховые)
- Alisma** L.\* (Частуха)  
- *plantago-aquatica* L.\* (подорожниковая)
- 73. Сем. COLCHICACEAE DC.\***  
(Безвременниковые)
- Gloriosa** L. (Глориоза)  
- *superba* L. (роскошная)
- 74. Сем. NYACINTHACEAE Batsch\***  
(Гиацинтовые)
- Drimiopsis** Lindl. et Paxton (Дримиопсис)  
- *botryoides* Baker. (гроздевидный)  
- *botryoides* Baker. (гроздевидный)
- Ledebouria** Roth. (Ледебурия)  
- *socialis* L. (общественная)
- Ornithogalum** L.\* (Птицемлечник)  
- *caudatum* Jacq. (хвостатый, или Индийский лук)
- 75. Сем. AMARYLLIDACEAE J. St.-Hil.\***  
(Амариллисовые)
- Clivia** Lindl. (Кливия)  
- *gardenia* W.J. Hooker (Гардена)  
- *miniata* Regel (киноварная)
- Crinum** L. (Кринум)  
- *x powellii hort.* ex Baker (Пауэлла)
- Eucharis** Planch. et Linden (Эухарис)  
- *x grandiflora* Planch. et Linden (крупноцветковый)
- Haemanthus** L. (Гемантус)  
- *albiflos* Jacq (белоцветковый)
- Hippeastrum** Herb. (Гиппеаструм)  
- *hybridum hort.* (гибридный)
- Zephyranthes** Herb. (Зефирантес)  
- *candida* (Lindl.) Herb. (белый)
- 76. Сем. PHORMIACEAE J. Agardh**  
(Формиевые)
- Dianella** Lam. ex Juss (Дианелла)  
- *caerulea* Sims. (голубая)
- 77. Сем. AGAVACEAE Dumort., now. cons.** (Агавовые)
- Agave** L. (Агава)  
- *americana* L. (американская)  
- *americana* L. cv. Marginata  
- *filifera* Salm-Dyck (нитеносная)  
- *rigida* Mill. (крепкая)  
- *victoriae-reginae* T. Moore (королевы Виктории)
- Furcraea** Vent. (Фуркрея)  
- *foetida* Vent. (вонючая)
- Yucca** L. (Юкка)  
- *elephantipes* Regel ex Trel. (слоновая)  
- *elephantipes* Regel ex Trel. cv. Variegata
- 78. Сем. ALOACEAE Batsch** (Алоевые)
- Aloe** L. (Алоэ)  
- *arborescens* Mill. (древовидное)  
- *aristata* Haw. (остистое)  
- *x delaetii* Radl. (Дэлета)  
- *ferox* Mill. (ужасное)  
- *juvenna* (ювенильное)  
- *latifolia* Haw. (широколистное)  
- *polyphylla* Schonl ex Pillans (спиральное)  
- *saponaria* (Aiton) Haw. (мыльное)  
- *vera* L. (настоящее, или Барбадосское)
- Gasteria** Duval (Гастерия)  
- *liliputana* Poelln. (крошечная)  
- *maculata* (Thunb.) Haw. (пятнистая)  
- *marmorata* Bak. (мраморная)  
- *yerrucosa* Haw. (бородавчатая)
- Haworthia** Duval (Хавортия)  
- *angustifolia* Haw. (узколистная)  
- *attenuata* Haw. (оттянутая)  
- *cooperi* Baker cv. Cooperi (Купера)



- *cymbiformis* (Haw.) Duval (ладьевидная)
- *cymbiformis* (Haw.) Duval cv. *Variegata*
- *fasciata* (Willd.) Haw. (полосатая)
- *tortuosa* Haw. (извилистая)

**79. Сем. ANTHERICACEAE J. Agardh**  
(Венечниковые)

***Chlorophytum* Ker-Gawl.** (Хлорофитум)

- *borivilianum* Santarau et R.R. Fern.  
(боривилианум)
- *comosum* (Nees) Jaques (хохлатый)
- *comosum* (Nees) Jaques cv. *Bonnie*
- *comosum* (Nees) Jaques cv. *Variegatum*
- *comosum* (Nees) Jaques cv. *Vittatum*

**80. Сем. CONVALLARIACEAE Horan.\***  
(Ландышевые)

***Aspidistra* Ker-Gawl.** (Аспидистра)

- *elator* Blume (высокая)

***Ophiopogon* Ker.-Gawl.** (Офиопогон)

- *japonicus* (L. f.) Ker.-Gawl. (японский)

**81. Сем. RUSCACEAE Hutch.\***  
(Иглицевые)

***Ruscus* L.\*** (Иглица)

- *aculeatus* L.\* (колючая)
- *hypoglossum* L.\* (подъязычная)

**82. Сем. ASPARAGACEAE Juss.\***  
(Аспарагусовые)

***Asparagus* L.\*** (Аспарагус)

- *densiflorus* (Kunth) Jessop  
(густоцветковый)
- *densiflorus* (Kunth) Jessop cv. *Meyersii*
- *densiflorus* (Kunth) Jessop cv. *Sprenger*
- *falcatus* L. (серповидный)
- *plumosus* Baker cv. *Nanus* (перистый)
- *plumosus* Baker cv. *Pyramidalis*

**83. Сем. DRACAENACEAE Salisb.,  
nom. cons.** (Драценовые)

***Dracaena* Vand. ex L.** (Драцена)

- *deremensis* (N.E. Br.) Engl. (деремская)
- *deremensis* (N.E. Br.) Engl. cv. *Compacta*
- *deremensis* (N.E. Br.) Engl. cv. *Surprise*
- *deremensis* (N.E. Br.) Engl. cv. *Warneckeii*
- *reflexa* Lam. cv. *Song of India*  
(отогнутая)
- *fragrans* (L.) Ker-Gawl. cv. *Massangeana*  
(душистая)
- *reflexa* Lam. cv. *Song of India*  
(отогнутая)

***Nolina* Michx.** (Нолина)

- *recurvate* (Lem.) Hemsl. (отогнутая)

***Sansevieria* Thunb., nom. cons.**

- (Сансевиерия)
- *cylindrica* Voj. cv. *Patula*  
(цилиндрическая)
- *dooneri* N.E. Br. (Дунери)
- *parva* N.E. Br. (Парва)
- *trifasciata hort.* ex Prain (трёхполосая)
- *trifasciata hort.* ex Prain cv. *Bantel's  
Sensation*
- *trifasciata hort.* ex Prain cv. *Hahnii*
- *trifasciata hort.* ex Prain cv. *Golden  
Hahnii*
- *trifasciata hort.* ex Prain cv. *Laurentii*
- *trifasciata hort.* ex Prain cv. *Moon Shine*
- *trifasciata hort.* ex Prain cv. *Stella Klones*

**84. Сем. IRIDACEAE Juss., nom. cons.**  
(Ирисовые)

***Dietes* Salisb. ex Klatt** (Диэтеc)

- *grandiflora* N.E. Br. (крупноцветковый)

**85. Сем. HYPOXIDACEAE R. Br.**  
(Гипоксисовые)

***Curculigo* Gaerth.** (Куркулиго)

- *recurvata* Dryand. (отогнутый)

**86. Сем. ORCHIDACEAE Juss.**  
(Орхидные)

**x *Cattleya* Lindl.** (Каттлея)

- *hybrida hort.* (гибридная)

**x *Cymbidium* Sw.** (Цимбидиум)

- *hybridum hort.* (гибридный)

***Dendrobium* Sw.** (Дендробиум)

- *nobile* Lindl. (благородный)

***Odontoglossum* Kunth** (Одонтоглоссум)

- *crispum* Lindl. (кудрявый)

***Phalaenopsis* Blume** (Фаленопсис)

- *amabilis* (L.) Blume (приятный)

- *hybridum hort.* (гибридный)

***Stanhopea* Frost.** (Стангопея)

- *tigrina* Batem. ex Lindl. (тигровая)

**x *Vuylstekeara*** (Ваилстекеара)

- *Cambria* (камбрия)

**87. Сем. BROMELIACEAE Juss.**  
(Бромелиевые)

***Aechmea* Ruiz. et Pav.** (Эхмея)

- *fasciata* (Lindl.) Baker (полосатая)

***Ananas* Mill.** (Ананас)

- *comosus* (L.) Merr. (крупнохололковый)

***Areghelia*** (Арегелия)

- *binotii* (E. Morren) Mez. (Бинота)





- Billbergia Thunb.** (Бильбергия)  
- *nutans* H. Wendl. (понижающаяся)  
- *saundersii* hort. Bull ex K. Koch.  
(Сандерса)  
- *windii* hort. ex Baker. (Винда)
- Cryptanthus Otto et Dietr.** (Криптантус)  
- *acaulis* Beer (бесстебельный)  
- *bivittatus* (Hook.) Regel (двуполосый)  
- *bromelioides* Otto et Dietr.  
(бромелиевидный)
- x Cryptbergia Anon.** (Криптбергия)  
- *rubra* hort. (красная)
- Guzmania Ruiz. et Pav.** (Гузмания)  
- *lingulata* (L.) Mez var. *cardinalis* Andre  
ex Mez (язычковая)  
- *lingulata* L. var. *flammea*
- Neoregelia L.B. Sm.** (Неорегелия)  
- *ampullacea* (E. Morren) L.B. Sm.  
(пузырчатая)
- Puya Molina** (Пуйя)  
- *chilensis* Molina, Sag. Stor. Nat. Chili  
(чилийская)
- Vriesea Lindl.** (Вриезия)  
- *fenestralis* Linden et Andre  
(продырявленная)  
- *splendens* (Brongn.) Lem. (блестящая)
- 88. Сем. CYPERACEAE Juss.\***  
(Осоковые)
- Cyperus L.** (Циперус)  
- *alternifolius* L. (очереднолистный)  
- *rapurus* L. (папирус)  
- *cyperus* sp.
- 89. Сем. COMMELINACEAE R. Br.\***  
(Коммелиновые)
- Callisia Loefl.** (Каллизия)  
- *fragrans* (Lindl.) Woodson (душистая)  
- *navicularis* (Ortegies) D.R. Hunt  
(ладьевидная)  
- *repens* (Jacq.) L. (ползучая)
- Commelina L.\*** (Коммелина)  
- *zania* L. cv. *Mexicana* Flag (занония)
- Cyanotis D. Don** (Цианотис)  
- *somaliensis* C.V. Clarke (сомалийский)
- Dichorisandra J.C. Mikan**  
(Дихоризандра)  
- *hexandra* L. (шеститычинковая)
- Rhoeo Hance.** (Рео)  
- *spathacea* (Sw.) Stearn (покрывальчатое)
- *spathacea* (Sw.) Stearn cv. *Compacta*  
- *spathacea* (Sw.) Stearn cv. *Vittata*
- Setcreasea K. Schum. et Sydow**  
(Сеткреазия)  
- *purpurea* Boom. (пурпурная)
- Siderasis Raf.** (Сидератис)  
- *fuscata* (Lodd.) H.E. Moore (буроватый)
- Tradescantia L.** (Традесканция)  
- *albiflora* Kunth (белоцветковая)  
- *albiflora* Kunth cv. *Albo-vittata*  
- *fluminensis* Vell. (приречная)  
- *pilosa* Lehm. (волосистая)  
- *zebrina* hort. ex Bosse. (зебровидная)
- 90. Сем. POACEAE Barnhart** (Злаковые)
- Oplismenus P Beauv.** (Остянка)  
- *hirtellus* (L.) P. Beauv. cv. *Variegatus*  
(коротковолосистая)
- Pogonatherum** (Погонатерум)  
- *panicum* (Lam.) Hack. (просовидный)
- 91. Сем. STRELITZIACEAE Hutch., nom. cons.** (Стрелитциевые)
- Strelitzia Aiton** (Стрелитция)  
- *reginae* Aiton (королевская)
- 92. Сем. MUSACEAE Juss.** (Банановые)
- Musa L.** (Банан)  
- *acuminata* Colla (заостренный)
- 93. Сем. ZINGIBERACEAE Martynov**  
(Имбирные)
- Alpinia Roxb.** (Альпиния)  
- *calcarata* (Haw.) Roscoe (шпорцевая)
- 94. Сем. COSTACEAE Nakai**  
(Костусовые)
- Costus L.** (Костус)  
- *deistelii* K. Schum. (Дейстела)
- 95. Сем. MARANTACEAE R. Br., nom. cons.** (Марантовые)
- Calathea G. Mey** (Калатея)  
- *ornata* (Linden et Lem.) Korn. cv. *Beauty Star* (украшенная)  
- *roseopicta* (Linden) Regel. cv. *Medallion*  
(розовато-раскрашенная)  
- *rufibarba* Fenzl cv. *Wavestar*  
(рыжебородая)  
- *warszewiczii* (L. Mathieu) Planch. et  
Linden (Варшевича)
- Ctenanthe Eichl.** (Ктенанте)  
- *compressa* (A. Dietr.) Eichl. (сжатая)  
- *setosa* L. (щетилистная)



**Maranta L.** (Маранта)  
- *leuconeura* E. Morren var. *erythrophylla* (беложилковая)  
- *leuconeura* E. Morren var. *Kerchoviana*  
**Stromanthe Sond.** (Строманте)  
- *sanguinea* Sond. cv. *Triostar* (кроваво-красная)  
**96. Сем. ARECACEAE Sch. Bip.\***  
(Арековые)  
**Caryota L.** (Кариота)  
- *mitis* Lour (мягкая)  
**Chamaedorea Willd.** (Хамедорея)  
- *elegans* Mart. (изящная)  
- *radicalis* Mart. (корневая)  
**Chamaerops L.\*** (Хамеропс)  
- *humilis* L.\* cv. *Arborescens* (приземистый)  
**Chrysalidocarpus H. Wendl.** (Хризалидокарпус)  
- *lutescens* H. Wendl. (желтоватый)  
**Howea Весс.** (Ховея)  
- *forsteriana* Весс. (Форстера)  
**Rhapis L. f. ex Aiton** (Рапис)  
- *excelsa* (Thunb.) Henry (высокий)  
**Phoenix L.\*** (Финик)  
- *dactylifera* L. (пальчиковый)  
**Trachycarpus H. Wendl.\*** (Трахикарпус)  
- *fortunei* (Hook.) H. Wendl.\* (Форчуна)  
**Washingtonia H. Wendl.\*** (Вашингтония)  
- *filifera* (Linden ex Andre) H. Wendl. (нитеносная)  
**97. Сем. PANDANACEAE R. Br.**  
(Пандановые)  
**Pandanus Parkinson** (Панданус)  
- *tectorius* Parkinson (кровельный)  
- *tectorius* Parkinson cv. *Veitchii*  
**98. Сем. ARACEAE Juss.\*** (Ароидные)  
**Aglaonema Schott** (Аглаонема)  
- *commutatum* Schott (переменчивая)  
**Alocasia (Schott) G. Don** (Алоказия)  
- *x amazonica hort.* (амазонская)  
- *cuprea* (K. Koch et Bouche) K. Koch (медная)  
- *macrorrhizos* (L.) G. Don (крупнокорневая)  
**Amorphophallus Blume ex Decne** (Аморфофаллус)  
- *rivieri* Durieu ex Carriere (Ривери)

**Anthurium Schott** (Антуриум)  
- *andraeanum* Linden (Андре)  
- *magnificum* Linden (величественный)  
- *olfersianum* Kunth (Ольферса)  
- *polyschistum* Schult. et Idrobo (многокасеченный)  
**Dieffenbachia Schott** (Диффенбахия)  
- *amoena* Bull. cv. *Tropic Snow* (прелестная)  
- *maculata* (Lodd.) G. Don cv. *Camilla* (раскрашенная)  
- *oerstedii* Schott (Эрстеда)  
**Epipremnum Schott** (Эпипремнум)  
- *pinnatum* (L.) Engl. (перистый)  
**Monstera Adans** (Монстера)  
- *deliciosa* Liebm (деликатесная)  
**Philodendron Schott** (Филодендрон)  
- *bipinnatifidum* Schott et Endl. cv. *Xanadu* (двоякоперистый)  
- *erubescens* K. Koch et Augustin cv. *Burgundy* (краснеющий)  
- *hastatum* K. Koch et Sello (копьевидный)  
**Pistia L.** (Пистия)  
- *stratiotes* L. (телорезовидная)  
**Scindapsus Schott** (Сциндапус)  
- **aureus (Lind.et Andre) Engl.** (золотистый)  
- *aureus* (Lind.et Andre) Engl. cv. *Golden Queen*  
- *aureus* (Lind.et Andre) Engl. cv. *Neon*  
- *pictus* Hassk (пятнистый)  
**Spathiphyllum Schott** (Спатифиллум)  
- *wallisii* Regel (Уоллиса)  
**Stenospermation Schott** (Стеносперматсион)  
- *parayanense* Schott (попаянский)  
**Syngonium Schott** (Сингониум)  
- *podophyllum* Schott (ноголистный)  
- *podophyllum* Schott cv. *Emerald Gem*  
- *podophyllum* Schott cv. *Green Gold*  
- *wendlandii* Schott (Вендлэнда)  
**Zamioculcas Schott** (Замиокулькас)  
- *zamiifolia* (Lodd.) Engl. (замиелистный)

\* Латинские названия таксонов даны по С.К. Черепанову [6].



Коллекции экзотических растений являются базой для проведения научных исследований по систематике, морфологии, анатомии, биохимии и физиологии растений. Так, за последние три года на базе Центра было реализовано свыше 10 научных проектов и программ [8; 9]. Вот наиболее значимые из них:

1. Международная программа по фиторемедиации загрязненных почв «Greenland» (2012–2014 гг.).

2. Изучение реакции сельскохозяйственных растений на воздействие антропогенных и природных факторов (руководитель – канд. биол. наук, доцент С.Э. Короза).

3. ГПНИ «Оценка морфофизиологической и генетической активности брассиностероидов и стероидных гликозидов для расширения спектра действия биорегуляторов растений стероидной природы» (2016–2020 гг.; руководитель – канд. биол. наук, доцент С.Э. Короза).

4. Изучение биоразнообразия различных фитоценозов Бугско-Полесского региона (руководитель – канд. биол. наук, доцент С.В. Зеркаль).

5. Разработка метода повышения индукции процессов морфогенеза у сортового и линейного материала *Triticum aestivum* L. под влиянием кремнийорганических соединений в рамках задания ГПНИ «Фундаментальные основы биотехнологии» (руководитель – канд. биол. наук, доцент С.М. Ленивко).

6. Методическое обеспечение биологических дисциплин специальностей биологического и экологического профиля (руководитель – канд. пед. наук, доцент И.А. Мартысюк).

7. Реализация современных подходов в мониторинге и фиторемедиации антропогенно нарушенных почв и вод территорий бывших милитаризированных зон на примере отдела Агробиология (руководитель – канд. биол. наук А.П. Колбас).

В ближайший год планируется реализация нескольких финансируемых проектов, направленных на решение актуальнейших проблем науки и экономики страны:

1. Кластерная инициатива «Органическое земледелие» в рамках конкурса «Содействие переходу Республики Беларусь к “зелёной” экономике», финансируемого Европейским Союзом и реализуемого Программой развития ООН в Беларуси.

2. Проект «Фитом: Оценка эффективности стратегий фитоменеджмента по восстановлению загрязненных территорий в условиях глобальных изменений климата» в рамках конкурса RISE 2020.

Реализация таких долгосрочных проектов позволит Центру экологии со временем стать мультифункциональной образовательной, природоохранной и исследовательской структурой, сотрудничающей с местным населением и интегрированной в международную сеть ботанических садов мира.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахний, А. А. Таксономический анализ сосудистых растений агробиологического центра УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина» / А. А. Вахний, Ю. А. Демчук, А. А. Каминская // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2012. – № 1. – С. 10–14.

2. Зеркаль, С. В. Ботаническая коллекция агробиологического центра УО «БрГУ имени А.С. Пушкина» / С. В. Зеркаль, А. П. Колбас, Н. Ю. Колбас // Вуч. зап. Брэсц. ун-та. – 2007. – Т. 3, ч. 2. – С. 117–133.

3. Веремчук, О. Н. История и современное состояние ландшафтного озеленения в Брестском государственном университете имени А. С. Пушкина / О. Н. Веремчук, Н. К. Якимович // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. прыродазн. навук. – 2007. – № 1 (28). – С. 74–86.



4. Колбас, А. П. Ботаническая коллекция БрГУ имени А.С. Пушкина: история, современность и перспективы / А. П. Колбас [и др.] // Материалы VI Междунар. науч. конф. «Цветоводство: традиции и современность», Волгоград, 15–18 мая 2013 г.
5. Жизнь растений : в 6 т. / гл. ред. А. А. Федоров, А. Л. Тахтаджян. – М. : Просвещение, 1978–1982. – Т. 4. – 1978. – 447 с.; Т. 5, ч. 1. – 1980. – 430 с.; Т. 5, ч. 2. – 1981. – 512 с.; Т. 6. – 1982. – 543 с.
6. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 992 с.
7. Колбас, А. П. Использование Центра экологии БрГУ имени А.С. Пушкина в преподавании дисциплин естественнонаучного профиля / А. П. Колбас, Н. Ю. Колбас // Сб. науч. ст. Междунар. науч.-метод. конф. «Методика преподавания химических и экологических дисциплин», Брест, 14–15 нояб. 2013 г. / Брест. гос. тех. ун-т ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: А. А. Волчек [и др.]. – Брест, 2013. – С. 252–255.
8. Колбас, А. П. Ботанические коллекции как ресурс для национальных и международных научных и образовательных программ / А. П. Колбас, Н. Ю. Колбас // Сб. науч. ст. Междунар. науч.-метод. конф. «Методика преподавания химических и экологических дисциплин», Брест, 26–27 нояб. 2015 г. / Брест. гос. тех. ун-т ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: А. А. Волчек [и др.]. – Брест, 2014. – С. 254–257.
9. Kolbas, A. Jardins botaniques: restauration, maintien et utilisation dans un cadre de recherche et d'éducation a l'environnement. 7eme edition de journées ateliers REVER, 19 et 20 janvier 2016 a l'Universite de Bordeaux, France. – P. 19.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 14.10.2016

***Kolbas A., Shimalova N., Yakovuk I. Taxonomic Analysis of Plant Collection in «Winter Garden» Belonging to the Ecology Center of BrSU named after A.S. Pushkin***

*The botanical collection in orangery of BrSU named after Pushkin now has more than 550 taxons of plants belonging to 98 families. Many items are unique to the botanical gardens of Belarus. This paper presents a systematic list of the studied taxa, analysis of representation, geographical origin and dynamic of population in the major families. The most complete families: Acanthaceae, Aloaceae, Araceae, Begoniaceae, Bromeliaceae, Dracaenaceae, Cactaceae, Commelinaceae, Euphorbiaceae, Piperaceae, Rutaceae, Crassulaceae and Moraceae. Most of them belong to the vegetation of tropical rainforests and arid habitats. Funds of «Winter Garden» are widely used in educational and scientific activities of students and faculty members. The collection plays an important role in biodiversity conservation and in study of adaptation during introduction.*



УДК 581.8: 633.367

**Н.М. Матусевич<sup>1</sup>, М.П. Жигар<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>канд. биол. наук, зав. каф. ботаники и экологии

Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

<sup>2</sup>канд. биол. наук, проф. каф. ботаники и экологии

Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МОРФОАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЧЕРЕШКОВ НЕКОТОРЫХ *FABACEAE* LINDL.

Проведено изучение морфоанатомического строения черешков 3 видов рода *Lupinus* L. и 5 видов рода *Trifolium* L. семейства *Fabaceae* Lindl. Выявлены признаки их структуры, которые можно использовать для установления эволюционной продвинутости некоторых изученных видов.

### Введение

Строение листовых черешков уже давно используется в качестве систематического признака. Авторы показывают, что анатомия черешка играет значительную роль при определении степени родства внутри семейства, а также между отдельными семействами цветковых растений. Анатомическое строение черешка является достаточно стойким, оно существенно не меняется при изменении экологических условий, что также повышает значимость этого признака.

Наиболее существенной особенностью анатомического строения черешка листа является тип проводящей системы. По данным некоторых авторов, по типу строения проводящей системы черешка можно судить об эволюционной продвинутости растений [1–4]. Основным направлением структурной эволюции черешка является дезинтеграция кольца проводящей ткани, начиная от сплошного массива вторичной ксилемы, образующей сплошное кольцо, и кончая полной разобщенностью проводящих пучков. А.Л. Тахтаджян утверждал, что самым продвинутым типом проводящей системы черешка является дискретный. В этом случае проводящая система состоит из отдельных проводящих пучков, погруженных в живую паренхиму. Наиболее примитивным типом является кольцевая структура, в которой в результате деятельности камбия проводящая система имеет полукольцевую форму либо представлена сплошным кольцом [3].

Существует также мнение, что цилиндрические по форме черешки присущи более примитивным в эволюционном отношении видам, а видам более эволюционно продвинутых таксонов характерны черешки желобчатой формы [4].

### Материал и методы исследования

Нами было изучено строение черешков у листьев 3 видов рода *Lupinus* L.: люпина многолистного (*Lupinus polyphyllus* Lindl.), люпина белого (*Lupinus albus* L.), люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) и 5 видов рода *Trifolium* L.: клевера лугового (*Trifolium pratense* L.), клевера розового (*Trifolium hybridum* L.), клевера пашенного (*Trifolium arvense* L.), клевера горного (*Trifolium montanum* L.), клевера золотистого (*Trifolium aureum* Poll.) семейства *Fabaceae* Lindl. Выполнение работы предусматривало сбор полевого материала, его фиксацию, изготовление временных препаратов и их анализ. Черешки в пятикратной повторности срезали у верхних листьев с южной стороны растений, фиксировали их в 96%-м спирте. Затем, после 10-дневной фиксации, готовили временные препараты с использованием лезвия и применением сердцевинки бузины по общепринятой в анатомии растений методике [5]. Срезы выполняли в поперечном направлении. Затем их помещали на предметное стекло в глицерин, после чего на-



крывали покровным стеклом. Анализ исследуемых объектов проводили на световых микроскопах Биолам Р-15, Л-212. Весь исследуемый материал был собран в окрестностях города Бреста.

### Результаты исследования

Сравнительное анатомическое изучение черешков показало у них большое сходство в тканевом составе и в топографии тканей. У всех имеются эпидерма, механическая ткань колленхима, коровая паренхима, проводящие пучки из флоэмы и ксилемы, армированные склеренхимой, сердцевина. Данные об анатомической структуре черешков сведены в таблицу 1. Отличия выявлены в характере опушения черешков, степени развития колленхимы и ее типов у разных видов, в развитии ткани склеренхимы, армирующей проводящие пучки, в количестве проводящих пучков и типе их размещения в черешках, а также в форме черешков.

Для черешка *Lupinus albus* L. характерна овальная форма его поперечника. Проводящая система представлена крупными и мелкими коллатеральными пучками, которые формируют сплошное кольцо. Над флоэмой пучка склеренхима образует «шапочку» из 3–7 слоев клеток с равномерно утолщенными оболочками. В крупных пучках из прокамбия образуется камбий, они становятся открытыми, пучки мелких и средних размеров закрытого типа. Меристематическая активность охватывает также клетки межпучковой паренхимы, причем камбий здесь образует только элементы вторичной ксилемы. Клетки межпучковой паренхимы, кроме того, склерифицируются, эта ткань соединяет проводящие пучки, образуется «ложное кольцо».

Форма поперечного сечения черешка *Lupinus angustifolius* L. желобчатая. В отличие от предыдущего вида проводящая система у этого вида имеет пучковое строение и представлена 7 крупными и 20 мелкими коллатеральными пучками, которые расположены в виде истинного кольца. Над флоэмой также имеется склеренхимная «шапочка». Проводящие пучки отделены друг от друга участками паренхимной ткани из тонкостенных живых клеток.

У *Lupinus polyphyllus* Lindl. форма поперечного сечения черешка округлая. Проводящая система в нем сложена, как и у *Lupinus albus* L., крупными, средними и мелкими проводящими пучками, образующими «ложное» кольцо. Межпучковые участки состоят из одревесневшей паренхимы, среди клеток которой единично встречаются сосуды ксилемы.

Изучение анатомического строения черешков клевера выявило в них как сходные, так и отличительные признаки. Признаками сходства являются гистологический состав черешков, топография тканей (эпидерма, колленхима, коровая паренхима, проводящие пучки коллатерального типа, армированные склеренхимой, дискретный тип их размещения в черешке, склеренхима, армирующая проводящие пучки, сердцевина).

Отличительными признаками являются форма поперечного сечения черешков, количество проводящих пучков, степень опушения черешка, степень развития и тип колленхимы.

Черешки *Trifolium pratense* L. имеют округло-желобчатую форму. В них находится 7 проводящих пучков коллатерального типа, которые размещены в паренхиме, окружены ее клетками со всех сторон, образуя дискретный тип проводящей системы. Так же разобщенно располагаются проводящие пучки у *Trifolium montanum* L., *Trifolium hybridum* L., образуя дискретный тип. У *Trifolium aureum* Poll. и *Trifolium arvense* L. проводящих пучков меньше (3 и 5 соответственно), и они располагаются по дуге, будучи также погруженными в живую паренхиму.



