

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

Вучоныя запіскі

Брэсцкага ўніверсітэта

Зборнік навуковых прац

Выпуск 10

*Частка 2
Прыродазнаўчыя навукі*

Брэст • 2014

Ministry of education of Republic of Belarus
Educational establishment «Brest state university
named after A.S. Pushkin»

*Scientific
Proceeding
Of Brest University*

Collection of scientific works

Issue 10

*Part 2
Natural Sciences*

Brest • 2014

Заснаваны ў 2005 годзе

Галоўны рэдактар

А.М. Сендзер

Намеснікі галоўнага рэдактара:

С.А. Марзан (*гуманітарныя і грамадскія навукі*)

А.Я. Будзько (*прыродазнаўчыя навукі*)

Рэдакцыйны савет:

А.А. Высоцкі, Л.Г. Лысюк, Б.М. Ляпешка, В.Е. Гайдук, А.Ф. Равінскі, М.П. Ярчак

Міжнародны савет:

В.Р. Бязрогаў (Расія), Я.А. Грэбенікаў (Расія), А.М. Круглашоў (Украіна), В.А. Несцяроўскі (Украіна),

Е. Нікітаровіч (Польшча), М. Пілкінгтон (Францыя), А. Юўка (Польшча)

Рэдакцыйная калегія:

Г.І. Займіст (*адказны рэдактар па гуманітарных і грамадскіх навук*),

Н.С. Ступень (*адказны рэдактар па прыродазнаўчых навук*),

У.В. Амелькін, С.В. Арцёменка, М.А. Багдасараў, В.Ф. Байнёў, А.В. Брэскі, В.М. Ватыль, А.М. Вітчанка,

А.Л. Гулевіч, М.П. Жыгар, Г.А. Зорын, М.С. Кавалевіч, Т.А. Кавальчук, Ч.С. Кірвель,

М.І. Ляўчук, У.Ф. Мартынаў, А.А. Махнач, А.В. Мацвееў, З.П. Мельнікава, М.І. Мішчанчук,

Я.М. Мясэчка, А.В. Пятроўская, Я.В. Радына, С.В. Рашэтнікаў, Д.Г. Ротман, Б.В. Саліхаў,

У.В. Салтанаў, В.Ф. Саўчук, У.С. Секяржыцкі, У.А. Сенькавец, Я.У. Скакун, А.С. Сляповіч, А.І. Смолік,

В.А. Сцепановіч, В.І. Сянкевіч, М.М. Труш, У.М. Хоміч, А.В. Чарнавалаў, А.В. Чычурын,

Л.В. Шукевіч, Т.І. Якавук, Я.К. Ялавічава, Я.С. Яскевіч

Адрас рэдакцыі:

224665, г.Брэст, бульвар Касманаўтаў, 21

тэл.: 21-47-63

e-mail vesnik@brsu.brest.by

ISBN - - - - (ч. 2)

ISBN - - - -

© УА «БрДУ імя А.С.Пушкіна», 2014

Founded 2005

Editor-in-chief

A.N. Sender

Editor-in-chief Deputies

S.A. Marzan (*the humanities and social sciences*)

A.Ya. Budzko (*natural sciences*)

Editorial council:

O.A. Vysotski, L.G. Lysyuk, B.M. Lyapeshko, V.E. Gaiduk, A.F. Ravinski, N.P. Yarchak

International council:

V.G. Bezrogov (Russia), E.A. Grebenikov (Russia), A.N. Kruglashov (Ukraine), V.A. Nesterovski (Ukraine),
Ezhy Nikitarovich (Poland), Mark Pilkington (France), A. Yuvka (Poland)

Editorial board:

G.I. Zaimist (*the humanities and social sciences managerial editor*),

N.S. Stupen (*natural sciences managerial editor*),

V.V. Amelkin, S.V. Artyemenko, M.A. Bagdasarov, V.F. Bainev, O.V. Breski, V.N. Vaty, A.N. Vitchenko,

A.L. Gulevich, M.P. Zygar, G.A. Zoryn, M.S. Kovalevich, T.A. Kovalchuk, C.S. Kirvel,

M.I. Levchuk, Y.F. Martynov, A.A. Makhnach, A.V. Matveev, Z.P. Melnikova,

M.I. Mishchenchuk, E.N. Meshechko, O.V. Petrovskaya, Y.V. Radyno, S.V. Reshetnikov,

D.G. Rotman, B.V. Salikhov, V.V. Saltanov, V.F. Savchuk, V.S. Sekerzhitski, V.A. Senkovets, E.V. Skakun,

E.S. Slepovich, A.I. Smolik, V.A. Stepanovich, V.I. Senkevich, N.N. Trush, V.M. Homich, A.V. Chernovalov,

A.V. Chichurin, L.V. Shukevich, T.I. Yakovuk, Y.K. Yalovicheva, Y.S. Yaskevich

Publishing house address:

224665, Brest, Bulvar Kosmonavtov, 21

tel.: 21-47-63

e-mail vesnik@brsu.brest.by

ISBN - - - - (ч. 2)

ISBN - - - -

© EE «BrSU named after A.S. Pushkin», 2014

Вучоныя запіскі



Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна

ЗБОРНИК НАВУКОВЫХ ПРАЦ

2014 • Вып. 10 • Ч. 2

ЗМЕСТ

МАТЭМАТЫКА

Матысик О.В., Савчук В.Ф. Регуляризация некорректных задач с приближенным оператором явным методом при априорном выборе числа итераций.....7

ФІЗІКА

Плетюхов В.А. О совместном описании массивных и безмассовых полей со спинами 0 и 114

ХІМІЯ

Колбас Н.Ю. Механизмы копигментации антоцианов30

Ступень Н.С. Проблема коррозии дымовых труб под действием конденсата.....39

БІЯЛОГІЯ

Бойко В.И., Рой Ю.Ф. Растительность республиканского заказника «Простырь».....47

Гайдук В.Е., Блоцкая Е.С., Абрамова И.В. Распространение, биотопическое распределение, суточные и сезонные биоритмы пресмыкающихся (*REPTILIA*) в юго-западной Беларуси59

Матусевич Н.М., Жигар М.П. О формировании перидермы в стебле некоторых спирейных76

Мельник В.И., Логвиненко И.П., Скоропляс И.А., Баточенко В.Н. Современное состояние популяций *CARLINA ONOPORDIFOLIA BESSER EX SZAFER, KULCZ. & PAWL.* в Украине.....80

Шкуратова Н.В. О жизненных формах рода *SALIX L.*.....92

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

Богдасаров М.А., Комлев А.А., Криницкая М.В., Нестеровский В.А., Петров Н.П. Геолого-генетическая модель янтареносных отложений Беларуси и Украины.....98

Гречаник Н.Ф., Матвеев А.В., Богдасаров М.А. Основные этапы формирования современного рельефа территории восточной части Подляско-Брестской впадины110

Комлев А.А., Нестеровский В.А., Богдасаров М.А. Четвертичные структура, морфо- и литогенез правобережья Украинского Полесья в связи с его янтареносностью125

Красовский К.К. Демографическое развитие ивановского района130

Литвинюк Г.И., Якубовская Т.В. Ископаемая флора четвертичного периода окрестностей города Берёза140

Токарчук С.М., Трофимчук Д.А. Информационно-аналитическая ГИС особо охраняемых природных территорий Брестской области.....152

Звесткі аб аўтарах162

Scientific Proceeding



Brest state university named after A.S. Pushkin

COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS

2014 • Issue 10 • Part 2

INDEX

MATHEMATIS

Matysik O.V., Savchuk V.F. The Regularization Incorrect Problems with Approximately Operator Explicit Method when a priori Choice of the Number of Iterations.....7

PHYSIS

Pletyukhov V.A. On the conjoint description massive and massless spin 0 and 1 fields.....14

CHEMISTRY

Kolbas N.Y. Anthocyanin Copigmentation Mechanisms.....30

Stupen N. The Problem of Corrosion of the Flue Pipe Under the Action of the Condensate39

BIOLOGY

Bojko V.I., Roy U.F. Vegetation the National Reserve «Prostyr»47

Gaiduk V.E., Blockaja E.S., Abramova I.V. Dissemination, Habitat Distribution, Abundance, Diurnal and Seasonal Biorhythms Reptilians in the South-Western Belarus.....59

Matusevich N.M., Zhigar M.P. On the Formation Periderm in the Stem of some Spiraeoideae76

Melnik V.I., Logvynenko I.P., Skoroplas I.O., Batochenko V.N. Modern Status of Populations of *Carlina Onopordifolia* Besser Ex Szafer, Kulcz. & Pawl. in Ukraine.....80

Shkuratova N.V. About Life Forms of Genus *Salix* L.92

SCIENES ON EARTH

Bogdasarov M.A., Komlev A.A., Krynytska M.V., Nesterovski V.A., Petrov N.P. The Geological-Genetic Model of Amber-Bearing Deposits of Belarus and Ukraine.....98

Grechanik N.F., Matveev A.V., Bogdasarov M.A. The Basic Stages of Formation of Modern Relief of the Territory of Eastern Part of Podlessko-Brest Depression110

Komlev A.A., Nesterovski V.A., Bogdasarov M.A. The Quaternary Structure, Morphology and Lithogenesis of Right Bank of Ukrainian Polesie in Connection with its Amber-Bearing125

Krasouski K. Demographic Development of Ivanovo District.....130

Litvinuk G.I., Yakubovskaya T.V. Fossil Flora of the Quaternary Period in the Vicinity of the Bereza Town140

Tokarchuk S.M., Trofimchuk D.A. The Information-Analytical GIS Specially Protected Natural Territories of the Brest Region.....152

Information about the authors162



УДК 519.6+517.983.54

О.В. Матысик, В.Ф. Савчук

РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ НЕКОРРЕКТНЫХ ЗАДАЧ С ПРИБЛИЖЕННЫМ ОПЕРАТОРОМ ЯВНЫМ МЕТОДОМ ПРИ АПРИОРНОМ ВЫБОРЕ ЧИСЛА ИТЕРАЦИЙ

В гильбертовом пространстве предлагается явный метод итераций решения операторных уравнений первого рода с неотрицательным самосопряжённым и несамосопряжённым ограниченным оператором. Доказана сходимость метода в случае априорного выбора числа итераций в исходной норме гильбертова пространства, в предположении, что погрешности имеются не только в правой части уравнения, но и в операторе. Получены оценка погрешности метода и априорный момент останова.

1. Постановка задачи. Пусть H и F – гильбертовы пространства, $A \in \mathcal{L}(H, F)$, т. е. A – линейный непрерывный оператор, действующий из H в F . Предполагается, что нуль не является собственным значением оператора A , однако нуль принадлежит его спектру. Рассмотрим уравнение

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

Задача отыскания элемента $x \in H$ по элементу $y \in F$ является некорректной, так как сколь угодно малые возмущения в правой части y могут вызывать большие возмущения решения уравнения.

Предполагаем, что точное решение $x^* \in H$ уравнения (1) существует и является единственным. Будем искать его с помощью итерационного метода

$$x_{n+1} = (E - \alpha A^2)x_n + \alpha Ay, \quad x_0 = 0, \quad (2)$$

где E – тождественный оператор, α – итерационный шаг. Считаем, что оператор A и приближенная часть y уравнения (1) заданы приближённо, т. е. вместо y известно приближение y_δ , $\|y - y_\delta\| \leq \delta$, а вместо оператора A известен оператор A_η , $\|A_\eta - A\| \leq \eta$. Предполагаем, что $0 \in Sp(A_\eta)$ и $Sp(A_\eta) \subseteq [0, M]$. Тогда метод (2) примет вид

$$x_{n+1} = (E - \alpha A_\eta^2)x_n + \alpha A_\eta y_\delta, \quad x_0 = 0. \quad (3)$$

Докажем сходимость метода (3) в случае априорного выбора параметра регуляризации при решении уравнения $A_\eta x = y_\delta$ и получим априорные оценки погрешности. Подобные вопросы изучались в [1], но только для других методов.

2. Случай самосопряжённых неотрицательных операторов. Пусть $H = F$, $A = A^* \geq 0$, $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$, $Sp(A_\eta) \subseteq [0, M]$, $(0 < \eta \leq \eta_0)$. Итерационный процесс (3) запишется в виде

$$x_n = g_n(A_\eta)y_\delta, \quad (3^1)$$

где $g_n(\lambda) = \lambda^{-1} \left[1 - (1 - \alpha \lambda^2)^n \right]$. В [2] получены следующие условия для функции $g_n(\lambda)$:



$$\sup_{0 \leq \lambda \leq M} |g_n(\lambda)| \leq \gamma n^{1/2}, \quad \gamma = \left(\frac{5}{4}\right)^{1/2} 2\alpha^{1/2}, \quad (n > 0), \quad 0 < \alpha \leq \frac{5}{4M^2}, \quad (4)$$

$$\sup_{0 \leq \lambda \leq M} \lambda^s |1 - \lambda g_n(\lambda)| \leq \gamma_s n^{-s/2}, \quad (n > 0), \quad 0 \leq s < \infty, \quad \gamma_s = \left(\frac{s}{2\alpha e}\right)^{s/2}, \quad 0 < \alpha \leq \frac{5}{4M^2}, \quad (5)$$

(здесь s – степень истокорпредставимости точного решения $x^* = A^s z$, $s > 0$, $\|z\| \leq \rho$),

$$\sup_{0 \leq \lambda \leq M} |1 - \lambda g_n(\lambda)| \leq \gamma_0, \quad \gamma_0 = 1, \quad (n > 0), \quad 0 < \alpha < \frac{2}{M^2}, \quad (6)$$

$$\sup_{0 \leq \lambda \leq M} \lambda |1 - \lambda g_n(\lambda)| \rightarrow 0, \quad n \rightarrow \infty, \quad 0 < \alpha < \frac{2}{M^2}. \quad (7)$$

Справедлива

Лемма 1. Пусть $A = A^* \geq 0$, $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$, $\|A_\eta - A\| \leq \eta$, $Sp(A_\eta) \subseteq [0, M]$, $(0 < \eta \leq \eta_0)$, $0 < \alpha < \frac{2}{M^2}$ и выполнены условия (6), (7). Тогда $\|G_{m\eta} v\| \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, $\eta \rightarrow 0 \quad \forall v \in N(A)^\perp = \overline{R(A)}$, где $N(A) = \{x \in H | Ax = 0\}$ и $G_{m\eta} = E - A_\eta g_n(A_\eta)$.

Условие сходимости для метода (3) даёт

Теорема 1. Пусть $A = A^* \geq 0$, $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$, $\|A_\eta - A\| \leq \eta$, $Sp(A_\eta) \subseteq [0, M]$, $(0 < \eta \leq \eta_0)$, $0 < \alpha \leq \frac{5}{4M^2}$, $y \in R(A)$, $\|y_\delta - y\| \leq \delta$ и выполнены условия (4), (6), (7). Выберем параметр $n = n(\delta, \eta)$ в приближении (3) так, чтобы $n(\delta, \eta) \rightarrow \infty$, $n^{1/2}(\delta + \eta) \rightarrow 0$ при $\delta \rightarrow 0$, $\eta \rightarrow 0$. Тогда $x_{n(\delta, \eta)} \rightarrow x^*$ при $\delta \rightarrow 0$, $\eta \rightarrow 0$.