Таблица 1. – Морфоанатомическая характеристика черешков у видов *Lupinus* и *Trifolium*

№ п/п	Виды	Опушение	Колленхима	Склеренхима	Тип проводящей системы	Форма поперечного сечения черешка	Число проводящих пучков
1	Люпин многолистный <i>Lupinus polyphyllus</i>	Кроющие многоклеточные волоски	1 слой клеток пластинчатая	3–4 слоя клеток	«Ложное кольцо»	Округлая	3 крупных 18 средних 12 мелких
2	Люпин белый <i>L. albus</i>	Отсутствует	1-2 слоя клеток пластинчатая	До 7 слоев клеток	«Ложное кольцо»	Овальная	5 крупных 23 средних 12 мелких
3	Люпин узколистый <i>L. angustifolius</i>	Кроющие 1-клеточные волоски	2 слоя клеток округлая	3–4 слоя клеток	Дискретный тип	Желобчатая	7 крупных 20 мелких
4	Клевер луговой <i>Trifolium pratense</i>	Отсутствует	1 слой клеток уголкоая	До 10 слоев клеток	Дискретный тип	Округло-желобчатая	3 крупных 4 средних
5	Клевер розовый <i>Tr. hybridum</i>	Отсутствует	2 слоя уголкоая	12–13 слоев клеток	Дискретный тип	Многогранная	11
6	Клевер пашенный <i>Tr. arvense</i>	Кроющие волоски	Отсутствует	Отсутствует	Дискретный тип	Овальная, с выемкой на адаксиальной стороне	3 крупных 2 средних
7	Клевер золотистый <i>Tr. aureum</i>	Кроющие многоклеточные волоски	Уголкоая, округлая	10–11 слоев клеток	Дискретный тип	Желобчатая	3 крупных
8	Клевер горный <i>Tr. montanum</i>	Отсутствует	2 слоя округлая	6–8 слоев клеток	Дискретный тип	Округлая, с выемкой на адаксиальной стороне	3 крупных 3 средних



Форма черешков у этих видов желобчатая (у *Trifolium aureum* Poll.), округлая с выемкой на адаксиальной стороне (у *Trifolium montanum* L), овальная, с выемкой на адаксиальной стороне (у *Trifolium arvense* L.).

Таким образом, различия в строении черешков видов люпина и клевера позволяют сделать заключение о наличии у *Lupinus albus* L. и *Lupinus polyphyllus* Lindl. овальной и округлой формы (соответственно) и проводящей системы в виде «ложного» кольца, что характеризует эти виды как более примитивные, в то время как у черешков *Lupinus angustifolius* L желобчатая форма и более совершенный дискретный тип проводящей системы.

У видов *Trifolium* примитивный тип «ложного кольца» у проводящей ткани мы не наблюдали, хотя более примитивные формы черешков (округлый и овальный) имеются.

Полученные данные показывают, что по признакам морфо-анатомического строения листовых черешков эволюционно более продвинутым следует считать род *Trifolium* L.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова, У. Ф. Анатомическое строение черешка листа некоторых видов люпина / У. Ф. Борисова // Ботаника. Исследования. – Минск, 1975. – Вып. 17. – С. 192 – 195.
2. Трифонова, В. И. Сравнительно-анатомическое исследование черешка некоторых представителей родов *Eriocapitella* и *Anemone* (секция *Sylvia* и *Anemone*, *Ranunculaceae*) в связи с их систематикой / В. И. Трифонова, И. Г. Зубкова // Ботан. журн. – 1990. – Т. 75, № 1. – С. 3–16.
3. Тахтаджян, А. Л. Основы эволюционной морфологии покрытосеменных / А. Л. Тахтаджян. – М. ; Л. : Наука, 1964. – 439 с.
4. Лучков, А. И. К морфоанатомической характеристике черешков листьев представителей рода *Acer* L. / А. И. Лучков, Т. Ф. Дерюгина // Ботаника. Исследования. – Минск, 1990. – Вып. 30. – С. 192–196.
5. Прозина, М. Н. Ботаническая микротехника / М. Н. Прозина. – М. : Высш. шк., 1960. – 206 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 10.10.2016.

***Matusevich N.M., Zhigar M.P. Comparative Study of the Structure Morfoanatomical Petioles Some Fabaceae Lindl***

*The study of the structure of stalks morfoanatomicheskogo 3 species of the genus Lupinus L. and 5 species of the genus Trifolium L. family Fabaceae Lindl. The signs of their structure, which can be used to establish the evolutionary advancement of some of the species studied.*





УДК 556.044(476)

**А.А. Волчек<sup>1</sup>, Ан.А. Волчек<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>д-р геогр. наук, проф., декан факультета инженерных систем и экологии  
Брестского государственного технического университета  
<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц., доц. каф. природообустройства  
Брестского государственного технического университета

## **ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПРИПЯТЬ И ИХ МИНИМИЗАЦИЯ**

*Статья посвящена проблемам водных ресурсов Полесья. Дана количественная характеристика максимальным расходам воды рек Полесья и ее главной водной артерии р. Припять. Рассматриваются возможные последствия изменения речного стока в связи с изменением климата. Обозначены первоочередные задачи исследований по решению водных проблем этого региона.*

Устойчивое развитие экономики Полесского региона тесно связано с комплексным использованием природных ресурсов и в первую очередь – водных. Рациональное использование водных ресурсов базируется на разнообразных подходах, методах и моделях качественной и количественной их оценки. Участвовавшие случаи экстремальных гидрологических явлений приводят к серьезным экономическим ущербам и даже к гибели людей. Поэтому возникает необходимость корректной оценки водных ресурсов в условиях постоянно изменяющегося климата и степени антропогенного воздействия на водные объекты. Это послужит основой для разработки мер по адаптации хозяйственной деятельности к новым условиям водного режима рек и позволит предотвратить либо уменьшить последствия природных и техногенных изменений гидрологического режима рек Полесья и ее главной водной артерии реки Припять.

Методологической основой исследований являются научные положения о стохастической природе изменчивости речного стока, что позволило использовать современные статистические методы анализа временных рядов (корреляционный, регрессионный, СВАН-анализ, Марковские цепи, нейронные сети и др.), функции пространственной асинхронности, оценки изменения стока с помощью пространственных корреляционных функций и др. Широко использованы методы водного и теплоэнергетического баланса подстилающей поверхности, математического моделирования. Системный анализ накопленной информации и сравнительно-географический метод позволили синтезировать наиболее важные, ключевые положения в колебаниях стока.

В качестве основных исходных материалов использованы стандартные данные наблюдений на гидрометеорологической сети, фондовые материалы различных организаций и учреждений за период инструментальных наблюдений, а также картографические и опубликованные источники.

### **Общая характеристика реки**

Река Припять является главной водной артерией Полесской низменности, протекает по Украине и Беларуси. Длина р. Припять 761 км, из которых 500 км приходится на территорию Беларуси, при этом площади водосбора соответственно распределены 121 и 52,7 тыс. км<sup>2</sup>. Общее падение реки 69,5 м, средний уклон водной поверхности 0,09‰, коэффициент извилистости – 1,25. Общее направление течения реки широтное – с запада на восток. Долина Припяти четко не выражена, двусторонняя, низкая. Русло р. Припять в истоке канализированное, на остальном протяжении извилистое, слабо ме-



андрирующее, разветвленное, изобилует заливами и примыкающими староречьями. Ширина русла в истоке 5–10 м, в среднем течении выше устья р. Горынь – до 80 м, ниже – от 130 до 170 м, а у г. Мозырь достигает 250 м. Глубина воды на перекатах 1,0–1,5 м и меньше, а на плесах обычно более 1,5–2,0, достигая 3–5 м и больше. Скорости течения в меженный период колеблются в значительных пределах в зависимости от глубины участков реки от 0,1–0,2 до 0,3–0,5 м/с и более.

Речная сеть состоит из 10,5 тыс. рек и ручьев, включая водотоки длиной менее 10 км. Общая длина речной сети свыше 47 тыс. км. Ручьи составляют 93% от общего числа водотоков, и их суммарная длина равна почти 55% длины всей речной сети [1]. Поймы сильно заболоченные и заросшие древесной растительностью, а их ширина колеблется от сотен метров до 30 км. Долины рек плоские, сливающиеся с окружающей болотной местностью. Наиболее крупными левобережными притоками Припяти являются реки Ясельда, Лань, Случь, Птичь, Пина, Бобрик, Цна, Иппа, а правобережными – реки Стоход, Горынь, Ствига, Убороть, Словечна (рисунок 1).

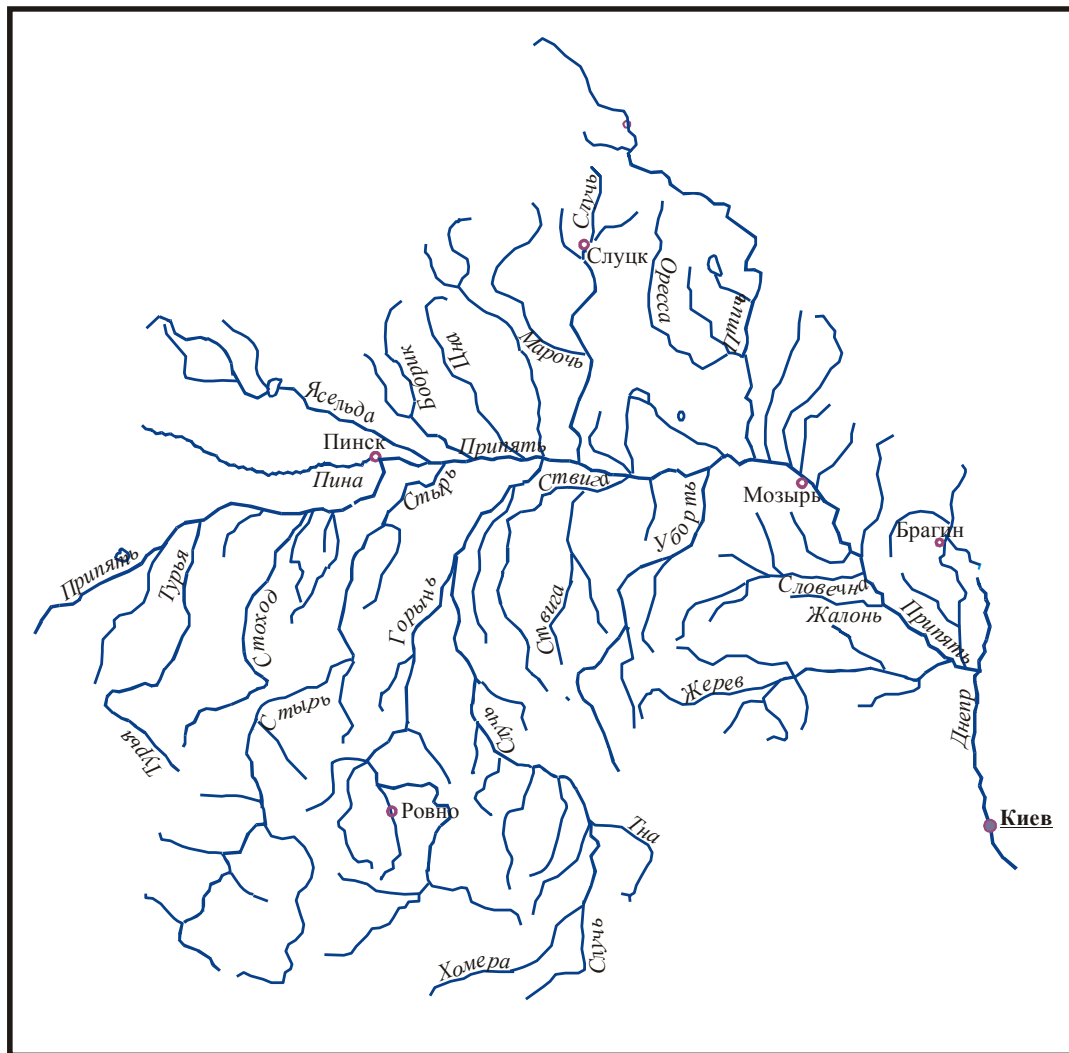


Рисунок 1. – Гидрографическая сеть бассейна р. Припять



Большинство рек Полесья в связи с равнинным характером рельефа имеют незначительные уклоны. Гидрографические характеристики основных водосборов рек бассейна Припяти представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Гидрографические характеристики основных рек бассейна Припяти

Река – створ	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средний уклон, ‰	Средняя высота водосбора, м	Густота речной сети, км/км <sup>2</sup>	Озерность, %	Заболоченность, %	Лесистость, %	Распаханность, %
Припять – с. Любязь	6 100	0,20	170	–	< 1	16	26	20
Выжевка – устье (п)	1 270	0,50	180	0,29	< 1	15	26	20
Турья – устье (п)	2 800	0,70	170	0,29	< 1	10	20	30
Стоход – устье (п)	3 150	0,40	170	0,28	< 1	6	34	20
Ясельда – устье (л)	7 790	0,15	154	0,47	1	32	32	25
Стырь – госграница (п)	12 370	0,40	210	0,27	< 1	5	24	–
Бобрик – устье (л)	1 890	0,20	145	0,30	< 1	29	53	15
Цна – устье (л)	1 130	0,30	153	0,46	< 1	15	59	15
Горынь – пгт Речица (п)	27 000	0,36	233	0,45	< 1	6	21	–
Лань – устье (л)	2 620	0,35	180	0,58	< 1	16	50	25
Случь – устье (л)	7 530	0,24	160	0,51	1	15	55	30
Ствига – госграница (п)	2 620	0,50	170	0,31	< 1	–	–	–
Уборть – устье (п)	5 820	0,30	171	0,38	< 1	11	65	20
Птичь – устье (л)	9 470	0,40	160	0,48	< 1	7	50	25
Вить – устье (л)	991	0,40	131	0,42	< 1	15	59	25
Словечна – устье (п)	3 600	0,70	148	0,33	0	12	70	15
Уж – устье (п)	8 080	0,50	170	0,31	< 1	4	27	–
Припять – устье	121 000	0,09	179	0,42	< 1	16	26	25

Примечание: (л) – левый приток; (п) – правый приток.

Годовое изменение уровней воды на реках Полесья, которое относится к областям повышенной и достаточной водности в гидрологическом районировании, характеризуется обычно высоким весенним половодьем и довольно низкой меженью, которая прерывается паводками от выпадения дождя или таяния снега.

Высшие уровни весеннего половодья, как правило, являются максимальными в году. Средняя высота весеннего подъема над минимальным летним уровнем составляет 3,5–4,5 м на р. Припять, 1,5–3 м для левобережных притоков и 1–2,5 м для правобережных. Наиболее часто (в среднем 1 раз в 2 года) весенние наводнения наблюдаются в районе поста Черничи на р. Припять, 1 раз в 2–3 года – в районе постов Речица на р. Горынь, у постов Пинск, Коробы, Петриков на р. Припять, Краснобережье на р. Уборть. Колебания уровней воды в разные фазы водности приведены в таблице 2 [2].

Весеннее половодье сменяется летне-осенней меженью, характеризующейся значительной изменчивостью. Летняя межень обычно ниже зимней. Дождевые паводки в летне-осенний период бывают почти ежегодно. Наибольшей высотой и продолжительностью отмечаются паводки, проходящие осенью.



Таблица 2. – Характерные уровни воды для рек бассейна Припяти (по состоянию на 1.01.2001 г.)

Река – пост	Отметка «0» поста, м БС	Уровни, см/дата			Размах колебаний
		Средний	max	min	
Припять – с. Речица	148,90	273	$\frac{373}{11.03.1999}$	$\frac{183}{8-21.09.1964}$	190
Припять – с. Любязь	138,30	333	$\frac{383}{17-18.03.1999}$	$\frac{132}{15.08.1952}$	251
Припять – г. Пинск	133,18	118	$\frac{302}{29.03.1979}$	$\frac{1}{3-5.09.1992}$	301
Припять – с. Коробы	126,88	414	$\frac{486}{20.04.1958}$	$\frac{31}{10.08.1961}$	455
Припять – пгт Туров	121,77	320	$\frac{410}{2-4.04.1979}$	$\frac{-62}{12-13.08.1961}$	472
Припять – с. Черничи	119,23	356	$\frac{637}{21-22.03.1999}$	$\frac{110}{28-29.08.1992}$	527
Припять – г. Петриков	112,55	558	$\frac{933}{3-4.04.1979}$	$\frac{327}{16.08.1961}$	606
Припять – г. Мозырь	110,93	234	$\frac{742}{22-24.04.1895}$	$\frac{-5}{03-06.09.1992}$	747
Выжевка – с. Руда	178,18	123	$\frac{229}{6-7.04.1958}$	$\frac{\text{прсх.}}{1-16.10.1946}$	–
Выжевка – пгт Старая Выжевка	162,71	209	$\frac{344}{2.03.1967}$	$\frac{\text{прсх.}}{10-22.08.1947}$	–
Турья – с. Ягодное	179,86	214	$\frac{398}{5.04.1932}$	$\frac{167}{5-8.08.1994}$	231
Турья – г. Ковель	165,52	208	$\frac{389}{7.04.1958}$	$\frac{139}{19-20.08.1947}$	250
Стоход – с. Малиновка	174,17	168	$\frac{374}{15.03.1979}$	$\frac{99}{30-31.07.1972}$	275
Стоход – пгт Любешов	141,82	196	$\frac{298}{-}$	$\frac{116}{30.07-8.08.1950}$	182
Пина – г. Пинск	133,18	175	$\frac{366}{1.04.1979}$	$\frac{25}{11.12.1995}$	341
Ясельда – с. Сенин	134,39	127	$\frac{247}{27.03.1999}$	$\frac{4}{3-5.11.1953}$	243
Стырь – с. Щуровцы	191,80	122	$\frac{293}{6.11.1974}$	$\frac{65}{15.11.1976}$	228
Стырь – г. Луцк	172,87	342	$\frac{715}{7-8.04.1932}$	$\frac{173}{13.08.1963}$	542
Стырь – пгт Колки	167,03	149	$\frac{395}{9.04.1956}$	$\frac{-15}{15.08.1963}$	410
Стырь – с. Млынок	146,93	141	$\frac{435}{10.04.1932}$	$\frac{116}{28-29.09.1950}$	319
Радоставка – с. Тройца	200,91	136	$\frac{385}{21.06.1998}$	$\frac{72}{1.09.1976}$	313
Иква – с. Большие Млыновцы	223,28	42	$\frac{220}{8.04.1996}$	$\frac{6}{3-16.07.1985}$	214
Горынь – пгт Ямполь	238,45	489	$\frac{656}{25.03.1947}$	$\frac{298}{5-8.08.1994}$	358



Окончание таблицы 2

Горынь – с. Оженин	185,07	91	$\frac{321}{24.03.1947}$	$\frac{7}{25.06.1986}$	314
Горынь – с. Деражное	162,00	192	$\frac{485}{8.04.1956}$	$\frac{34}{24.07.1959}$	451
Горынь – г. Дубровица	137,84	266	$\frac{598}{2.04.1924}$	$\frac{146}{20-21.08.1947}$	452
Горынь – п. Горынь	130,50	301	$\frac{635}{11.04.1956}$	$\frac{147}{27-30.07.1950}$	488
Устье – с. Корнин	183,80	115	$\frac{266}{8.04.1996}$	$\frac{63}{6.12.1986}$	203
Вырка – с. Сварыни	153,01	26	$\frac{211}{6.04.1996}$	$\frac{-21}{7-8.09.1987}$	232
Случь – с. Громада	223,82	90	$\frac{427}{6.04.1996}$	$\frac{5}{3.07.1900}$	422
Случь – с. Новоград-Волынский	186,42	174	$\frac{726}{17.04.1932}$	$\frac{90}{5-6.07.1936}$	636
Случь – г. Сарны	144,19	254	$\frac{620}{25.03.1979}$	$\frac{145}{9-11.08.1967}$	475
Тня – с. Броники	198,01	147	$\frac{506}{19.07.1948}$	$\frac{100}{7-28.09.1951}$	406
Смолка – с. Суслы	197,97	140	$\frac{510}{5.04.1962}$	$\frac{98}{20-27.07.1995}$	412
Льва – с. Осницк	164,92	72	$\frac{250}{17.02.1958}$	$\frac{27}{18-19.08.1972}$	223
Уборть – с. Рудня Ивановская	188,15	149	$\frac{365}{8.03.1999}$	$\frac{86}{18-19.07.1999}$	279
Уборть – с. Перга	155,40	175	$\frac{530}{08.04.1932}$	$\frac{91}{30.11.1934}$	439
Уборть – с. Краснобережье	126,26	159	$\frac{390}{11.04.1932}$	$\frac{48}{7-18.10.1939}$	342
Птичь – с. Лучицы	122,02	247	$\frac{395}{11.03.1999}$	$\frac{147}{11-12.08.1963}$	248
Уж – г. Коростень	157,53	149	$\frac{582}{8.04.1932}$	$\frac{92}{6.06.1946}$	490
Норин – с. Славенщина	126,20	206	$\frac{391}{10-11.03.1999}$	$\frac{114}{18-19.07.1989}$	277

Зимняя межень нередко прерывается оттепелями, следствием которых являются зимние паводки, в отдельные годы превышающие весеннее половодье.

### Половодья

Половодье ежегодно формируется весной в результате снеготаяния и выпадения дождей при снеготаянии. На Припяти обычно оно начинается в первой половине марта, но в отдельные годы может смещаться на февраль или апрель и почти ежегодно затопливается. Среднемноголетняя продолжительность затопления поймы составляет 80–110, а в отдельные годы – до 150–180 дней. Ширина весеннего разлива на Припяти изменяется от 5 до 15 км, на отдельных участках составляя 1–2 км, наибольшая же в районе г. Пинск достигает 30 км. Зависимость площадей затоплений в пойме р. Припять от половодий различной обеспеченности уровня показана в таблице 3 [3].



Продолжительность половодья на малых реках колеблется в пределах 40–45 дней. Глубина затопления преимущественно 0,3–0,8 м, местами до 2–2,5 м [4].

Доля весеннего стока рек бассейна Припяти в годовом стоке рек Полесья колеблется в пределах 40–60%. Большое влияние на величину весеннего половодья оказывают климатические факторы, формирующие дружность весеннего половодья. Например, 1951 г. характеризовался дружным развитием весенних процессов, обусловивших формирование высокого половодья. В 1952 г., наоборот, развитие весенних процессов происходило очень вяло, недружно. Несмотря на то, что запас воды в снеге был того же порядка, что в 1951 г., половодье сформировалось крайне низкое из-за больших потерь талых вод на инфильтрацию.

Дружность весеннего половодья рек бассейна Припяти оценивалась с помощью пространственных корреляционных функций. Теснота связи расходов воды весеннего половодья оценивалась коэффициентами корреляции ( $R$ ), которые зависят от расстояния между центрами тяжести водосборов ( $\rho$ ) и изменяются по линейному закону  $R = 1 - 0,874 \cdot \rho$ . Градиент поля расхода воды весеннего половодья рек бассейна Припяти  $\alpha = 0,874$  свидетельствует о достаточно высокой синхронности половодья [5]. В таблице 3 приведены расходы воды 10 наиболее значительных половодий на Припяти.

Максимальное значение стока весеннего половодья на Припяти отмечено в 1845 г. Тогда сформировалось чрезвычайно высокое весеннее половодье на большом пространстве Восточной Европы. В бассейне Припяти оно было столь катастрофическим, что его, вероятно, можно отнести к группе предельно возможных в нашу климатическую эпоху.

Таблица 3. – Максимальные расходы воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь и их обеспеченности

Год	1845	1877	1895	1888	1889	1940	1979	1932	1970	1958
Q, м <sup>3</sup> /с	11 000	7 500	5 670	5 100	4 700	4 520	4 310	4 220	4 140	4 010
P, %	0,8	1,6	2,3	3,1	3,9	4,7	5,4	6,2	7,0	7,6

Половодье 1845 г. в бассейне Припяти – это уникальное гидрологическое явление весьма редкой повторяемости. Осеннее увлажнение в бассейне Припяти было значительным. Зима в 1844–45 гг. наступила необыкновенно рано. Ноябрь и декабрь, а также февраль отличались необыкновенным холодом, и вся весна до мая включительно отмечалась постоянным холодом. При такой продолжительности эта зима отличалась обилием снега по всей территории Восточной Европы. Кроме того, существенное пополнение снеготаяния произошло во время февральской метели, которая продолжалась несколько дней и охватила большую территорию, особенно бассейн Припяти. Весна была поздняя, дружная, при этом развитие растительности в этом году опоздало почти на целый месяц. В апреле наступила теплая весна, при ясной погоде возросла дружность и интенсивность снеготаяния, что привело к стремительному росту водности рек. Вдобавок ко всему при сильном потеплении прошли дожди, которые усилили снеготаяние, что вызвало формирование очень высоких уровней и резкое повышение стока воды на реках бассейна. Максимальный уровень 1845 г. превышал нуль графика современного гидропоста у г. Мозыря на 675 см, т.е. на 187 см превысил максимальный уровень 1932 г. При этом расход воды, полученный косвенным способом Г.И. Швецом, оценивается как 11 000 м<sup>3</sup>/с при модуле стока 113 л/(с км<sup>2</sup>), этот расход можно считать повторяющимися не чаще чем один раз в 800 лет [6]. Принимая во внимание высоту



максимального уровня 1845 г., условия формирования половодья, а также выявленные данные за историческое время, можно допустить, что по меньшей мере с конца XIX в. и до настоящего времени высота этого половодья является непревзойденной [6].

Некоторой характеристикой половодья могут служить сведения о затоплениях и разрушениях в бассейне. В Мозырском уезде были затоплены села Скрыгалов, Костюковичи, Мышенка, Жаховичи, Бесядка; разрушен Злодинский мост и несколько плотин; в местечке Туров были залиты все дома, а в селах Снядынь и Морозовино затоплены все поля, срубленный лес; в Речицком уезде Припять затопила села Ширейку, Гриды, Обуховщина, Тульговичи и др.; в Мозыре «Припять при необыкновенном повышении воды залила пространство на 6 верст в ширину и все прибрежные дома и строения так, что жители принуждены были убраться на возвышенные места» [7].

Второе по величине половодье наблюдалось в 1877 г. Тогда на огромной территории сформировалось высокое половодье, охватившее бассейны рек от Дуная и Немана до Иртыша. Значительным половодье было в бассейне Припяти. Максимальный уровень у г. Мозыря достигал 589 см, что на 86 см ниже максимального наблюдаемого уровня, максимальный расход при этом составил 7 500 м<sup>3</sup>/с.

Последнее выдающееся половодье наблюдалось на Припяти в 1979 г. К началу весеннего снеготаяния запасы воды в бассейне Припяти превышали норму 1,5–2 раза, что способствовало формированию очень высокого половодья на Припяти и ее притоках. Так в г. Мозырь наивысший уровень был 2% обеспеченности, превысив средний за многолетний период на 2,26 м. Близкими к экстремальным за весь период наблюдений наивысшие уровни наблюдались на р. Горынь и ее притоке р. Случь. Половодье 1979 г. нанесло огромный ущерб народному хозяйству. Так, были затоплены населенные пункты Стахово, Березцы, Осово, Дворище, Гольцы, Коробы, Плотница, Терень, Туров, Рычев, Староженцы, Семурадцы, Хлупин, Борки, Багримовичи, Беседки, Снядин, Белегы, Озерки и др. (всего 37 населенных пунктов). Несколько домов были затоплены в Пинске. В бассейне р. Горынь были затоплены населенные пункты Воронки, Рубель, Речица, Хоромск, Ольнень и др. [8]. Полная картина наводнений с их градацией представлена в таблице 4.

Таблица 4. – Годы с наводнением различной градации в период весеннего половодья

Река – пост	Характеристика наводнения		
	Катастрофическое P < 1%	Выдающееся P = 1–2%	Большое P = 3–10%
Припять – г. Пинск	–	1979	1999
Припять – с. Коробы	–	1958	1957, 1966, 1979
Припять – г.п. Туров	–	1979	1932, 1940, 1956, 1958, 1970
Припять – с. Чернички	–	1999	–
Припять – г. Петриков	–	1979	1931, 1932, 1940, 1956, 1958, 1966, 1970, 1999
Припять – г. Мозырь	1845	1888, 1895, 1979	1886, 1889, 1907, 1924, 1931, 1932, 1934, 1940, 1956, 1958, 1966, 1970, 1999
Пина – г. Пинск	–	1979	1928, 1932, 1940, 1958
Ясельда – с. Сенин	–	1999	1958, 1979, 1981
Горынь – г. Речица	–	1956	1966, 1979, 1996, 1999



В таблице 5 приведены максимально опасные уровни воды весеннего половодья за период наблюдений на реках бассейна Припяти [4]. В таблице 6 приведены средние и экстремальные сроки и продолжительность стояния критических горизонтов воды, определяющих сельскохозяйственное использование пойменных земель [4].

Таблица 5. – Максимальные опасные уровни воды весеннего половодья на р. Припять и ее притоках за период наблюдений

Река – пост	Уровни, см			
	Опасные высокие (обеспеченность, %)	max (обеспеченность, %)/дата	Максимальные ледоходы/дата	Наибольшая продолжительность, сутки/год
Припять – г. Пинск	250 (43)	<u>302 (1)</u> 29.03.1979	<u>302</u> 29.03.1979	<u>50</u> 1980, 1981
Припять – с. Коробы	420 (40)	<u>486 (2)</u> 20.04.1958	<u>460</u> 31.03.1979	<u>32</u> 1979
Припять – г.п. Туров	340 (22)	<u>410 (1)</u> 2–3.04.1979	<u>405</u> 31.03.1979	<u>28</u> 1979
Припять – с. Черничи	520 (57)	<u>637 (2)</u> 21–22.03.1979	<u>637</u> 21–22.03.1999	<u>46</u> 1999
Припять – г. Петриков	800 (45)	<u>933 (1)</u> 3–4.04.1979	<u>924</u> 1.04.1979	<u>40</u> 1999
Припять – г. Мозырь	550 (30)	<u>742 (1)</u> 22–24.04.1995	<u>670</u> 21.04.1931	<u>31</u> 1941
Пина – г. Пинск	335 (8)	<u>366 (2)</u> 1.04.1979	<u>347</u> 29.03.1979	<u>12</u> 1979
Ясельда – с. Сенин	195 (37)	<u>247 (0,9)</u> 27.03.1999	<u>234</u> 6–12.03.1999	<u>127</u> 1999
Горынь – г. Речица	530 (52)	<u>635 (2)</u> 11.04.1956	<u>635</u> 11.04.1956	<u>26</u> 1979

### Паводки

Вторым после половодья опасным гидрологическим явлением, приносящим огромные бедствия в виде разрушения сооружений, затопления населенных пунктов, промышленных объектов и сельскохозяйственных угодий, уносящим человеческие жизни, являются дождевые паводки. Максимальные расходы дождевых паводков формируются, как правило, обложными дождями, так как ливни не охватывают одновременно всю территорию водосбора. Паводки (в отличие от половодий) возникают нерегулярно. По величине максимального расхода и слою стока они, как правило, существенно меньше максимумов половодья. Однако дождевые паводки 1952, 1960, 1974, 1993, 1998 гг. по многим водотокам и створам на самой Припяти превысили половодье и нанесли значительный ущерб народному хозяйству, т.к. серьезно пострадали сельскохозяйственные угодья и другие освоенные территории. Даже локальные паводки значительной интенсивности на левобережных или правобережных притоках способны вызвать значительные подъемы уровня в нижнем течении Припяти, обусловленные продвижением вниз паводочной волны. Высота паводков в среднем и нижнем течении Припяти достигает 2,0–3,5 м над предподъемным уровнем.

В связи с изменением климата начиная с 1988 г. на реках участились случаи, когда высший уровень за год наблюдался не в период весеннего половодья, а в период летних и чаще зимних паводков. Так, например, на посту р. Припять – г. Мозырь





за 118 лет назблюдений отмечено 19 случаев, когда высший годовой уровень был отмечен не в период весеннего половодья, а в период летних и зимних паводков, и 9 из них отмечены в последние 13 лет. В наиболее дождевые годы (1908, 1917, 1927, 1928, 1923, 1952, 1979) на реках Полесья проходило 3–4 паводка в сезон. Средняя продолжительность летних паводков около 15 дней. В таблице 7 приведены максимально опасные уровни паводков на р. Припять за период инструментальных наблюдений.

Таблица 7. – Максимально опасные уровни воды паводков на реках за период наблюдений

Река – пост	Уровни, см					
	Зимнего паводка			Дождяного паводка		
	max	Дата	Обеспеченность, %	max	Дата	Обеспеченность, %
Припять – г. Пинск	284	15.01.1981	1	–	–	–
Припять – с. Коробы	431	8.01.1975	2	439	19–23.11.1993	2
Припять – г.п. Туров	–	–	–	–	–	–
Припять – с. Черничичи	–	–	–	520	8–11.08.1993	4
Припять – г. Петриков	826	12–13.1.1981	1	829	2, 5.05.1975	2
Припять – г. Мозырь	–	–	–	–	–	–
Пина – г. Пинск	–	–	–	–	–	–
Ясельда – г. Сенин	221	19.12.1980	2	203	30.11–17.12 1990, 1995	1
Горынь – г. п. Речица	550	29.01.1948	2	567	31.07.1993	3

Высокие летне-осенние паводки (таблица 8), приносящие наиболее существенный ущерб сельскому хозяйству и другим отраслям народного хозяйства, за последние 50 лет наблюдаются 1 раз в 4–6 лет. Наиболее ярким паводком последних лет стал паводок 1993 г. Во второй и третьей декадах июля 1993 г. в ряде районов Брестской, Гомельской и Минской областях выпало 2,5–3 месячных нормы осадков. В результате произошло переувлажнение корнеобитаемого слоя почвы и сформировался дождевой паводок на реках юга Беларуси. На условия формирования дождевого паводка оказали влияние и большие суммы осадков, выпавшие в Житомирской и Ровенской областях Украины. Начало подъема уровней воды на р. Припять и её притоках отмечалось 12–15 июля.

Таблица 8. – Годы с паводками различной градации

Река – пост	Характеристика паводка			
	Зимний		Летний	
	Выдающийся P = 1–2%	Большой P = 3–10%	Выдающийся P = 1–2%	Большой P = 3–10%
Припять – г. Пинск	1980–81	1979–80; 1992–93; 1993–94; 1997–98; 1998–99	–	–
Припять – с. Коробы	1974–75	1947–48; 1980–81	1974	–
Припять – г.п. Туров	–	–	–	–
Припять – с. Черничичи	–	–	–	1993
Припять – г. Петриков	1980–81	1947–48; 1974–75; 1981–82	1974, 1975	1993
Припять – г. Мозырь	–	–	–	–
Пина – г. Пинск	–	–	–	–
Ясельда – г. Сенин	1980–81; 1998–99	1970–71; 1974–75; 1988–89; 1990–91; 1997–98	1990	1974, 1980, 1988, 1998
Горынь – г.п. Речица	–	1947–48; 1981–82; 1997–98	–	1948, 1969, 1974, 1975,



Река – пост	Характеристика паводка			
	Зимний		Летний	
	Выдающийся P = 1–2%	Большой P = 3–10%	Выдающийся P = 1–2%	Большой P = 3–10%
			1977, 1988, 1993, 1998	

Максимальные уровни дождевого паводка на малых реках сформировались уже 28–30 июля, на р. Горынь – 31 июля, а на р. Припять в середине августа. Наиболее высокие паводки сформировались на малых водотоках Столинского района и в бассейнах рек Горынь и Ствига. По своей величине они сопоставимы с максимальными уровнями весеннего половодья редкой повторяемости.

Превышение максимальных уровней дождевого паводка над меженными для р. Припять составило около 3 м, а на р. Горынь – 3,4 м, на малых водотоках 2,0–2,5 м. Такие подъёмы уровней вызвали подтопление и затопление значительных территорий. Гидрологическая обстановка усложнилась тем, что паводок сформировался в период наибольшей зарастаемости травяной и кустарниковой растительностью русел и пойм рек. Повышенная шероховатость русел и пойм водотоков вызвала не только высокий подъём уровней воды, но и существенно замедлила их спад в августе.

На самой Припяти за счёт поступления воды с притоков повышение уровней продолжалось до середины августа. Синхронность прохождения паводка на левобережных (Цна, Лань, Случь, Птичь) и правобережных (Горынь, Ствига, Уборть) притоках определила развитие значительного паводка в нижнем течении Припяти, соответствующего 2% вероятности превышения. На участке Туров – Мозырь вода находилась на пойме до начала сентября.

В июне–июле 1998 г. в районах Полесья выпало до 2–3 норм месячных атмосферных осадков. Особенно дождливыми были вторые декады июня и июля, где выпало до 140 мм при норме 25–30 мм. В отдельные дни выпадало до 60 мм атмосферных осадков.

По состоянию на 3 августа 1998 г. на реках Припять, Случь, Птичь наблюдался интенсивный рост уровней воды. По данным наблюдений на гидропосту р. Припять – г.п. Туров, такие максимальные уровни воды дождевых паводков наблюдались один раз в 20 лет. Паводковая ситуация лета 1998 г. во многом повторяла ситуацию 1993 г.

#### **Колебания и изменения максимальных расходов воды весеннего половодья**

Любая природная система, в том числе и речная экосистема, устойчиво функционирует, когда количественные характеристики ее колеблются около некоторых средних многолетних значений. При отклонении от средних величин в ту или иную сторону экосистема испытывает определенный стресс и стремится вернуться в исходное равновесное состояние.

В таблице 9 приведены 10 экстремальных лет и расходов воды для характерных периодов года по р. Припять – г. Мозырь за период инструментальных наблюдений. Как видно из таблицы 9, наиболее изменчивым является весеннее половодье. Исследования показали, что изменения стока рек бассейна Припяти под воздействием природных изменений (потепление климата) и антропогенных воздействий (крупномасштабные мелиоративные изменения) имеют следующие тенденции.

Начиная с середины 60-х гг. прошлого столетия среднегодовые и минимальные расходы воды имеют устойчивую тенденцию к увеличению, в тоже время максимальные расходы воды весеннего половодья несколько уменьшаются, что подтверждают



нормированные разностные интегральные кривые р. Припять – г. Мозырь, представленные на рисунке 2.

Таблица 9. – Годы и экстремальные расходы ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) воды р. Припять – г. Мозырь за период инструментальных наблюдений

Среднегодовые				Максимальные половодья				Летне-осенние		Зимние	
max		min		max		min		min			
Год	$Q$	Год	$Q$	Год	$Q$	Год	$Q$	Год	$Q$	Год	$Q$
1998	725	1954	142	1845	11000	1954	306	1939	58,7	1922	22,0
1970	708	1921	166	1877	7500	1984	383	1951	63,4	1921	37,5
1999	690	1901	172	1895	5670	1952	411	1950	63,9	1912	40,0
1958	643	1952	172	1888	5100	1925	423	1952	65,0	1893	43,2
1975	640	1925	191	1889	4700	1901	429	1946	68,0	1916	44,1
1913	636	1904	208	1940	4520	1997	458	1921	68,4	1962	46,2
1923	596	1964	216	1979	4310	1921	477	1961	70,0	1954	46,4
1993	590	1984	218	1932	4220	1930	477	1947	72,0	1908	47,4
1981	588	1950	219	1970	4140	1904	484	1937	74,4	1947	48,6
1931	582	1939	230	1958	4010	1943	510	1992	76,5	1889	55,2
$Q_{\text{ср.}}^* = 389;$ $C_v = 0,32; C_s = 0,60$				$Q_{\text{ср.}} = 1830;$ $C_v = 0,89; C_s = 4,0$				$Q_{\text{ср.}} = 154;$ $C_v = 0,50; C_s = 2,0$		$Q_{\text{ср.}} = 147;$ $C_v = 0,73; C_s = 3,0$	

Примечание: Статистические параметры приведены за весь период инструментальных наблюдений.

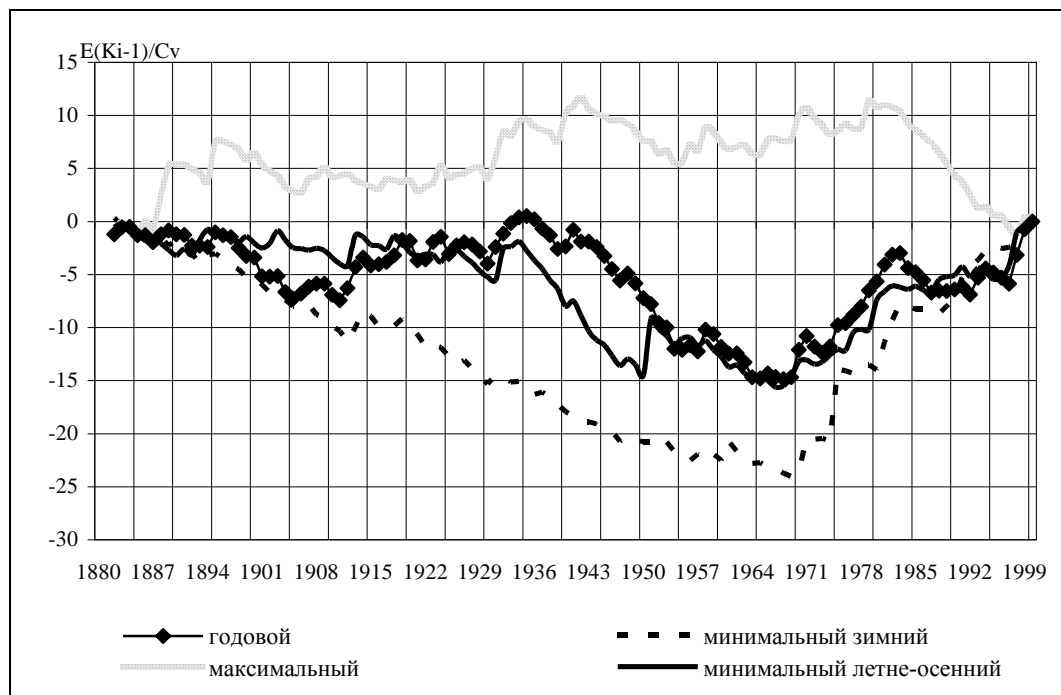


Рисунок 2. – Нормированные разностные интегральные кривые годовых расходов воды, весеннего половодья, минимального зимнего и минимального летне-осеннего расходов воды р. Припять – г. Мозырь

Заметное снижение максимальных расходов воды весеннего половодья в конце XX в. вызвано увеличением количества оттепелей зимой, во время которых значительные снежные запасы трансформируются в сток зимней межени. Это вызывает увеличе-



ние зимнего стока, а порой приводит к зимним паводкам и снижает максимальные расходы весной. На рисунке 3 представлен хронологический ход максимальных расходов воды весеннего половодья за инструментальный период наблюдения.

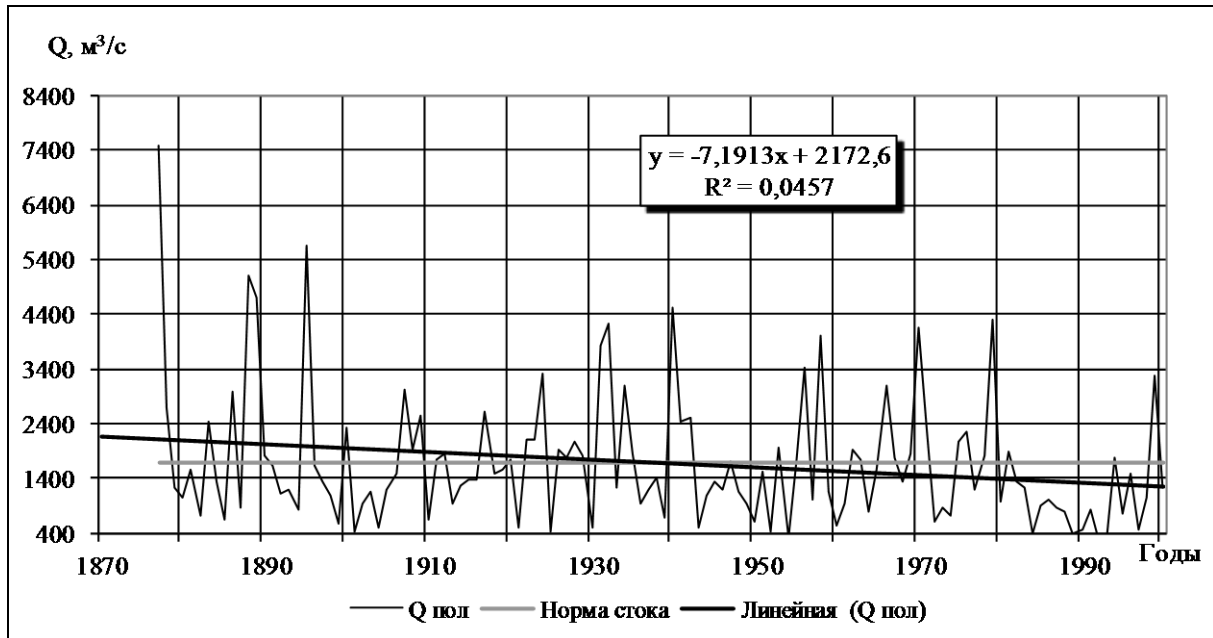


Рисунок 3. – Хронологический ход максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь за период инструментальных наблюдений

В последние годы XX в. максимальные расходы воды весеннего половодья были ниже среднего. Для оценки влияния крупномасштабных мелиораций на изменение стока весеннего половодья выполнен сравнительный анализ различий в основных статистических характеристиках за два периода: с начала наблюдений по 1965 г. (начало крупных осушительных мелиораций) и с 1966 г. по настоящее время (таблица 10).

Таблица 10. – Основные статистические параметры максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь

Период	Число лет наблюдений, $n$	Среднегого-летний расход, $Q$ , м <sup>3</sup> /с	Средне-квадратичное отклонение, $\sigma_w$ , м <sup>3</sup> /с	Коэффициент вариации, $C_v$	Коэффициент корреляции стока смежных лет, $r(1)$
1877–1965	89	1 770	1 205	0,72	0,06
1966–2000	35	1 430	1 004	0,72	0,23

Проверка статистической значимости расхождения средних величин максимальных расходов воды за рассматриваемые периоды показала, что различия в средних могут быть признаны статистически достоверными на 5%-м уровне значимости.

Оценка цикличности во временных рядах максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь осуществлялась на основе спектрально-временного анализа (СВАН) с длиной окна 35 лет, а также параметра хаотизации (рисунок 4).

Анализ СВАН-диаграмм показал, что для р. Припять – г. Мозырь характерны следующие непродолжительные циклы длительностью около 2 (1910–1946 гг.),



3 (1930–1962 гг.), 4 (1910–1980 гг.), 6 (1900–1910 гг.), 8 лет (1916–1942 гг.), а такжэ моцныя цыклы – 20 лет (1936–1978 гг.) і 33 года (1928–1976 гг.).

Для временных рядов максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь в начале 1960-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. В последние годы XX в. наблюдается рост этого параметра.

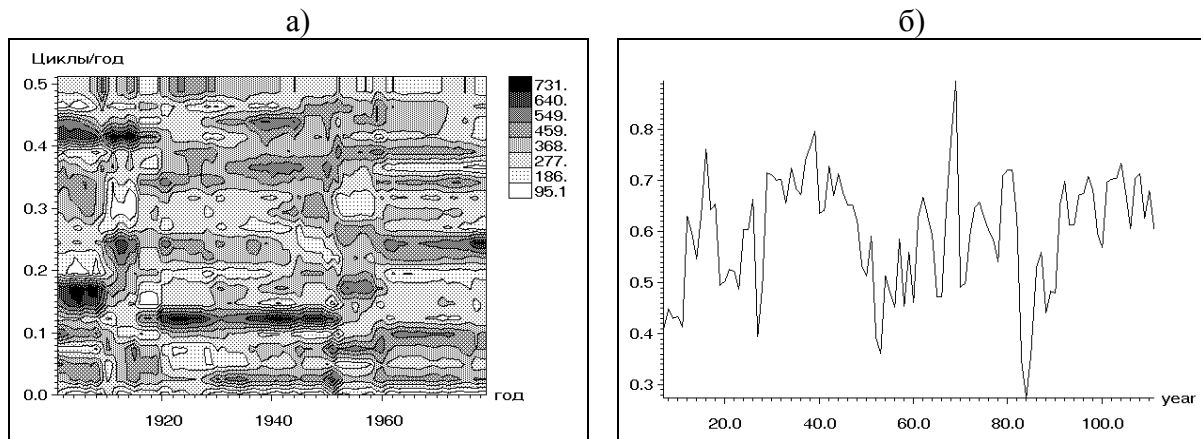


Рисунок 4. – СВАН-диаграммы (а) и распределение параметра хаотизации (б) максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь

При изучении закономерностей многолетних колебаний речного стока несомненный интерес представляет совместный анализ динамики стока и обобщенных характеристик атмосферы, в качестве которых обычно используется классификация Г. Вангенгейма – А. Гирса, основанная на трех формах циркуляции: *W* (западной), *E* (восточной) и *C* (меридиональной). Для р. Припять – г. Мозырь крайние значения  $R(1)$  статистически незначимы при 5%-м уровне значимости, в то время как средние значения расходов воды за периоды 1877–1890 гг. ( $2\,470\text{ м}^3/\text{с}$ ) и 1989–2000 гг. ( $1\,020\text{ м}^3/\text{с}$ ) являются статистически различимыми (таблица 11).

Таблица 11. – Основные статистические параметры максимального стока р. Припять – г. Мозырь для различных периодов осреднения

Период	$n$	Тип атмосферной циркуляции	$Q$ , $\text{м}^3/\text{с}$	$\sigma_w$ , $\text{м}^3/\text{с}$	$C_v$	$r(1)$
1877–1890	14	C	2 470	1940	0,17	0,81
1891–1928	38	W	1 610	962	0,11	0,60
1929–1939	11	E	1 890	1214	0,08	0,68
1940–1948	9	C	1 830	1128	0,53	0,66
1949–1964	16	E + C	1 440	1009	0,18	0,73
1965–1988	24	E	1 630	772	0,18	0,63
1989–2000	12	W	1 020	788	0,06	0,84

Можно предположить, что основная причина, вызвавшая уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья рек бассейна Припяти, носит природный характер и в меньшей степени связана с антропогенными воздействиями. С другой стороны, крупномасштабные мелиорации в Полесье привели к осушению больших болот-



ных массивов, сведению кустарников и мелколесья и трансформации этих угодий в сельскохозяйственные, что должно неизменно привести к более высокому половодью. Таким образом, можно предположить, что в бассейне р. Припять произошла компенсация двух разнонаправленных векторов. Тем не менее преобладающими являются природные факторы, вызванные глобальными колебаниями гидротермического режима.

Выполненные исследования показали, что на территории Полесья в конце XX и начале XXI в. наблюдается повсеместное уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья до 40%. При этом происходит смещение начала половодья на более ранние сроки. Так, наблюдается увеличение среднемесячных расходов воды в феврале в среднем на 40%, а в марте – на 30%. В то же время имеет место уменьшение месячных расходов в апреле и мае на 20%. Данные трансформации в основном вызваны глобальными колебаниями климата, в частности, наблюдаемым потеплением, начавшимся в середине 80-х гг. прошлого столетия.

Проведенная оценка степени однородности основных статистических характеристик максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь более чем за 100-летний период позволяет сделать вывод о наличии статистически значимых изменений в динамике максимального стока, которые обусловлены как естественно-климатическими, так и антропогенными изменениями гидрологического цикла. Стационарность процесса многолетних колебаний максимального стока можно отмечать лишь на отдельных отрезках временного ряда. При анализе закономерностей многолетних колебаний максимального стока рек использование методов теории случайных процессов должно сочетаться с анализом генезиса рассматриваемого процесса и определяющих его природно-хозяйственных факторов, прежде всего климатических.

### **Стратегия защиты и снижение ущерба от наводнений**

Повышенная вероятность паводков, особенно катастрофических, тяжёлые экономические и социальные их последствия дают основания относить значительную часть Полесья к территории с часто повторяющимися чрезвычайными ситуациями. По числу жертв и ущербу, причинённому обществу, наводнения занимают первое место среди стихийных бедствий. Поэтому защита территорий от наводнений является не только одной из самых актуальных задач комплексного использования и охраны природных ресурсов, но и важнейшей социально-экономической и хозяйственной проблемой.

В последнее время наводнения, приносящие огромный материальный ущерб, случаются раз в 4–5 лет. Только от наводнений 1974 г. прямой ущерб в Полесской зоне составил 173 млн руб. в ценах 1991 г. [10]. Паводок 1974 г. затопил 400 тыс. га земель, было повреждено и выведено из строя 640 км линий электропередач, без электроэнергии на длительный период остались 674 населённых пункта, 453 животноводческие фермы, было разрушено 246 км автомобильных дорог, затоплено 2 858 домов [12].

Значительный ущерб принёс и летний паводок 1993 г. В зоне затоплений на длительный период оказались более 10 тыс. домов, в которых проживали 40 тыс. человек, около 200 тыс. га посевов зерновых, более 30 тыс. га посевов картофеля и других культур, повреждено более 200 км автомобильных дорог, 10 мостов, 150 участков линий электропередач, обесточены 400 населённых пунктов и 160 животноводческих ферм. Экономический ущерб в результате паводка без экологического ущерба и затрат на нормализацию санитарно-эпидемиологической обстановки в пострадавших районах составил более 200 млрд рублей в ценах 1993 г. [10]. Все это оказывает существенное влияние на экономику хозяйств расположенных в пойменных зонах, где подобные паводки систематичны и приносят невосполнимые утраты, в первую очередь на территории Пинского, Столинского и Лунинецкого районов.



Паводковая ситуацыя таксама усугубляецца за счэ́т адсутства графіка пропуску максымальнага расхода і выкарыстання існуючых вадохранілішч з суседняй Украінай. У водасборы рэк Горынь і Стырь, бяржучых свайго пачатку з тэрыторыі Украіны і упадаючых у р. Прыпяць на тэрыторыі Беларускага Полесься, разьмешчаны пяць крупных вадохранілішч агульнай карыснай ёмкасьцю 1 695 млн м<sup>3</sup>. Запоўненьне і сработка гэтых вадохранілішч напярэмую звязана з узровеньным рэжымом р. Горынь у раёне Століна і Давід-Гарадка. Сьравнальна невялікім вясеннім паводзьем 1999 г. на Полесьсе было затоплена 194 населённых пункта і каля 200 тыс. га сельхозугоддзяў, 5 тыс. жылых дамоў толькі ў Столінскім раёне; ушэрб склаў 4 млн руб. у цэнах 1991 г. [12]. У тэблецы 12 прыведзены даньне аб ушэрбах, прычыняемых наводненьнямі [14].

Тэблеца 12. – Расчэ́тныя суммарныя сьрэднегадовыя значэньне ушэрбаў на водасборы р. Прыпяць на тэрыторыі Беларусі

Плошча затопленьня, км <sup>2</sup>			Затапляемыя аб'екты	Расчэ́тны ўшэрб ад наводненьняў, тыс. руб. (у цэнах 1990 г.)		
P = 50%	P = 25%	P = 1%		P = 50%	P = 25%	P = 1%
11,56	2 680	9 202	Жэлезнадарожны транспарт	–	–	1 332
			Промышленныя прадпрыемствы	–	–	102
			Жылы фонд	–	–	9 110
			Сельскагаспадарчыя ўгоддзя	18 403	44 028	75 519

Пасьлядствы катастрофічных наводненьняў паказалі неадложнасьць ажыццяўленьня спецыяльных супрацьпаводковых мерапрыемстваў у пойме р. Прыпяць. Паэтым неабходна ўзмацніць навучна-дасьледвацкія, арганізацыйныя і практычныя рэбеты, напярэленыя на зьмяншэньне ўшэрбаў ад наводненьняў. Прадотварэньне стыхійных бедстваў у 50–70 раз зьмяншэць затраты на ліквідацыю пасьлядстваў наводненьняў.

Аналіз структуры сьложывшэйся сыстэмы зашчыты ад наводненьняў у пойме р. Прыпяць, апьята ёй эксплуатацыі, ітогаў праходжэньня паводзьем 1999 г. паказывае, што прымяньне чыста інжэнерных спосабаў не абеспечывае сьушэствэнага зьніжэньня ўшэрбаў ад наводненьняў пры эфэктывным іспользаваньні пойменных тэрыторыяў. Асобае вьняманьне неабходна абратыць на вьняаньне іскуствэнага зьмяньненьня ўмоваў фарьміраваньня максымальнага стока на гідралягічныя і гідралячычныя пэраметры стока, прэгнозыраваньне маштабаў наводненьняў і вьработку стратэгіі ўправленьня, пазваляючэй мьнімізаваць адьрыцатэльныя пасьлядствы наводненьняў, адрэдаваньне пьтэй эфэктывнага іспользаваньня пойменных тэрыторыяў, пэтанцыял котрых дастаточна вьсока.

Пры ізувацьні наводненьняў і бэрьбе зь нымі пэрьваочэраднымі задачамі [14] являюцца: 1) вьпавольненьне раёнаваньня і карьтываньня пойм зь нанэсьненьнем граьніц наводненьняў разьлічнага вадаабеспечэньнасьці зь ўваьтам вьда гаспадарчага іспользаваньня тэрыторыі; 2) разьработка матэматычнага мэдаля і сьтварэньне савэстувуючых база даньных для прэгнозыраваньня наводненьняў; 3) разьработка супрацьпаводковых мерапрыемстваў у долаьнах рэкаў зь ўваьтам вьсэго водасбора; 4) адрэдаваньне вьдаў гаспадарчага дэятэльнасьці, котрым пры затопленьні будэць нанэсьнэнь мьнімальнага ўшэрба; 5) сьтварэньне надэжных інжэнерных савуражэньняў па зашчыце сельскагаспадарчых зэмаляў і гаспадарчых аб'ектаў зь мьнімальнымі нарушэньнямі прыродных бьагэацэназаў; 6) апьтывізаваьнае савэтаньне інжэнерных мэдадаў зашчыты населэнных пунктаў і сельскагаспадарчых ўгоддзяў зь нэінжэнернымі (эканамаікамаі і юрыдыкамаі); 7) сьтварэньне гьбькага праграмаы па савураваьненьні ад наводненьняў, савэтануючэй абязатэльныя і дабравольныя фарьмы; 8) разьработка сыстэмы апавэщэньня населэньня аб вьрэмьні наступленьня наводненьня, максымальна вьмажжных адмэткаў яго ўрэвня і прэдаляжэньнасьці; 9) разьработка адьнога мэдадыка ўваьта пасьлядстваў ад наводненьняў і пэдасьчэта



причиняемого ими ущерба, а также учета ущерба, наносимого здоровью людей в период наводнений и после них.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дрозд, В. В. Река Припять / В. В. Дрозд, О. З. Ревера. – Минск : Университетское, 1988. – 77 с.
2. Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять / под общ. ред. М. Ю. Калинина, А. Г. Ободовского. – Минск : Белсэнс, 2003. – 269 с.
3. Васильченко, Г. В. Опыт борьбы с наводнениями в СССР и задачи инженерной защиты от затоплений сельхозугодий в пойме р. Припяти / Г. В. Васильченко, Л. А. Гриневич // Проблемы Полесья. – Минск, 1984. – Вып. 9. – С. 20–27.
4. Республиканская программа инженерных водохозяйственных мероприятий по защите населенных мест и сельскохозяйственных угодий от паводков в наиболее паводкоопасных районах Полесья. – Минск, 2000.
5. Волчек, А. А. Синхронности в колебаниях стока рек Беларуси и его оценка / А. А. Волчек // Природные ресурсы. – 2001. – № 2. – С. 44–48.
6. Швец, Г. И. Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР / Г. И. Швец. – Л. : Гидрометеиздат, 1972.
7. Журнал Министерства внутренних дел. – СПб., 1838.
8. Государственный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1979 г. – Минск, 1981. – Т. 2, вып. 7.3.
9. Бучинский, И. Е. О климате прошлого Русской равнины / И. Е. Бучинский. – Л. : Гидрометеиздат, 1957.
10. Азява, Г. В. Защита от паводковых наводнений в Белорусском Полесье. Состояние и перспектива / Г. В. Азява, В. В. Аземша // Белорусское Полесье. – Пинск, 2001. – Вып. 1. – С. 49–53.
11. Лиштван, И. И. Проблемы наводнений в Полесье и мероприятия по противопаводковой защите населенных пунктов и сельскохозяйственных земель / И. И. Лиштван, Г. В. Азява, Л. М. Ярошевич // Природные ресурсы. – 1999. – № 2. – С. 49–58.
12. Округ, С. И. Защита от наводнений / С. И. Округ // Белорусское Полесье. – Пинск, 2001. – Вып. 1. – С. 60–62.
13. Рутковский, П. П. Проблема наводнений в Республике Беларусь и пути её решения / П. П. Рутковский // Природные ресурсы. – 2001. – № 2. – С. 59–63.
14. Калинин, М. Ю. Водные ресурсы Белорусского Полесья: современное состояние, проблемы, концепция изучения, использования и охраны / М. Ю. Калинин, А. А. Волчек // Природные ресурсы. – 2001. – № 4. – С. 35–48.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 05.10.2016

**Volchak A.A., Volchak An.A. Hydrological Risks in the Pripyat River Watershed and their Minimization**

*The article considers the problems of water resources in Polesye region. It presents quantitative characterization of maximum water discharge of Polesye's rivers including the Pripyat as its main water artery. The authors investigate possible consequences of river runoff shift caused by climate change and specify urgent issues for research to solve water problems in the region.*





УДК 551.43(476)

**Н.Ф. Гречаник**

*канд. геогр. наук, доц. каф. географіі і прыродопользавання  
Брэстскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна*

**МОРФОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА  
ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПОДЛЯССКО-БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ**

*Охарактеризована динамика современного рельефа, определены современные агенты эндогенного, экзогенного и антропогенного воздействия на земную поверхность в пределах крупной тектонической структуры Русской плиты – Подляско-Брестской впадины.*

Активно и разнообразно проявляются на территории впадины современные геоморфологические процессы. По основному источнику энергии эти процессы подразделяются на классы.