Доказательство

Из (3¹) получим $x_n = g_n(A_\eta)y_\delta$. Тогда

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

Следовательно, $x_n - x^* = -G_{m\eta}x^* + g_n(A_\eta)(y_\delta - A_\eta x^*)$.

Так как по условию (4) $\|g_n(A_\eta)\| \leq \sup_{0 \leq \lambda \leq M} |g_n(\lambda)| \leq \gamma n^{1/2}$, то

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

Следовательно,

$$\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\| \leq \|G_{m\eta}x^*\| + \|g_n(A_\eta)(y_\delta - A_\eta x^*)\| \leq \|G_{m\eta}x^*\| + \gamma n^{1/2}(\delta + \eta \|x^*\|).$$



Из леммы 1 следует, что $\|G_{m\eta}x^*\| \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, $\eta \rightarrow 0$, а по условию теоремы $n^{1/2}(\delta + \eta) \rightarrow 0$ при $\delta \rightarrow 0$, $\eta \rightarrow 0$. Таким образом, $\|x_{n(\delta,\eta)} - x^*\| \rightarrow 0$, $\delta \rightarrow 0$, $\eta \rightarrow 0$.

Теорема 1 доказана.

Справедлива

Теорема 2. Пусть $A = A^* \geq 0$, $A_\eta = A_\eta^* \geq 0$, $\|A_\eta - A\| \leq \eta$, $Sp(A_\eta) \subseteq [0, M]$, $(0 < \eta \leq \eta_0)$, $0 < \alpha \leq \frac{5}{4M^2}$, $y \in R(A)$, $\|y_\delta - y\| \leq \delta$ и выполнены условия (4), (5). Если точное решение истокорпредставимо, т. е. $x^* = A^s z$, $s > 0$, $\|z\| \leq \rho$, то справедлива оценка погрешности

$$\|x_{n(\delta,\eta)} - x^*\| \leq \gamma_0 c_s \eta^{\min(1,s)} \rho + \gamma_s n^{-s/2} \rho + \gamma n^{1/2} (\delta + \eta \|x^*\|), \quad 0 < s < \infty.$$

Доказательство

Имеем, используя истокорпредставимость,

$$\|G_{m\eta}x^*\| = \|G_{m\eta}A^s z\| \leq \|G_{m\eta}(A^s - A_\eta^s)z\| + \|G_{m\eta}A_\eta^s z\| \leq \gamma_0 c_s \eta^{\min(1,s)} \rho + \gamma_s n^{-s/2} \rho,$$

так как по лемме 1.1 ([1, с. 91]) $\|A_\eta^s - A^s\| \leq c_s \eta^{\min(1,s)}$, $c_s = \text{const}$ ($c_s \leq 2$ для $0 < s \leq 1$) [1, с. 49]. Тогда

$$\|x_{n(\delta,\eta)} - x^*\| \leq \gamma_0 c_s \eta^{\min(1,s)} \rho + \gamma_s n^{-s/2} \rho + \gamma n^{1/2} (\delta + \eta \|x^*\|), \quad 0 < s < \infty. \quad (8)$$

Теорема 2 доказана.

Если минимизировать правую часть оценки (8) по n , то получим следующую

рекомендацию для выбора n :
$$n_{\text{опт}} = \left(\frac{s\gamma_s \rho}{\gamma(\delta + \|x^*\|\eta)} \right)^{2/(s+1)} = d_s \rho^{2/(s+1)} (\delta + \|x^*\|\eta)^{-2/(s+1)},$$

где $d_s = \left(\frac{s\gamma_s}{\gamma} \right)^{2/(s+1)}$. Отсюда

$$n_{\text{опт}} = \left(\frac{5}{4} \right)^{-1/(s+1)} \left(\frac{s}{2} \right)^{(s+2)/3} e^{-s/(s+1)} \alpha^{-1} \rho^{2/(s+1)} (\delta + \|x^*\|\eta)^{-2/(s+1)}.$$

Подставив $n_{\text{опт}}$ в (8), получим



$$\begin{aligned} \|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\|_{\text{опт}} &\leq \gamma_0 c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + \gamma_s \rho \left[d_s \rho^{2/(s+1)} (\delta + \|x^*\|_{\eta})^{-2/(s+1)} \right]^{-s/2} + \\ &+ \gamma \left[d_s \rho^{2/(s+1)} (\delta + \|x^*\|_{\eta})^{-2/(s+1)} \right]^{1/2} (\delta + \|x^*\|_{\eta}) = \gamma_0 c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + \\ &+ (\delta + \|x^*\|_{\eta})^{s/(s+1)} \rho^{1/(s+1)} \left[\gamma_s d_s^{-s/2} + \gamma d_s^{1/2} \right] = \gamma_0 c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + c'_s (\delta + \|x^*\|_{\eta})^{s/(s+1)} \rho^{1/(s+1)}, \end{aligned}$$

где

$$c'_s = \gamma_s d_s^{-s/2} + \gamma d_s^{1/2} = \left(s^{1/(s+1)} + s^{-s/(s+1)} \right) \gamma^{s/(s+1)} \gamma_s^{1/(s+1)} = \left(\frac{10}{4s} \right)^{s/(2(s+1))} (s+1) e^{-s/(2(s+1))}.$$

Отсюда

$$\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\|_{\text{опт}} \leq c_s \eta^{\min(1, s)} \rho + \left(\frac{10}{4s} \right)^{s/(2(s+1))} (s+1) e^{-s/(2(s+1))} (\delta + \|x^*\|_{\eta})^{s/(s+1)} \rho^{1/(s+1)}.$$

Замечание. Оптимальная оценка погрешности не зависит от α , но $n_{\text{опт}}$ от α зависит. Поэтому для уменьшения $n_{\text{опт}}$ и, значит, объема вычислительной работы следует выбирать α по возможности большим, удовлетворяющим условию $0 < \alpha \leq \frac{5}{4M^2}$ и так, чтобы $n_{\text{опт}}$ было целым.

3. Случай несамосопряжённых операторов. В случае несамосопряжённых операторов итерационный метод (3) примет вид

$$x_{n+1} = \left[E - \alpha (A_{\eta}^* A_{\eta})^2 \right] x_n + \alpha (A_{\eta}^* A_{\eta}) A_{\eta}^* y_{\delta}, \quad x_0 = 0. \quad (9)$$

Его можно записать так

$$x_n = g_n (A_{\eta}^* A_{\eta}) A_{\eta}^* y_{\delta}. \quad (10)$$

Из леммы 1 следует

Лемма 2. Пусть $A, A_{\eta} \in \mathcal{L}(H, F)$, $\|A_{\eta} - A\| \leq \eta$, $\|A_{\eta}\|^2 \leq M$, $0 < \alpha < \frac{2}{M^2}$ и выполнены условия (6) и (7). Тогда

$$\|K_{m\eta} v\| \rightarrow 0 \text{ при } n \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 0, \forall v \in N(A)^{\perp} = \overline{R(A^*)}, \quad (11)$$

$$\|\tilde{K}_{m\eta} z\| \rightarrow 0 \text{ при } n \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 0, \forall z \in N(A^*)^{\perp} = \overline{R(A)}, \quad (12)$$

где $K_{m\eta} = E - A_{\eta}^* A_{\eta} g_n (A_{\eta}^* A_{\eta})$, $\tilde{K}_{m\eta} = E - A_{\eta} A_{\eta}^* g_n (A_{\eta} A_{\eta}^*)$.

Используем лемму 2 для доказательства следующей теоремы.



Теорема 3. Пусть $A, A_\eta \in \mathcal{L}(H, F)$, $\|A - A_\eta\| \leq \eta$, $\|A_\eta\|^2 \leq M$, $(0 < \eta \leq \eta_0)$, $0 < \alpha \leq \frac{5}{4M^2}$, $y \in R(A)$, $\|y_\delta - y\| \leq \delta$ и выполнены условия (4), (6), (7). Выберем параметр $n = n(\delta, \eta)$ так, что

$$n(\delta, \eta) \rightarrow \infty, n^{1/2}(\delta + \eta)^2 \rightarrow 0 \text{ при } \delta \rightarrow 0, \eta \rightarrow 0. \quad (13)$$

Тогда $x_{n(\delta, \eta)} \rightarrow x^*$ при $\delta \rightarrow 0, \eta \rightarrow 0$.

Доказательство

Для погрешности приближения $x_{n(\delta, \eta)}$ имеем

$$x_{n(\delta, \eta)} - x^* = -K_{m\eta} x^* + g_n(A_\eta^* A_\eta) A_\eta^* (y_\delta - A_\eta x^*) \quad (14)$$

Здесь $\|g_n(A_\eta^* A_\eta) A_\eta^*\| = \|g_n(A_\eta^* A_\eta) (A_\eta^* A_\eta)^{1/2}\| \leq \gamma_* n^{1/4}$, где $\gamma_* = \sup_{n>0} \left(n^{-1/4} \sup_{0 \leq \lambda \leq M} \lambda^{1/2} |g_n(\lambda)| \right) \leq \left(\frac{5}{4} \right)^{1/4} 2\alpha^{1/4}$ [2, с. 24]. Поскольку

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

то $\|g_n(A_\eta^* A_\eta) A_\eta^* (y_\delta - A_\eta x^*)\| \leq \left(\frac{5}{4} \right)^{1/4} 2\alpha^{1/4} n^{1/4} (\delta + \eta \|x^*\|)$. Поэтому

$$\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\| \leq \|K_{m\eta} x^*\| + \|g_n(A_\eta^* A_\eta) A_\eta^* (y_\delta - A_\eta x^*)\| \leq \|K_{m\eta}(x^*)\| + \left(\frac{5}{4} \right)^{1/4} 2\alpha^{1/4} n^{1/4} (\delta + \eta \|x^*\|).$$

Из леммы 2 следует, что $\|K_{m\eta}(x^*)\| \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty, \eta \rightarrow 0$, а из условия (13)

$n^{1/2}(\delta + \eta)^2 \rightarrow 0$ при $\delta \rightarrow 0, \eta \rightarrow 0$. Отсюда $\left(\frac{5}{4} \right)^{1/4} 2\alpha^{1/4} n^{1/4} (\delta + \eta \|x^*\|) \rightarrow 0, n \rightarrow \infty,$

$\delta \rightarrow 0, \eta \rightarrow 0$. Таким образом, $\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\| \rightarrow 0, n \rightarrow \infty, \delta \rightarrow 0$. Теорема 3 доказана.

Справедлива

Теорема 4. Пусть $A, A_\eta \in \mathcal{L}(H, F)$, $\|A - A_\eta\| \leq \eta$, $\|A_\eta\|^2 \leq M$, $(0 < \eta \leq \eta_0)$, $0 < \alpha \leq \frac{5}{4M^2}$, $y \in R(A)$, $\|y_\delta - y\| \leq \delta$. Если точное решение представимо в виде $x^* = |A|^s z$, $s > 0$, $\|z\| \leq \rho$, $|A| = (A^* A)^{1/2}$ и выполнены условия (4), (5), то справедлива оценка погрешности



$$\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\| \leq \gamma_0 c_s (1 + |\ln \eta|) \eta^{\min(1, s)} \rho + \gamma_{s/2} n^{-s/4} \rho + \gamma_* n^{1/4} (\delta + \|x^*\| \eta), \quad 0 < s < \infty.$$

Доказательство

В случае истокорпредставимого точного решения $x^* = |A|^s z = (A^* A)^{s/2} z$ из (5) получим $\sup_{0 \leq \lambda \leq M} \lambda^{s/2} |1 - \lambda g_n(\lambda)| \leq \gamma_{s/2} n^{-s/4}$, где $\gamma_{s/2} = \left(\frac{s}{4\alpha e}\right)^{s/4}$. Тогда

$$\|K_{m\eta} |A_\eta|^s z\| = \| |A_\eta|^s [E - A_\eta^* A_\eta g_n(A_\eta^* A_\eta)] z \| = \| (A_\eta^* A_\eta)^{s/2} [E - A_\eta^* A_\eta g_n(A_\eta^* A_\eta)] z \| \leq \gamma_{s/2} n^{-s/4} \rho.$$

Отсюда

$$\|K_{m\eta} x^*\| = \|K_{m\eta} |A|^s z\| = \|K_{m\eta} (|A_\eta|^s - |A|^s) z\| + \|K_{m\eta} |A_\eta|^s z\| \leq \gamma_0 c_s (1 + |\ln \eta|) \eta^{\min(1, s)} \rho + \gamma_{s/2} n^{-s/4} \rho,$$

так как из [1, с. 92] имеем $\left| |A_\eta|^s - |A|^s \right| \leq c_s (1 + |\ln \eta|) \eta^{\min(1, s)}$, $c_s = \text{const}$ ($c_s \leq 2$ для $0 < s \leq 1$). Из (14)

$$\begin{aligned} \|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\| &\leq \|K_{m\eta} x^*\| + \gamma_* n^{1/4} (\delta + \|x^*\| \eta) = \|K_{m\eta} x^*\| + \left(\frac{5}{4}\right)^{1/4} 2\alpha^{1/4} n^{1/4} (\delta + \|x^*\| \eta) \leq \\ &\leq \gamma_0 c_s (1 + |\ln \eta|) \eta^{\min(1, s)} \rho + \gamma_{s/2} n^{-s/4} \rho + \left(\frac{5}{4}\right)^{1/4} 2\alpha^{1/4} n^{1/4} (\delta + \|x^*\| \eta), \quad 0 < s < \infty. \end{aligned} \quad (16)$$

Теорема 4 доказана.

Минимизируя правую часть (16) по n , получим

$$\begin{aligned} n_{\text{опт}} &= \left(\frac{s\gamma_{s/2}}{\gamma_*}\right)^{4/(s+1)} \rho^{4/(s+1)} (\delta + \|x^*\| \eta)^{-4/(s+1)} = \\ &= \left(\frac{5}{4}\right)^{-1/(s+1)} \left(\frac{s}{2}\right)^{(4+s)/(s+1)} (2e)^{-s/(s+1)} \alpha^{-1} \rho^{4/(s+1)} (\delta + \|x^*\| \eta)^{-4/(s+1)}. \end{aligned}$$

Подставив $n_{\text{опт}}$ в оценку (16), получим оптимальную оценку погрешности для метода итераций (9)

$$\|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\|_{\text{опт}} \leq \gamma_0 c_s (1 + |\ln \eta|) \eta^{\min(1, s)} \rho + c_s'' \rho^{1/(s+1)} (\delta + \|x^*\| \eta)^{s/(s+1)}, \quad 0 < s < \infty,$$

$$\text{где } c_s'' = \left(s^{1/(s+1)} + s^{-s/(s+1)}\right) \gamma_*^{s/(s+1)} \gamma_{s/2}^{1/(s+1)} = 5^{s/(4(s+1))} (s+1) (s^3 e)^{-s/(4(s+1))}.$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} \|x_{n(\delta, \eta)} - x^*\|_{\text{опт}} &\leq c_s (1 + |\ln \eta|) \eta^{\min(1, s)} \rho + \\ &+ 5^{s/(4(s+1))} (s+1) (s^3 e)^{-s/(4(s+1))} \rho^{1/(s+1)} (\delta + \|x^*\| \eta)^{s/(s+1)}, \quad 0 < s < \infty. \end{aligned}$$



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайникко, Г.М. Итерационные процедуры в некорректных задачах / Г.М. Вайникко, А.Ю. Веретенников. – М. : Наука, 1986. – 178 с.
2. Савчук, В.Ф. Регуляризация операторных уравнений в гильбертовом пространстве / В.Ф. Савчук, О.В. Матысик. – Брест, 2008. – 196 с.