Из эндогенных процессов необходимо отметить вертикальные движения, интенсивность которых оценивается в 1–3 мм в год, а вдоль линий разломов за короткие промежутки времени амплитуда перемещений составляет 20–30 мм в год. Современные тектонические движения создают в рельефе малоамплитудные поднятия, опускания, перегибы, которые влияют на развитие и направление речной сети, болот, дефляции, карста [1; 2].

Среди экзогенных процессов ведущими являются аквальные. Активно протекает деятельность рек, а также временных линейных и плоскостных водотоков. С реками в настоящее время связана боковая и линейная эрозия, перенос материала, накопление пойменного аллювия. Временные линейные водотоки формируют промоины и овражно-балочные системы. Широко представлены гравитационные процессы: обвалы, осыпи, оползни и крип. Скорость сползания материала измеряется первыми миллиметрами в год. В перемещение вовлекается слой отложений мощностью 30–50 см. Повсеместно проявляется дефляция, которая приводит к перемещению значительных объемов покровных отложений. Из других современных экзогенных процессов следует отметить торфонакопление, солифлюкцию, осадконакопление в водоемах, карст, суффозию.

В результате хозяйственной деятельности человека, использующего технические средства, возникают новые формы рельефа и перемещаются огромные массы различных пород, ускоряется ход многих природных геоморфологических процессов. Таким образом, современная динамика рельефа на территории Подляско-Брестской впадины является многогранной и определяется комплексом факторов, действующих в самых различных сочетаниях. Рассмотрим более детально некоторые из процессов, которые наиболее заметно преобразуют земную поверхность.

**Эндогенные процессы**

Сопряженность земной поверхности и структурных элементов фундамента показала, что современный рельеф в основном отражает характер тектонического строения исследуемой территории. Из генетических типов рельефа наибольшую связь с глубинными структурами испытывают краевые ледниковые образования, с которыми тесно связаны другие генетические типы ледникового рельефа.

Направление русел современных рек в пределах восточной части Подляско-Брестской впадины совпадает с направлением падения абсолютных отметок фундамента, а изгибы русел рек часто повторяют конфигурацию изогипс поверхности фундамен-



та допалеозойских образований. Блоковый характер кристаллического фундамента оказал влияние на формирование современного рельефа и распределение речной сети. Существовавший на протяжении длительного времени наклон поверхности к северо-западу обуславливал и направление водных потоков, что способствовало сильному эрозионному преобразованию поверхности, причем наиболее интенсивно этот процесс происходил по тектонически ослабленным зонам. В плейстоцене ложбины ледникового выпахивания и размыва тяготели к различным нарушениям поверхности фундамента. В пределах территории восточной части Подляско-Брестской впадины вырисовывается четкая приуроченность современных рек к зонам тектонических нарушений, в том числе и неотектонических [1; 3].

У Западного Буга развита древовидная система притоков с правосторонней асимметрией водосбора, что хорошо согласуется со структурным планом и характером мезозойско-кайнозойских тектонических движений. Река течет в сторону снижения абсолютных отметок поверхности фундамента впадины и наследует ее осевую часть. От д. Козловичи вниз по течению возрастает глубина реки, русло образует выпуклые излучины, указывающие на приспособленность к росту локальных неотектонических структур. У деревень Костари, Новоселки отмечается самый низкий коэффициент меандрирования от 1,11 до 1,01. Это связано с прохождением рекой напорно-аккумулятивной гряды и новейшего поднятия.

Река Мухавец от д. Воротыничи до г. Кобрин огибает с востока Кобринское новейшее поднятие, частично внедряясь в него. От д. Богуславичи долина наследует зону тектонической трещиноватости вдоль выявленного по поверхности фундамента разлома и приобретает юго-западное направление. Здесь она попадает под влияние Жабинковской положительной структуры и ее долина сужается. В нижнем течении, у д. Бульково, выражена первая надпойменная терраса и широкая пойма. Эти элементы связаны с прохождением рекой площади новейшего опускания. Субширотное направление от г. Кобрин до впадения в Западный Буг имеет прямую согласованность с глубинным строением впадины, наследуя ее осевую часть.

Река Лесная имеет хорошо выраженную долину шириной 3–5 км. Она прямо наследует существующую по поверхности кристаллического фундамента разломную зону между Кустинским и Ратайчицким блоками. У д. Тростяница река отклоняется к югу и обходит с северо-востока Зборомировскую гряду современного рельефа. Изменив направление, русло реки копирует конфигурацию изогипс поверхности фундамента. После Видомлянкой положительной площади р. Лесная пересекает Брестскую площадь новейшего поднятия, которая влияет на направление течения и размеры долины.

Река Пульва на участке от г. Высокое до д. Огородники наследует участок Высоковского разлома. На участке от д. Волчин до д. Загородная р. Пульва делает изгиб, обходя возвышенную гряду, и от д. Загородная до д. Огородники Ставские имеет четкую узкую долину в пределах новейшего поднятия фундамента.

Таким образом, долины рек по-разному согласуются с особенностями тектонического устройства исследуемой территории и неодинаково реагируют на динамику новейших тектонических структур, но обязательно находятся в зависимости от них.

Среди диагональных линеаментов в пределах восточной части Подляско-Брестской впадины количественно преобладают формы северно-западного (67%) и в меньшей степени субширотного (29%) направлений. Белорусскими геологами [4] выявлены три зоны линеаментов северно-западного направления, вытянутых на расстояние 100–150 км при ширине 15–20 км. На участках сочленения зон отмечается повышенная плотность



линейных элементов рельефа. Самые сложные по форме узлы пересечения наблюдаются в районах Жабинка – Кобрин и Антополь – Береза.

Кроме того, территория впадины периодически испытывает воздействие быстрых тектонических движений (землетрясений). Одним из самых мощных землетрясений последних десятилетий стало Карпатское (4 марта 1977 г.). По оценкам разных сейсмических станций, магнитуда его составила 7,2–7,5. Подземные толчки ощущались на обширной территории Восточно-Европейской платформы.

### **Плоскостная эрозия**

Смыв частиц почвы или грунта талыми и дождевыми водами называется делювиальным процессом или плоскостной эрозией. Этот процесс наиболее интенсивно проявляется струйчатым и бороздчатым способом на склоновых поверхностях Порозовской гряды, Вискулянско-Шерешевской, Высоковской, Каменецкой и Пружанской равнин, которые хорошо освоены в сельскохозяйственном отношении. Плоскостную эрозию вызывает поверхностный сток, возникающий в результате сезонного таяния накопившегося зимой снега и льда, выпадения атмосферных осадков в жидком виде в объемах, превышающих количества воды, необходимые для смачивания почвы и растительности.

На основании полевых реперных наблюдений в течение 2008–2013 гг. на участках Высоковской, Каменецкой и Пружанской равнин пластовый сток составил соответственно 0,4 мм/год, 0,5 мм/год и 0,3 мм/год. Эти параметры на территории перечисленных равнин определяются крутизной склонов, гранулометрическим составом отложений и растительным покровом. На площади Право- и Лево-Мухавецкого геоморфологических районов делювиальный снос отмечен только на притеррасных склонах у деревень Петровичи и Бульково Жабинковского района, д. Подлесье Брестского района. В других частях Подляско-Брестской впадины этот процесс практически не проявляется.

Во время интенсивного снеготаяния и выпадения ливневых осадков на склонах крутизной от 5° формируется ручейковый сток, с которым связаны основные объемы переносимого материала. В пределах исследуемой территории выделено три типа ручейковой сети. Первый включает временную сеть в приводораздельных частях склонов с относительно ровной поверхностью и равномерным уклоном. Местоположение струй случайно и непостоянно, после каждой распашки они уничтожаются. Длина ручейков 50–100 м. Второй тип образуется слиянием ручейков первого типа на расположенной ниже части склона с относительно ровной поверхностью и равномерным уклоном. При распашке они также уничтожаются. Длина ручейков до 300 м. Временная сеть третьего типа четко выражена в рельефе, приурочена к ложбинам стока и формируется в результате слияния ручейков второго типа и впадения в них первого типа. Длина – от 300 до 1500 м. Площадь водосбора до 2 км<sup>2</sup>.

По результатам наблюдений на ключевых участках суммарный ежегодный смыв со склонов моренно-водно-ледниковых равнин составляет 9,3–17,4 т/га, водно-ледниковых равнин – 7,2–12,7 т/га. Большая часть перемещаемого материала образует конусы выноса в подножной части склона, меньшая (мелкой размерности) в конечном итоге попадает в речную сеть. Количество переносимого речными водами мелко- и тонкообломочного материала измеряется от 8,0 до 24,6 г/л.

### **Линейная эрозия временных водотоков**

Образование и развитие линейных эрозионных форм на территории региона происходит в четыре стадии. На первой стадии образуется линейная эрозионная форма



в виде промоины. Промоины закладываются на склонах речных террас Западного Буга, Лесной и Мухавца, склонах конечно-моренных холмов, в прибортовых частях карьеров и вдоль врезанных участков дорог. Параметры промоин различные и варьируют по длине от 10,0–15,0 до 155,0 м при ширине 0,5–2,5 м и глубине 0,2–1,2 м. Поперечный профиль имеет V-, реже U-образную и трапециевидную форму. Продольный профиль промоин ступенчатый и плохо выработанный. В процессе хозяйственного освоения территории большинство таких форм прекращает свое развитие.

Формы линейной эрозии второй стадии развиваются с врезанием в привершинной части и образованием водобойного колодца. Глубина таких форм достигает 3,5 м, длина от 30 до 200 м, крутизна склонов от 30 до 60°, а у водобойного колодца до 90°. Поперечный профиль форм V-образный и трапециевидный. На склонах эрозионных форм происходит осыпание и сползание материала, который водным потоком почти полностью выносится за пределы эрозионной формы, образуя конусы выноса. Эрозионные формы, находящиеся на второй стадии развития, широко распространены на территории Высоковской и Каменецкой моренно-водно-ледниковых равнин у деревень Новоселки, Паниквы, Костари, Ставы, Гремяча, Минковичи, Проходы, Демянчицы и Лово-Мухавецкой водно-ледниковой равнине у д. Бульково в прибортовой части карьера Мухавецкого месторождения песков.

Эрозионные формы третьей стадии развития характеризуются отсутствием висячего устья, наличием в тальвеге постоянного водотока, русло которого доходит до местного базиса эрозии. Длина оврагов достигает 80,0–280,0 м, глубина вреза от 4,0 до 8,0 м. Склоны полностью задернованы, и только в привершинной части, где проявляются процессы эрозии с образованием боковых отвершков, склоны лишены растительности. Примером форм на третьей стадии развития являются овраги у д. Паниквы Каменецкого района и д. Бульково Жабинковского района.

Для линейных форм, находящихся на четвертой стадии развития, характерно затухание эрозии, что постепенно приводит к выполаживанию вершинной части и склонов. На поверхности травянистых склонов появляются кустарниковая и древесная растительность. В таком виде эрозионная форма представляет собой типичную балку, которые широко распространены в пределах Порозовской конечно-моренной гряды, северо-восточной части Добровольско-Новодворской водно-ледниковой равнины, Высоковской и Каменецкой моренно-водно-ледниковых равнин. Их длина составляет 40–90 м, ширина в основании до 10 м, глубина до 8 м.

Линейная эрозия временных водотоков является мощным и интенсивным рельефообразующим процессом, который определяется природными условиями и хозяйственной деятельностью человека, изменяет ранее существовавшие формы рельефа и формирует новые их виды на территории исследований.

### **Линейная эрозия и аккумуляция постоянных водотоков**

По грандиозности созданных форм рельефа деятельность постоянных линейных водотоков не имеет себе равных среди современных рельефообразующих процессов. Итогом этой деятельности является густая сеть речных долин. Общая протяженность долин в пределах впадины составляет более 1200 км. Здесь проходит часть линии Балтийско-Черноморского водораздела, причем основная территория дренируется водными артериями Балтийского бассейна. Крупнейшими реками являются Западный Буг, Мухавец, Лесная, Рыта, Осиповка, Тростяница, Пульва. Доминируют речные долины пойменного типа, первая надпойменная терраса на всем протяжении выражена у За-



падного Буга и фрагментарно у Мухавца, Лесной, Рыты. Густота натуральной речной сети на исследуемой территории составляет 0,15 км/км<sup>2</sup>.

Об объемах произведенной речной сетью геологической работы свидетельствуют следующие данные. Врез долины Западного Буга за позднеледниковье и голоцен происходил на протяжении 115 км, а его глубина составила у д. Страдечи 12,0 м, у д. Теребунь 27,0 м и у д. Новоселки 36,0 м. Долина заполнена аллювием, мощность которого изменяется от 8,0 до 19,0 м. Врез Мухавца осуществлялся на протяжении 112 км, его глубина у д. Здитово 5,0 м, а в нижнем течении у д. Ямно 11,0 м. Мощность пойменного аллювия 8,0–12,0 м. Долина р. Лесной врезана у д. Баранки на 24,0 м, у деревень Холмичи и Остромечево 30,0 м. Пойменная долина Пульвы в среднем течении врезана на глубину 20,0–22,0 м.

### **Эрозия и аккумуляция в береговой зоне водохранилищ и прудов**

На территории впадины начиная со второй половины прошлого столетия проводились работы по созданию искусственных водоемов: водохранилищ, прудов. В настоящее время площадь таких водоемов составляет около 3 660 га. В береговой зоне этих водоемов происходит ряд изменений, в том числе активизация различных видов геоморфологических процессов, в частности абразия берегов, плоскостная и линейная эрозия, дефляция, термоэрозия и ледовая эрозия. Наряду с этим в процессе эксплуатации водоемов получают развитие аккумулятивные процессы, которые создают различные формы рельефа (косы, пересыпи, валы и др.).

На основании полевых исследований в пределах береговой линии шести водохранилищ установлено, что абразионные берега составляют 65%, аккумулятивные около 30% и эрозионные 5%. Берега искусственных водоемов сложены песком, супесями, суглинками, гравием, галькой, обломками щебня и разноразмерными валунами. Высота берегов, испытавших воздействие абразии, составляет от 0,6 до 3,5 м. Абразионные берега формируются в три стадии: начальную, интенсивную и стабилизации. Процесс абразионного берегообразования на водохранилищах протекает в течение 8–10 лет, а на прудах это происходит за 3–4 года.

Аккумулятивные берега формируются при явлении абразионных процессов в тех случаях, когда процесс берегообразования идет продолжительное время. При достижении абразионными берегами устойчивого состояния однонаправленные деформации склона приближаются к нулю, возникают вдольбереговые потоки наносов, которые ведут в конечном итоге к развитию аккумулятивных форм. На территории впадины эти формы выглядят в виде кос, пересыпей и береговых валов, выполненных преимущественно разноразмерным песчаным материалом. Продолжительность абразионно-аккумулятивного выравнивания и образование равновесной береговой линии на искусственных водоемах исследуемой территории охватывает время от 10 до 16 лет.

### **Эоловые процессы**

Необходимыми условиями для возникновения и развития эолового рельефа являются наличие несвязного (рыхлого) пылеватого, сухого торфяного, чаще песчаного материала, слабое развитие растительного покрова, а также скорости ветра, достаточные для отрыва и транспортировки материала. Такие обстановки существовали на территории впадины, когда она развивалась в перигляциальных условиях, особенно при деградации припятского и поозерского оледенений.

Эоловые процессы лучше всего проявлялись на площади распространения аллювиальных, пролювиальных, озерных, флювиогляциальных отложений. Сформирован-



ные при этом формы рельефа отмечаются на пространствах впадины почти повсеместно. В настоящее время заметно возросла роль антропогенного фактора в активизации эолового морфогенеза. На территории впадины протекают следующие виды эоловых процессов: дефляция, перенос песчаного, иссушенного торфяного материала и его аккумуляция.

В результате проявления перечисленных процессов образуются формы дефляционного, аккумулятивного и корразионного рельефа. Наиболее значительными дефляционными образованиями являются западины округлой, овальной формы, достигающей в поперечнике нескольких десятков, реже сотен метров. Такие формы широко распространены в северной части Малоритского и на юге Кобринского районов. Кроме того, дефляционные формы могут иметь вид неглубоких борозд, распространенных вдоль проселочных дорог на территории Каменецкого, Пружанского, Жабинковского и в западной части Дрогичинского районов.

На всех сельскохозяйственных землях в результате выдувания материала формируется лунковый рельеф, эоловая рябь и борозды глубиной до 15 см, которые заполняются перевеянным песчаным материалом. Об интенсивности дефляционных процессов можно судить по наблюдениям на ключевых участках Каменецкого и Жабинковского районов. Здесь северо-западный ветер силой до 30 м/с, который дул с 25 по 28 марта 2012 г., способствовал перемещению с наветренных склонов слоя отложений от 3 до 8 см. В реперных бороздах подветренного склона мощность аккумулярованного материала измерялась от 2 до 10 см. Кроме того, значительная часть пылеватого материала в процессе пыльной бури разносилась на большие расстояния.

Средиземноморский циклон «Хавьер» 15–17 марта 2013 г. с реперных вершинных поверхностей конечно-моренных гряд Высоковской и Каменецкой равнин выдул песчано-гравийный материал на глубину от 7,5 до 9,0 см. Суммарный объем перемещенного материала с площади в 5 га составил около 30 м<sup>3</sup>. На пониженных элементах рельефа в местах сохранившегося до этого снежного покрова аккумуляровался слой песчаного материала мощностью в 3,2 см.

Формы корразионного рельефа широкого распространения на исследуемой территории не получили. Они в основном представлены нишами, возникающими на крутых склонах карьеров. При наличии выходов пластов плотно сцементированных пород и соседних менее сцементированных в процессе ветровой деятельности могут формироваться карнизные формы, которые распространены в песчаном карьере у д. Бульково Жабинковского района.

Аккумулятивные формы эолового рельефа исследуемой территории очень разнообразны. Выделяется серия элементарных образований: эмбриональных бугров, кос, песчаной ряби и др. Обычно они осложняют незакрепленные формы эолового мезо- и макрорельефа и особенно широко развиты вблизи населенных пунктов. Заметное увеличение количества элементарных форм отмечается также для широтно-ориентированных участков речных долин с незакрепленными или слабо закрепленными пойменными и террасовыми уступами, прирусловыми валами и гривами.

Простые эоловые формы представлены почти всеми типичными образованиями умеренно-гумидных областей. Наиболее распространены вытянутые продольные и поперечные узкие линейные гряды длиной от первых сотен метров до 1–2 км при ширине 20–60 м. Реже встречаются серповидные образования с выпуклой восточной стороной. Обычно длина их по гребню около 500 м, а ширина 15–40 м. Высота гряд 4–7 м. Поперечный профиль асимметричный. Крутизна наветренного склона 6–10°, заветренного 20°. На территории впадины представлены также полукольцевые гряды с дефляционными



неглубокими котловинами, которые иногда заняты озерами и заболоченными участками, шпильковидные, скобовидные, односторонние полушпильковидные, параболические и береговые дюны. Широко распространены сложные эоловые формы: фестончатые валы, дугообразные цепи, холмистые массивы. Поперечные ветровому потоку формы асимметричные, с пологим (до  $10^\circ$ ) наветренным и крутым (до  $20^\circ$ ) подветренным склоном. Основная часть сложных эоловых форм приурочена к восточной, южной и западной частям характеризуемой территории.

В настоящее время интенсивной ветровой эрозии подвергаются участки осушенных торфяников, что связано с изменением уровня грунтовых вод. Такие процессы интенсивно протекают на участках торфоразработок в Жабинковском (Гатча – Осово), Каменецком (Любашки, Каленковичи), Кобринском (Кобринское), Свислочском (Корнадь) районах.

### **Суффозионно-карстовые процессы**

На характеризуемой территории получили развитие суффозионно-карстовые процессы. Результатом проявления суффозии являются формы поверхностного рельефа в виде просадок, западин, которые распространены в южной части впадины. В современном облике земной поверхности они выглядят в виде неглубоких округлых заболоченных, часто заторфованных понижений диаметром в несколько десятков, реже сотен метров. Мелиоративные мероприятия в ходе сельскохозяйственного освоения территории активизируют появление новых западин.

В пределах южной части впадины кровля карстующихся меловых пород залегает на отметках 75–110 м и покрыта 20–45-метровой толщей песчаных аллювиальных и водно-ледниковых отложений, проявления карста способствовали возникновению крупных котловин, которые заняты Меднянскими, Луковским и Любаньским озерами [5]. Глубина озерных котловин составляет от 5,5 до 11,5 м, а площадь 0,24–3,5 км<sup>2</sup>. По представлениям [5], проявляющиеся карстовые процессы на этой территории объясняются влиянием тектоники и особенно наличием активных разломных зон.

### **Гравитационные процессы**

Смещение определенных объемов горных пород на склоновых поверхностях под действием гравитационных процессов происходит с различной скоростью. Так, медленное перемещение материала в зависимости от крутизны склона, термических условий и степени увлажнения (крип) в пределах реперных участков Высоковской равнины достигает 55 мм/год. Процессы, идущие с высокой скоростью (обвалы, осыпи, оползни), отмечаются на крутых (более  $30^\circ$ ) склоновых поверхностях. На исследуемой территории они приурочены к обрывистым участкам речных долин Западного Буга, Мухавца, Лесной, Рыты, береговым зонам водохранилищ, карьерным выработкам, выемкам и насыпным участкам автомобильных и железных дорог. Объем перемещенных пород варьирует от нескольких десятков до 0,8 тыс. м<sup>3</sup>. Обрушение значительных масс песчано-гравийной смеси установлены в карьерах, расположенных возле деревень Минковичи, Проходы, Кошеники, Дмитровичи Каменецкого района, в береговых обрывах р. Мухавец у д. Бульково Жабинковского района.

### **Биогенные процессы**

По определению С.И. Болысова [6], «биогенный морфолитогенез – это единый процесс формирования (и преобразования) рельефа и осадконакопления (либо преобразования субстрата) вследствие жизнедеятельности организмов (живых организмов и про-



дуктов их метаболизма или распада)». Детальное изучение биогенных форм проводилось на территории Высоковского и Бульковского полигонов в Каменецком и Жабинковском районах, где выделено 11 ключевых участков и 105 геоморфологических площадок. В результате многочисленных замеров основных биогенных форм, созданных млекопитающими животными, птицами, насекомыми и растениями, выделены типовые градации по их параметрам.

*Бобровые хатки:* малые (диаметр основания 2,0–2,20 м, высота 75–90 см); средние (диаметр 2,25–4,70 м, высота 0,95–1,5 м); крупные (диаметр 4,9–6,5 м, высота 1,7–2,5 м); гигантские (диаметр 8,0–10,5 м, высота 3,0 и более м).

*Кротовины:* малые (диаметр основания 10–15 см, диаметр верхней части 5–7 см, высота 10–12 см); средние (диаметр основания 25–40 см, диаметр верха 10–15 см, высота 18–25 см); крупные (диаметр основания 50–60 см, диаметр верха 25–30 см, высота 40 см); гигантские (диаметр основания 1,2 м, диаметр верха 0,6 м, высота 0,9 м).

*Деструктивно-аккумулятивные формы пороев диких кабанов:* малые – 0,4 м<sup>2</sup>, средние – 1,0 м<sup>2</sup>, крупные – 3,0 м<sup>2</sup>, гигантские – более 10,0 м<sup>2</sup>.

*Гнездовые норы птиц:* малые (диаметр входа 5 см, глубина 15–20 см); средние (диаметр 7 см, глубина 30–40 см); крупные (диаметр 8–10 см, глубина 60 см); гигантские (диаметр 12–15 см, глубина от 0,9–1,2 м), часто такие норы имеют боковые камеры. Все средние и гигантские норы за 10–15 см до окончания расширяются по сравнению с начальным (входным) диаметром на 5–10 см.

*Опадные муравейники:* малые (диаметр основания 1,0–1,1 м, высота 65–70 см); средние (диаметр 1,5–1,7 м, высота 80–90 см); крупные (диаметр 2,0–2,5 м, высота 1,2–1,3 м); гигантские (диаметр 3,2–3,5 м, высота 1,7 м).

*Земляные муравейники:* малые (диаметр основания 8–12 см, высота 10–15 см); средние (диаметр 20–30 см, высота 10–25 см); крупные (диаметр 40–50 см, высота 30–40 см); гигантские (диаметр 0,9–1,1 м, высота 0,6 м).

*Ловчие ямы личинок муравьиного льва:* малые (диаметр верхней части 4 см, глубина 2 см); средние (диаметр 7 см, глубина 3 см); крупные (диаметр 10 см, глубина 6 см); гигантские (диаметр 15 см, глубина 7–8 см).

*Осоковые кочки:* мелкие (высота 10–25 см); средние (25–40 см); большие (40–45 см) и огромные (60 см и более).

*Древесные пни:* мелкие (диаметр 10–25 см); средние (25–40 см); крупные (40–55 см) и огромные (более 60 см). Высота форм от 0,2 до 0,8 м.

*Искорные ямы деревьев с глубинной корневой системой:* мелкие (диаметр 1,0–1,5 м, глубина 0,5–0,8 м); средние (диаметр 1,5–2,5 м, глубина 1,0–1,2 м); большие (диаметр 2,5–3,0 м, глубина 1,5 м).

*Искорные ямы деревьев с поверхностной корневой системой:* мелкие (диаметр 2,0–2,5 м, глубина – 0,3–0,5 м); средние (диаметр 2,5–3,5 м, глубина 0,5–0,7 м); большие (диаметр 3,5–4,5 м, глубина 0,8 м).

На территории региона в большом количестве распространены кротовины. Детальное изучение этих аккумулятивных форм на Огородническом ключевом участке позволило проследить их динамику за три года и определить объем перемещенного материала и время их существования. Для этого были заложены две контрольные площадки по 25 м<sup>2</sup>. В первый год наблюдений на них образовалось по 36 и 27 кротовин, на второй год – 25 и 28, на третий год – 17 и 19 кротовин. Объем перемещенного материала за первый год составил по 63 формам 0,44 м<sup>3</sup>, за второй год по 53 формам – 0,37 м<sup>3</sup>, а за третий год по 36 формам – 0,25 м<sup>3</sup>. Суммарный объем перемещенного материала составил около 1 м<sup>3</sup>. На третьем году наблюдений формы, возникшие за первый год,





прекратили свое существование. Некоторые из них были размывы дождевыми и талыми водами полностью, некоторые превратились в небольшие задернованные кочки. Через три года на месте всех кротовин были лишь небольшие задернованные травяные кочки. После оставления животными своих поселений норные зоогенные формы рельефа преобразуются, и на их месте возникают ячеистые, мелкобугристые, линейно-вогнутые и другие микро- и наноформы рельефа.

Исследования позволили провести обобщение накопленного материала за многолетний период наблюдений по биогенному рельефообразованию на территории региона; определить параметры конкретных биогенных форм, проследить их временную динамику, определить объемы перемещенного грунта; основываясь на данных многолетнего ряда полустационарных наблюдений, выявить основные тенденции в динамике биогенного рельефа, а также выяснить продолжительность существования биогенных форм.

### **Техногенные процессы**

В ходе хозяйственного освоения территории и геологической деятельности человека возникают техногенные формы рельефа. Они на данной территории по своим параметрам сопоставимы с естественными (природными), а в некоторых случаях превосходят их. Общая площадь техногенных форм составляет около 430 тыс. га. Положительные формы сосредоточены на площади примерно в 250 тыс. га. Среди них доминируют формы, которые возникли при строительстве транспортных путей. Наибольшую протяженность имеют насыпи автодорог с различным покрытием (6 780 км). Их наибольшая густота установлена на территории Брестского (0,95 км/км<sup>2</sup>), Жабинковского (0,83 км/км<sup>2</sup>) и Кобринского (0,80 км/км<sup>2</sup>) районов. Железнодорожные техноморфы простираются на 752 км. При дорожном строительстве естественные формы рельефа испытывают существенную трансформацию, а некоторые из них полностью исчезают. Такая участь постигла высокий камовый холм в устьевой части р. Осиповки у д. Петровичи Жабинковского района, эоловые песчаные холмы и гряды правобережной части р. Мухавец возле автодороги Брест – Минск – Москва. Отрицательные техногенные формы занимают площадь 180 тыс. га. Среди них доминируют осушительно-обводнительные каналы и карьерные выработки по добыче песчано-гравийно-валунного материала, мела, торфа и сапропеля.

Мелиоративные работы также оказывают существенное влияние на трансформацию естественного рельефа. Суммарная протяженность мелиоративной сети в пределах исследуемой территории составляет 13,5 тыс. км, что более чем в 10 раз превышает суммарную длину современных рек и ручьев. Максимальные площади мелиоративных систем находятся в северной и южной частях территории впадины. Густота сети искусственных водотоков составляет 1,32 км/км<sup>2</sup>, варьируя от 1,9 в южной до 0,8–1,1 км/км<sup>2</sup> в центральной и северной частях впадины.

В ходе проведения мелиоративных работ на определенных участках земной поверхности уменьшились абсолютные отметки. В результате мелиорации возникли трапециевидные линейно ориентированные формы протяженностью в десятки километров и глубиной от 2 до 4 м. В процессе производства этих работ перемещен огромный объем отложений, понизился уровень грунтовых вод, что привело на некоторых площадях к иссушению торфяных залежей. В засушливые годы при освоении человеком торфяных залежей происходит возгорание торфа, что в конечном итоге способствует возникновению на поверхности пирогенных отрицательных форм рельефа. Пирогенные западины округлой формы диаметром до 120 м и глубиной от 2 до 3,5 м. Такие формы распространены на торфяных массивах Брестского, Малоритского и Каменецкого районов.



На территории впадины сооружены искусственные водоемы (водохранилища, пруды), которые занимают площадь 32,4 тыс. га. Крупнейшими из них являются Селец (20,7 км<sup>2</sup> с объемом воды 56,3 млн м<sup>3</sup>), Луковское (5,4 км<sup>2</sup> и 23,2 млн м<sup>3</sup>), Переволока (3,32 км<sup>2</sup> и 2,12 млн м<sup>3</sup>). О масштабе техногенного измерения рельефа в ходе создания искусственных водоемов можно судить по таким данным: естественная озерность в регионе составляет 0,2%, а площадь всех водоемов с учетом новообразованных увеличилась до 0,9%.

Крупные отрицательные формы рельефа, возникшие в пределах впадины, связаны с горнопромышленным освоением территории. В настоящее время в регионе основное количество включенных в баланс месторождений составляют нерудные полезные ископаемые: песчано-гравийные смеси, легкоплавкие глины и суглинки, строительные пески, карбонатный материал, торф, сапропели. Большая часть месторождений строительных песков, песчано-гравийного материала и глины сосредоточена в пределах Высоковской и Пружанской моренно-водно-ледниковых равнин, месторождения торфа и сапропелей преобладают на юге региона и в пределах речных бассейнов Нарева, Ясельды. Техногенные формы, возникшие при добыче полезных ископаемых, занимают свыше 3,5 тыс. га.

Рельеф территории, где производилась добыча глины, представляет собой бессистемное чередование небольших по площади и неглубоких (2–7 м) мульдообразных выработок с невысокими (2–5 м) конусными и гребневидными отвалами из вскрышных пород, размещенных как в пределах карьера, так и в его прибортовой части. Наиболее значительные и глубокие выемки заполняются грунтовыми водами. Такие образования есть в городской черте Бреста (Гершоны, Вычулки) и в Брестском районе (Большие Зводы, Люта). Карьер по добыче глины площадью 63 га глубиной до 10 м находится у д. Щебрин Брестского района.

Техногенный рельеф выработанных месторождений строительных песков и песчано-гравийного материала представлен в виде округлых одноступенных, реже двух- и трехступенных, часто мульдообразных форм глубиной 5–25 м. Днища выработок – плоские, реже полого наклонные, стенки чаще всего имеют наклон 45–60°. Площадь наиболее крупных карьеров составляет десятки гектаров (песчано-гравийные карьеры Минковичи, Перковичи, Проходы Каменецкого района).

Техногенные формы, связанные с промышленной добычей торфа, максимальное распространение получили на территории Жабинковского и Кобринского районов. Их площадь составляет 123 га и 73 га соответственно.

Трансформация естественного рельефа происходит также в ходе сельскохозяйственного освоения территории. Наибольшая распаханность территории характерна для центральной части впадины. На пахотных землях, особенно в пределах склоновых поверхностей, повсеместно проявляются процессы плоскостного смыва материала, что в результате приводит к изменению земной поверхности.

Большие изменения естественного рельефа в настоящее время отмечаются на городских и пригородных территориях, которые превратились в площади искусственного рельефа. В окрестностях городов сооружаются полигоны твердых бытовых отходов, полей фильтрации, обвалованных высокими (до 10 м) дамбами. За последнее десятилетие площадь городов увеличилась в 1,3–1,5 раза. Наиболее бурно расширялись города Брест, Жабинка и Кобрин, что привело к существенному преобразованию земной поверхности.



### Заклучение

На территории восточной части впадины активно проявляются современные рельефообразующие процессы. По основным источникам энергии они подразделяются на три класса – эндогенные, экзогенные и техногенные. Последние происходят под воздействием хозяйственной деятельности человека, в результате которой природные формы рельефа сильно трансформируются, а некоторые полностью исчезают. Разновысотные гипсометрические уровни земной поверхности в настоящее время испытывают значительное воздействие экзогенных процессов, среди которых доминирующей является деятельность дождевых, талых и постоянных текучих вод, включающая плоскостной смыв, склоновую аккумуляцию, линейную эрозию и аккумуляцию временных и постоянных водотоков, заметную роль оказывает и биогенный фактор. Меньшее влияние на современную динамику рельефа оказывают проявления эолового, суффозионно-карстового, абразионного, гравитационного факторов.

Приведенные подразделения классификации современных рельефообразующих процессов в пределах высотных ярусов рельефа исследуемой территории свидетельствуют об изменении урвонной земной поверхности. Максимальные изменения обусловлены техногенным воздействием, затем следуют экзогенные процессы различных групп, самые незначительные изменения вызываются эндогенными процессами. Максимальные изменения земной поверхности происходят в пределах верхних ярусных урвоней, связанных с конечно-моренными, моренными и флювиогляциальными образованиями, в меньшей степени – нижних урвоней, связанных с озерно-аллювиальными поверхностями и речными долинами.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неотектоника и полезные ископаемые Белорусского Полесья / А. В. Матвеев [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1984. – 134 с.
2. Матвеев, А. В. Особенности проявления и взаимодействия современных геологических процессов на территории Беларуси / А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2011. – № 1. – С. 91–99.
3. Нечипоренко, Л. А. Условия залегания и тектоническая предопределенность антропогенного покрова Белоруссии / Л. А. Нечипоренко. – Минск : Наука и техника, 1989. – 114 с.
4. Современная динамика рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев [и др.]. – Минск : Наука і тэхніка. – 1991. – 102 с.
5. Якушко, О. Ф. Проявление карстовых процессов и их палеогеографическая обусловленность в Белорусском Полесье / О. Ф. Якушко, Л. Б. Науменко // Новое в геологии антропогена Белоруссии. – Минск, 1979. – С. 125–130.
6. Болысов, С. И. Биогенное рельефообразование на суше : в 2 т. / С. И. Болысов. – М. : ГЕОС, 2006–2007. – Т. 1 : Эволюция биогенного рельефообразования. – 2006. – 270 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 09.09.2016

### ***Grechanik N.F. Morphodynamic Analysis of the Relief of the Eastern Part of the Podlaska-Brest Depression***

*The article describes the dynamics of the modern relief, defined the modern agents of endogenous, exogenous and anthropogenic impact on the Earth's surface within the large tectonic structure of the Russian plate – the Podlaska-Brest depression.*



УДК 551.79:561 (476)

**Я.К. Еловичева**

*д-р геогр. наук, проф.,*

*зав. каф. физической географии мира и образовательных технологий*

*Белорусского государственного университета*

## **НОВОЕ О СТРАТИГРАФИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ СРЕДНЕГО ГЛЯЦИОПЛЕЙСТОЦЕНА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

*В статье изложены материалы палинологического изучения древнеозерных отложений в разрезе скважины 41 у д. Новые Беличи, возраст которых датируется от еселевского позднеледниковья по днепровское раннеледниковье (МИС-12–8) среднего гляциоплейстоцена.*

Вопрос о строении гляциоплейстоценовой толщи территории Беларуси, постоянно находившейся на пути распространения из Скандинавского центра оледенений многократных материковых льдов по Европейской равнине, – один из самых спорных и насущных в научной среде. Нижняя граница гляциоплейстоцена (определена сменой палеомагнитных эпох Матуяма – Брюнес на геохронологическом уровне в 800 тыс. лет назад), его объем (19 изотопно-кислородных ярусов/горизонтов) и ритмичность палеосреды (развитие восьми оледенений и восьми разделявших их межледниковых эпох) уже достаточно четко установлены данными изучения донных океанических отложений и представлены на выработанной современной геохронологической шкале в соответствии с Морской международной схемой/шкалой (МИС) (рисунок 1). Последняя традиционно складывается из трех основных звеньев:

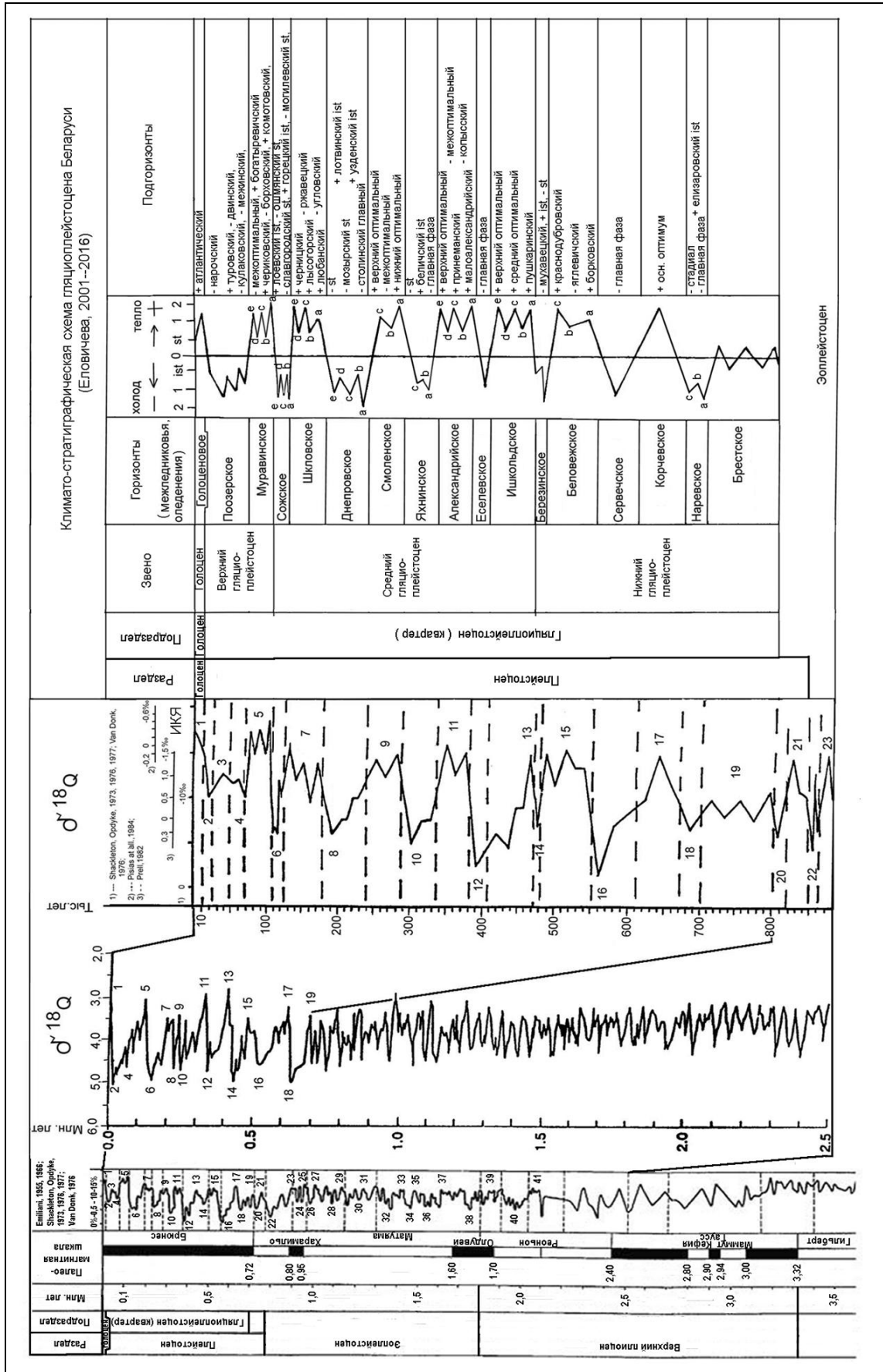
– **нижнего** (МИС-19-14 = 466–800 тыс. л. н.: брестский межледниковый, наревский ледниковый, корчевский межледниковый, сервечский ледниковый, беловежский межледниковый, березинский ледниковый горизонты),

– **среднего** (МИС-13-6 = 110–466 тыс. л. н.: ишкольдский межледниковый, еселевский ледниковый, александрыйский межледниковый, яхнинский ледниковый, смоленский межледниковый, днепровский ледниковый, шкловский межледниковый, сожский ледниковый горизонты),

– **верхнего** (МИС-2-5 = 10,3–110 тыс. л. н.: муравинский межледниковый, поозерский ледниковый горизонты).

Самостоятелен голоценовый межледниковый горизонт (МИС-1 = нынешний этап – 10,3 тыс. л. н.).

Значительный интерес для исследователей представляет средний гляциоплейстоцен, и в особенности александрыйская (гольштейнская, мазовецкая, лихвинская) межледниковая эпоха (МИС-11), природной уникальностью которой среди других межледниковий гляциоплейстоцена является наличие двух/трех климатических оптимумов, присутствие большого числа экзотических видов растений, невысоких значений мезо- и термофильных пород в термические максимумы, а также формирование мощной таежной зоны в ранне- и позднемежледниковое время, отчасти в межоптимальные похолодания, включающей помимо типичных хвойных (еловых – *Picea* и сосновых – *Pinus*) лесов, специфические пихтовые (*Abies*) ценозы.





По мере накопления нового материала и переоценки александрийских разрезов из палинологической базы данных региона, произошло усложнение наших представлений об объеме и стратиграфии среднего гляциоплейстоцена за счет нахождения в разрезе скв. 127 у д. Ишкольд непосредственно под александрийской межледниковой толщей (с тремя климатическими оптимумами) и слоем подстилающей супеси (без захороненных растительных остатков) еще одной межледниковой толщи (также выражены три климатических оптимума), названной ишкольдской [1] и также содержащей пихту в составе хвойных лесов. В соответствии с международной корреляцией *александрийского* межледниковья с МИС-11 и. я., *ишкольдское* межледниковье соотносимо только с МИС-13, а разделяющий их холодный *еселевский* интервал – с МИС-12.

Вместе с тем, палинологический анализ отложений в разрезе скв. 41 у д. Новые Беличи Слуцкого района Минской области [2] показал, что возраст межледниковых отложений (в разрезе – это вся толща мергеля, супеси, мергеля с супесью, супеси, суглинка и супеси на гл. 14,8-52,0 м) не шкловский = МИС-7 (интерпретация Г.И. Горещкого по керну скважины) с подстилающей днепровской и перекрывающей сожской моренной, а несколько древнее – МИС-12-11-10-9-8, и этот длительный временной интервал обнаруживает не известные нам ранее новые и разнородные черты палеогеографической обстановки.

В геологическом разрезе эта вскрытая мощная (37,2 м) толща древнеозерных образований залегает на флювио- и лимногляциальных отложениях нижнего-среднего гляциоплейстоцена (песок, супесь, суглинок мощностью 82,0 м), в основании которых представлена толща девона (аргиллиты, мергель и доломиты до гл. 263 м) и перекрыта слоями глины, суглинка, песка и супеси (мощность 14,8 м) среднего-верхнего гляциоплейстоцена. Собственно моренные горизонты в данном разрезе не представлены. Строение разреза в скв. 41 у д. Новые Беличи (глубина в м, а.о. устья скважины составляет 154,0 м) представляют следующие породы (таблица):

Таблица. – Строение разреза в скв. 41 у д. Новые Беличи

1.	Почвенно-растительный слой.....	0,0–0,20
2.	Песок бурый, глинистый, интенсивно ожелезненный, кварцево-полевошпатовый, мелкозернистый, плохо сортированный, с включением желваков обломков бобовин железной руды в количестве до 20%.....*a IV <sub>4</sub>	0,2–3,0
3.	Супесь серая, зеленовато-серая, с бурыми пятнами ожелезнения, тонкая, легкая, с полуразложившимися растительными остатками.....*a IV <sub>4</sub>	3,0–5,0
4.	Песок серый, мелкий, хорошо сортированный, водонасыщенный, кварцево-полевошпатовый, плотный.....*fgl II sz <sup>s</sup>	5,0–7,0
5.	Суглинок зеленовато-серый, тонкий, однородный, тяжелый, пластичный.....*lgl II sz	7,0–9,6
6.	Глина серая, тощая, тонкая, запесоченная, слабо пластичная, горизонтально-тонкослоистая (с/п-1-12).....*lgl II sz	9,6–14,8
7.	Супесь светло-серая, в интервале 14,8-16,0 м интенсивно гумусированная, запесоченная, с остатками обуглившихся растений, горизонтально слоистая, легкая (с/п-13-19).....*l,fl,h II sk	14,8–18,6
8.	Суглинок серый, тонкий, пластичный, с тонкими (до 1-3 мм) прослойками мелкозернистого полевошпатово-кварцевого песка (с/п-20-25).....*l,fl,h II sk	18,6–21,8
9.	Супесь серая, тонкая, запесоченная, слабо пластичная (с/п-26-33).....*l,fl,h II sk	21,8–24,5
10.	Супесь желто-серая, легкая, слабо уплотненная, гумусированная (с/п-34-36).....*l,fl,h II sk	24,5–26,7



Окончание таблицы

11.	Мергель (диатомит) серовато-белый, легкий, горизонтально-тонкослоистый, слабо уплотненный, с остатками растений, с обломками мелких раковин, в интервале 26,7–28,2 м с прослоями тонкой супеси, горизонтально слоистой, с включениями обломков раковин и растительных остатков, с вкраплением вивианита (с/п 37-51).... *l,al,h II sk	26,7–30,0
12.	Супесь серая, темно-серая, уплотненная, легкая, горизонтально-слоистая, участками запесоченная, с растительными остатками (осоковые и тростниковые растения) (с/п 52-71)..... *l,al,h II sk	30,0–42,0
13.	Мергель (диатомит) серый, однородный, легкий, уплотненный, с отпечатками листьев древесных пород, трав (осока), с обломками пресноводных раковин моллюсков (с/п 72-103).... *l,al,h II sk	42,0–46,4
14.	Мергель (диатомит) темно-серый, запесоченный, с отпечатками листьев древесных пород, с включением мелких обломков раковин, к низу интервала близок к тонкой легкой карбонатной супеси; по всему интервалу встречаются пятна синего вивианита размером 1-1,5 мм (с/п 104-134)..... *l,al,h II sk	46,4–52,0
15.	Суглинок серый, тонкий, легкий, пластичный, однородный (с/п 135-142)..... *l,al,h II sk	52,0–60,8
16.	Супесь светло-серая, тонкая, тощая, однородная, горизонтально-слоистая (с/п 143-147)..... *lgl II dn	60,8–65,6
17.	Супесь серая, тонкая, тощая, легкая, пылеватая, горизонтально-тонкослоистая (с/п 148-171)..... *lgl II dn	65,6–97,2
18.	Песок серый, среднезернистый, глинистый, полевошпатово-кварцевый, с включением гальки размером 1–3 см в диаметре в количестве 5%..... *fgl II dn <sup>s</sup>	97,2–105,4
19.	Песок серый, мелкозернистый, глинистый, полевошпатово-кварцевый ..... *fgl II dn <sup>s</sup>	195,4–111,2
20.	Глина серая, тощая, однородная, плотная ..... *lgl-I br-II dn	111,2–114,4
21.	Супесь серая, тонкая, тощая, легкая, горизонтально-тонкослоистая ..... *lgl-I br-II dn	114,4–119,4
22.	Песок серый, мелкозернистый, рыхлый, хорошо сортированный, полевошпатово-кварцевый с прослоями тонкой супеси; горизонтально-слоистая в интервале 120,9–122,7 м..... *fgl,lgl-I br-II dn	119,4–134,2
23.	Аргиллит серый, уплотненный..... *D <sub>3</sub> dn	134,2–157,2
24.	Мергель розовато-бурый..... *D <sub>3</sub> dn	157,2–160,4
25.	Аргиллит серый..... *D <sub>3</sub> dn	160,4–260,4
26.	Доломит светло-серый..... *D <sub>3</sub> dn	260,4–263,0

Примечание – \*Индексация слоев по Г.И. Горецкому, с/п – образцы на палинологический анализ.

Древнеозерные отложения изучены палинологическим (по 170 образцам на глубине 9,6–97,2 м; выделено 25 палинокомплексов = ПК) и диатомовым (по 80 образцам на глубине 30,0–52,0 м) методами. Судя по результатам палинологического анализа этих образований, практически впервые на территории Беларуси достаточно четко выявлены и охарактеризованы отложения еселевского позднеледникового (МИС-12 и. я.), александрийского (гольштейнского, мазовецкого, лихвинского) межледникового (МИС-11 и. я. = от 340 до 380 тыс. лет назад), яхнинского оледенения (ПК-17-23; МИС-10 и. я. = от 280 до 380 тыс. лет), смоленского межледникового (ПК-24-25; МИС-9 и. я. = от 240 до 280 тыс. лет), и по условиям залегания – перекрывающие эту толщу вышележащие слои днепровского оледенения (ПК-26, МИС-8) (рисунок 2).

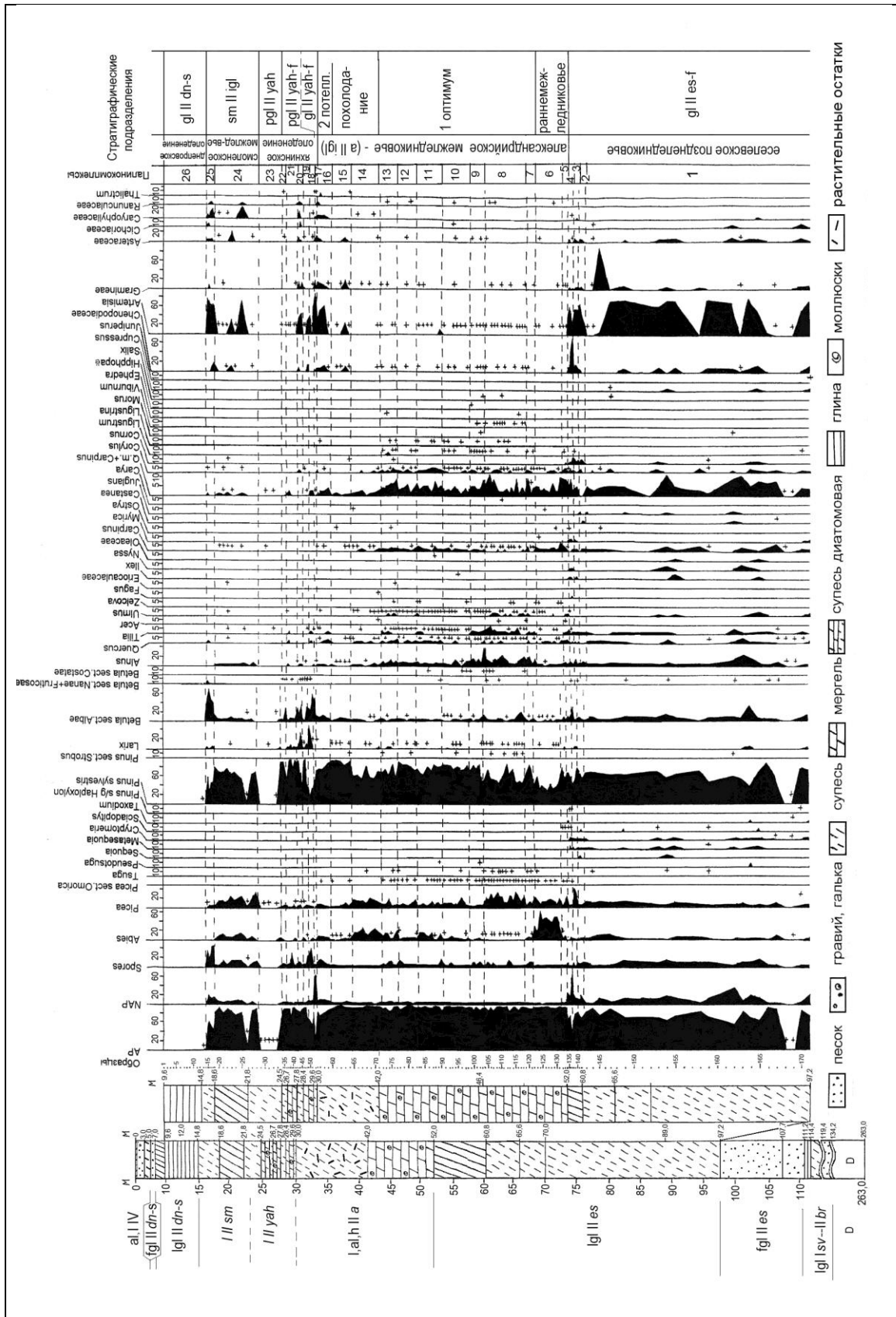
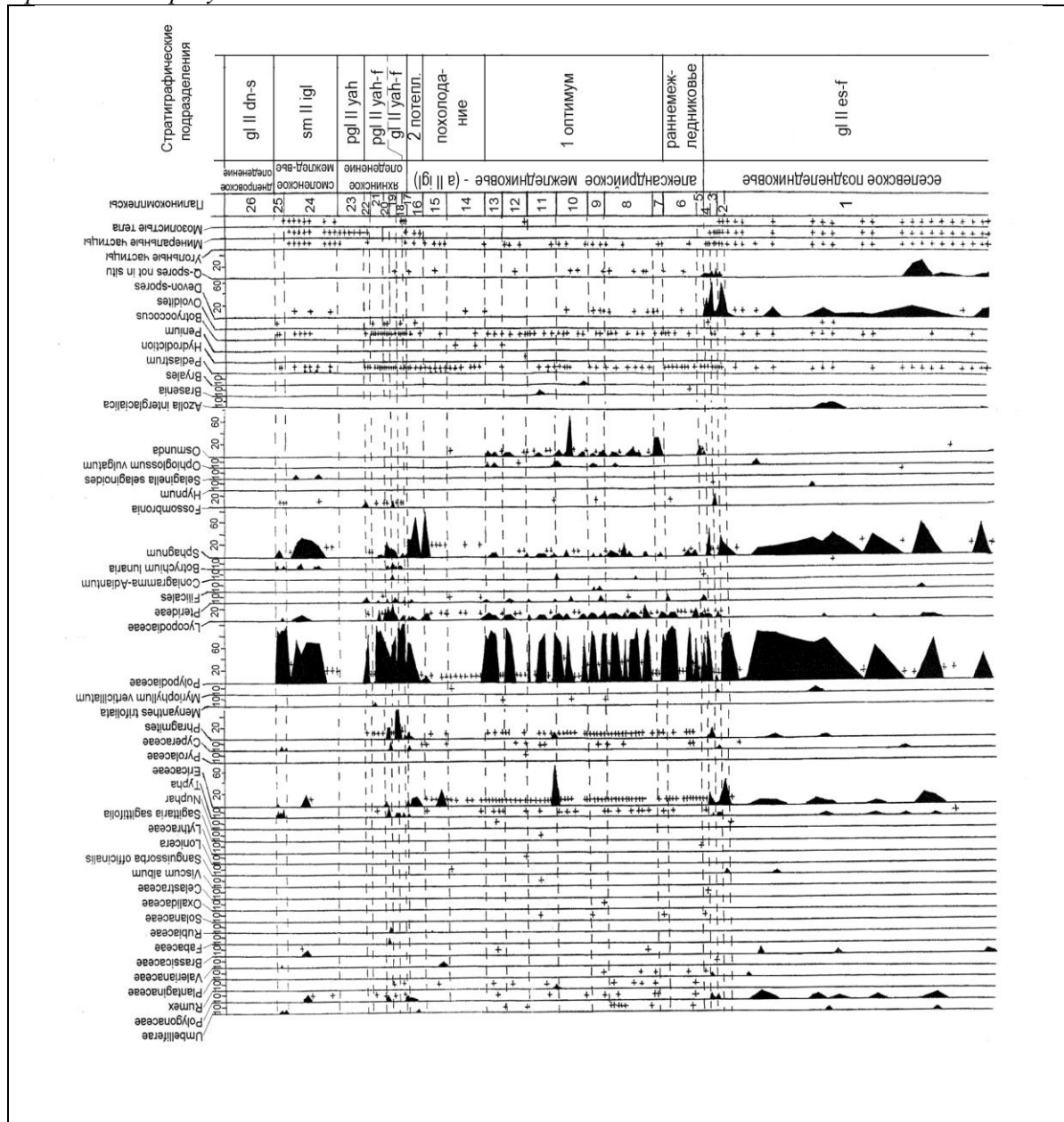


Рисунок 2. – Палинологическая диаграмма древнеозерных отложений в разрезе скв. 41 у д. Новые Беличи (анализ Я.К. Еловичевой)





Продолжение рисунка 2



*Еселевскому позднеледниковью* (супесь, суглинок – ПК-1-4) свойственны типичные перигляциальные спектры (повышенное содержание пыльцы травянистых растений – 2–80%; *Chenopodiaceae*, *Artemisia*, *Gramineae*), преобладание *Pinus* (60–80%), присутствие переотложенных термо- и мезофильных растений, а также экзотов из раннего гляциоплейстоцена, «растянутая мощность» осадков руслового аллювия (за счет высокой скорости их накопления при нестабильном речном режиме). Этот позднеледниковый подгоризонт редко выявлен и охарактеризован палинологически в других разрезах региона.

*Александрийское межледниковье* (ПК-5-16) выразилось уже в довольно стабильном режиме накопления 22,0-метровой толщи мергеля и супеси с органическими остатками в озерном Новобеличском палеоводоеме.



Для раннемежледникового времени (ПК-5-6, мергель) характерны последовательные фазы *Pinus* (до 80%), затем *Abies* (30-60%) и *Picea* (до 20%), широколиственных пород (до 10%), *Alnus* (5%), *Corylus* (5%) и наличие таких экзотических видов растений, как *Picea sect. Omorica*, *Tsuga*, *Larix*, *Zelcova*, *Myrica*, *Sciadopitys*, *Taxodium*, *Pinus sp.*, *Ostrya*, *Juglans*, *Osmunda*, *Azolla interglacialica*.