O.V. Matysik, V.F. Savchuk The Regularization Incorrect Problems with Approximately Operator Explicit Method when a priori Choice of the Number of Iterations

The explicit iteration method for solution of the first-kind operator equations with a self-conjugated and non self-conjugated non negative bounded operator in the Hilbert space is proposed. Convergence of a method is proved in case of an a priori choice of number of iterations in usual norm of Hilbert space, supposing that not only the right part of the equation but the operator as well have errors. The estimation of an error method and a priori moment of stop are received.



УДК 539.12:530.145

V.A. Pletyukhov

ON THE CONJOINT DESCRIPTION MASSIVE AND MASSLESS SPIN 0 AND 1 FIELDS

In this work consideration is given to massless and massive gauge-invariant spin 0 and spin 1 fields (particles) within the scope of a theory of the generalized relativistic wave equations with an extended set of the Lorentz group representations. The results obtained may be useful as regards the application of a relativistic wave-equation theory in modern field models.

1. Introduction

One of the most extensively used ways to describe fundamental particles and fields is still a theory of relativistic wave equations (RWE), the foundations of which have been laid by Dirac [1], Fierz and Pauli [2; 3], Bhabha [4; 5], Harish-Chandra [6; 7], Gel'fand and Yaglom [8], Fedorov [9; 10]. This theory has been advanced proceeding from the assumption that a relativistic-invariant description of both massive and massless particles (fields) may always be reduced to a system of the first-order differential equations with constant factors, in the matrix form being given as follows:

$$(\gamma_\mu \partial_\mu + \gamma_0) \psi(x) = 0 \quad (\mu = 1 \div 4). \quad (1)$$

Here $\psi(x)$ is multicomponent wave function transformed in terms of some reducible Lorentz group representation T , γ_μ and γ_0 are square matrices.

In the case when the matrix γ_0 is nonsingular ($\det \gamma_0 \neq 0$), equation (1) describing a massive particle may be reduced to the following form by multiplication into $m\gamma_0^{-1}$:

$$(\gamma_\mu \partial_\mu + mI) \psi(x) = 0, \quad (2)$$

where m is a parameter associated with mass, I is unity matrix.

A choice of the matrices γ_μ in equations (1) and (2) is limited by the following requirements (e.g., see [8; 9]):

- i) invariance of the equation with respect to the transformations of its own Lorentz group;
- ii) invariance with respect to reflections;
- iii) possibility for derivation of the equation from the variational principle.

Equations of the form (2) meeting requirements i)–iii) are known as relativistic wave equations (RWE); equations of the form (1) with the same requirements are known as generalized RWE [9].

From requirement i) and from the condition of theory's irreducibility with respect to the Lorentz group it follows that the function ψ must be transformed by some set of linking irreducible Lorentz-group representations, forming what is known as a scheme for linking. The representations $\tau \square (l_1, l_2)$ and $\tau' \square (l'_1, l'_2)$ are referred to as linking if $l'_1 = l_1 \pm \frac{1}{2}$, $l'_2 = l_2 \pm \frac{1}{2}$.

Aside from a choice of the wave function ψ , in definition of different spin and mass states possible for the particle described by equations (1) and (2) the matrices γ_4 and γ_0 are of particular importance. Properties of the matrix γ_4 are discussed comprehensively in [8].



A structure of the matrix γ_0 is determined in [5; 9]. Specifically, requirement i) results in reducibility of γ_0 to the diagonal form, the matrix being composed of independent scalar blocks corresponding to the irreducible representations of τ . For $\det \gamma_0 = 0$ some of these blocks are zero. As follows from requirement ii), nonzero elements a_τ of the matrix γ_0 satisfy the relation

$$a_\tau = a_{\hat{\tau}}, \quad (3)$$

where $\hat{\tau}$ is representation conjugate to τ with respect to the spatial reflection, i.e., if $\tau \square (l_1, l_2)$, we have $\hat{\tau} \square (l_2, l_1)$. In case of the finite-dimensional representations requirement iii) also leads to the relation of (3).

A distinctive feature of most well-known RWE of the form (2) (Dirac equation for spin $\frac{1}{2}$, Duffin-Kemmer equations for spins 0 and 1, Fierz-Pauli equation for spin $\frac{3}{2}$) is the fact that they involve a set of the Lorentz group representations *minimally necessary* for framing of a theory of this spin.

Such an approach in the case of $\det \gamma_0 = 0$ results in equations for zero-mass particles (e.g., Maxwell equations). Because of this, selection of $\det \gamma_0 = 0$ (also including $\gamma_0 = 0$) in a theory of RWE is associated with a description of massless particles [9; 11].

It is known that, as distinct from the description of massive particles, in a theory of massless particle with integer spin some of the wave-function components are unobservable (potentials) and others - observable (intensities). In consequence, for the potentials one can define the gauge transformations and impose additional requirements excluding «superfluous» components of ψ . But for the description of massive particles by RWE reducible to the form given by (2), the above-mentioned differentiation of the wave-function components is not the case. In other words, the notion of the gauge invariance of RWE (1) in the sense indicated previously is usually used for massless theories.

At the same time, there are papers, where so-called *massive gauge-invariant theories* are considered taking other approaches. Illustrative examples are furnished by Stückelberg's approach to the description of a massive spin 1 particle (see [12] and references herein) and by a $\hat{B} \wedge \hat{F}$ -theory [13–16] claiming for the description of string interactions in 4-dimensional space and suggesting a mechanism (differing from Higgs's) of the mass generation due to gauge-invariant mixing of electromagnetic and massless vector fields with zero helicity. In the literature this field is called the Kalb-Ramond field [15;16] and the notoph [17]. Because of this, one should clear the question concerning the status of massive gauge-invariant fields in the theory of RWE.

Another feature of well-known RWE is the fact that on going from equation of the form (2) for a massive spin S particle to its massless analog of the form (1), by making the substitution $mI \rightarrow \gamma_0, \det \gamma_0 = 0$, not all of the helicity values from $+S$ to $-S$ are retained, a part of them is lost. This is the case when passing from the Duffin-Kemmer equation for spin 1 to Maxwell equations with the dropped-out zero helicity. In some modern models there is a necessity for simultaneous description of different massless fields [18]. Within the scope of a theory of RWE, it seems possible to solve this problem by the development of a scheme for passage from (2) to (1) RWE with the singular matrix γ_0 retaining not only maximal but also intermediate helicity values.

By authors' opinion, solution of the stated problems is important considering a possi-



bility of using the well-developed apparatus of a theory based on RWE in modern theoretical field models including the phenomenological description of strings and superstrings in a space of the dimension $d = 4$.

2. Gauge-invariant theories for massive spin 0 and 1 particles

Let us consider the following set of the Lorentz group irreducible representations in a space of the wave function ψ

$$(0,0) \oplus \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \oplus (0,1) \oplus (1,0). \quad (4)$$

The most general form of the corresponding (4) tensor system of the first-order equations meeting the requirements i) – iii) is given by

$$\alpha \partial_{\mu} \psi_{\mu} + a \psi_0 = 0, \quad (5)$$

$$\beta^* \partial_{\nu} \psi_{\mu\nu} + \alpha^* \partial_{\mu} \psi_0 + b \psi_{\mu} = 0, \quad (6)$$

$$\beta (-\partial_{\mu} \psi_{\nu} + \partial_{\nu} \psi_{\mu}) + c \psi_{\mu\nu} = 0. \quad (7)$$

Here ψ_0 is scalar, ψ_{μ} is vector, $\psi_{\mu\nu}$ is antisymmetric second-rank tensor; α, β are arbitrary dimensionless, generally speaking, complex parameters, and a, b, c are real nonnegative parameters, the dimension of which on selection of $\hbar = c = 1$ is coincident with that of mass (massive parameters). Writing system (4) in the matrix form (1), we obtain in the basis

$$\psi = (\psi_0, \psi_{\mu}, \psi_{\mu\nu}) - \text{column} \quad (8)$$

for the matrix γ_0 the following expression:

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} a & & \\ & bI_4 & \\ & & cI_6 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

(Matrices of the form γ_{μ} are not given as they are of no use for us in further consideration.)

In the general case, when none of the parameters in (4) is zero, this system describes a particle with a set of spins 0, 1 and with two masses

$$m_1 = \frac{\sqrt{ab}}{|\alpha|}, \quad m_2 = \frac{\sqrt{bc}}{|\beta|}, \quad (10)$$

the mass m_1 being associated with spin 0 and m_2 with spin 1. Omitting cumbersome calculations, we will verify this during analysis of special cases.

Imposing on the parameters of system (4) the requirement

$$\frac{\sqrt{a}}{|\alpha|} = \frac{\sqrt{c}}{|\beta|}, \quad (11)$$

we obtain RWE for a particle with spins 0, 1 and one mass $m = m_1 = m_2$. At $\alpha = 0$ system (4) goes to the Duffin-Kemmer equation of a particle with spin 1 and mass $m = m_2$

$$\beta^* \partial_{\nu} \psi_{\mu\nu} + b \psi_{\mu} = 0, \quad (12)$$

$$\beta (-\partial_{\mu} \psi_{\nu} + \partial_{\nu} \psi_{\mu}) + c \psi_{\mu\nu} = 0. \quad (13)$$



Finally, by setting in (4) $\beta = 0$, we arrive at the Duffin-Kemmer equation for a particle with spin 0 and mass $m = m_1$:

$$\alpha \partial_\mu \psi_\mu + a \psi_0 = 0, \quad (14)$$

$$\alpha^* \partial_\mu \psi_0 + b \psi_\mu = 0. \quad (15)$$

Now we consider the case that is of great interest for us, when the parameters a, b, c determining a structure of the matrix γ_0 in (9) are selectively set to zero.

In system (4) setting

$$a = 0, \quad (16)$$

we have the following system of equations:

$$\partial_\mu \psi_\mu = 0, \quad (17)$$

$$\beta^* \partial_\nu \psi_{\mu\nu} + \alpha^* \partial_\mu \psi_0 + b \psi_\mu = 0, \quad (18)$$

$$\beta (-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu) + c \psi_{\mu\nu} = 0, \quad (19)$$

that, being written in the matrix form of (1), corresponds in basis (8) to the singular matrix γ_0

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} 0 & & \\ & bI_4 & \\ & & cI_6 \end{pmatrix}. \quad (20)$$

From system (16) one can easily derive the second-order equations

$$\square \psi_0 = 0 \quad (21)$$

$$\square \psi_\mu - \frac{c\alpha^*}{|\beta|^2} \partial_\mu \psi_0 - \frac{bc}{|\beta|^2} \psi_\mu = 0. \quad (22)$$

As regards the scalar function ψ_0 governed by equation (21), the following aspects must be taken into account. System (16) is invariant with respect to the gauge transformations

$$\psi_0 \rightarrow \psi_0 - \frac{1}{\alpha^*} \Lambda, \quad \psi_\mu \rightarrow \psi_\mu + \frac{1}{b} \partial_\mu \Lambda, \quad (23)$$

where the gauge function Λ is limited by the constraint

$$\square \Lambda = 0. \quad (24)$$

From comparison between (24) and (21) it follows that the function ψ_0 acts as a gauge function and hence provides no description for a physical field. In other words, gauge transformations (23) and (24) make it possible to impose an additional condition

$$\psi_0 = 0. \quad (25)$$

In this case system (16) is transformed to system (11) describing a massive spin 1 particle, whereas equation (22), considered simultaneously with (17), goes to an ordinary Proca equation. In this way the gauge invariance of system (16), as compared to (4), leads to a decrease in physical degrees of freedom from four to three, exclusive of the spin 0 state.

Note that a similar result may be obtained without the explicit use of the considerations associated with the gauge invariance. By the introduction of



$$\phi_\mu = \psi_\mu + \frac{\alpha^*}{b} \partial_\mu \psi_0 \quad (26)$$

system (16) may be directly reduced to the form

$$\beta^* \partial_\nu \psi_{\mu\nu} + b \phi_\mu = 0, \quad (27)$$

$$\beta \left(-\partial_\mu \phi_\nu + \partial_\nu \phi_\mu \right) + c \psi_{\mu\nu} = 0 \quad (28)$$

coincident with (11).

This variant of a gauge-invariant theory is known [12] as a Stueckelberg approach to the description of a massive spin 1 particle. We have considered this variant for a complete study of the possibilities given by system (4).

In (4) we set

$$c = 0. \quad (29)$$

Then the initial system of equations (4) takes the form

$$\alpha \partial_\mu \psi_\mu + a \psi_0 = 0, \quad (30)$$

$$\beta^* \partial_\nu \psi_{\mu\nu} + \alpha^* \partial_\mu \psi_0 + b \psi_\mu = 0, \quad (31)$$

$$-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu = 0. \quad (32)$$

According to (10), it should describe a particle with the mass $m_1 = \frac{\sqrt{ab}}{|\alpha|}$ and with spin 0. By convolution of equation (31) with the operator ∂_μ we have

$$\square \psi_0 + \frac{b}{\alpha^*} \partial_\mu \psi_\mu = 0. \quad (33)$$

Comparing (33) with (30), we arrive at the equation

$$\square \psi_0 - \frac{ab}{|\alpha|^2} \psi_0 = 0, \quad (34)$$

that provides support for all the afore-said.

The states associated with spin 1, for the condition set by (29), disappear due to the invariance of system (29) with respect to the gauge transformations

$$\psi_{\mu\nu} \rightarrow \psi_{\mu\nu} - \frac{1}{\beta^*} \Lambda_{\mu\nu}, \quad \psi_\mu \rightarrow \psi_\mu + \frac{1}{b} \partial_\nu \Lambda_{\mu\nu}, \quad (35)$$

where an arbitrary choice of the gauge function $\Lambda_{\mu\nu}$ is constrained by

$$\partial_\alpha \partial_\nu \Lambda_{\mu\nu} - \partial_\mu \partial_\nu \Lambda_{\alpha\nu} = 0. \quad (36)$$

On the other hand, as follows from equations (31), (32), a similar equation

$$\partial_\alpha \partial_\nu \psi_{\mu\nu} - \partial_\mu \partial_\nu \psi_{\alpha\nu} = 0 \quad (37)$$

is satisfied by the tensor $\psi_{\mu\nu}$. Consequently, a choice of $\Lambda_{\mu\nu}$ is arbitrary enough to impose an additional constraint

$$\partial_\nu \psi_{\mu\nu} = 0 \quad (38)$$

that is in accord with (37). In this case system (29) takes the form of (14), i.e. it actually describes a massive spin 0 particle.

Note also that system (29) may be reduced to the form

$$\alpha \partial_\mu \phi_\mu + a \psi_0 = 0, \quad (39)$$



$$\alpha^* \partial_\mu \psi_0 + b \phi_\mu = 0 \quad (40)$$

similar to (14) by introduction of the vector

$$\phi_\mu = \psi_\mu + \frac{\beta^*}{b} \partial_\nu \psi_{\mu\nu}. \quad (41)$$

Thus, the considered variant of a massive gauge-invariant theory is some kind of an analog for the Stückelberg approach but applicable to the description of a spin 0 particle. The authors have not found any mentioning of such a description in the literature available.

In the formalism of RWE (1) this theory is consistent with the matrix γ_0 of the form

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} a & & \\ & bI_4 & \\ & & 0_6 \end{pmatrix}. \quad (42)$$

Next we consider a set of the Lorentz group representations

$$\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \oplus \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)' \oplus (0,1) \oplus (1,0), \quad (43)$$

where the representation $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)'$ conforms to the pseudovector or to the absolutely antisymmetric third-rank tensor. The most general form of a tensor system of the first-order equations based on representation (43) and meeting the above-mentioned requirements i)–iii) is given by

$$\alpha \partial_\nu \psi_{\mu\nu} + a \psi_\mu = 0, \quad (44)$$

$$\beta \partial_\nu \tilde{\psi}_{\mu\nu} + b \tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (45)$$

$$\alpha^* (-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu) + \beta^* \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \tilde{\psi}_\beta + c \psi_{\mu\nu} = 0. \quad (46)$$

Here $\tilde{\psi}_{\mu\nu} = \frac{1}{2} \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \psi_{\alpha\beta}$, $\tilde{\psi}_\mu = \frac{1}{6} \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \psi_{\nu\alpha\beta}$, $\varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta}$ is the Levi-Civita tensor ($\varepsilon_{1234} = -i$), $\psi_{\nu\alpha\beta}$ is antisymmetric third-rank tensor, α, β are still arbitrary dimensionless, generally speaking, complex parameters, a, b, c are mass parameters.

Writing system (43) in the form (1), where $\Psi = (\psi_\mu, \tilde{\psi}_\mu, \psi_{\mu\nu})$ is column, for the matrix γ_0 we get the expression

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} aI_4 & & \\ & bI_4 & \\ & & cI_6 \end{pmatrix}. \quad (47)$$

Now we elaborate on massive gauge-invariant theories obtainable from (43) by manipulations with the parameters a, b, c .

Let us take the case

$$a = 0. \quad (48)$$

In this case we have a system of equations



$$\partial_\nu \psi_{\mu\nu} = 0, \quad (49)$$

$$\beta \partial_\nu \tilde{\psi}_{\mu\nu} + b \tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (50)$$

$$\alpha^* \left(-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu \right) + \beta^* \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \tilde{\psi}_\beta + c \psi_{\mu\nu} = 0 \quad (51)$$

that, when formulated as (1), is associated with the singular matrix γ_0

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} 0_4 & & \\ & bI_4 & \\ & & cI_6 \end{pmatrix}. \quad (52)$$

From (48) we can obtain the second-order equations

$$\left(\square - \frac{bc}{|\beta|^2} \right) \tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (53)$$

$$\partial_\mu \tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (54)$$

$$\square \psi_\mu - \partial_\mu \partial_\nu \psi_\nu = 0. \quad (55)$$

Equations (53) and (54) denote that system (48) involves the description of a massive spin 1 particle. As shown by equation (55), system (48) describes also a massless field with the potential ψ_μ . The latter allows for involvement of the gauge transformation

$$\psi_\mu \rightarrow \psi_\mu + \partial_\mu \Lambda \quad (56)$$

(Λ is arbitrary function), with respect to which system (48) and equation (55) are invariant. The indicated invariance means that this massless field is a Maxwell-type field with helicity ± 1 .

In this manner the gauge-invariant system (48) irreducible with respect to the Lorentz group offers a simultaneous description of a massive spin 1 particle and of a massless field with helicity ± 1 . In other words, here we deal with a massive-massless gauge-invariant theory rather than massive theory, as is the case for (16) and (29).

A similar result may be obtained if we set in (48)

$$b = 0. \quad (57)$$

Then we have

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} aI_4 & & \\ & 0_4 & \\ & & cI_6 \end{pmatrix}, \quad (58)$$

and the second-order equations following from the corresponding first-order system

$$\alpha \partial_\nu \psi_{\mu\nu} + a \psi_\mu = 0, \quad (59)$$

$$\partial_\nu \tilde{\psi}_{\mu\nu} = 0, \quad (60)$$

$$\alpha^* \left(-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu \right) + \beta^* \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \tilde{\psi}_\beta + c \psi_{\mu\nu} = 0 \quad (61)$$

are of the form

$$\left(\square - \frac{ac}{|\alpha|^2} \right) \psi_\mu = 0, \quad (62)$$



$$\partial_\mu \psi_\mu = 0, \quad (63)$$

$$\square \tilde{\psi}_\mu - \partial_\mu \partial_\nu \tilde{\psi}_\nu = 0. \quad (64)$$

Equation (64) and system (58) are invariant with respect to the gauge transformations

$$\tilde{\psi}_\mu \rightarrow \tilde{\psi}_\mu + \partial_\mu \tilde{\Lambda}. \quad (65)$$

Thus, here we deal again with a gauge-invariant massive-massless spin 1 theory.

Let us consider another set of representations

$$(0,0)' \oplus \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)' \oplus (0,1) \oplus (1,0) \quad , \quad (66)$$

where $(0,0)'$ is associated with the absolutely antisymmetric fourth-rank tensor $\psi_{\mu\nu\alpha\beta}$.

The most general tensor formulation of RWE based on the set of representations given in (66) takes the form

$$\alpha \partial_{[\mu} \psi_{\nu\alpha\beta]} + a \psi_{\mu\nu\alpha\beta} = 0, \quad (67)$$

$$\alpha^* \partial_{[\nu} \psi_{\alpha\beta]} + \beta^* \partial_\mu \psi_{\mu\nu\alpha\beta} + b \psi_{\nu\alpha\beta} = 0, \quad (68)$$

$$\beta \partial_\nu \psi_{\nu\alpha\beta} + c \psi_{\alpha\beta} = 0, \quad (69)$$

where the following notation is used:

$$\partial_{[\nu} \psi_{\alpha\beta]} \equiv \partial_\nu \psi_{\alpha\beta} + \partial_\beta \psi_{\nu\alpha} + \partial_\alpha \psi_{\beta\nu}, \quad (70)$$

$$\partial_{[\mu} \psi_{\nu\alpha\beta]} \equiv \partial_\mu \psi_{\nu\alpha\beta} - \partial_\nu \psi_{\mu\alpha\beta} + \partial_\alpha \psi_{\mu\nu\beta} - \partial_\beta \psi_{\mu\nu\alpha}. \quad (71)$$

After introduction into system (66) of the dual conjugates $\tilde{\psi}_{\mu\nu}, \tilde{\psi}_\mu$ and pseudoscalar $\tilde{\psi}_0 = \frac{1}{4!} \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \psi_{\mu\nu\alpha\beta}$ instead of the tensors $\psi_{\mu\nu}, \psi_{\nu\alpha\beta}, \psi_{\mu\nu\alpha\beta}$, it is conveniently rewritten to give

$$\alpha \partial_\mu \tilde{\psi}_\mu + a \tilde{\psi}_0 = 0, \quad (72)$$

$$\beta^* \partial_\nu \tilde{\psi}_{\mu\nu} + \alpha^* \partial_\mu \tilde{\psi}_0 + b \tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (73)$$

$$\beta (-\partial_\mu \tilde{\psi}_\nu + \partial_\nu \tilde{\psi}_\mu) + c \tilde{\psi}_{\mu\nu} = 0. \quad (74)$$

As seen from the comparison between (72) and (4), these systems are dual in that one may be derived from the other by the substitutions

$$\psi_0 \leftrightarrow \tilde{\psi}_0, \quad \psi_\mu \leftrightarrow \tilde{\psi}_\mu, \quad \psi_{\mu\nu} \leftrightarrow \tilde{\psi}_{\mu\nu}. \quad (75)$$

Clearly, the use of system (72) with the aim of framing various gauge-invariant theories on its basis follows the same procedure and gives the same results as with system (4). So, when in (72) we set $a=0$, a gauge-invariant theory for a pseudoscalar particle of the mass $\frac{\sqrt{bc}}{|\beta|}$ is put forward. But setting $c=0$, we arrive at a gauge-invariant theory for a pseudoscalar particle of the mass $\frac{\sqrt{ab}}{|\alpha|}$.

3. Simultaneous description of massless fields

Returning to a set of representations (4) and to tensor system (4), we consider the case



$$b = 0. \quad (76)$$

The following system is obtained:

$$\alpha \partial_\mu \psi_\mu + a \psi_0 = 0, \quad (77)$$

$$\beta^* \partial_\nu \psi_{\mu\nu} + \alpha^* \partial_\mu \psi_0 = 0, \quad (78)$$

$$\beta \left(-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu \right) + c \psi_{\mu\nu} = 0 \quad (79)$$

that in basis (8) is associated with the matrix γ_0 of the form

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} a & & & \\ & 0_4 & & \\ & & & \\ & & & cI_4 \end{pmatrix}. \quad (80)$$

From system (76) we get d'Alembert equation (21) for the scalar function ψ_0 and the second-order equation

$$\psi_\mu - \left(1 - \frac{c|\alpha|^2}{a|\beta|^2} \right) \partial_\mu \partial_\nu \psi_\nu = 0 \quad (81)$$

for the vector ψ_μ . From this it is inferred that we deal with a massless field. When considering the quantities ψ_0 and ψ_μ as potentials of this field, we treat equation (79) as a definition of the intensity $\psi_{\mu\nu}$ in terms of the potentials, (77) is additional constraint similar to the Feynman gauge. Then equation (78) acts as an equation of motion.

With this treatment, system (76) and equation (81) is invariant with respect to the gauge transformation

$$\psi_\mu \rightarrow \psi_\mu + \partial_\mu \Lambda, \quad (82)$$

where an arbitrary choice of Λ is constrained by (24). Gauge transformations (82) and (24) in combination with an additional requirement (77) indicate that, among the four components of the potential ψ_μ , only two components are independent. They describe a transverse component of the field under study. One more, longitudinal, component of this field is described by the scalar function ψ_0 . In this way a choice of (76) in system (4) leads to a theory of a massless field with three helicity values $\pm 1, 0$. This is one of the distinguishing features of system (4) as opposed to a theory of Duffin–Kemmer for spin 1, that on a similar passage to the limit results in a massless field with helicities ± 1 .

Also, note that equation (81) with due regard for (77) may be rewritten as

$$\square \psi_\mu + \left(1 - \frac{c|\alpha|^2}{a|\beta|^2} \right) \frac{a}{\alpha} \partial_\mu \psi_0 = 0, \quad (83)$$

from whence it follows that a gradient of the scalar component acts as an (internal) source of the transverse component of this massless field.

Next we select the case when in system (4)

$$a = 0, \quad b = 0. \quad (84)$$

The resultant system

$$\partial_\mu \psi_\mu = 0, \quad (85)$$



$$\beta^* \partial_\nu \psi_{\mu\nu} + \alpha^* \partial_\mu \psi_0 = 0, \quad (86)$$

$$\beta \left(-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu \right) + c \psi_{\mu\nu} = 0 \quad (87)$$

is distinguished from system (76) by the potential gauge requirement (compare (77) with (85)). In this case the matrix γ_0 is of the form

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} 0 & & \\ & 0_4 & \\ & & cI_6 \end{pmatrix}. \quad (88)$$

From (84) one can obtain equation (21) for the function ψ_0 and the second-order equation

$$\square \psi_\mu - \frac{\alpha^* c}{|\beta|^2} \partial_\mu \psi_0 = 0 \quad (89)$$

for ψ_μ that, similar to system (84), is invariant with respect to gauge transformations (82), (24). All this indicates that we deal again with two interrelated massless fields: vector field with helicity ± 1 and scalar field with helicity 0, the gradient of a scalar field acting as a source of the vector field.

The other two massless analogs of system (4), when

$$a = 0, \quad c = 0 \quad (90)$$

and

$$b = 0, \quad c = 0, \quad (91)$$

are associated with the description of a massless field of zero helicity. Establishing this fact, we will not concern ourselves with the details.

Considering the possibility for simultaneous description of different massless fields, we next analyze a set of the representations in (43) and the first-order system of (43).

First, we take the case

$$c = 0, \quad a = b. \quad (92)$$

In this case system (43) is of the form

$$\alpha \partial_\nu \psi_{\mu\nu} + a \psi_\mu = 0, \quad (93)$$

$$\beta \partial_\nu \tilde{\psi}_{\mu\nu} + a \tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (94)$$

$$\alpha^* \left(-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu \right) + \beta^* \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \tilde{\psi}_\beta = 0, \quad (95)$$

and the matrix γ_0 (47) is transformed to the matrix

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} aI_8 & \\ & O_6 \end{pmatrix}. \quad (96)$$

In (92) we take components of the tensor $\psi_{\mu\nu}$ as potentials, assuming the vector ψ_μ and the pseudovector $\tilde{\psi}_\mu$ as intensities. Then equations (93) and (94) are the intensity definitions in terms of the potentials and (95) acts as an equation of motion.

From system (92) we derive the second-order equation for the tensor-potential $\psi_{\mu\nu}$

$$\square \psi_{\mu\nu} = 0. \quad (97)$$

Equations (92) and (97) are invariant with respect to the gauge transformations



$$\psi_{\mu\nu} \rightarrow \psi_{\mu\nu} + \partial_\mu \Lambda_\nu - \partial_\nu \Lambda_\mu, \quad (98)$$

where an arbitrary choice of the functions Λ_μ is constrained by

$$\square \Lambda_\mu - \partial_\mu \partial_\nu \Lambda_\nu = 0. \quad (99)$$

Equation (97) and gauge transformations (98) and (99) indicate that a choice of (92) leads to a theory for a massless particle of zero helicity carrying spin 1 in the process of interactions.

By the present time, two approaches to the description of such a particle have been known: (1) Ogievetsky and Polubarinov approach [17] in which an intensity is represented by the vector (in [17] this particle is called the notoph) and (2) Kalb-Ramond approach [13], where an intensity is represented by the antisymmetric third-rank tensor or pseudovector (Kalb-Ramond field). System (92) combines the description of both fields in one irreducible RWE.