Ранний климатический оптимум (ПК-7-13, мергель) ознаменовался максимумом *Alnus* (до 40%), *Corylus* (до 5%), термофильных пород (не более 15%; преобладает *Tilia*), а также присутствием таких экзотов, как *Picea sect. Omorica*, *Tsuga*, *Pinus sect. Strobus*, *Betula sect. Costatae*, *Zelcova*, *Eriocaulaceae*, *Ilex*, *Oleaceae*, *Ostrya*, *Juglans*, *Carya*, *Morus*, *Ephedra*, *Hippophaë*, *Osmunda*, *Azolla interglacialica*, *Brasenia*. Последние в полной мере характеризуют богатую по составу палинофлору раннего (малоалександрийского) климатического оптимума александрийского межледниковья.

Межоптимальному похолоданию (ПК-14-15, супесь с органическими остатками) свойственны фазы хвойных пород (*Abies* + *Picea* + *Pinus*) → *Pinus* за счет снижения роли мезо- и термофильных растений (2–3%) при участии *Fagus* с небольшой долей экзотических растений (*Tsuga*, *Larix*, *Ostrya*, *Juglans*, *Osmunda*). Сходная межоптимальная фаза хорошо выражена и в отложениях похолодания между первым и вторым оптимумами александрийского межледниковья в разрезе Ишкольд (скв. 127).

Второе потепление климата (ПК-16) выделено в верхней части слоя супеси с органическими остатками: здесь на фоне доминирования *Pinus* (60–70%) при небольшом участии *Abies* (10%) и *Picea* (10%, в т. ч. *Picea sect. Omorica*) отмечено повышение содержания *Alnus* (3%), *Quercetum mixtum* + *Carpinus* (5–6%), единичны *Carpinus*, *Corylus*, *Ligustrum*. Величина травянистых растений не превышает 10% (в основном *Artemisia*, *Ericaceae*).

**Яхнинское оледенение** проявилось в смене состава спектров в отложениях вышележащего второго горизонта мергеля с маломощными прослойками супеси. Резкое изменение ритма озерной седиментации происходило в условиях снижения теплообеспеченности региона. Прежде всего, это выразилось в начальной мощной фазе перигляциальной растительности (ПК-17), которая ознаменовалась доминированием травянистых ассоциаций открытых мест обитания (максимум до 60%; преимущественно из *Artemisia*) и *Betula* (до 60%). Она практически аналогична фазе максимума NAP в конце еселевского позднеледниковья (см. ПК-4).

Последующая сукцессия (*Larix* + *Betula*) → *Pinus* → (*Larix* + *Betula*) → *Pinus* → (*Pinus* + *Betula* – ПК-18-22) весьма необычна для межледниковых спектров на фоне снижения роли травянистых растений (не более 10%), попеременных максимумов *Betula* (30–55% с постоянным участием низкорослых и кустарничковых форм) и значительных величин *Larix* (30–40%). До сих пор лишь в днепровском позднеледниковье (разрез Нижнинский Ров) и в яхнинском позднеледниковье (разрез Смоленский Брод) были выявлены постоянные фазы лиственницы.

Указанное позволяет по аналогии полагать, что перигляциальная фаза развития растительности в разрезе Новые Беличи характеризует начальный этап похолодания климата в ранге ледниковья (собственно **яхнинского оледенения**), а весьма редко формировавшиеся в гляциоплейстоцене лиственнично-березовые ассоциации были распространены в конце этого похолодания (или оледенения), отражая северный на равнине (и верхний в горах) предел их развития. Перекрывающий эти образования слой супеси (ПК-23) содержит единичную пыльцу и споры, что также свидетельствует о суровых климатических условиях того же **яхнинского оледенения**.



**Смоленское межледниковье.** Накопившийся в последующее время слой суглинка (ПК-24) также отличается от нижележащих пород своим составом спектров. На фоне доминирования *Pinus* (50–80%) здесь одновременно повышено количество *Abies*, *Picea* и *Betula* (до 10%), а также споровых при небольшом участии *Alnus*, *Quercetum mixtum* + *Carpinus* (1–3%), единичных *Larix*, *Selaginella selaginoides*. Подобное сочетание древесных пород с пихтой на отдельной диаграмме позволило бы трактовать возраст вмещающих их осадков александрийским межледниковьем. В данном же случае приходится говорить о том, что эти спектры характеризуют часть более молодого *смоленского межледниковья*. Этот спорный межледниковый горизонт и усложняет стратиграфию среднего гляциоплейстоцена, но уже в посталександрийский и одновременно еще донепровский этап. Последующая фаза нарастающего максимума *Betula* (40–70%) с *Larix* (до 5%), а также споровых (20–50%) завершает *смоленскую* межледниковую эпоху (ПК-25).

**Днепровское оледенение.** Исходя из обоснования возраста вышеописанных нами отложений, перекрывающие их слои глины (без пыли и спор), суглинка и песка накапливались в холодных условиях *днепровского оледенения*. Этот вывод хорошо согласуется с тем, что исследуемый нами разрез Новые Беличи расположен за пределами распространения краевой зоны сожского ледника, и верхние слои в скважине, формирующие современный рельеф, свидетельствуют в пользу их *днепровского* возраста.

Таким образом, детальное изучение отложений в скв. 41 у д. Новые Беличи палинологическим методом дало основание охарактеризовать и выделить несколько горизонтов, соотносимых с изотопными ярусами – от еселевского позднеледникового по днепровский ледниковый (МИС-12 – МИС-8). В этом отношении новая диаграмма дополняет наши представления о сложности стратиграфии и развития природной среды в среднем гляциоплейстоцене, а изученный нами разрез приобретает значимость опонного, отражая специфику сложного развития и особенностей седиментогенеза Новобеличского палеоводоёма, наряду с характером растительности на окружавшей его территории.

Следует также отметить, что в соответствии с мнением Г.И. Горещкого о единой в этом разрезе толще осадков межледникового типа она и была охарактеризована ранее в целом как александрийская, а слои ПК-17-22 трактовались как накопившиеся в конце межледниковья, слои же ПК-24-25 были отнесены к «беличскому» межстадиалу [2; 3].

В свете новых материалов нам представляется, что палеогеографическая обстановка древних межледниковых и ледниковых эпох должна быть определяющим показателем не только для подразделения всего гляциоплейстоцена на традиционных три звена, но также и существенным фактором в изменении их объема.

Поскольку после максимального днепровского оледенения (МИС-8) существенно изменилась направленность природной обстановки и событий (все последующие шкловское и муравинское межледниковья становились все теплее, приобретая максимальные величины), а площадь распространения последующих сожского и поозерского ледников постоянно сокращалась), то верхний предел среднего гляциоплейстоцена и следует ограничить днепровским ледниковым горизонтом. Верхнее звено (МИС-2-7 – шкловский, сожский, муравинский, поозерский горизонты) будет знаменоваться повышением теплообеспеченности в каждое последующее межледниковье за счет сокращения развития самостоятельных ледниковых покровов, существенной роли мезо- и термофильных пород, четкой сукцессии палеофитоценозов в ранне- (*Betula* + *Pinus* → *Pinus* + *Picea* → *Pinus* + *Q.m.*), позднемежледниковье (*Pinus* + *Q.m.* → *Pinus* + *Picea* → *Betula* + *Pinus*), климатические оптимумы (*Quercus* + *Ulmus* → *Corylus* + *Alnus* → *Tilia* → *Carpinus*), малой роли экзотов в составе палинофлоры.



В этом случае среднее звено (МИС-13-8 – ишкольдский, еселевский, александрский, яхнинский, смоленский, днепровский горизонты) сохранит свое отличие по значительной роли темно-хвойных пород (в т.ч. *Picea* и *Abies*) и большому числу экзотических растений наряду с небольшой ролью мезо- и термофильных растений в климатические оптимумы.

Нижнее звено (МИС-19-14 – брестский, наревский, корчевский, сервечский, беловежский, березинский горизонты) сохранит свою значимость по участию древних экзотов в составе растительности и его характеристика в целом потребует дальнейшего тщательного изучения древнеозерных толщ в новых разрезах с учетом детальной микростратиграфии слоев.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еловичева, Я. К. Об усложнении стратиграфии среднего плейстоцена / Я. К. Еловичева, Г. К. Хурсевич // Геологические исследования кайнозоя Белоруссии. – Минск, 1981. – С. 109–121.
2. Yelovicheva, Ya. New section of the Alexandriya (Holstein) Interglaciation in Belarus / Ya. Yelovicheva // Abstracts of the Field Symposium «Pleistocene Stratigraphy and Glacial Chronology in Southern Estonia», May 18–23, 1999. – Tallinn, 1999. – P. 22.
3. Еловичева, Я. К. Эволюция природной среды антропогена Беларуси (по палинологическим данным) / Я. К. Еловичева. – Минск : Белсэнс, 2001. – 292 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 15.09.2016

#### ***Yelovicheva Ya. K. New about the Palaeogeography of the Middle Glaciopleistocene on the Territory of Belarus***

*In the article are set forth materials of the palynological researches of the old-lakes sediments in the section 41 et the vil. New Belichi, age which is time as the Eselevo Late glacial – Dniepr Early glacial (MIS-12-8) of the Glaciopleistocene.*



УДК 911.3(476)

**К.К. Красовский**

*д-р геогр. наук, проф., проф. каф. туризма и страноведения  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*

**МАЛОРИТСКИЙ РАЙОН В ДЕМОГРАФИЧЕСКОМ ИЗМЕРЕНИИ**

*На основе материалов переписи населения и текущей статистики проведен анализ динамики населения Малоритского района в период после Второй мировой войны. Выявлены особенности и тенденции рождаемости и смертности населения в районе.*

Современная демографическая ситуация и система расселения на территории Малоритского района формировалась на протяжении длительного периода под влиянием сложного комплекса природных, исторических, экологических и социально-экономических факторов. Со времени образования района 15 января 1940 г. динамика численности населения значительно изменялась. После потери практически половины демографического потенциала во время Второй мировой войны, в первый послевоенный период начался компенсаторный рост числа жителей района.

В 1945 г. был проведен учет населения, который показал, что в районе имеется 5 791 домохозяйство, в т.ч. 650 хуторских. Общая численность населения района составила 18 613 человек (10 458 женщин, 8 155 мужчин). В Малорите – единственном городском населенном пункте района – проживало 1 803 человека.

Анализ динамики численности населения Малоритского района свидетельствует, что в первые послевоенные годы наблюдались очень высокие абсолютные и относительные темпы прироста как городского, так и сельского населения. За период с 1945 г. до первой послевоенной переписи населения 1959 г. число жителей в районе выросло с 18,6 тыс. человек до 30,3 тыс. человек, т.е. более чем в полтора раза. Население г. Малориты за аналогичный период выросло более чем в два раза (с 1,8 до 4,6 тыс. человек).

Однако уже начиная с первой послевоенной переписи, существовавшая ранее в динамике численности населения района тенденция к резкому увеличению числа жителей несколько изменилась (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика численности населения Малоритского района, тыс. человек

Годы	1959	1970	1979	1989	1999	2009	2014
Все население	30,3	32,4	30,5	29,4	29,0	26,0	24,7
Городское население	4,6	5,7	8,5	10,7	11,5	11,8	11,8
Сельское население	25,7	26,7	22,0	18,7	17,5	14,2	12,9

Анализ данных демографического развития Малоритского района за период с 1959 по 2014 г. дает основание для выделения в его динамике двух периодов:

- 1) вторая половина XX в. (1959–1999 гг.);
- 2) конец XX – начало XXI в. (1999–2014 гг.).

Первый период характеризуется в целом стабильным состоянием демографической системы района. Общая численность жителей во второй половине XX в. в районе изменялась незначительно: с 30,3 тыс. человек в 1959 г. до 29,0 тыс. человек в 1999 г. Однако более высокими темпами снижалось число сельских жителей, которое к концу XX в. уменьшилось почти в 1,7 раза. В тоже время очень быстрыми темпами росло население города Малорита, которое к 1999 г. по сравнению с 1959 г. выросло в 2,5 раза.



В 1999 г. общая численность населения Малоритского района составила 29,0 тыс. человек, из них 17,5 тыс. – население, проживающее в сельской местности, 11,5 тыс. – жители города Малорита.

На втором этапе демографического развития Малоритского района темпы снижения общей численности населения увеличились. За последние 15 лет демографический потенциал района снизился с 29 022 до 24 795 человек. Сельское население за этот же период снизилось почти в 1,5 раза. Однако главной особенностью данного периода демографической истории района является замедление и даже остановка среднегодовых темпов роста и прироста населения города Малорита, которое выросло в указанный период всего на 300 человек (рисунок 1).

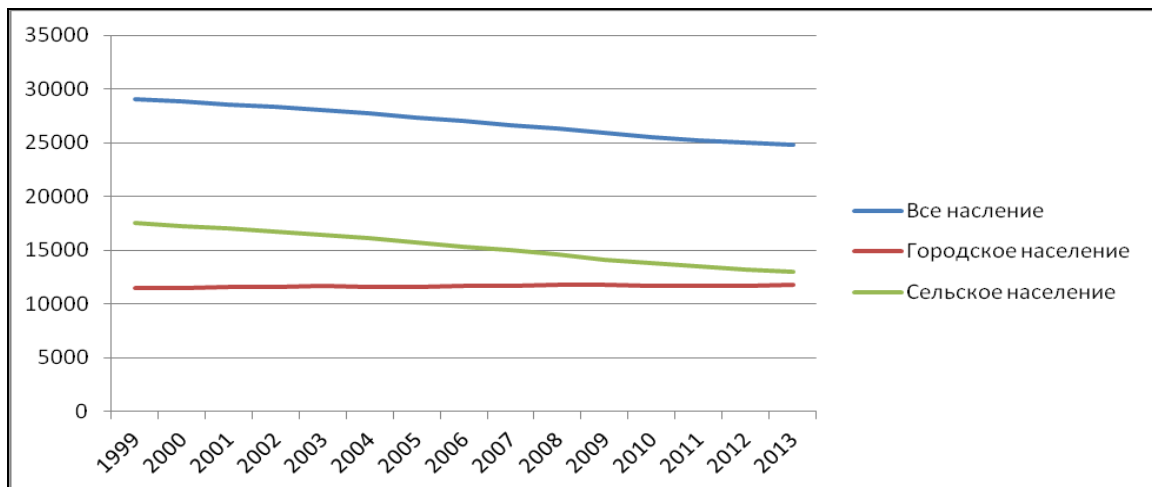


Рисунок 1. – Численность населения Малоритского района (1999–2013 гг.)

В целом же численность населения Малориты за послевоенный период увеличилась почти в 3 раза, что привело к значительному росту уровня урбанизации территории района. Если в 1945 г. уровень урбанизации составлял всего 10%, то к 2015 г. доля городского населения в районе составила около 50%. Замедление темпов роста Малориты в конце XX – начале XXI в. связано с завершением на территории Беларуси в целом и Брестской области в частности этапа классической урбанизации и переходом ее на очередную стадию развития – субурбанизации. В этот период миграция населения из села в город прекращается из-за исчерпания демографического потенциала сельской местности и в миграционный оборот вовлекаются более интенсивно малые городские поселения, к категории которых относится и город Малорита.

Размещено население по территории района относительно равномерно. По плотности населения Малоритский район значительно уступает другим регионам Брестской области, что обусловлено географическим расположением территории района на Малоритской равнине с относительно бедным почвенным покровом и менее интенсивным сельскохозяйственным производством. В настоящее время средняя величина сельского населенного пункта на территории района составляет всего 165 человек, что значительно ниже соответствующего показателя по области. В системе расселения количественно преобладают средние сельские населенные пункты. За анализируемый период общее число сельских населенных пунктов Малоритского района в отличие от других регионов Беларуси практически не изменилось, а их распределение по величине и удельному весу проживающего населения также осталось почти на прежнем уровне. Самыми



большими сельскими поселениями остались Великорита, Мокраны, Олтуш, Орехово, Хотислав, Черняны.

На протяжении всего послевоенного периода естественное движение вместе с миграцией являлось основным источником роста численности населения Малоритского района. Естественное движение населения является итогом взаимодействия двух составляющих его процессов: рождаемости и смертности. Наиболее целесообразным является анализ показателей естественного движения населения Малоритского района на протяжении двух этапов: первый – советский (до 1990 г.); второй – современный (1990–2014 гг.).

Основное влияние на динамику естественного движения населения Малоритского района в первый период оказала рождаемость. Как свидетельствуют данные текущего учета и послевоенных переписей населения, общий коэффициент рождаемости в это время снизился с 23,2‰ в 1960 г. до 13,4‰ в 1990 г., т.е. почти в 2 раза (таблица 2). В целом по району за этот же период общее число родившихся также имело тенденцию к снижению (с 728 детей в 1960 г. до 470 в 1985 г. и до 400 в 1990 г.). На протяжении всего первого этапа общий коэффициент рождаемости в городе Малорита несколько превышал соответствующий показатель по сельской местности.

Таблица 2. – Динамика общих коэффициентов рождаемости, смертности и естественного прироста населения Малоритского района, ‰

Год	Рождаемость	Смертность	Естественный прирост
1960	23,2	7,5	15,7
1965	17,5	6,2	11,3
1970	15,5	7,9	7,6
1975	13,4	10,9	2,5
1980	14,9	12,6	2,3
1985	15,8	13,1	2,7
1990	13,4	11,6	1,8
1995	11,8	15,0	-3,2
2000	9,7	15,6	-5,9
2005	10,1	18,5	-8,4
2010	13,5	17,9	-4,4
2014	14,4	15,2	-0,8

Снижение рождаемости в Малоритском районе в советский период происходило далеко не равномерно. В первые послевоенные годы наблюдался компенсаторный рост рождаемости вследствие увеличения числа заключаемых браков. Однако, как видно из данных таблицы 2, уже начиная с 1960 г. проявилась тенденция к снижению общего коэффициента рождаемости. Это было связано с последствиями Второй мировой войны, в результате которой доля женщин, вступающих в активный детородный возраст, в 1960-е гг. была ограничена.

Затянувшееся на 15-летний период снижение общего коэффициента рождаемости с 1975 г. сменяется новой тенденцией. Начался период относительной стабилизации снижения уровня рождаемости из-за вступления в активный детородный возраст в 1970-е гг., рожденного во время компенсаторной волны (1945–1950 гг.). Стабилизация рождаемости в 1980-е гг. была также связана с принятием 31 марта 1981 г. постановления правительства о мерах по усилению государственной помощи семьям, имею-



щим детей. Согласно этому документу работающие матери стали получать единовременное пособие при рождении ребенка, частично оплачиваемый отпуск по уходу за ребенком и некоторые другие льготы.

Смертность как другой демографический процесс, определяющий естественное движение населения, на протяжении всего изучаемого периода росла. На первом этапе в 1960–1990 гг. ее показатели выросли с 7,5 до 11,6‰, однако в 1960–1970 гг. смертность находилась на уровне 6–7‰, что было обусловлено прежде всего развитием после окончания Второй мировой войны здравоохранения, ростом санитарной культуры и т.д. За период 1970–1990 гг. общий коэффициент смертности вырос с 7,9‰ до 11,6‰. Этот значительный рост смертности был связан прежде всего со сдвигами в возрастной структуре населения.

В результате эволюции показателей рождаемости и смертности в 1960–1990 гг. естественный прирост населения Малоритского района постоянно снижался, хотя практически до 1990 г. наблюдалось расширенное воспроизводство населения. Коэффициент естественного прироста в 1960 г. составил 15,7‰, а в 1990 г. – 1,8‰. Решающее влияние на снижение естественного прироста населения в конце XX в. оказало падение почти в два раза рождаемости и увеличение практически в таком же объеме смертности. На 1990-е годы пришелся демографический переход от расширенного к простому типу воспроизводства населения.

На втором этапе демографической эволюции Малоритского района в конце XX – начале XXI в. общий коэффициент рождаемости имел сложную динамику изменений (рисунок 2).

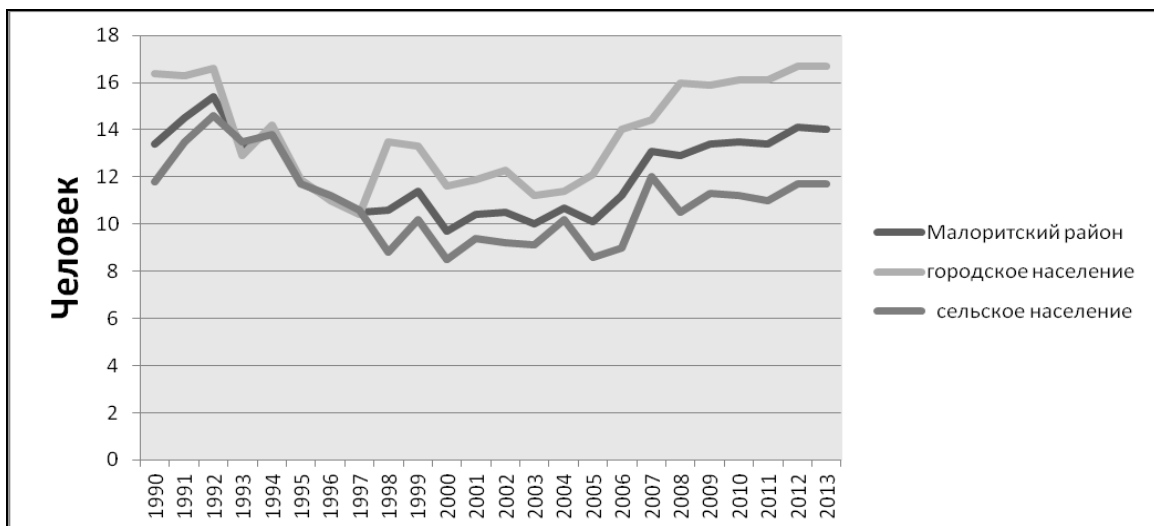


Рисунок 2. – Рождаемость населения Малоритского района (1990–2013 гг.)

После окончания периода, связанного с влиянием компенсаторной волны и принятых мер демографической политики, темпы снижения рождаемости в районе с 1990 г. опять начали расти. Отличительной особенностью данного периода является то, что резкое снижение уровня рождаемости началось в условиях мирного времени. В целом за период 1990–2000 гг. общий коэффициент рождаемости снизился почти в полтора раза и составил в 2000 г. 9,7‰. Изначально падение рождаемости было обусловлено тем, что во второй половине 1980-х гг. в возраст активного деторождения вступало малочисленное поколение, рожденное во второй половине 1960-х гг. Начиная с 1992 г.





темпы снижения рождаемости резко возросли, что было обусловлено влиянием последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС и деформированной половозрастной структурой населения, так как в этот период в активный детородный возраст вступили малочисленные когорты, родившиеся в 1960-е гг. Политические преобразования, связанные с распадом бывшего СССР, а также охвативший страну системный экономический кризис резко усугубили уже существовавшую тенденцию снижения рождаемости.

Таким образом, анализ абсолютных и относительных показателей рождаемости в Малоритском районе во второй половине XX в. свидетельствует о демографическом переходе вначале от высокого к среднему, а впоследствии и к низкому уровню рождаемости. Это является продолжением эволюции демографических процессов к новому типу воспроизводства населения. Однако если во многих европейских странах этот переход осуществлялся на протяжении практически всей второй половины XX в., то в Беларуси он произошел в течение нескольких лет.

В начале XXI в., как свидетельствуют данные таблицы 2 и рисунка 2, в динамике показателей рождаемости на территории Малоритского района произошли существенные изменения. К концу первого десятилетия XXI в. наметился некоторый рост уровня рождаемости. В 2010 г. ее общий коэффициент составил 13,5‰, а в 2014 г. – 14,4‰. Это связано с тем, что в настоящее время в активном детородном возрасте находится поколение, рожденное до начала депопуляции в стране.

Практически на всех этапах демографической истории Малоритского района рождаемость городского населения несколько превышала соответствующие показатели в сельской местности.

Тенденция роста показателей смертности в период 1960–1990 гг. продолжилась и на современном этапе демографического развития Малоритского района. В целом за это время общий коэффициент смертности вырос с 11,6‰ в 1990 г. до 15,2‰ в 2014 г. (рисунок 3).

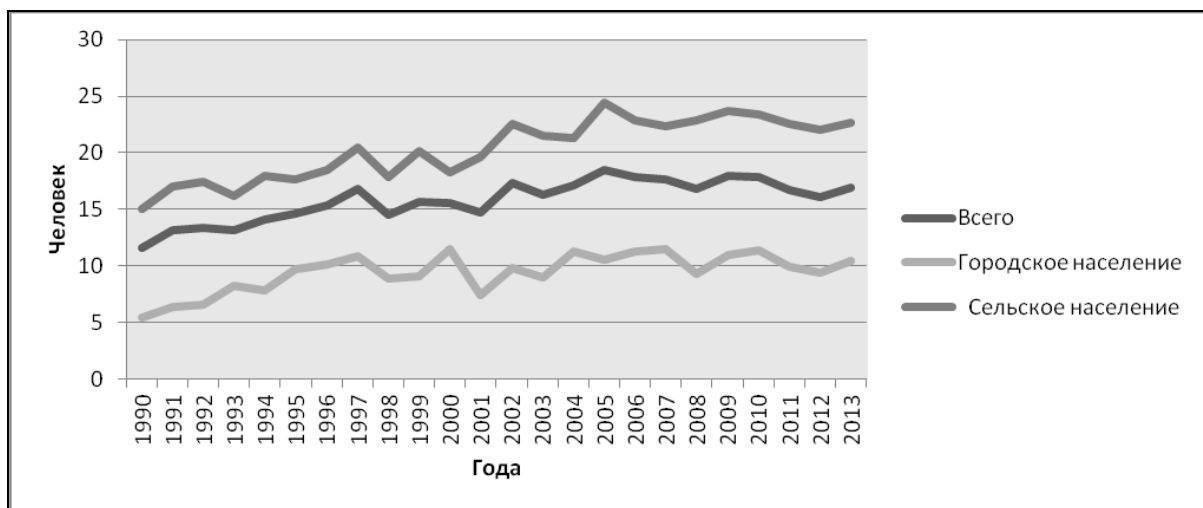


Рисунок 3. – Общий коэффициент смертности населения Малоритского района (1990–2013 гг.)

На протяжении всего периода смертность сельского населения значительно превышала соответствующие показатели городского населения, что связано в первую очередь с различиями в возрастной структуре населения и уровнем медицинского обслуживания. Кроме того, явно прослеживаются некоторые особенности в соотношении



смертных случаев среди мужского и женского населения района, представленные на рисунке 4.

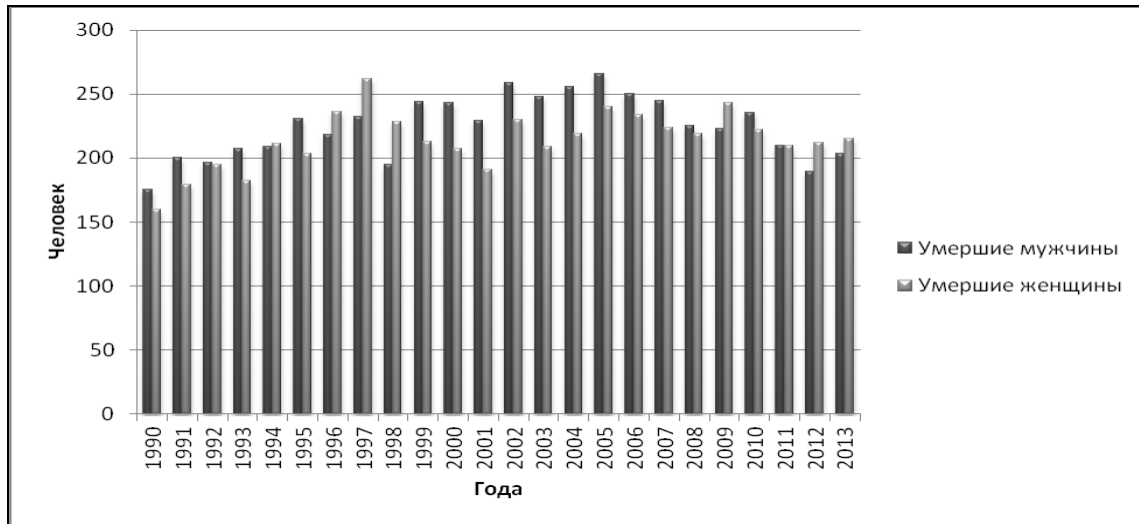


Рисунок 4. – Смертность мужчин и женщин в Малоритском районе (1990–2013 гг.)

Таким образом, проведенный анализ смертности населения Малоритского района свидетельствует о негативных тенденциях в динамике этого показателя. Частично это обусловлено старением населения, однако определяющее влияние на рост смертности и снижение средней продолжительности жизни во второй половине XX в. оказали социально-экономические и экологические факторы.

Ухудшение экологической обстановки способствовало росту заболеваемости во всех возрастных группах населения, а экономический кризис – снижению уровня жизни и медицинского обслуживания населения. В начале XXI в. вследствие улучшения уровня жизни населения негативные тенденции в динамике показателей смертности приостановились.

В результате длительной эволюции показателей рождаемости и смертности и их перекрестного влияния друг на друга в Малоритском районе формировался определенный уровень естественного прироста. Как уже отмечалось выше, вплоть до 1990 г. на территории района сохранялся расширенный тип воспроизводства населения.

Начавшееся в это время снижение рождаемости и рост смертности привели к демографическому переходу от простого к суженному типу воспроизводства населения. Уже в 1995 г. для района была характерна естественная убыль населения ( $-3,2\%$ ).

В последующие годы уровень депопуляции увеличивался и в 2005 г. естественный прирост составил уже  $-8,4\%$ . В последнее десятилетие вследствие незначительного роста рождаемости и стабилизации смертности депопуляция приостановилась и коэффициент естественного прироста приблизился к нулю ( $-0,8\%$  в 2014 г.).

Среди городского населения на протяжении всего анализируемого периода естественный прирост был положительным, а среди сельского – отрицательный, хотя динамика их была противоречивой (рисунок 5).

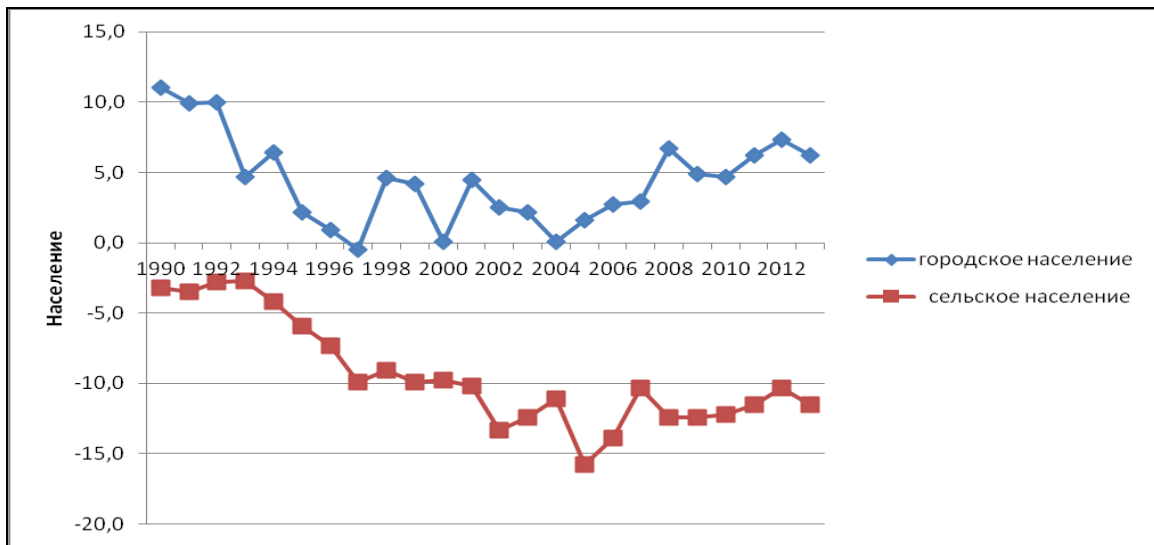


Рисунок 5. – Естественный прирост городского и сельского населения Малоритского района (1990–2013 гг.)

Вторым фактором, влияющим на демографическое развитие Малоритского района, является миграция. Наиболее полно интенсивность миграционных перемещений характеризуют показатели прибывших на территорию исследуемого региона мигрантов, выбывших и сальдо миграции. Проведенный анализ прибывших на территорию Малоритского района за период с 1994 по 2013 гг. свидетельствует, что данный показатель был довольно постоянный и ежегодно составлял от 400 до 500 человек. За весь период с 1994 по 2013 гг. в Малоритский район прибыло 9 237 человек. Из этого числа 4 204 человека приходится на городское население и 5 033 на сельское. Однако интенсивность прибытия мигрантов на территорию района по годам была неодинаковой. В отдельные годы большее число мигрантов принимала сельская местность, в другие – более привлекательным для прибывающих был город Малорита (рисунок 6).

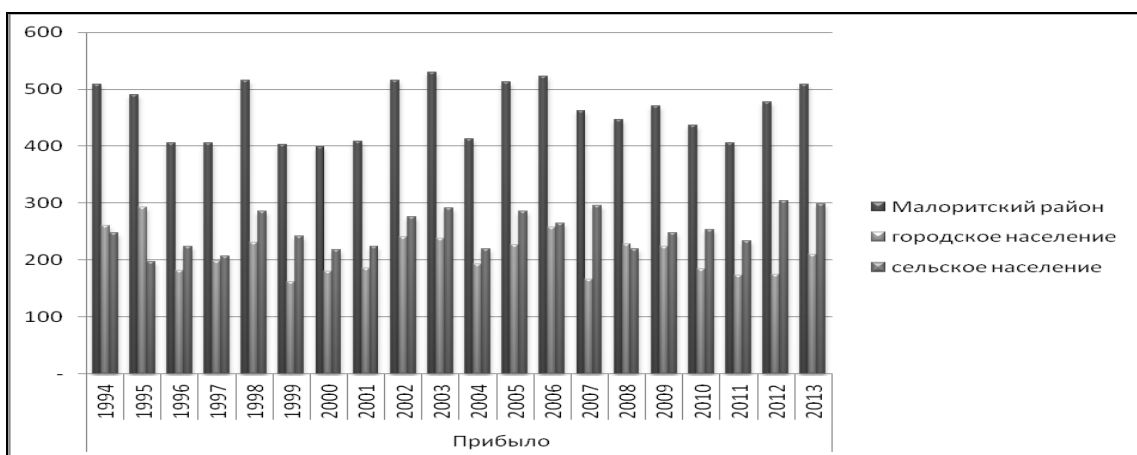


Рисунок 6. – Количество прибывших мигрантов на территорию Малоритского района

Что касается выбывшего населения с территории района, то этот показатель был значительно больше числа прибывших. За исследуемый период с территории Малоритского района выбыло 11 662 человека, из них из города Малориты выбыло 4 925 человек, а из сельских населенных пунктов – 6 737 человек (таблица 3).



Таблица 3. – Количество выбывших мигрантов с территории Малоритского района

Годы	Все население	Городское население	Сельское население
1994	595	243	352
1995	404	160	244
1996	456	206	250
1997	489	203	286
1998	569	210	359
1999	447	180	267
2000	458	203	255
2001	542	222	320
2002	535	243	292
2003	600	307	293
2004	609	299	310
2005	648	300	348
2006	671	277	394
2007	711	268	443
2008	560	219	341
2009	914	390	524
2010	663	282	381
2011	576	231	345
2012	659	246	413
2013	556	236	320

При анализе динамику миграций в Малоритском районе по выбытиям обращает на себя внимание вначале периода рост данной категории мигрантов, а к концу периода его некоторое снижение. Более интенсивно мигрировали с территории района сельские жители. Исключением стал только 2003 г., за который из Малориты выехало 307 жителей, а из сельских населенных пунктов района – 293. В результате эволюции показателей прибывших и выбывших мигрантов и их взаимного влияния друг на друга на территории Малоритского района формировался определенный уровень миграционного сальдо. На протяжении всего изучаемого периода сальдо миграции в Малоритском районе было отрицательным. Исключение составляет 1995 г., когда миграционный прирост был положительным (рисунок 7).



Рисунок 7. – Миграционный прирост Малоритского района



Таким образом, в конце XX – начале XXI в. на территории Малоритского района сложилась непростая демографическая ситуация, для которой характерны снижение рождаемости, рост смертности, нерациональные миграции и снижение общей численности населения. Для выхода из демографического кризиса необходима долговременная целенаправленная демографическая политика, основанная в первую очередь на улучшении уровня жизни населения.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 17.03.2016

***Krasouski K. Malorita District in the Demographic Dimension***

*On the basis of the census and current statistics population dynamics in Malorita region in the aftermath of World War II was analyzed. Characteristics and trends of natality and mortality in the region were identified.*



УДК 910.27

**О.В. Токарчук<sup>1</sup>, П.С. Лопух<sup>2</sup>, С.М. Токарчук<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и природопользования  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

<sup>2</sup>д-р геогр. наук, проф., зав. каф. общего землеведения и гидрометеорологии  
Белорусского государственного университета

<sup>3</sup>канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и природопользования  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

## **КОНЦЕПЦИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ЭКОЛОГО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО АТЛАСА БЕЛОРУССКО-УКРАИНСКОГО ПОГРАНИЧЬЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СБАЛАНСИРОВАННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**

*Разработана концепция электронного эколого-гидрографического атласа белорусско-украинского пограничья, заключающаяся в интеграции на основе ГИС-технологий межотраслевой информации для принятия решений по оптимизации использования водных ресурсов региона. Сформирована структура атласа, включающая разделы, посвященные: 1) выделенным структурам гидрографической сети и бассейнового строения региона; 2) основным природным средообразующим факторам; 3) основным факторам антропогенной нагрузки; 4) группировке водосборов и отдельных водных объектов, а также районированию региона по преобладающим видам антропогенных воздействий и степени потенциальной экологической опасности; 5) предложениям по рациональному использованию и охране поверхностных вод.*

### **Введение**

В настоящее время геоинформационные системы и созданные на их основе электронные картографические произведения нашли широкое применение. Достаточно актуально и востребовано создание гидроэкологических ГИС, которые имеют практическое применение в гидрологии и экологии (для управления водными ресурсами, обобщения результатов анализа качества вод, организации экологического мониторинга водных объектов и т.д.). Важным условием их создания является сбор и пространственная интерпретация информации о водных объектах и условиях их формирования. Особенностью водных объектов (рек, озер, каналов, водохранилищ) является наличие водосборных бассейнов, отличающихся пространственной неоднородностью, что усложняет задачу подобного моделирования.

Значительное количество русскоязычных научных работ по данной тематике опубликовано в журнале «ArcReview». К ним относятся работы, посвященные использованию современных ГИС-технологий при анализе техногенного загрязнения рек и озер, при проведении экологического мониторинга источников питьевого водоснабжения в бассейнах рек, ГИС-оценок и комплексного анализа экологической ситуации в пределах бассейнов рек, ГИС-анализа загрязнения водных объектов, системы расчетов нормативов допустимого воздействия на водные объекты в среде ГИС и др. Всего за период публикации газеты «ArcReview» вышло несколько десятков статей гидроэкологического направления, примерно половина которых посвящена исследованиям в бассейнах рек. Основные учреждения-разработчики данных проектов – УНЦ «ГИС технологии» Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета [1], Федеральное агентство водных ресурсов (г. Москва), Распределенный Информационно-аналитический Центр ИНТЕК-Украина (г. Киев), Институт географии имени В. Багратиони АН Грузии. Из работ белорусских ученых можно отметить опыт создания Атласа



эколагічных карт басейнаў рек (на прымере басейна р. Западной Дзвіны) Беларускага навука-даследавальскага цэнтру «ЭКАЛОГІЯ» [2].

Асноўнымі праблемамі стварэння гідрэкалагічных ГІС і электроннай картографічнай прадукцыі на іх аснове з'яўляюцца адсутнасць статыстычнай інфармацыі прывязанай да басейнаў рек і ўмоўнасць выдзялення іх граніц. Выкарыстанне жэ пры правядзенні даных даследаванняў адміністрацыйна-тэрытарыяльных адзінаў з'яўляецца складаным і з'яўляецца праблемай для вывучэння рэальна існуючых гідрэкалагічных (экалагічна-гідралагічных) праблем. Яшчэ большае задача ўскладняецца ў выпадку трансгранічнага характара аб'екта даследавання.

### **Результаты даследавання і іх абсуджэнне**

Канцэпцыя электроннага экалагічна-гідрграфічнага атласа беларуска-украінскага паграніч'я з'яўляецца вынікам падрыхтоўкі заяўкі на конкурс сумесных праектаў фундаментальных даследаванняў Беларускага рэспубліканскага фонду фундаментальных даследаванняў і Дзяржаўнага фонду фундаментальных даследаванняў Украіны «БРФФІ – ГФФІУ – 2016» і аснована на сучасных прадставленнях аб электронным атласным картографіраванні [3; 4], а таксама вопыце шэрагу падобных работ.

Мэтай стварэння электроннага экалагічна-гідрграфічнага атласа беларуска-украінскага паграніч'я з'яўляецца збор, апрацоўка, сістэматызацыя, захаванне і ацэнка прастранственных даных, характэрных для сучаснага становішча і структуры гідрграфічнага сеткі і басейнавага будавання рэгіёна, а таксама найбольш важныя з пункту згляду фарміравання якасця паверхневых вод аспекты прыроднай, сацыяльна-эканамічнай і экалагічнай срод для правядзення сбалансаванага прыроднага выкарыстання і кіравання воднымі рэсурсамі.

Асноўнымі задачамі даследавання з'яўляюцца: разпрацоўка канцэпцыі і фарміраванне структуры электроннага экалагічна-гідрграфічнага атласа паграніч'я; перавод у дыфравую форму картографічных выяваў; фарміраванне атрыбуцывых і графічных баз даных тэрыторыі даследавання; камп'ютэрная апрацоўка даных і стварэнне сінтэтычных экалагічна-гідрграфічных карт беларуска-украінскага паграніч'я; інтэграцыя адрасных патокаў даных у адзіную сістэму геаграфічнай інфармацыі (электронны экалагічна-гідрграфічны атлас даследаванага тэрыторыі).

Актуальнасць заяўленага даследавання заключаецца ў разпрацоўцы метадыкі стварэння электроннага экалагічна-гідрграфічнага атласа трансгранічных басейнавых структур на базе геаінфармацыйнай сістэмы (ГІС) і яе апрабавання на прымере беларуска-украінскага паграніч'я.

Беларуска-украінскае паграніч'е можна вызначыць як тэрыторыю, якая прымае да агульнага участку дзяржаўнай граніцы Беларусі і Украіны. Явіцца, што ў тэрытарыяльным плане яго можна вызначыць па-рознаму: як сумнасць адміністрацыйна-тэрытарыяльных адзінаў, выходзячых да агульнай граніцы (табліца 1), як сумнасць ландшафтаў трансгранічнага прасцягнення і т.д. Аднак з пункту згляду кіравання воднымі рэсурсамі беларуска-украінскае паграніч'е можна прадставіць як сумнасць басейнавых структур, якія маюць трансгранічнае становішча (табліца 2). Такім чынам, фарміраванне агульнага стока ў такіх структурах адбываецца адначасова на тэрыторыі і Беларусі, і Украіны і патрабуе складанага вывучэння. Для аб'яднання разнароднай інфармацыі ў разрэзе трансгранічных басейнавых структур неабходна правесці сумныя з украінскага боку навуковыя даследаванні.



Учитывая определенный научно-практический задел авторов проекта с белорусской стороны, заявленные цель и задачи исследования представляются вполне выполнимыми. Руководитель проекта имеет научно-практический задел в физической географии, геоэкологии и экологическом картографировании, опыт изучения факторов формирования поверхностных вод речных бассейнов, анализа структур гидрографической сети и бассейнового строения освоенных в хозяйственном отношении территорий с антропогенно-преобразованной гидрографической сетью [5–7].

Таблица 1. – Административно-территориальные единицы белорусско-украинского пограничья

Страна	Область	Район	Площадь, км <sup>2</sup>
Беларусь	Брестская	Брестский	1 544
		Малоритский	1 374
		Кобринский	2 040
		Дрогичинский	1 855
		Ивановский	1 551
		Пинский	3 253
		Столинский	3 342
	Гомельская	Лельчицкий	3 221
		Ельский	1 366
		Наровлянский	1 589
		Хойникский	2 028
		Брагинский	1 960
		Лоевский	1 046
		Гомельский	1 956
		Добрушский	1 453
		Украина	Волинская
Ратновский	1 437		
Любешовский	1 450		
Ровенская	Заречненский		1 442
	Дубровицкий		1 820
	Рокитновский		2 350
Житомирская	Олевский		2 248
	Овручский		3 200
	Народичский		1 284
Киевская	Полесский		1 288
	Иванковский		3 616
Черниговская	Черниговский		2 547
	Репкинский		2 085
	Городнянский	1 566	

Авторы проекта участвовали в изучении и картографировании водных ресурсов и условий их формирования, разработке региональных и локальных ГИС эколого-гидрографической направленности, имеют опыт работы в различных ГИС-средах (ArcView GIS 3.2, ArcGIS 9.0) [8–11]. Ими были собраны материалы по состоянию водных объектов примыкающей к границе части белорусского Полесья.

Украинская сторона проекта представлена Национальным университетом биоресурсов и природопользования Украины (научный руководитель проекта – И.П. Коваль-





чук). Ею собран значительный фактический материал об условиях формирования поверхностных вод и состоянии водных объектов украинского Полесья [13; 14].

В ходе разработки проекта белорусской стороной была разработана содержательная часть концепции электронного эколого-гидрографического атласа белорусско-украинского пограничья (обоснована структура атласа, выбраны и обоснованы программные и аппаратные средства, определен план проведения исследования).

Таблица 2. – Основные трансграничные бассейновые структуры белорусско-украинского пограничья

Название	Положение в структуре гидрографической сети	Тип структуры
Бассейн р. Тетева	Правый приток р. Снов	Белорусско-украинский <sup>1</sup>
Бассейн р. Терюха	Левый приток р. Сож	Украинско-белорусский <sup>2</sup>
Пограничный участок р. Сож		Белорусско-украинский
Бассейн р. Немылья	Левый приток р. Сож	Белорусско-украинский
Пограничный участок р. Днепр		Белорусско-украинский
Бассейн р. Несвич	Правый приток р. Брагинка	Украинско-белорусский
Трансграничный участок р. Брагинка от впадения р. Несвич		Белорусско-украинский
Бассейн р. Илья	Левый приток р. Уж	Белорусско-украинский
Трансграничный участок р. Припять от впадения р. Желонь до впадения р. Уж		Белорусско-украинский
Бассейн р. Желонь	Правый приток р. Припять	Украинско-белорусский
Бассейн р. Словечна	Правый приток р. Припять	Украинско-белорусский
Бассейн р. Уборть от впадения р. Перга до впадения кан. Жмурнянский	Правый приток р. Припять	Украинско-белорусский
Бассейн р. Ствига до впадения кан. Плав	Правый приток р. Припять	Украинско-белорусский
Бассейн р. Льва до впадения р. Лесовая Речка (включая её бассейн)	Левый приток р. Ствига	Украинско-белорусский
Бассейн р. Горынь от впадения канала у д. Высоцк до оз. Виры	Правый приток р. Припять	Украинско-белорусский
Бассейн р. Стырь от р. Простыть до впадения мелиоративной системы у д. Ласицк	Правый приток р. Припять	Украинско-белорусский
Бассейн р. Простырь	Правый приток р. Припять	Украинско-белорусский

Примечание: <sup>1</sup> – сток направлен на территорию Украины, <sup>2</sup> – сток направлен на территорию Беларуси.

Научная идея (гипотеза) проекта заключается в объединении на основе ГИС-технологий разнообразной и разнородной информации о природных и антропогенных факторах трансграничных бассейновых структур в целостную объективную картину, отражающую остроту или напряженность экологической ситуации на отдельных водосборах и применительно к отдельным водным объектам. Собственно реализация идеи проекта заключается в разработке структуры и создании эколого-гидрографического атласа белорусско-украинского пограничья.

Для рассматриваемой территории такая идея является новой, так как направлена на изучение экологического состояния трансграничных бассейновых структур, которые до этого рассматривались в разрезе их национальных (белорусской и украинской час-



тей). Ее реализация создает основу для выработки предложений по рациональному использованию и охране поверхностных вод белорусско-украинского пограничья.

Исследование предполагает создание на основе ГИС-технологий электронного эколого-гидрографического атласа белорусско-украинского пограничья для целей сбалансированного природопользования и управления водными ресурсами как результата выполнения следующих этапов работы:

1. Выделение трансграничных структур гидрографической сети и бассейнового строения региона: применение картографического метода исследований – использование общегеографических карт масштаба 1:100 000 и данных дистанционного зондирования Земли, создание электронной модели гидрографической карты белорусско-украинского пограничья (совместно с зарубежными партнерами).

2. Характеристика основных природных средообразующих факторов в пределах трансграничных бассейновых структур: рельеф, климат, сток рек и их гидрологический режим, типы растительности и почвы; использование картографического и справочного материала, литературных источников (отдельно каждой стороной).

3. Анализ основных факторов антропогенной нагрузки в пределах трансграничных бассейновых структур и определение их количественных характеристик: использование картографического и справочного материала, литературных источников (отдельно каждой стороной).

4. Картографирование выявленных природных и антропогенных факторов в разрезе единиц исследования, создание базы данных эколого-гидрографических характеристик трансграничных бассейновых структур (отдельно каждой стороной).

5. Составление матрицы характеристик природных факторов и антропогенной нагрузки трансграничных бассейновых структур в абсолютных и относительных (балльных) показателях и проведение геоэкологической оценки отдельных водосборов и водных объектов (совместно с зарубежными партнерами).

6. Группировка водосборов и отдельных водных объектов, а также районирование белорусско-украинского пограничья по преобладающим видам антропогенных воздействий и степени потенциальной экологической опасности (совместно с зарубежными партнерами).

7. Обоснование предложений по рациональному использованию и охране поверхностных вод белорусско-украинского пограничья, изучение перспектив дальнейшего развития и практического использования полученных результатов (отдельно каждой стороной).

Заявленные этапы работы в целом соответствуют предполагаемой структуре атласа следует отметить, что все существующие в данный период времени на территории Республики Беларусь региональные ГИС ограничиваются государственной границей, функционируют разрозненно и решают узкие отраслевые задачи, в то время как для принятия решений по оптимизации использования какого либо из видов природных ресурсов определенной трансграничной территории необходима полная (по всем национальным частям территории) межотраслевая информация.

Итогом выполнения проекта может стать принципиально новый алгоритм создания электронного эколого-гидрографического атласа белорусско-украинского пограничья, а также наглядные и пространственно визуализированные предложения по рациональному использованию и охране поверхностных вод.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что в них впервые раскрыто экологическое состояние трансграничных бассейновых структур территории белорусско-украинского пограничья – региона активного и неоднородного хо-



зайтвенного освоения, расположенного в разнородных физико-географических условиях. Практическая значимость предполагаемых результатов обусловлена их востребованностью на локальном и региональном административных уровнях в практике сбалансированного природопользования и управления водными ресурсами. Результаты работы могут стать основой развития нового направления в отечественной практике геоэкологического картографирования.

### **Заклучение**

Планируемые результаты исследования могут быть востребованы на локальном и региональном уровнях для обоснования проектов природоохранных мероприятий, направленных на улучшение состояния поверхностных вод белорусско-украинского пограничья. При этом основными преимуществами создания и использования электронного эколого-гидрографического атласа исследуемой территории являются:

- 1) практически бесплатное тиражирование;
- 2) обеспечение оперативного отображения на картах меняющейся ситуации, обновление атласа;
- 3) возможность сопровождения отдельных карт графиками, таблицами, текстами;
- 4) автоматизация процесса классификации и выявления объектов и систем, инвариантных в пространственно-временном отношении;
- 5) использование полученных данных для информирования государственных и общественных организаций и населения о состоянии окружающей среды.

Эколого-гидрографический атлас белорусско-украинского пограничья может быть использован:

- 1) в деятельности органов государственного управления в области природопользования и охраны окружающей среды при разработке территориальных комплексных схем охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;
- 2) в деятельности научных учреждений при проведении исследований по биосферно-совместимому природопользованию, в ходе осуществления мониторинга природной среды, при разработке и реализации региональных проектов в сфере охраны природы.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Алексеев, В. В. Геоинформационная система мониторинга водных объектов и нормирования экологической нагрузки / В. В. Алексеев, Н. И. Куракина, Н. В. Орлова // *ArgReview*. – 2006. – № 1 (36). – С. 9.
2. Высоченко, А. В. Опыт создания Атласа экологических карт бассейнов рек / А. В. Высоченко, Ж. А. Капилевич // *ArgReview*. – 2003. – № 1 (24). – С. 22.
3. Геоэкологическое картографирование / Б. И. Кочуров [и др.] ; под ред. Б. И. Кочурова. – М. : Академия, 2009. – 192 с.
4. Стурман, В. И. Экологическое картографирование / В. И. Стурман. – М. : Аспект Пресс, 2003. – 251 с.
5. Токарчук, О. В. Комплексная оценка экологического состояния малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг / О. В. Токарчук, С. М. Токарчук // *Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі*. – 2010. – № 1. – С. 120–128.
6. Токарчук, О. В. Электронный эколого-гидрографический атлас Брестской области / О. В. Токарчук, Е. В. Трофимчук // *Вуч. зап. Брэсц. ун-та*. – 2015. – Вып. 11. – Ч. 2. Прыродазн. навукі. – С. 115–124.



7. Токарчук, О. В. Анализ условий формирования поверхностных вод урбанизированных территорий (на примере центральной части г. Бреста) / О. В. Токарчук, Д. В. Хоменко // Псков. регионолог. журн. – 2015. – № 23. – С. 33–50.
8. Гидрографическая карта. Гидрологическое районирование. Сток. Озерность Беларуси / П. С. Лопух [и др.] // География Беларуси. 10 класс : атлас. – Минск : Белкартография, 2009. – С. 16–17.
9. Лопух, П. С. Влияние атмосферной циркуляции на гидрологический режим рек Беларуси / П. С. Лопух, И. С. Партасёнок. – Минск : БГУ, 2013. – 216 с.
10. Токарчук, С. М. Опыт создания гидроэкологической геоинформационной системы речного бассейна (на примере трансграничной части бассейна реки Западный Буг) / С. М. Токарчук, О. В. Токарчук // Вуч. зап. Брэсц. ун-та. – 2009. – Вып. 5. – Ч. 2. Прыродазн. навукі. – С. 157–165.
11. Токарчук, С. М. Методические основы создания региональных электронных эколого-географических атласов / С. М. Токарчук, О. В. Токарчук, Е. В. Трофимчук // Псков. регионолог. журн. – 2015. – № 22. – С. 95–110.
12. Токарчук, О. В. Направления микрорегиональных эколого-гидрографических исследований (на примере Берёзовского района Брестской области) / О. В. Токарчук, С. М. Токарчук, О. И. Новик // Псков. регионолог. журн. – 2016. – № 26. – С. 32–47.
13. Ковальчук, И. П. Методология и опыт ландшафтно-лимнологических исследований озёрно-бассейновых систем Украины / И. П. Ковальчук, В. А. Мартынюк // География и природные ресурсы. – 2015. – № 3. – С. 182–190.
14. Ковальчук, И. П. Гідроекологічний стан басейну Західного Бугу і тенденції його зміни / І. П. Ковальчук // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. географ. – 1998. – Вип. 21. – С. 3–7.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 03.10.2016 г.

***Tokarchuk O.V., Lopuh P.S., Tokarchuk S.M. Conception of Ecological-Hydrographical Atlas of Belarusian-Ukrainian Transboundary Part for the Balanced Nature and Water Resources Management***

*The article describes the concept of electronic ecological-hydrographical atlas of Belarusian-Ukrainian transboundary part, consisting in integration on the basis of GIS-technologies of intersectoral information is developed for decision-making on optimization of use of water resources of the region. The structure of the atlas includes 5 sections: 1) structures of a hydrographic network and basin structure of the region, 2) the main natural factors forming the environment, 3) main factors of anthropogenous loading, 4) group of reservoirs and separate water objects, and also division into districts the region by prevailing types of anthropogenous influences and degree of potential ecological danger, 5) offers on rational use and protection of a surface water of the Brest region.*



УДК 911.9+71

**С.М. Токарчук**

*канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географіі і прыродопользавання  
Брэстскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна*

## **ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ЛАНДШАФТОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Рассматриваются основные подходы к оценке рекреационной привлекательности крупных территорий (на примере видов ландшафтов в границах Брестской области). Раскрывается методика исследования, которая включает два основных блока: оценку уникальности и эстетической привлекательности ландшафтов. Приводятся результаты исследования, описываются основные закономерности распространения в пределах Брестской области ландшафтов с высокой степенью рекреационной привлекательности.*

### **Введение**

Характерной чертой современного этапа развития общества является постоянно возрастающее значение туризма и рекреации. Одним из новых, но еще недостаточно разработанных направлений в туризме, является изучение рекреационной привлекательности различных типов природных комплексов, а также отдельных компонентов природы, для организации туристско-рекреационной деятельности.

Несмотря на то, что в современных научных исследованиях встречаются работы, посвященные оценкам рекреационной и эстетической привлекательности природных комплексов и их отдельных компонентов, большинство этих работ опирается на абсолютно разные и часто недостаточно проработанные методики.

Анализ существующих методик рекреационной привлекательности природных комплексов показал, что с одной стороны можно говорить о двух основных подходах в проведении данных оценок: «объективистском» и «субъективистском» [1–4].

Первый подход основывается на выявлении объективных критериев рекреационной привлекательности, которые чаще всего получают исходя из анализа внешних (физиономических) характеристик самих природных комплексов, второй подход учитывает субъективную природу красоты и включает исследование особенностей ландшафтно-эстетических предпочтений разных людей [2; 5].

С другой стороны, выделяют два основных направления при изучении рекреационной привлекательности территории [1; 3; 4]. Первое направление – это оценка всего природного комплекса (ландшафта, пейзажа) на ограниченных участках (например, при проведении экскурсии, прохождении маршрута), где обычно используется большое количество как объективных, так и субъективных показателей [6–8]. Существенным недостатком данного направления является то, что подобные исследования можно реализовать лишь на небольших по площади и многофункциональных территориях (например, в пределах особо охраняемых природных территорий, городских ландшафтно-рекреационных территорий и др.).

Второе направление – это оценка крупных территорий (в региональном масштабе – район, область и др.), в том числе значительно преобразованных в результате хозяйственной деятельности [5; 9–11].

В настоящей работе приводятся результаты оценки рекреационной привлекательности крупных территорий Брестской области (на уровне видов ландшафтов) с использованием объективистского подхода.



### Материал исследования

Современная классификация ландшафтов Беларуси разработана применительно к карте масштаба 1:600 000 [12]. В данной классификации используются основные (класс, тип, род, вид) и промежуточные (подтип, группа родов, подрод) классификационные единицы [13].

Оценка рекреационной привлекательности ландшафтов Брестской области проводилась на основании наименьшей классификационной единицы – вида ландшафтов. Ведущим признаком выделения видов ландшафтов является мезорельеф, дополнительным – характер растительности на уровне групп растительных ассоциаций. Разнообразие мезорельефа и, следовательно, видов ландшафтов обусловлено, главным образом, историей формирования ландшафтов [13].

Общая схема и количественная характеристика основных классификационных ландшафтных единиц Беларуси и Брестской области представлена в таблице 1.

Таблица 1. – Общая схема классификации ландшафтов Беларуси и Брестской области

Классификационная единица	Критерий выделения	Количество единиц	
		Беларусь	Брестская область
Класс	Крупные морфоструктурные особенности территории и спектр ландшафтных зон	1	1
Тип	Биоклиматические факторы	1	1
Подтип	Изменение гидротермического режима с севера на юг	2	2
Группа родов	Уровень гипсометрической ступени, положение над уровнем моря	3	3
Род	Генезис и времена образования ПТК, степень дренированности территории, типы почв и растительных формаций	18	12
Подрод	Характер поверхностных четвертичных отложений	24	17
Вид	Мезорельеф, характер растительности на уровне групп растительных ассоциаций	105	40

Территория Брестской области относится к классу равнинных, умеренного континентального лесного типа ландшафтов. Северная часть области относится к подтаежному (смешанно-лесному), южная – к полесскому (широколиственно-лесному) подтипу ландшафтов. Среди трех групп родов ландшафтов, которые выделяются в Беларуси, для Брестской области характерно абсолютное преобладание двух групп родов: средневисотные и низменные ландшафты. На уровне родов в области доминируют аллювиальные террасированные ландшафты, водно-ледниковые ландшафты и нерасчлененные комплексы с преобладанием болот [13].