In a sense this pattern may be complemented if in (43) we set

$$a = 0, \quad b = 0. \quad (100)$$

As a result, we have the following system:

$$\partial_\nu \psi_{\mu\nu} = 0, \quad (101)$$

$$\partial_\nu \tilde{\psi}_{\mu\nu} = 0, \quad (102)$$

$$\alpha^* \left(-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu \right) + \beta^* \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \tilde{\psi}_\beta + c \psi_{\mu\nu} = 0 \quad (103)$$

that is associated with the matrix γ_0 of the form

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} O_8 & \\ & cI_6 \end{pmatrix}. \quad (104)$$

In system (100) the components ψ_μ and $\tilde{\psi}_\mu$ are naturally considered as potentials, and $\psi_{\mu\nu}$ is taken as an intensity. Then it is invariant with the gauge transformations

$$\psi_\mu \rightarrow \psi_\mu + \Lambda_\mu, \quad \tilde{\psi}_\mu \rightarrow \tilde{\psi}_\mu + \tilde{\Lambda}_\mu, \quad (105)$$

where an arbitrary choice of the gauge functions $\Lambda_\mu, \tilde{\Lambda}_\mu$ is constrained by

$$\alpha^* \left(-\partial_\mu \Lambda_\nu + \partial_\nu \Lambda_\mu \right) + \beta^* \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \tilde{\Lambda}_\beta = 0. \quad (106)$$

In other words, at $\alpha = \beta = 1$ system (100) represents the well-known two-potential formulation from electrodynamics (e.g., see [19]) for a massless spin 1 field with helicity ± 1 .

Thus, a reciprocal complementarity of the theories based on systems (92) and (100) is exhibited in their mathematical structure, including that of the matrix γ_0 , and also in interpretations of the field components $\psi_\mu, \tilde{\psi}_\mu, \psi_{\mu\nu}$ as well as in properties (helicity) of the particles described.

Of particular interest is the case when in (43) we set

$$a = 0, \quad c = 0. \quad (107)$$

This results in the system

$$\partial_\nu \psi_{\mu\nu} = 0, \quad (108)$$

$$\beta \partial_\nu \tilde{\psi}_{\mu\nu} + b \tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (109)$$

$$\alpha^* \left(-\partial_\mu \psi_\nu + \partial_\nu \psi_\mu \right) + \beta^* \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \partial_\alpha \tilde{\psi}_\beta = 0 \quad (110)$$

and leads to the matrix



$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} O_4 & & \\ & bI_4 & \\ & & O_6 \end{pmatrix}. \quad (111)$$

For convenience, we rewrite (107) in the following form:

$$\partial_\nu \psi_{\mu\nu} = 0, \quad (112)$$

$$\beta (\partial_\mu \psi_{\nu\alpha} + \partial_\alpha \psi_{\mu\nu} + \partial_\nu \psi_{\alpha\mu}) + b \psi_{\mu\nu\alpha} = 0, \quad (113)$$

$$\alpha^* (-\partial_\nu \psi_\alpha + \partial_\alpha \psi_\nu) + \beta^* \partial_\mu \psi_{\mu\nu\alpha} = 0, \quad (114)$$

where $\psi_{\mu\nu\alpha}$ is antisymmetric third-rank tensor dual with respect to the pseudovector $\tilde{\psi}_\mu$.

According to the structure of system (111), ψ_μ and $\psi_{\mu\nu}$ are potentials, $\psi_{\mu\nu\alpha}$ is intensity. Then equation (113) is a definition of the intensity, and (112) acts as an additional constraint imposed on the tensor-potential $\psi_{\mu\nu}$ and included originally in the system itself.

This constraint leaves for tensor $\psi_{\mu\nu}$ satisfying the second-order equation

$$\square \psi_{\mu\nu} + \frac{|\alpha|^2}{|\beta|^2} \frac{b}{\alpha} (\partial_\mu \psi_\nu - \partial_\nu \psi_\mu) = 0 \quad (115)$$

two independent components. As this takes place, system (111) is invariant with respect to relative gauge transformations (98), (99). Due to an arbitrary choice of the gauge function Λ_μ constraining by condition (99) we have only one independent component for $\psi_{\mu\nu}$ that is associated with the state of a massless field with zero helicity.

To elucidate a meaning of the term $\partial_\mu \psi_\nu - \partial_\nu \psi_\mu$ in (115), we turn to the potential ψ_μ . Apart from transformations (98), (99), system (111) is also invariant with respect to the gauge transformation

$$\psi_\mu \rightarrow \psi_\mu + \partial_\mu \Lambda, \quad (116)$$

where Λ is arbitrary function. From equation (114) for ψ_μ we derive the second-order equation

$$\square \psi_\mu - \partial_\mu \partial_\nu \psi_\nu = 0, \quad (117)$$

in combination with (99) indicating that the potential ψ_μ gives description for the transverse component (helicity ± 1) of the massless field under study. The expression

$$\partial_\mu \psi_\nu - \partial_\nu \psi_\mu \equiv F_{\mu\nu} \quad (118)$$

in equations (114) and (115) may be considered as an intensity associated with this transverse component. Then equation (114) rewritten with regard to the notation of (118) as

$$\beta^* \partial_\mu \psi_{\mu\nu\alpha} - \alpha^* F_{\nu\alpha} = 0, \quad (119)$$

acts as an equation of motion in system (111).

Thus, a choice (107) of mass parameters in the initial system (43) leads to a theory of the generalized massless field with polarizations 0, ± 1 .

Selection of the parameters

$$b = 0, \quad c = 0. \quad (120)$$

in system (43) also results in a theory of the generalized massless field with helicities 0, ± 1 featuring a dual conjugate of that obtainable in the case of (107). Details are beyond the scope of this paper.



4. Mass generation and rwe theory

In 1974 in the works [13; 14] a mechanism of mass generation was proposed differing from the well-known Higgs mechanism. Later this mechanism has been identified as a gauge-invariant field mixing. It's essence is as follows. Two massless systems of equations are considered cooperatively as initial systems

$$\partial_\nu \psi_{\mu\nu} = 0, \quad (121)$$

$$-\partial_\mu \phi_\nu + \partial_\nu \phi_\mu + \psi_{\mu\nu} = 0, \quad (122)$$

and

$$\partial_\mu \psi_{\mu\nu\alpha} = 0, \quad (123)$$

$$-\partial_\mu \phi_{\nu\rho} - \partial_\nu \phi_{\rho\mu} - \partial_\rho \phi_{\mu\nu} + \psi_{\mu\nu\rho} = 0, \quad (124)$$

the first system describing an electromagnetic field and the second one describing field of Kalb-Ramond. In (123) and (124) tensor $\psi_{\mu\nu\alpha}$ is considered to be an intensity. Then into the Lagrangian of this system an additional term is included

$$L_{int} = m\phi_\mu \partial_\nu \phi_{\mu\nu} \quad (125)$$

without violation of the gauge-invariance for the initial Lagrangian L_0 . This term may be formally treated as an interaction of the fields under study (so-called topological interaction). Varying the Lagrangian $L = L_0 + L_{int}$ and introducing the pseudovector $\tilde{\psi}_\mu = \frac{1}{3!} \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \psi_{\nu\alpha\beta}$, we have a system

$$\partial_\nu \psi_{\mu\nu} + m\tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (126)$$

$$-\partial_\mu \tilde{\psi}_\nu + \partial_\nu \tilde{\psi}_\mu + m\psi_{\mu\nu} = 0, \quad (127)$$

$$\partial_\nu \tilde{\phi}_{\mu\nu} + \tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (128)$$

$$-\partial_\mu \phi_\nu + \partial_\nu \phi_\mu + \psi_{\mu\nu} = 0, \quad (129)$$

where

$$\tilde{\phi}_{\mu\nu} = \frac{1}{2!} \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta} \phi_{\alpha\beta}. \quad (130)$$

Now in system (125) we replace ϕ_μ and $\tilde{\phi}_{\mu\nu}$ by the quantities \tilde{G}_μ and $G_{\mu\nu}$ using the formulae

$$\tilde{G}_\mu = \phi_\mu - \frac{1}{m} \tilde{\psi}_\mu, \quad (131)$$

$$G_{\mu\nu} = \tilde{\phi}_{\mu\nu} - \frac{1}{m} \psi_{\mu\nu}. \quad (132)$$

Finally, system (125) is reduced to the following form:

$$\partial_\nu \psi_{\mu\nu} + m\tilde{\psi}_\mu = 0, \quad (133)$$

$$-\partial_\mu \tilde{\psi}_\nu + \partial_\nu \tilde{\psi}_\mu + m\psi_{\mu\nu} = 0, \quad (134)$$

$$\partial_\nu G_{\mu\nu} = 0, \quad (135)$$

$$-\partial_\mu \tilde{G}_\nu + \partial_\nu \tilde{G}_\mu = 0. \quad (136)$$



As seen, system (133) is reducible with respect to the Lorentz group into subsystems (133), (134) and (135), (136). The first of them describing a massive spin 1 particle is interpreted in [13] as an interaction transporter between open strings. Subsystem (135), (136) gives no description for a physical field, as it is associated with zero energy density. However, its presence is necessary to impart to the latter the status of a gauge-invariant theory.

Using the formalism of generalized RWE, all the above may be interpreted as follows. Let us consider a set of representations

$$\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \oplus \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)' \oplus 2(1,0) \oplus 2(0,1), \quad (137)$$

associated with tensor system (4), (123).

It is obvious that on the basis of (137) one can derive RWE (1) with the matrices

$$\gamma_\mu = \begin{pmatrix} \gamma_\mu^{DK} & \\ & \gamma_\mu^{DK} \end{pmatrix}, \quad \gamma_0 = \begin{pmatrix} O_4 & & & \\ & I_6 & & \\ & & O_6 & \\ & & & I_4 \end{pmatrix}, \quad (138)$$

where γ_μ^{DK} are 10-dimensional Duffin-Kemmer matrices. Introduction into the Lagrangian of a topological term (125) results in the changed form of the matrices γ_μ leaving the matrix γ_0 unaltered. Substitutions of (130) are equivalent to the unitary transformation restoring the form of γ_μ matrix given in (138). As this is the case, the matrix γ_0 takes the form

$$\gamma_0 = \begin{pmatrix} mI_{10} & \\ & O_{10} \end{pmatrix}. \quad (139)$$

In this way we actually arrive at RWE reducible to the ordinary Duffin-Kemmer equation for a massive spin 1 particle and at the massless fermionic limit of this equation. Nontrivial nature of the mass generation method, from the viewpoint of a theory of RWE, consists in the fact that on passage from the initial massless field(s) to the massive one neither the form of γ_μ matrices nor the rank of singular γ_0 matrix is affected, the procedure being reduced to permutation of zero and unity blocks of this matrix only. In the process the number of degrees of freedom (that is equal to three) for a field system is invariable; it seems as if the notoph passes its degree of freedom to the photon, that automatically leads to a massive spin 1 particle.

5. Discussion and conclusions

Based on the examples considered, the following important conclusions can be drawn.

Conclusion 1. *Generalized RWE (1) with the singular matrix γ_0 can describe not only massless but also massive fields (particles). Featuring the gauge invariance, these equations just form the class of massive gauge-invariant theories.*

As demonstrated in Sec. II using equations (48) and (58) as an example, a theory of generalized RWE suggests also a variant of the generalized description for massive and massless fields based on RWE irreducible with respect to the Lorentz group. Thus, we arrive at the following conclusion.

Conclusion 2. *RWE of the form (1) with the singular matrix γ_0 can describe the*



fields involving both massive and massless components. In this case it is more correct to refer to massive-massless gauge-invariant theories rather than to the massive ones.

As demonstrated in Sec. III, within the scope of RWE (1), on adequate selection of the Lorentz group representations in a space of the wave function ψ and interpretation of its components, one can give the description of a massless field not only with helicity ± 1 but also with helicity 0 as well as simultaneous description of the indicated fields. Generalizing this result for the case of arbitrary spin S , we can make the following conclusion.

Conclusion 3. *A theory of the generalized RWE with the singular matrix γ_0 makes it possible to describe not only massless fields with maximal (for the given set of representations) helicity $\pm S$, but also fields with intermediate helicity values as well as to offer a simultaneous description of these fields.*

It is clear that, all other things being equal, a character of the field described by equation (1) with the singular matrix γ_0 is dependent on the form of this matrix. To find when the singular matrix γ_0 leads to massless theories and when it results in massive or massive-massless gauge-invariant theories, we examine the Lorentz structure of the «massive» term $\gamma_0\psi$ in the foregoing cases. It is observed that in the case of (8), (16), (20) associated with a massive gauge-invariant spin 1 theory the matrix γ_0 (20) affecting the wave function ψ (8) in the expression $\gamma_0\psi$ retains (without reducing to zero) the Lorentz covariants $\psi_\mu, \psi_{\mu\nu}$, on the basis of which an ordinary (of the form (2)) massive spin 1 theory can be framed. But in the case of a massless theory given by (8), (76), (80) the matrix γ_0 in the expression $\gamma_0\psi$ retains the covariant $\psi_{\mu\nu}$, on the basis of which it is impossible to frame RWE of the form (2) for a massive particle. A similar pattern is characteristic for the remaining cases: in all the massive (massive-massless) gauge-invariant theories the matrix γ_0 affecting the wave function ψ retains its covariant components necessary for framing of an ordinary massive spin 1 or 0 theory; provided the expression $\gamma_0\psi$ doesn't involve such a necessary set of covariants, massless theories can be framed only. This leads us to the fourth conclusion.

Conclusion 4. *Should the generalized RWE (1) with the singular matrix γ_0 in the product $\gamma_0\psi$ retain a set of the Lorentz covariants sufficient to frame an ordinary (with $\det \gamma_0 \neq 0$) theory of a massive spin S particle, this RWE may be associated with a massive gauge-invariant spin S theory. Otherwise, when this requirement is not fulfilled for any S , RWE (1) can describe a massless field only.*

Proceeding from all the afore-said, we arrive at the following important though obvious conclusion.

Conclusion 5. *To frame both massive (massive-massless) gauge-invariant spin S theory and massless theory with intermediate helicity values from $+S$ to $-S$ we need an extended, in comparison with a minimally necessary for the description of this spin (helicity), set of the irreducible Lorentz group representations in a space of the wave function ψ .*

In the present work, when considering spin 1, the above-mentioned extension has been accomplished by the introduction of scalar representation $(0,0)$ into a set of the representations given by (4) and of pseudoscalar representation $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})'$ – into a set given by (43). Greater potentialities are offered by the use of the multiple (recurrent) Lorentz group representations.



REFERENCES

1. Dirac, P.A.M. Relativistic wave equations / P.A.M. Dirac // Proc. Roy. Soc. – 1936. – Vol. A155. – P. 447 – 459.
2. Fierz, M. Über die relativistische theorie kräftefreier teilchen mit beliebigen / M. Fierz // Helv. Phys. Acta. – 1939. – Vol. 12, № 1. – P. 3–37.
3. Fierz, M. On relativistic wave equations for particles of arbitrary spin in an electromagnetic field / M. Fierz, W. Pauli // Proc. Roy. Soc. – 1939. – Vol. A173. – P. 211–232.
4. Bhabha, H.J. Relativistic wave equations for the elementary particles / H.J. Bhabha // Rev. Mod. Phys. – 1945. – Vol. 17, №№ 2, 3. – P. 200–216.
5. Bhabha, H.J. On the postulational basis of the theory of elementary particles / H.J. Bhabha // Rev. Mod. Phys. – 1949. – Vol. 21, № 3. – P. 451–462.
6. Harish–Chandra. On relativistic wave equations / Harish–Chandra // Phys. Rev. – 1947. – Vol. 71, № 11. – P. 793–805.
7. Harish–Chandra. Relativistic equations for elementary particles / Harish–Chandra // Proc. Roy. Soc. – 1948. – Vol. A192. – P. 195–218.
8. Гельфанд, И.М. Общие релятивистски-инвариантные уравнения и бесконечномерные представления группы Лоренца / И.М. Гельфанд, А.М. Яглом // ЖЭТФ. – 1948. – Т.18, № 8. – С. 703–733.
9. Федоров, Ф.И. Обобщенные релятивистские волновые уравнения / Ф.И. Федоров // Доклады АН СССР – 1952. – Т. 82, № 1. – С. 37–40.
10. Федоров, Ф.И. Проективные операторы в теории элементарных частиц / Ф.И. Федоров.– ЖЭТФ. – 1958. – Т. 35. – С. 495–498.
11. Богуш, А.А. Введение в теорию классических полей / А.А. Богуш, Л.Г. Мороз. – Мн. : Изд-во «Наука и техника». – 1968. – 368 с.
12. Cremmer, E. Spontaneous dynamical breaking of gauge symmetry in dual models / E. Cremmer, J. Scherk // Nucl. Phys. – 1974. – Vol. B72. – P.117–124.
13. Kalb, M. Classical direct interstring action / M. Kalb, P. Ramond // Phys. Rev. – 1974. – Vol. D9, № 8. – P. 2273–2284.
14. Aurilia, A. Maxwell equations and the gauge mixing mechanism генерации массы / A. Aurilia, Y.Takahashi // Progr. Theor. Phys. – 1981 – Vol. 66, № 2. – P. 693–712.
15. Harikumar E. Duality and massive gauge invariant theories / E. Harikumar, M. Sivakumar // Phys. Rev. – 1998. – Vol. D57. – P. 3794–3804.
16. Ruegg, H. The Stueckelberg field / H. Ruegg, M. Ruiz–Altaba // Int. J. Mod. Phys. – 2004. – Vol. A19. – P. 3265–3348.
17. Огиевецкий, В.И. Нотоф и его возможные взаимодействия / В.И. Огиевецкий, И.В. Полубаринов // ЯФ. – 1966. – Т. 4, вып. 1. – С. 216–224.
18. Dvoeglazov, V.V. Photon–notoph equations – [arxiv: physics/9804010 v 1 7 Apr 1998].
19. Кресин, Ю.В. О двухпотенциальном описании электромагнитного поля / Ю.В. Кресин, В.И. Стражев // ТМФ.– 1978. – Т. 36, № 3. – С. 426–429.

***В.А. Плетюхов* О совместном описании массивных и безмассовых полей со спинами 0 и 1**

Рассматриваются безмассовые и массивные калибровочно-инвариантные поля со спинами 1 и 0 с точки зрения теории обобщенных релятивистских волновых уравнений. Получены новые уравнения, которые могут быть использованы в современных теоретико-полевых моделях.



УДК 541.61.614

Н.Ю. Колбас

МЕХАНИЗМЫ КОПИГМЕНТАЦИИ АНТОЦИАНОВ

Приведен анализ данных о влиянии pH среды на структуру антоцианов. Рассматриваются механизмы четырех типов копигментации антоцианов (внутримолекулярная, конденсационная, за счет образования хелатных комплексов, за счет циклизации с органическими кислотами). На основании литературных и собственных данных показано, что стабильность антоцианов сохраняется путем смещения равновесия в сторону их окрашенных форм, либо за счет поддержания целостности структуры флавилиум-катиона.

Применение экстрактов антоцианосодержащего растительного сырья в качестве красителей соответствует современным тенденциям развития пищевой, косметической и фармацевтической промышленности. Антоцианы не только определяют органолептические свойства продукции, но и являются фитонутриентами. Благодаря антиоксидантной способности природные антоцианы снижают окисляемость других ингредиентов продукции и тем самым продлевают сроки ее годности [1].

Другим направлением применения антоцианов в качестве красителей является производство «био»текстиля. В данной отрасли, по сравнению с пищевой и косметической, используют более дешевое антоцианосодержащее растительное сырье.

Существенным недостатком антоцианов как красителей является довольно низкая их стабильность. При деструкции антоцианов полностью разрушается их химическая структура, а, следовательно, и хромофорная способность [2]. Если в пищевой промышленности эта проблема решается за счет создания кислой среды, то для косметической и фармацевтической продукции этот способ неприемлем, так как их pH должен быть близок к нейтральному. В данных видах продукции высокой стабильности антоцианов можно добиться путем копигментации.

Химическое строение

Антоцианы – это гетероциклические, полифункциональные соединения, которые могут находиться в негликозидированном состоянии (антоцианидины) либо в виде гликозидов и ацилгликозидов (антоцианиды). По химической структуре агликаны антоцианов являются полигидрокси- и полиметокси- производными катиона 2-фенилбензопирилюма (флавилиум-катион или 2-фенилхромен-катион) [3]. Однако, под общим термином «антоцианы» понимают целую группу соединений: антоцианидины, 3-дезоксидантоцианидины, *O*-метилат-антоцианидины, а также и их гликозиды.

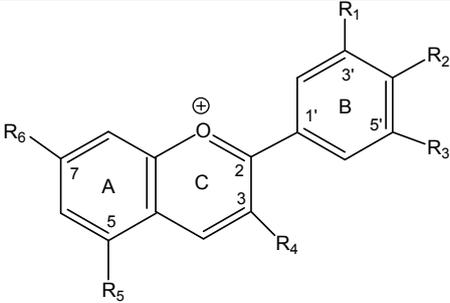
В настоящее время выявлено около 600 антоцианов из них в растительных объектах обнаружены производные 17 антоцианидинов. При этом наиболее часто в биохимический состав растений входят производные дельфинидина (*Dp*), мальвидина (*Mv*), пеларгонидина (*Pg*), пеонидина (*Pn*), петунидина (*Pt*) и цианидина (*Cy*) [3]. Согласно химическому строению *Pn* можно рассматривать как метилпроизводное *Cy*, а *Mv* и *Pt* – дельфинидина. Как и у большинства флавоноидов кольцо *A* этих шести антоцианидинов гидроксильировано в положениях С–5 и С–7, эти ОН-группы не подвергаются метилированию (таблица 1).

Метил-производными антоцианидинов является целая группа соединений – *O*-метилат-антоцианидины (таблица 1), которые были обнаружены в химическом составе цветков некоторых растений [4]. В отличие от *Mv*, *Pn* и *Pt*, метилирование этих



молекул затрагивает гидроксогруппы любого положения, кроме С–3, так как эта ОН-группа участвует в образовании гликозидной связи.

Таблица 1 – Химическая структура антоцианов

 <p>Флавилиум-катион</p>							
Группа	Название	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
Антоцианидины	Пеларгонидин	H	OH	H	OH	OH	OH
	Цианидин	OH	OH	H	OH	OH	OH
	Дельфинидин	OH	OH	OH	OH	OH	OH
	Пеонидин	OCH ₃	OH	H	OH	OH	OH
	Петунидин	OCH ₃	OH	OH	OH	OH	OH
	Мальвидин	OCH ₃	OH	OCH ₃	OH	OH	OH
3-дезоксид-антоцианидины	Апигенинедин	H	OH	H	H	OH	OH
	Лутеолинедин	OH	OH	H	H	OH	OH
	Трицетинедин	OH	OH	OH	H	OH	OH
	Колумбидин	H	OH	OH	H	OH	OH
	Диосметинидин	H	OH	OCH ₃	H	OH	OH
О-метилат-антоцианидины	Розинидин	OCH ₃	OH	H	OH	OH	OCH ₃
	Пульчелидин	OH	OH	OH	OH	OCH ₃	OH
	Европинидин	OCH ₃	OH	OH	OH	OCH ₃	OH
	Капенсинидин	OCH ₃	OH	OCH ₃	OH	OCH ₃	OH
	Гирсутинидин	OCH ₃	OCH ₃	OH	OH	OCH ₃	OH

Другими производными антоцианидинов являются 3-дезоксидантоцианидины, которые отличаются строением трехуглеродного связующего фрагмента (кольцо С). Эти соединения не содержат гидроксогрупп в положении С–3 (таблица 1) [4].

Еще один антоцианидин – аурантидин, является производным Pg. Он имеет дополнительную гидроксогруппу в положении С–6 кольца А [5, с. 459].

Отмечено, что *in vivo* антоцианы, как и многие флавоноиды, чаще находятся в виде гликозидов. В реакциях гликозидирования участвуют ОН-группы С–3 и/или С–5 положений шести основных антоцианидинов и О-метилат-антоцианидинов, образуя моно- и дигликозиды. Представители группы 3-дезоксидантоцианидинов в растениях были обнаружены только как С–5-гликозиды [4], что связано с особенностями строения этих соединений.

Углеводная составляющая антоцианов может быть представлена как моносахаридами: пентозами (арабинозой и ксилозой), гексозами (глюкозой, галактозой и рамнозой), так и дисахаридами (рутинозой, самбубиозой и софорозой) [5].



Некоторые антоцианы имеют ацильный компонент, который соединен с кислородом ОН-группы остатка глюкозы или галактозы. Ацильный компонент образован остатками моно- и дикарбоновых кислот (уксусной, пропионовой, щавелевой, малоновой и янтарной), а также гидроксикоричных кислот (*p*-кумаровой, кофейной, феруловой и синапиновой) [5]. Гидрофильность органических кислот не может уменьшить способность самих антоцианов растворяться в воде.

Установлено, что чем выше степень гидроксирования антоцианидинов, тем ниже их устойчивость к действию температуры, света, экзогенных окислителей, в то время как при метилировании наблюдается обратная зависимость [2; 6]. Гликозильные формы более стабильны, чем их агликоны [2; 6; 7], при этом арабинозиды проявляют большую устойчивость по сравнению с соответствующими им галактозидами [5]. С-3 производные антоцианов устойчивее, чем их С-5 и С-7 аналоги [6; 7]. Отмечено, что в процессе переработки и хранения продукции ацилированные антоцианы более стабильны, чем их неацелированные аналоги [2; 7].

Изменение строения антоцианов при различных значениях рН среды

Высокая электрофильность бензопирилиевого цикла определяет зависимость структуры антоцианов от величины рН среды (рисунок 1). При $\text{pH} < 2$ антоцианы существуют в форме флавилиум-катиона (A^+), либо в виде пирилиевых солей, в частности хлоридов. В данной форме электрон атома кислорода трехуглеродного звена антоциана принимает участие в образовании π -связей. Гидроксогруппы, несущие свободные электроны, увеличивают степень делокализации и стабилизируют возбужденное состояние электронов молекул [8].

С увеличением значения рН концентрация форм A^+ уменьшается (рисунок 1), так как происходит присоединение ОН-группы в положение С-4 и уже при $\text{pH} = 4-5$ антоцианы находятся в форме бесцветного псевдооснования (карбинол). Образование и накопление псевдооснований происходит при дальнейшем повышении рН до нейтральной среды. Затем при $\text{pH} = 7-8$ происходит отщепление воды от молекулы псевдооснования с образованием хиноидного основания, которое приобретает пурпурный или синий цвет. Кроме того, при величине $\text{pH} > 8$ происходит таутомерная изомеризация псевдооснования и образуется цис- или транс-халкон светло-желтого цвета [9].

Отмечено, что именно хиноидные формы антоцианов, которые в водных растворах довольно не устойчивы, но стабильны *in vivo*, могут придавать ярко синюю окраску различным органам растений (чаще лепесткам и листьям) [8].

Копигментация антоцианов

Равновесие между различными формами антоцианов может быть смещено в сторону образования окрашенных флавилиум-катионов и хиноидных форм за счет копигментации, что сводит до минимума образование бесцветных псевдооснований. Копигментация зависит от структуры, концентрации пигмента, соотношения пигмент/копигмент, а также от рН среды, природы растворителя, ионной силы и температуры [2; 7; 10]. Факт наличия копигментации необходимо учитывать при производстве красителей, выделяемых из растительного сырья.

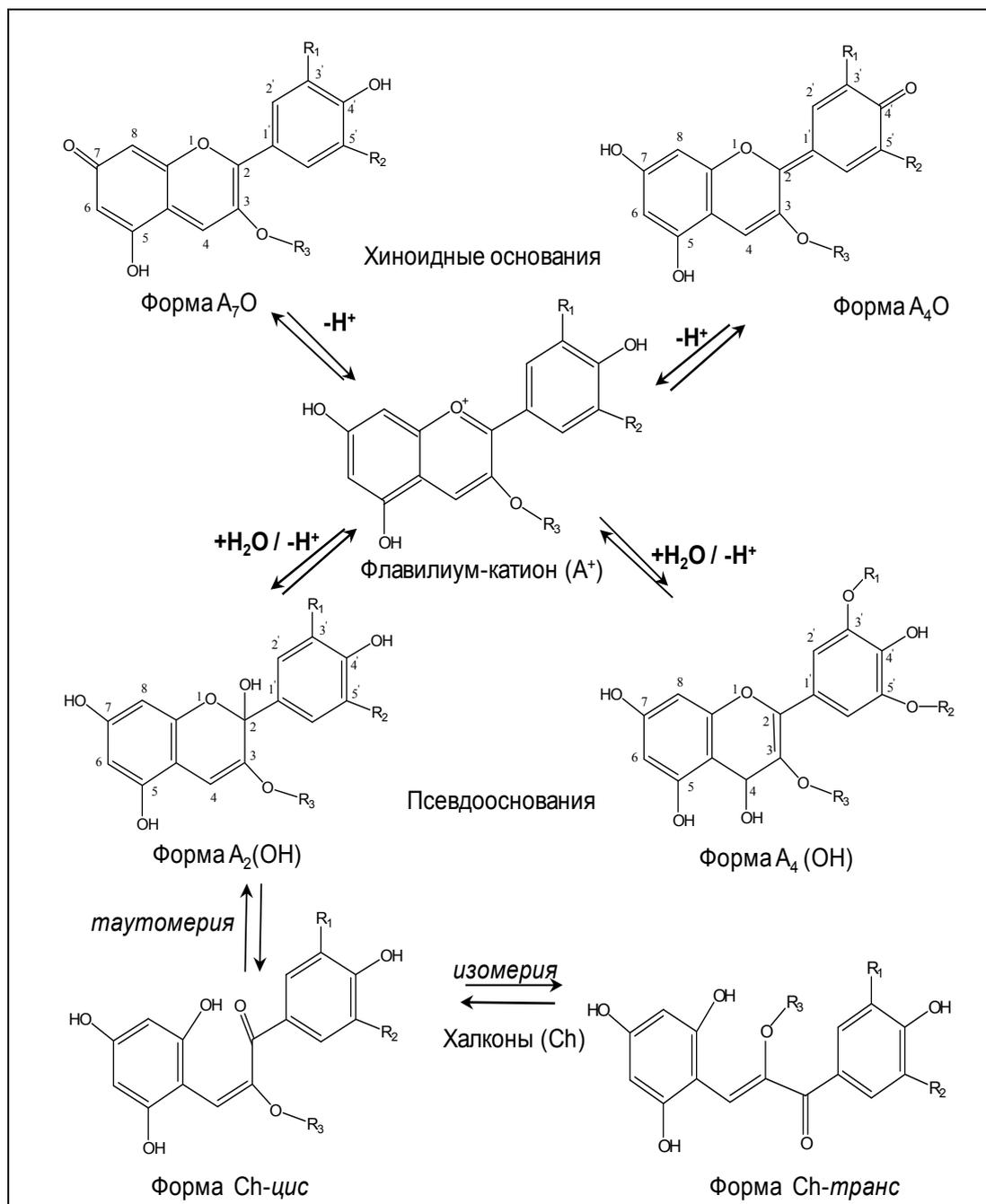
Копигментами могут выступать катионы металлов, гидроксикоричные кислоты, соляная кислота, флавонолы, гидролизованные танины, алкалоиды, аминокислоты, пурины и пиримидины.