### Методика исследования

На основании анализа литературных источников [2; 5; 8–11; 14] была разработана методика оценки рекреационной привлекательности ландшафтов Брестской области, которая включала два основных блока:

1. *Оценка уникальности ландшафтов* области по отношению ко всем видам ландшафтов, встречаемых в Беларуси. Результаты данной оценки показывают, какие



виды ландшафтов можно увидеть только в Брестской области, что и определяет их высокую рекреационную привлекательность.

2. *Эстетическая оценка ландшафтов* области, результаты которой позволяют выделить виды ландшафтов с высокой визуальной привлекательностью.

Под *уникальностью ландшафтов* понимается удельный вес каждого вида ландшафтов, встречаемого в Брестской области, от площади данного вида в пределах всей Беларуси. Согласно рассчитанному показателю было выделено шесть групп видов ландшафтов Брестской области по степени уникальности:

1) виды ландшафтов с низкой уникальностью (удельный вес которых в пределах Брестской области составляет 0–19,9% от площади данного вида в Беларуси);

2) виды ландшафтов с невысокой уникальностью (20–39,9%);

3) виды ландшафтов со средней уникальностью (40–59,9%);

4) виды ландшафтов с относительно высокой уникальностью (60–79,9%);

5) виды ландшафтов с высокой уникальностью (80–99,9%);

6) виды ландшафтов с абсолютной уникальностью (100%, т.е. те виды ландшафтов, которые встречаются только в Брестской области).

Согласно разработанной методике с учетом анализа литературных источников [3; 5; 14] можно считать, что рекреационной привлекательностью обладают те виды ландшафтов, которые характеризуются средней и более уникальностью.

Для *эстетической оценки ландшафтов* области, в первую очередь, были выделены те ландшафтные характеристики, которые оказывают непосредственное влияние на их визуальную привлекательность.

В целом на основании анализа подобных работ [1; 5; 9; 11] было выбрано 5 основных показателей, которые учитываются при выделении видов ландшафтов как классификационной единицы и указываются в названии каждого вида либо более высоких ландшафтных классификационных единиц:

1) положение вида ландшафта над уровнем моря (указывается в названии группы родов ландшафтов);

2) степень дренированности (указывается в названии родов ландшафтов);

3) характер поверхности мезорельефа (указывается в названии видов ландшафтов);

4) особенности почвенного покрова (указывается в названии видов ландшафтов);

5) особенности растительного покрова (указывается в названии видов ландшафтов).

Все выбранные признаки влияют на эстетическую привлекательность ландшафтов. Например, возвышенные ландшафты по сравнению с низменными будут намного привлекательнее, также как и ландшафты с большей расчленённостью рельефа, значительной дренированностью и др.

Среди особенностей почвенного покрова следует выделить такие показатели, как заболоченность (наибольшую привлекательность будут оказывать автоморфные почвы), а также распаханность, которая существенно снижает результаты итоговой оценки.

По характеру растительного покрова наивысшее эстетическое удовлетворение обычно оказывают широколиственные и смешанные леса с богатым подлеском и травянисто-кустарничковым ярусом, которые намного привлекательнее хвойных бедных лесов, а также лугов и болот.

Таким образом, была составлена таблица показателей и выполнено их балльное ранжирование для проведения эстетической оценки ландшафтов области (таблица 2). При ее составлении всем возможным вариантам для каждого из показателей в пределах Брестской области присваивались баллы в зависимости от их значения для эстетиче-



ской привлекательности (от 1 балла в случае низкого вклада в рекреационную привлекательность ландшафта до 3 баллов в случае высокого).

Таким образом, каждый вид ландшафтов получил определённое число баллов за каждый оцениваемый показатель. Сумма этих баллов отражает результат интегральной оценки эстетической привлекательности каждого вида ландшафтов.

Таблица 2. – Показатели оценки привлекательности ландшафтов

Показатель	Баллы		
	1	2	3
Положение вида ландшафта над уровнем моря	Нерасчленённые комплексы, низменные ландшафты	Средневысотные ландшафты	Возвышенные ландшафты
Степень дренированности	Недренированные и слабо дренированные ландшафты	Умеренно дренированные ландшафты	Дренированные ландшафты
Характер поверхности мезорельефа	Плоские, плосковолнистые, плоско-гривистые и т.п. ландшафты	Волнистые, гривистые, волнисто-ложбинные и др. ландшафты	Мелкохолмистые, холмисто-волнистые и т.п. ландшафты
Особенности почвенного покрова	Гидроморфные (торфяно-болотные и глеевые) почвы	Полугидроморфные почвы	Автоморфные почвы
Особенности растительного покрова	Пашня	Болота, луга	Леса

### Результаты и их обсуждение

Результаты оценки *уникальности ландшафтов* Брестской области по отношению ко всем видам ландшафтов, встречаемых в Беларуси, представлены на рисунке 1 и в таблице 3.

Согласно полученным результатам, только 11 из всех (40) видов ландшафтов, встречающихся в Брестской области, имеют среднюю либо выше средней уникальность (т.е. в пределах области расположено более 40% территорий данного вида ландшафта). Из данных видов ландшафтов три встречаются только на территории Брестской области, т.е. имеют абсолютную уникальность:

1. Плоскостолнистые ландшафты с придолинными мизандрами, широколиственно-сосновыми лесами на дерново-слабоглееватых почвах и мелкоосоковыми лугами на дерново-глееватых и дерново-карбонатно-глееватых почвах (77), которые расположены крупным, вытянутым с северо-запада на юго-восток массивом практически полностью в пределах Дрогичинского и частично Ивановского и Кобринского районов.

2. Холмисто-волнистые ландшафты с пашней на дерново-подзолистых, местами дерново-слабоглееватых почвах (79), расположенные также единичным массивом на крайнем западе области в северной части Каменецкого и южной – Брестского района.

3. Холмисто-волнистые ландшафты с сосновыми лишайниково-кустарничковыми лесами на дерново-слабоподзолистых почвах (85), которые встречаются только в северной части Пинского района.

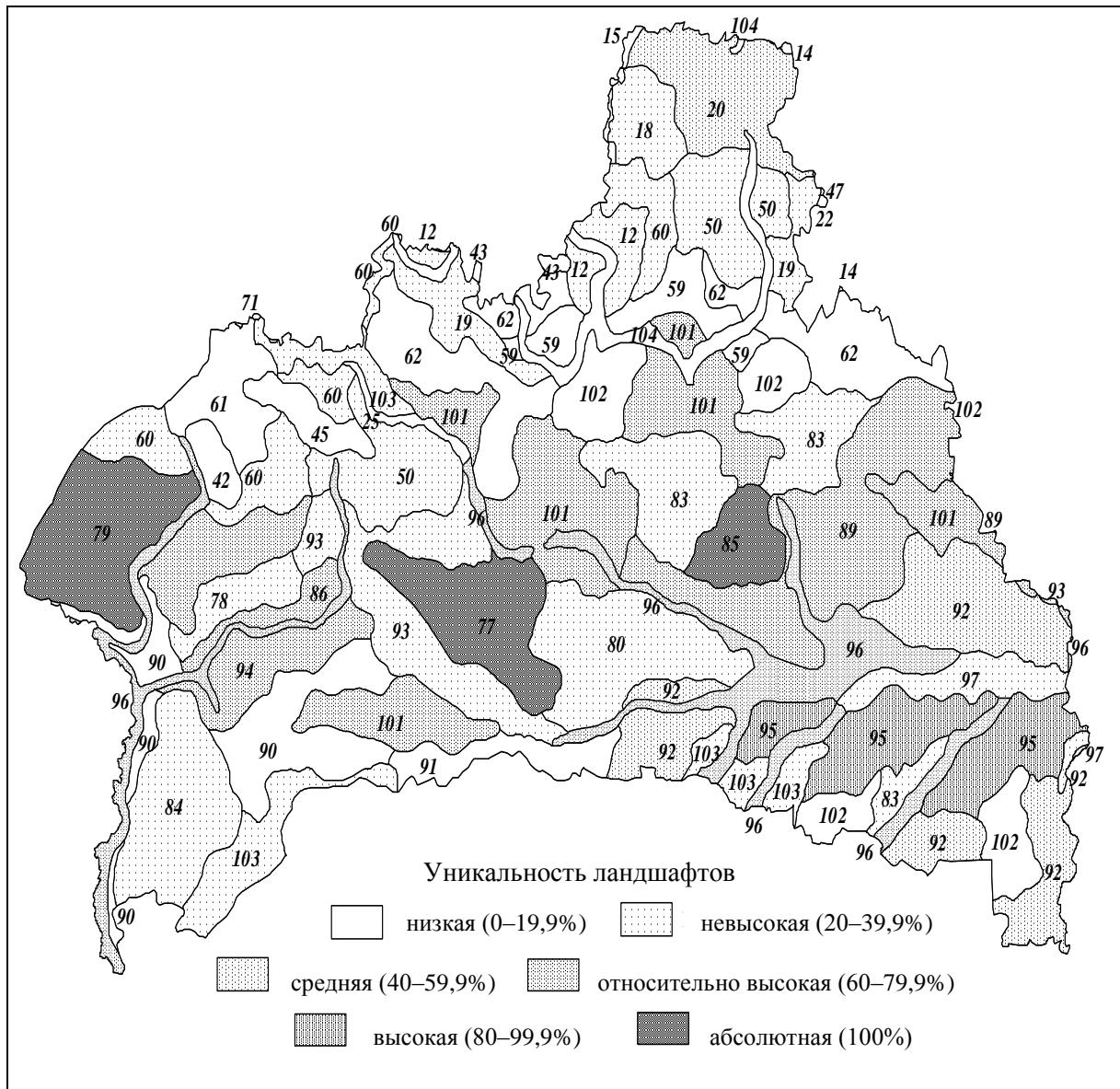
Также стоит отметить плоскогривистые ландшафты с пашней на дерново-глееватых и дерново-карбонатно-глееватых почвах, черноольховыми лесами на дерново-пе-





регнойно-глеевых почвах (95), 92% (от всей площади в Беларуси) территории которых расположены в пределах Пинского и Столинского районов Брестской области.

В основном наибольшая уникальность характерна для ландшафтов расположенных в южной части области, на формирование которых существенное влияние оказывали азональные природные факторы (пониженный рельеф, высокий уровень грунтовых вод и др.), что и обусловило существование данных видов ландшафтов на очень ограниченной по площади и местоположению территории.



Примечание. – Номера видов ландшафтов соответствуют легенде ландшафтной карты [5]

Рисунок 1. – Оценка уникальности ландшафтов Брестской области



Таблица 3. – Основные результаты оценки уникальности ландшафтов Брестской области

Уникальность ландшафтов	Удельный вес вида ландшафта в Брестской области от площади Беларуси, %	Виды ландшафтов		
		Номер	Всего	Площадь, % от территории области
Низкая	0 – 19,9	13, 14, 15, 22, 25, 42, 43, 45, 47, 59, 61, 62, 71, 90, 91, 102, 104	17	20,82
Невысокая	20 – 39,9	12, 18, 19, 50, 60, 80, 83, 84, 86, 93, 97, 103	12	32,53
Средняя	40 – 59,9	20, 92	2	9,52
Относительно высокая	60 – 79,9	78, 89, 94, 96, 101	5	25,03
Высокая	80 – 99,9	95	1	4,38
Абсолютная	100	77, 79, 85	3	7,71

На основании результатов покомпонентной *эстетической оценки ландшафтов* можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшее распространение в пределах области получили средневысотные ландшафты (2 балла), которые встречаются преимущественно в западной и центральной части области. Низменные ландшафты занимают в основном южную и юго-восточную части. Наиболее интересными с позиции эстетической привлекательности являются возвышенные ландшафты, которые располагаются только в северной части области.

2. Большую часть территории области занимают слаборенированные и недренированные участки. Дренированные ландшафты обладают наивысшим баллом в результатах эстетической оценки и располагаются преимущественно на крайнем севере области.

3. Наиболее эстетически привлекательным является холмистый и холмисто-волнистый характер поверхности форм мезорельефа, который представлен в западной и северо-западной частях области. В целом в пределах Брестской области преобладают формы рельефа, которые имеют плоский и плоско-волнистый характер, оцениваемый наименьшими балльными значениями.

4. В связи с доминированием низменного рельефа в области преобладают полу-гидроморфные почвы со средней эстетической привлекательностью. Автоморфные почвы, являющиеся наиболее привлекательными, встречаются только в северной и северо-западной частях области.

5. Наиболее распространенным типом растительности в Брестской области являются луга и болота, широко представленные в центральной и восточной частях. Лесные ландшафты, которые имеют наибольшую рекреационную привлекательность, также занимают значительные площади в пределах северных и западных территорий области. Наименьшее распространение получили сильно распаханые ландшафты, встречающиеся небольшими ареалами преимущественно на западе и северо-западе области.

Результаты комплексной эстетической оценки ландшафтов Брестской области представлены на рисунке 2 и в таблице 4.

Максимальной эстетической привлекательностью характеризуются ландшафты, расположенные небольшими ареалами в северной части области, которые относятся к подтаежному (смешано-лесному) подтипу возвышенных ландшафтов. Среди них можно выделить 7 видов ландшафтов, которые характеризуются максимальными зна-



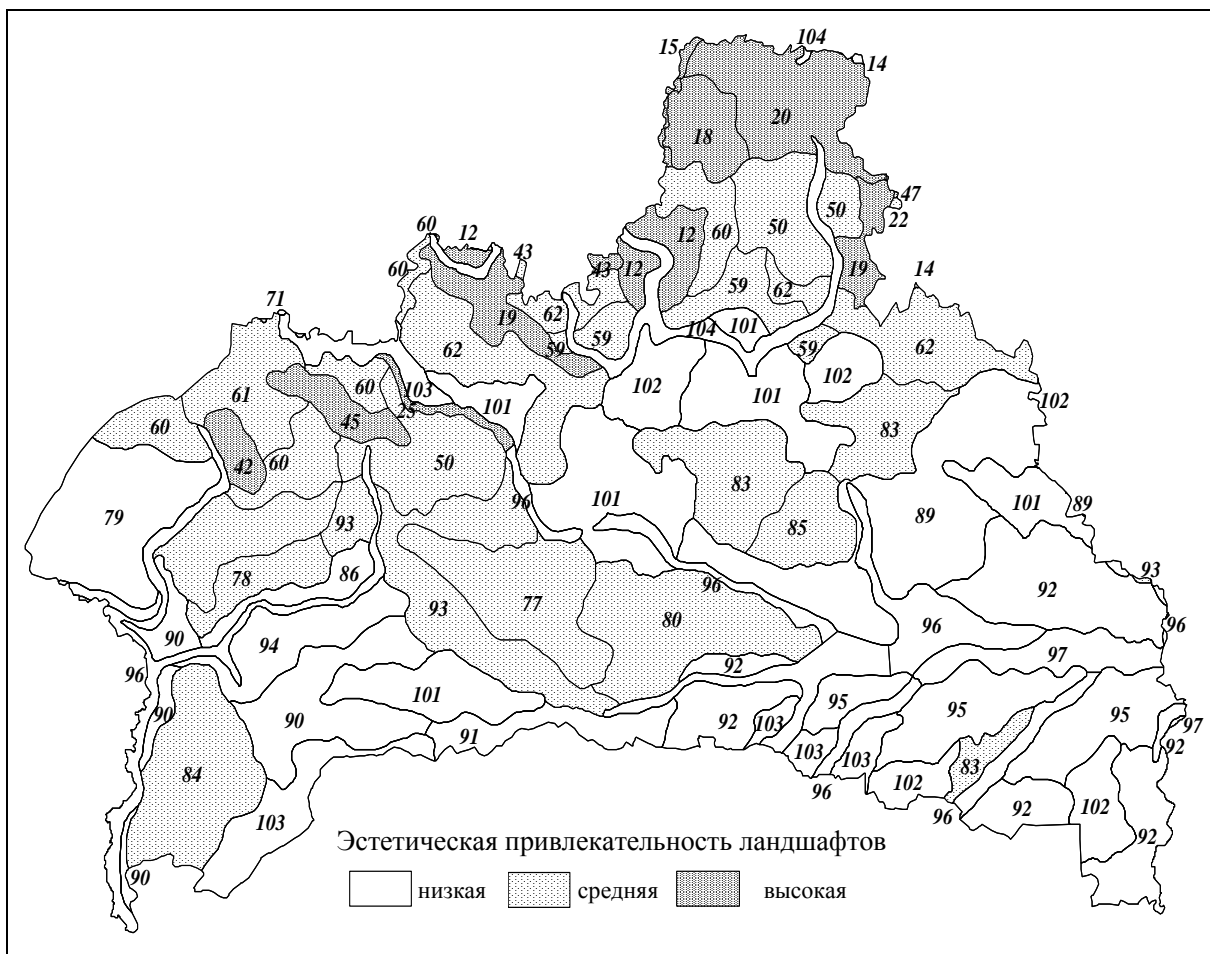
чениями всех промежуточных показателей компонентов оценки эстетической привлекательности. Наиболее распространение из них получили:

1. Мелкохолмистые ландшафты с сосновыми кустарничково-зеленомошными лесами на дерново-слабоподзолистых почвах (12), которые встречаются небольшими ареалами в северной части Ивацевичского и Пружанского районов и юго-западной Барановичского района.

2. Мелкохолмисто-увалистые ландшафты с широколиственно-еловыми кустарничково-зеленомошными и зеленомошно-кисличными лесами на дерново-слабо- и среднеподзолистых почвах (18), расположенные средним по площади единичным массивом в западной части Барановичского района.

3. Мелкохолмисто-грядовые ландшафты с карстовыми воронками, дубравами орляково-черничными и снытево-кисличными на дерново-слабо- и среднеподзолистых почвах (19), которые встречаются двумя небольшими выделами в западной части Ляховичского района и северной части Ивацевичского и Пружанского районов.

4. Среднехолмисто-грядовые ландшафты с широколиственно-сосновыми орляково-зеленомошно-кисличными и широколиственно-еловыми зеленомошно-кисличными лесами на дерново-слабо- и среднеподзолистых почвах (20), которые занимают большую часть северных территорий Барановичского района.



Примечание. – Номера видов ландшафтов соответствуют легенде ландшафтной карты [5]

Рисунок 2. – Эстетическая оценка ландшафтов Брестской области



Таблица 4. – Основные результаты оценки уникальности ландшафтов Брестской области

Эстетическая привлекательность	Итоговая сумма баллов	Виды ландшафтов		
		Номер	Всего	Площадь, % от территории области
Низкая	5–8,3	71, 79, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 101, 102, 103, 104	14	22,3
Средняя	8,4–11,6	47, 50, 59, 60, 61, 62, 77, 78,80, 83, 84, 85, 86, 93	15	36,6
Высокая	11,7–15	12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 22, 25, 42, 43, 45	12	41,1

Среди видов ландшафтов с высокой эстетической привлекательностью следует отметить также два вида средневысотных ландшафтов, расположенных в северо-западной части области в пределах Каменецкого и Пружанского районов:

1. Холмисто-волнистые ландшафты с широколиственно-еловыми зеленомошно-кисличными и сосновыми лишайниково-кустарничковыми лесами на дерново-слабоподзолистых почвах (42).

2. Холмисто-волнистые ландшафты с широколиственно-еловыми зеленомошно-кисличными, широколиственно-сосновыми орляково-зеленомошно-кисличными лесами на дерново-слабо- и среднеподзолистых почвах (42).

Виды ландшафтов в центральной и южной частях области характеризуются невысокими показателями эстетической привлекательности, преимущественно за счет первой группы оценочных показателей (небольшая высота над уровнем моря, слабая дренированность и плоский либо плоско-волнистый характер поверхности).

### Заклучение

Анализ результатов оценки рекреационной привлекательности ландшафтов Брестской области, которая включала оценку уникальности и эстетическую оценку ландшафтов, позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Наивысшей уникальностью и эстетической привлекательностью характеризуются разные виды ландшафтов. В абсолютном большинстве виды ландшафтов с высокой уникальностью характеризуются низкой эстетической привлекательностью, и наоборот. Единственным исключением являются плосковолнистые ландшафты с придолинными зандрами, широколиственно-сосновыми орляково-зеленомошно-кисличными лесами на дерново-подзолисто-слабоглееватых почвах и мелкоосоковыми лугами на дерново-глееватых и дерново-карбонатно-глееватых почвах (77) и холмисто-волнистые ландшафты с сосновыми лишайниково-кустарничковыми лесами на дерново-слабоподзолистых почвах (85), которые характеризуются средними значениями эстетической привлекательности и абсолютными – уникальности.

2. Высокой рекреационной привлекательностью характеризуются ландшафты, которые занимают около 30% территории области. Из них 22% территории – это ландшафты с высокой эстетической привлекательностью и 12% – ландшафты с высокой и абсолютной уникальностью.

3. Ландшафты с высокой и абсолютной уникальностью расположены преимущественно в центральной и южной частях области, с высокой эстетической привлекательностью – в северной.



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дирин, Д. А. Оценка пейзажно-эстетической привлекательности ландшафтов : методологический обзор / Д. А. Дирин, Е. С. Попов // Изв. Алтай. гос. ун-та. Науки о Земле. – 2010. – № 3–2 (67). – С. 120–124.
2. Колбовский, Е. Ю. Эстетическая оценка ландшафтов: проблемы методологии / Е. Ю. Колбовский // Яросл. пед. вестн. – 2011. – № 4. – Т. III (Естеств. науки). – С. 161–166.
3. Николаев, В. А. Ландшафтоведение. Эстетика и дизайн : учеб. пособие / В. А. Николаев. – М. : Аспект Пресс, 2003. – 176 с.
4. Николаев, В. А. Эстетическое восприятие ландшафта / В. А. Николаев // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. – 1999. – № 6. – С. 10–15.
5. Кочуров, Б. И. Эстетика ландшафтов: основные понятия, методы исследования / Б. И. Кочуров, Н. В. Бучацкая // Эколог. планирование и управление. – 2007. – № 3(4). – С. 16–28.
6. Абрамова, Л. А. Оценка рекреационной привлекательности локальных территорий на примере урочища «Галдым» / Л. А. Абрамова, И. И. Корабельников, С. В. Яшин // Вестн. ТГУ. – 2014. – Т. 19, вып. 1. – С. 253–255.
7. Севко, О. А. Вычисление эстетической оценки ландшафтов (на примере постоянных пробных площадей Негорельского учебно-опытного лесхоза) / О. А. Севко // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 48–50.
8. Эрингис, К. И. Сущность и методика детального эколого-эстетического исследования пейзажей / К. И. Эрингис, А. Р. Будрюнас // Экология и эстетика ландшафта. – Вильнюс : Минтис, 1975. – С. 107–170.
9. Мартиросян, Л. М. Эстетическая оценка ландшафтов бассейна озера Севан / Л. М. Мартиросян // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии. – Минск : Изд. центр БГУ, 2014. – С. 203–205.
10. Мотошина, А. А. Оценка эстетических свойств ландшафтов Тобольского района Тюменской области в рекреационных целях / А. А. Мотошина, Л. Н. Вдовюк // Геогр. вестн. – 2012. – № 4. – С. 10–20.
11. Назаров, Н. Н. Оценка пейзажно-эстетической привлекательности ландшафтов Пермской области для целей туризма и рекреации / Н. Н. Назаров, Д. А. Постников // Изв. РГО. – 2002. – Вып. 4. – С. 61–67.
12. Ландшафтная карта Белорусской ССР / сост. и подг. к изд. фабрикой № 2 ГУГК ; ред. А. Г. Исаченко. – 1 : 600 000. – М. : Гл. управление геодезии и картографии, 1983. – 1 к.
13. Марцинкевич, Г. И. Ландшафтоведение / Г. И. Марцинкевич. – Минск : БГУ, 2007. – 206 с.
14. Фролова, М. Ю. Оценка эстетических достоинств природных ландшафтов / М. Ю. Фролова // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. – 1994. – № 24. – С. 27–33.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 03.10.2016 г.

***Tokarchuk S.M. Assessment of Recreational Attractiveness the Landscapes of Brest Region***

*The article discusses the main approaches to the assessment the recreational attractiveness of large territories (for example, types of landscape within the limits the Brest region). The paper discloses methods of research, which includes two main blocks: assessment of a unique landscape and aesthetic attractiveness the landscape. The study provides estimates of the results, describes the main patterns of distribution within the Brest region of landscapes with high recreational attractiveness.*

## Да ведама аўтараў

Рэдкалегія часопіса разглядае рукапісы толькі тых артыкулаў, якія адпавядаюць навуковаму профілю выдання, нідзе не апублікаваныя і не перададзеныя ў іншыя рэдакцыі.

Матэрыялы прадстаўляюцца на беларускай ці рускай мове ў двух экзэмплярах аб'ёмам ад 0,35 да 0,5 друкаванага аркуша, у электронным варыянце – у фармаце Microsoft Word for Windows (\*.doc; \*.rtf) і павінны быць аформлены ў адпаведнасці з наступнымі патрабаваннямі:

- папера фармата А4 (21×29,7 см);
- палі: зверху – 2,8 см, справа, знізу, злева – 2,5 см;
- шрыфт – гарнітура Times New Roman;
- кегль – 12 pt.;
- міжрадкавы інтэрвал – адзінарны;
- двукоссе парнае «...»;
- абзац: водступ першага радка 1,25 см;
- выраўноўванне тэксту па шырыні.

Максімальныя лінейныя памеры табліц і малюнкаў не павінны перавышаць 15×23 см або 23×15 см. Усе графічныя аб'екты, якія ўваходзяць у склад аднаго малюнка, павінны быць згрупаваны паміж сабой. Фатаграфіі ў друк не прымаюцца. Размернасць усіх велічынь, якія выкарыстоўваюцца ў тэксце, павінна адпавядаць Міжнароднай сістэме адзінак вымярэння (СВ). Пажадана пазбягаць скарачэнняў слоў, акрамя агульнапрынятых. Спіс літаратуры павінен быць аформлены паводле Узораў афармлення бібліяграфічнага апісання ў спісе крыніц, якія прыводзяцца ў дысертацыі і аўтарэфераце, зацверджаных загадам Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 25.06.2014 № 159 у рэдакцыі загада Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 08.09.2016 № 206. Спасылкі на крыніцы ў артыкуле нумаруюцца адпаведна парадку цытавання. Парадкавыя нумары спасылак падаюцца ў квадратных дужках (напрыклад, [1, с. 32], [2, с. 52–54]). Не дапускаецца выкарыстанне канцавых зносаў.

Матэрыял уключае наступныя элементы па парадку:

- індэкс УДК (выраўноўванне па левым краі);
- ініцыялы і прозвішча аўтара (аўтараў) (выдзяляюцца паўтлустым шрыфтам і курсівам; выраўноўванне па цэнтры);
- звесткі пра аўтара (навуковая ступень, званне, пасада);
- назва артыкула (друкуецца вялікімі літарамі без пераносаў; выраўноўванне па цэнтры);
- анатацыя ў аб'ёме ад 100 да 150 слоў на мове артыкула (курсіў, кегль – 10 pt.);
- звесткі аб навуковым кіраўніку (для аспірантаў і саіскальнікаў) указваюцца на першай старонцы артыкула ўнізе;
- асноўны тэкст, структураваны ў адпаведнасці з патрабаваннямі ВАКа да навуковых артыкулаў, якія друкуюцца ў выданнях, уключаных у Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў (Уводзіны з пастаўленымі мэтай і задачамі; Асноўная частка, тэкст якой структуецца падзагалоўкамі (назва раздзела «Асноўная частка» не друкуецца); Заключэнне, у якім сцісла сфармуляваны асноўныя вынікі даследавання, указана іх навізна);
- спіс выкарыстанай літаратуры;
- рэзюмэ на англійскай мове (курсіў; да 10 радкоў, кегль – 10 pt.): назва артыкула, прозвішча і ініцыялы аўтара/аўтараў, тэзісны пераказ зместу артыкула; у выпадку калі аўтар падае матэрыял на англійскай мове, рэзюмэ – на рускай ці беларускай.

Да рукапісу артыкула абавязкова дадаюцца:

- звесткі пра аўтара на беларускай мове (прозвішча, імя, імя па бацьку поўнаасцю, вучоная ступень і званне, месца працы (вучобы) і пасада, паштовы і электронны адрасы для перапіскі і кантактныя тэлефоны);
- выписка з пратакола пасяджэння кафедры, навуковай лабараторыі ці ўстановы адукацыі, дзе працуе/вучыцца аўтар, завераная пячаткаю, з рэкамендацыяй артыкула да друку;
- рэцэнзія знешняга ў адносінах да аўтара профільнага спецыяліста з вучонай ступенню, завераная пячаткаю;
- экспертнае заключэнне (для аспірантаў і дактарантаў).

Рукапісы, аформленыя не ў адпаведнасці з выкладзенымі правіламі, рэдкалегіяй не разглядаюцца.

Аўтары нясуць адказнасць за змест прадстаўленага матэрыялу.

Карэктары *С.Ф. Бут-Гусаім, Л.М. Калілец*  
Камп'ютарнае макетаванне *С.М. Мініч, Г.Ю. Пархац*

Падпісана ў друк 30.12.2016. Фармат 60×84/8. Папера афсетная.  
Гарнітура Таймс. Рызаграфія. Ум. друк. арк. 15,58. Ул.-выд. арк. 12,14.

Тыраж 100 экз. Заказ № 537.

Выдавец і паліграфічнае выкананне: УА «Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А.С. Пушкіна».

Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі № 1/55 ад 14.10.2013.

ЛП № 02330/454 ад 30.12.2013.

224016, г. Брэст, вул. Міцкевіча, 28.