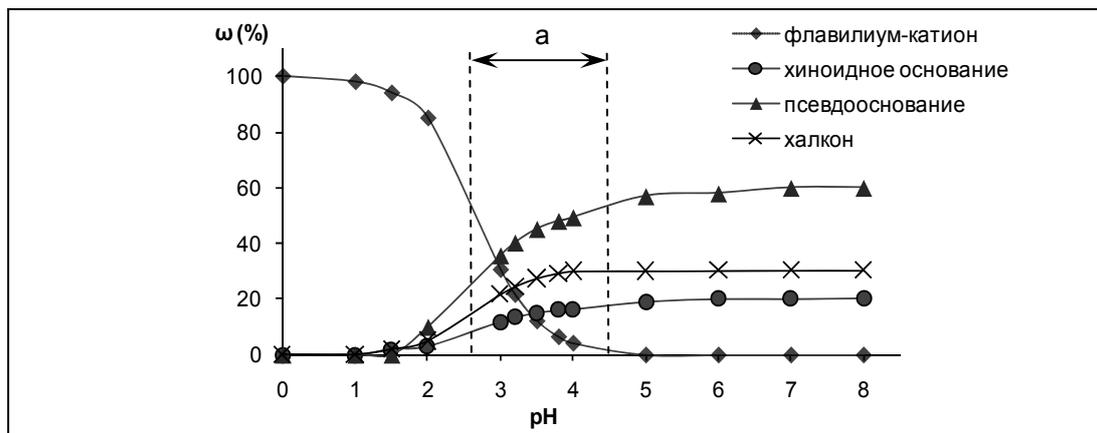
Различают следующие виды копигментации антоцианов:



1. *Внутримолекулярная копигментация ацилированных антоцианов.*

При изучении устойчивости антоцианов *in vitro* [11] и *in vivo* [12] установлено, что при повышении pH среды ацилированные антоцианы менее подвержены обесцвечиванию, чем их неацилированные аналоги. В случае если ацильные компоненты образованы остатками дикарбоновых кислот, pH среды снижается благодаря наличию свободных карбоксильных групп, тем самым равновесие различных

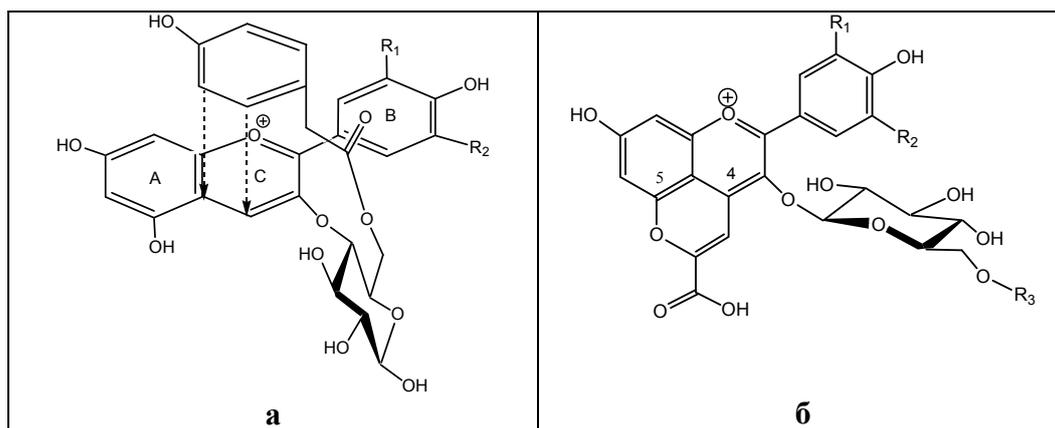




R_1 и R_2 – H, –OH, –OCH₃; R_3 – H или углеводный остаток; а – область значений pH сочных плодов содержащих антоцианы

Рисунок 1 – Различные формы антоцианов в зависимости от значений pH среды
[адаптировано по 9, 10]

форм антоцианов смещается в сторону образования окрашенных форм [12]. Свой вклад в сохранение окраски антоцианов вносят и ароматические ацильные компоненты. За счет стэкинг π - π взаимодействия между бензопирилевым кольцом антоциана и бензольным кольцом остатка гидроксикоричной кислоты (рисунок 2а) образуется внутримолекулярный комплекс и флавилиум-катион не может подвергнуться нуклеофильной атаке молекул воды, а, следовательно, бесцветное псевдооснование не образуется [13]. В своей статье К. Yoshida с соавторами (2002) [14] отмечают большую устойчивость комплексов, в которых ацилированным является кольцо В, по сравнению с комплексами, ацилированными в кольце А.



а – внутримолекулярная копигментация [15]; б – циклизация антоцианов с органическими кислотами [22]

Рисунок 2 – Копигментация антоцианов

2. Копигментация за счет хелатирования.

Образование хелатных комплексов с металлами осуществляется за счет использования нековалентных Ван-дер-Ваальсовых связей и гидрофобного стэкинг π - π взаи-



модействія [9]. Хелатіраванне металоў можа прайсходзіць з удзелам кісларода ОН-групы кольца *B*, якая знаходзіцца в орто-положениі (рысунок 3), пры гэтым іон металу ляжыць в адной плоскасці з кольцом *B* антоціана [16].

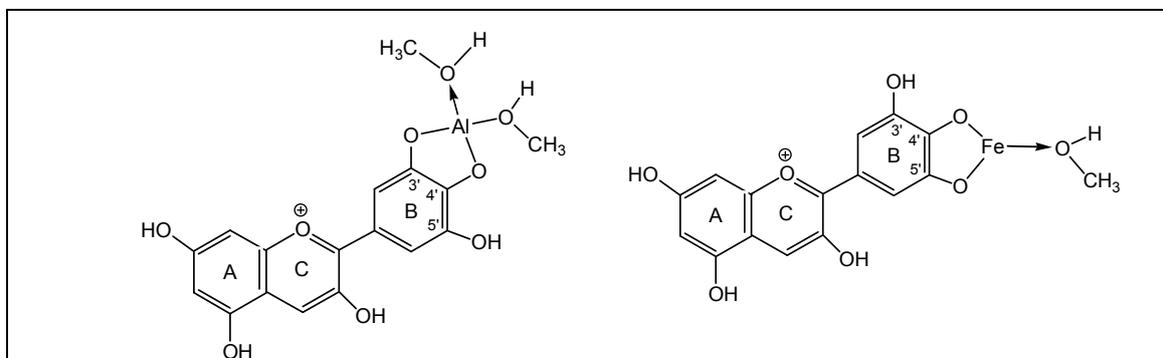


Рисунок 3 – Хелатныя комплексы дельфінідына с Al (III) и Fe (II) в водно-метанольной среде [16]

Прыродныя пігменты маюць доволі складную прастранствённую структуру, як, напрыклад, коммелінін – пігмент лепестков *Commelina communis* L. var. *hortensis*. Аўтарамі [17] устаноўлена, што пігмент абраўюць малекулы дельфінідына 3-*O*-(6''-*O*-*p*-кумаройлглюкозід)-5-*O*-(6''-*O*-малоніл-глюкозід), флаўон глікозіды і 4 іона магнаўя (Mg^{2+}). Пры гэтым адзін іон Mg^{2+} абраўюць хелатны комплекс с трыма малекуламі антоціана, фарміруюць адну суб'ядыніцу. Две такія суб'ядыніцы аб'яднуюцца с аналагічнымі суб'ядыніцамі, абраўюанымі малекуламі флаўон глікозіды, фарміруюць, такім абраўюм, складную геаметрычную структуру, цэнтрам котрой яўляецца актаэдр, с чатырма іонамі Mg^{2+} . Такім абраўюм, в хелатіраванні металоў адначасова можа ўчаствоўаць не адна, а нескількі малекул антоціанаў.

3. Копігментация за счёт конденсации с полифенолами.

В результаце конденсации с полифенолами (кумаринами, фенольными кислотами, флаўонолами и таннинами) становяцца невозможнымі рэакцыі замяшчэння в положеннях С-2 и С-4 кольца *B* антоціанаў, а раўнаўесіе смяшчаецца в сторону абраўюанія их окрашенных форм [3; 10].

Конденсация антоціанаў с флаўан-3-оламі прайсходзіць по электрофильному механизму. Разлічаюць прямую и непрямою конденсации [18].

Прямая конденсация флаўан-3-олоў и антоціанаў ($A^+ \rightarrow F$ и $F \rightarrow A^+$) прайсходзіць в напраўленіі от С-4 электрофильной частицы к С-8 или С-6 нуклеофильной частицы, аднако преобладающим яўляецца С-4 \rightarrow С-8 путь [19]. На предварительной стадии в молекуле флаўилиум-катиона (форма A_1^+) прайсходзіць перераспределение положительного заряда бензопирилевого цикла из положения С-1 в положении С-4 (форма A_4^+), затем в результаце авто-ассоциации с флаўон-3-олом абраўюецца бесцветное счеденение флаўен, в результаце депротонирования котрого получается димер красной или розовато-лиловой окраски [20]. В случае взаимодействия антоціанаў с флаўан-3-оламі ($A^+ \rightarrow F$) электрофильной частицей яўляецца флаўилиум-катион, а молекула флаўанола – нуклеофильной. Пры прямой конденсации флаўонолов и антоціанаў ($F \rightarrow A^+$) бесцветные вещества (карбокатион флаўан-3-ола, псевдооснование антоціана и их комплекс) преобразуюцца в димер $F-A^+$, имеющий красный цвет [21].



Принцип реакции непрямой конденсации флаван-3-олов с антоцианами сходен с прямой конденсацией. Однако процесс непрямой конденсации протекает через образование промежуточных соединений с низкомолекулярными органическими веществами: этаналем, фурфуролом, глиоксиловой кислотой или их производными [10].

При изучении биохимического состава антоцианосодержащего сырья целесообразно рассчитывать соотношение антоцианов и флаван-3-олов [18]. Для получения более стабильных натуральных красителей необходимо создание поликомпонентных систем на основе антоцианов и катехинов.

4. Копигментация с органическими кислотами.

Другими копигментами антоцианов могут быть пировиноградная и гидроксикоричные кислоты. Моноциклизация антоцианов с кислотами происходит посредством двух связей: первая O–C связь формируется с участием кислорода гидроксогруппы C-5 кольца A, вторая связь C–C образуется в положении C-4. Полученные таким образом пираноантоцианы (рисунок 2б) имеют в своем строении дополнительный гетероцикл [22]. Пираноантоцианы могут быть образованы и в результате дициклизации: первое кольцо его скелета соответствует дополнительному кольцу пираноантоцианов, второе кольцо сформировано реакцией этерификации между гидроксогруппой C-3 флавилиум-катиона и карбоксильной группой галловой кислоты [23]. Несмотря на изменения в структуре, целостность флавилиум-катиона сохраняется, а полученные таким образом комплексы являются достаточно стабильными.

Пираноантоцианы были выделены именно в растительных объектах: 5-карбокси-пираноцианидины в листовых чешуях луковиц фиолетовых сортов *Allium cepa* L. [22], 5-карбокси-пиранопеларгонидин 3-O-глюкозид – в плодах *Fragaria ananassa* [24], 5-карбоксипираномальвидины – в ягодах красноплодных сортов *Vitis vinifera* [14], производные 5-метилпираноцианидина и 5-метилпиранодельфинидина – в семенах *Ribes nigrum* L. [23]. Пираноантоцианы имеют окраску от желтой и красно-оранжевой до синей, что зависит от pH среды, строения антоциана и кислоты [25]. Так Pg 3-O-glu и 5-карбоксипиранопеларгонидин 3-O-глюкозид плодов *Fragaria ananassa* при pH=1,1 имеют желтую окраску, а при pH=6,9 – красную, слабые различия для двух этих соединений отмечены лишь в цветовой контрастности [24].

Таким образом, стабильность антоцианов и сохранение их окрашивающей способности может быть достигнута двумя механизмами:

- за счет смещения равновесия в сторону образования хиноидных форм антоцианов (конденсация с полифенолами и внутримолекулярная копигментация с дикарбонным ацильным компонентом);
- за счет поддержания целостности структуры хромофора – флавилиум-катиона (комплексобразование с ионами металлов, циклизация с органическими кислотами и внутримолекулярная копигментация с ароматическим ацильным компонентом).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rymbai, H. Biocolorants and its implications in Health and Food Industry - A Review / H. Rymbai, R.R. Sharma, M. Srivastav // International Journal of PharmTech Research. – 2011. – Vol.3, № 4. – P. 2228–2244.
2. Thermal degradation of grape marc polyphenols / K. Sólyom [et al.] // Food Chemistry. – 2014. – Vol. 159. – P. 361–366.
3. Mazza, G. In Anthocyanins in Fruits, Vegetables and Grains / G. Mazza, E. Miniati. – CRC Press : Boca Raton. – 1993. – P. 149–199.



4. Harborne, J.B. Comparative biochemistry of flavonoids – II: 3-Desoxyanthocyanins and their systematic distribution in ferns and gesnerads / J.B. Harborne // *J. Phytochem.* – Vol. 5, № 4. – 1966. – P. 589–600.
5. Andersen, Ø.M. Flavonoids: chemistry, biochemistry, and application / Ø.M. Andersen, K.R. Markham. – Boca Raton, FL : CRC Press, 2006. – 480 p.
6. Von Elbe, M. Colorants. In: *Food Chemistry* / M. Von Elbe, R. Shwartz, ed. O.R. Fennema. – New York : Marcel Dekker, Inc., 1996. – P. 681–694 p.
7. Wallace, T.C. Determination of Color, Pigment, and Phenolic Stability in Yogurt Systems Colored with Nonacylated Anthocyanins from *Berberis boliviana* L. as Compared to Other Natural/Synthetic Colorants / T.C. Wallace, M.M. Giusti // *J. Food Sci.* – 2008. – Vol. 73, № 4. – P. 241–248.
8. Prior, R.L. Anthocyanins: Structural characteristics that result in unique metabolic patterns and biological activities / R.L. Prior, X. Wu // *J. Free Rad. Res.* – 2006. – Vol. 40. – P. 1014–1028.
9. Brouillard, R. Flavonoids and flower colour. In *The Flavonoids: Advances in Research Since* / R. Brouillard, O. Dangles, ed. J.B. Harborne. – London : Chapman and Hall, 1994. – P. 565–588.
10. *Handbook of enology [Traité d'oenologie. English]* / P. Ribéreau-Gayon [et al.] – West Sussex : John Wiley & Sons Ltd., 2006. – Vol. 2: *The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments.* – 444 p.
11. Giusti, M. M. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems / M.M. Giusti, R.E. Wrolstad // *Biochem. Eng. J.* – 2003. – № 14. – P. 217–225.
12. Cevallos-Casals, B.A. Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants / B.A. Cevallos-Casals, L. Cisneros-Zevallos // *J. Food Chem.* – 2004. – Vol. 86, № 1. – P. 69–77.
13. Prevention of UV-light induced E,Z-isomerization of caffeoyl residues in the diacylated anthocyanin, gentiodelphin, by intramolecular stacking / K. Yoshida [et al.] // *Tetrahedron Lett.* – 2002. – № 43. – P. 6181–6184.
14. Detection and partial characterization of new anthocyanin-derived pigments in wine / J.P. Cameira dos Santos [et al.] // *J. Sci. Food Agric.* – 1996. – Vol. 70, № 2. – P. 204–208.
15. Bąkowska-Barczak, A.M. Acylated anthocyanins as stable, natural food colorants – a review / A.M. Bąkowska-Barczak // *Pol. J. Food Nutr. Sci.* – 2005. – Vol. 14/55, № 2. – P. 107–116.
16. Delphinidin–Aluminum(III) Complexes in Aqueous and Non-Aqueous Media: Spectroscopic Characterization and Theoretical Study / J.M. Dimitrić Marković [et al.] // *Monatshefte für Chemie.* – 2007. – № 138. – P. 1225–1232.
17. Shiono, M. Structure of commelinin, a blue complex pigment from the blue flowers of *Commelina communis* / M. Shiono, N. Matsugaki, K. Takeda // *Proc. Jpn. Acad., Ser. B.* – 2008. – Vol. 84, № 10. – P. 452–456.
18. Колбас, Н.Ю. Повышение стабильности антоцианов путем конденсации с полифенолами / Н.Ю. Колбас // «Менделеевские чтения 2014 г.» : сб. матер. межвуз. науч.-методич. конф., Брест, 28 февраля 2014 г. / БрГУ им. А.С. Пушкина; под общ. ред. Н.С. Ступень. – Брест : БрГУ, 2014. – С. 39–43.
19. Fossen, T. Dimeric anthocyanins from strawberry (*Fragaria ananassa*) consisting of pelargonidin 3-glucoside covalently linked to four flavan-3-ols / T. Fossen, S. Rayyan, Ø.M. Andersen // *J. Phytochem.* – 2004. – Vol. 65. – P. 1421–1428.



20. Characterization of a colorless anthocyanin-flavan-3-ol dimer containing both carbon-carbon and ether interflavanoid linkages by NMR and mass spectrometry / S. Remy-Tanneau [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2003. – Vol. 51, № 12. – P. 3592–3597.
21. Demonstration of the occurrence of flavanol-anthocyanin adducts in wine and in model solutions / E. Salas [et al.] // *Analytica Chimica Acta* – 2004. – № 513. – P. 325–332.
22. Lu, Y. Novel pyranoanthocyanins from black currant seed / Y. Lu, Y.S. Sun, L.Y. Foo // *Tetrahedron Letters*. – 2000. – № 41. – P. 5975–5978.
23. Structure of rosacyanin B, a novel pigment from the petals of *Rosa hybrida* / Y. Fukui [et al.] // *Tetrahedron Letters*. – 2002. – № 43. – P. 2637–2639.
24. Anthocyanin from strawberry (*Fragaria ananassa*) with the novel aglycone, 5-carboxypyranopelargonidin / Ø. M. Andersen [et al.] // *Phytochemistry*. – 2004. – Vol. 65. – P. 405–410.
25. Gauche, C. Effect of pH on the copigmentation of anthocyanins from Cabernet Sauvignon grape extracts with organic acids / C. Gauche, E. da Silva Malagoli, M.T. Bordignon Luiz // *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* – 2010. – Vol. 67, № 1. – P. 41–46.

N.Y. Kolbas Anthocyanin Copigmentation Mechanisms

Aspects of the copigmentation phenomenon are suggested in this review. The anthocyanins indicate sensibility to pH changes. The condensation with polyphenols and intramolecular copigmentation with dicarboxylic acyl component shift the equilibrium to the quinonic base of anthocyanins. The complexation with metal ions, cyclization with organic acids and intramolecular copigmentation aromatic acyl component stabilized flavilium cation form. These are two ways of stabilization anthocyanin.



УДК 691.544:666

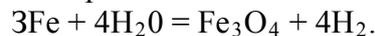
Н.С. Ступень

ПРОБЛЕМА КОРРОЗИИ ДЫМОВЫХ ТРУБ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КОНДЕНСАТА

В статье представлены результаты по исследованию конденсата дымовых труб котельной аналитическими методами. Представлены результаты зависимости степени коррозии дымовых труб от химического состава конденсата.

Введение

Одной из проблем при эксплуатации отопительных котельных установок является коррозия внутренней поверхности паровых котлов и дымовых труб. Коррозия стали в паровых котлах и дымовых трубах, протекающая под действием водяного пара, сводится, в основном, к следующей реакции:



Можно считать, что внутренняя поверхность котла представляет тонкую пленку смешанного оксида железа. Во время эксплуатации котла пленка оксида непрерывно разрушается и снова образуется, причем выделяется водород. Поскольку поверхностная пленка оксида представляет основную защиту для стали, ее следует поддерживать в состоянии наименьшей проницаемости для воды. Для котлов, арматуры, водо- и паропроводов применяются преимущественно простые углеродистые или низколегированные стали. Коррозионной средой во всех случаях являются вода или водяной пар различной степени чистоты. Температура, при которой может протекать коррозионный процесс, колеблется от температуры помещения, где находится котел, до температуры кипения насыщенных растворов при работе котла, достигающей иногда 700 °С. Раствор может иметь температуру, значительно более высокую, чем критическая температура чистой воды (374 °С). Однако высокие концентрации солей в котлах встречаются редко. Механизм, посредством которого физические и химические причины могут приводить к разрушению пленки в паровых котлах, по существу не отличается от механизма, исследованного при более низких температурах.

Форма коррозионных раковин и их распределение на поверхности металла могут изменяться в широких пределах. Коррозионные раковины иногда образуются внутри уже существующих раковин и часто располагаются настолько близко друг к другу, что поверхность становится чрезвычайно неровной. Выяснение причины образования коррозионных разрушений определенного типа часто весьма затруднительно, так как одновременно могут действовать несколько причин; кроме того, ряд изменений, происходящих при охлаждении котла от высокой температуры и при спуске воды, иногда маскирует явления, имевшие место при эксплуатации.

Неметаллические включения в стали так же, как и напряжения, способны создавать анодные участки на металлической поверхности. Обычно коррозионные раковины бывают разных размеров и разбросаны по поверхности в беспорядке. При наличии напряжений расположение раковин подчиняется направлению приложенного напряжения. Типичными примерами могут служить плавниковые трубки в местах, где плавники дали трещины, а также места развальцовки котельных трубок. Возможно, что самым сильным активатором точечной коррозии является растворенный в воде кислород. При всех температурах, даже в щелочном растворе, кислород служит активным деполяриза-



тором. Кроме того, в котлах легко могут возникать кислородные концентрационные элементы, особенно под окалиной или загрязнениями, где создаются застойные участки. Обычной мерой борьбы с такого рода коррозией служит деаэрация.

Внутренняя поверхность дымовых труб подвергается коррозии под действием конденсата.

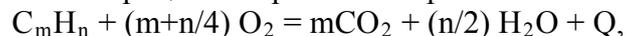
В широком понимании этого слова, конденсат – это вещество, которое в результате своего охлаждения перешло (конденсировалось) из газообразного в жидкое или твердое агрегатное состояние. В нашем случае, конденсат – это вода и растворенные в ней летучие вещества, присутствующие в дымовых газах.

Конденсат может собираться и накапливаться во внутренних полостях дымовых труб и теплообменников, проявляясь в виде капелек, ручейков и лужиц жидкости в самых неожиданных и неподходящих местах. Конденсат из дымовых газов – это всегда агрессивная среда, разрушающая материал камеры сгорания котла, его теплообменника и дымовых труб. Химический состав такого конденсата невероятно разнообразен, изменчив и противоречив.

Молекулы воды содержатся в самой топливной массе и синтезируются непосредственно в процессе её горения.

Любое доступное бытовое топливо имеет углеводородную природу.

В процессе горения углеводородного топлива обязательно синтезируется вода в результате термического разложения (пиролиза) молекул углеводорода с последующим окислением (горением) полученных продуктов пиролиза топлива. Поэтому, газообразные продукты горения (дымовые газы) углеводородного топлива всегда содержат водяной пар, синтезированный в процессе пиролиза и горения топливного вещества:

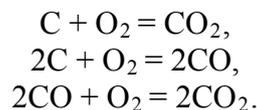


где (m) и (n) – число атомов углерода и водорода в молекуле углеводорода.

К углеводородному топливу относится вся органика (в т.ч. древесина), природный газ, нефть, уголь и продукты их переработки.

Наибольшее содержание водяных паров в дымовых газах дает горение дров, особенно сырых (влажностью до 45 %). Влага, которая содержится в порах и полостях древесины, испаряется и переходит в состав дымовых газов, прибавляясь к синтезированной воде.

Наименьшее содержание водяных паров в дымовых газах дает горение угля. Уголь практически не содержит в своей массе молекул воды и имеет очень малую углеводородную составляющую. Основная масса состава угля – это чистый углерод (C), который не имеет стадии пиролиза топлива и горит (окисляется) напрямую, без синтеза воды:



Газообразные продукты горения (дымовые газы) угля почти не содержат водяные пары, поскольку в угольной массе имеется крайне мало углеводородов для синтеза воды и практически полностью отсутствует обычная вода (H₂O).

Больше всего проблем с конденсатом возникает при сжигании природного газа.

Природные газы состоят в основном из предельных углеводородов метанового ряда с небольшим количеством негорючих газов и примесей.

Свойства газового топлива определяются свойствами отдельных горючих и негорючих газов, его составляющих, и примесей.



Горючая частка газовага топіва складаецца з:

- углевадародаў: CH_4 (асновнай кампанент), C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} і др.;
- вадарода H_2 ;
- аксіда углерода CO .

Негорючая частка газовага топіва:

- углекіслы газ CO_2 ;
- азот N_2 ;
- кісларод O_2 .

К прымясам адносяцца серавадарод, вадзяныя пары, нафталін, смолы, пыль і другія.

Прыродны газ мае шчыльнасць $\rho = 0,7 \text{ кг/м}^3$, што ў 2 разы менш за шчыльнасць вадзю. У ім вельмі шмат вадарода, пры гарэнні абразуецца пар. Сжыць газ і пазбегчы канденсата доволі складна. Шматлікія газавыя котлы сжыгаюць газ не аптымальна, дапускаючы моцны перерасход. Прычына ў тым, што газавому котлу буйная цяга дымохода не патрэбна. Аднак дымовую трубу ў мэтах бяспекі робяць доволі доўгай, з моцнай цягой. Агрэнчэння цягі праз котел дасягаюць метадам «падсасывання» вадзю з памяшчэння, дзе ён устаноўлены. То ёсць на вуліцу ідзе выброс ужо падогрэтай сістэмай апагравлення вадзю. Таксама гэты вадзю, разбавляючы дымовыя газы, апагравляе іх і прыводзіць да абразування канденсата ў дымовай трубе. Пазбегчы падобных праблем і рацыянальна выкарыстоўваць газ дазваляюць бездымоходныя котлы, а яшчэ лепш, калі ў іх ёсць вадзюшная турбіна, ствараючая аптымальную газаво-вадзюшную сумесь.

Пакинуў высокатэмпературную зону гарэння, дымовыя газы пачынаюць аддаваць тэпло і апагравляцца. Апагравіўшыся да тэмпературы «точкі росы», вадзюны пар пачынае канденсаватся на паверхні тэплоабменніка котла і яго дымовай трубы. Месца, дзе тэмпература дымовай газу адпавядае «точка росы» і дзе пачынаецца канденсацыя вадзюнага пара, называецца «зона канденсацыі».

Зона канденсацыі – вельмі падвільны ўчастак, які нікогды не стоіць на месце. Сразу пасля розжыга халаднага котла – зона канденсацыі знаходзіцца праміа ў яго тэплоабменніку ці непасрэдна за ім. Па меры работы тэплоагрэгата – сістэма дымоудалення прагрэваецца і зона канденсацыі паступенна перемешчаецца ўздоўж дымовай трубы, к яе краю. Перемешчэнне зоны канденсацыі прыходзіць тэм буйстэр, чым вышэй тэмпература дымовай газу і менш тэплопотэры на прагрэв апагравленага участка трубы. У канечным ітоге, зона канденсацыі перемешчаецца на самы край дымовай трубы, практычна – ў атмасферу. Пасля поўнага прагрэва ўнутраных паверхнасцей сістэмы дымоудалення, абразування канденсата непасрэдна на іх прыкращаецца і прыходзіць ужо ў атмасферным слае. У гэтым случае – поўнасьцю ісклучэно ўздзеянне апагравіўнай срэды (канденсата) на шчынкы дэталей котла і сістэмы яго вентыляцыі.

Точка росы напрамую звязана з абсалютнай, адноснай і фактычнай вільнасцю.

Абсалютная вільнасць – максімальнае магчымае змяшчэнне вільнасці ў вадзю. Абсалютная вільнасць вымяраецца ў г/м^3 і звязана з тэмпературай вадзю. Кожнаму значэнню тэмпературы вадзю адпавядае сваё значэнне паказатэля абсалютнай вільнасці. Чым менш тэмпература вадзю, тэм менш вільнасці ён можа ў сябе змясціць, і адпаведна – тэм менш будзе паказатэль абсалютнай вільнасці.



Фактическая влажность – фактическое содержание влаги в воздухе. Фактическая влажность измеряется в г/м^3 , не зависит от температуры воздуха и отображает реальное содержание влаги в воздухе.

Относительная влажность – отношение содержания максимально возможной (абсолютной) влаги к ее фактическому содержанию в воздухе. Относительная влажность измеряется в процентах и показывает процентное содержание влаги в воздухе от максимально возможного. Показатель относительной влажности не бывает больше 100%, и это – крайне неустойчивое состояние.

«Точка росы» – это температура охлаждаемого воздуха, при которой его относительная влажность достигает отметки 100 % и водяные пары начинают «выпадать в осадок», т.е. конденсироваться. Иными словами, «точка росы» – это температура, до которой нужно охладить воздух, чтобы из него выделился водяной конденсат (появилась роса). Точка росы зависима от температуры воздуха и фактического содержания влаги в нем. Зависимость точки росы можно проследить, теоретически проанализировав процесс охлаждения влажного воздуха (конденсация водяного пара происходит в интервале температур от 0 °С до 100 °С).

Из вышесказанного ясно, что конденсация водяных паров – чисто физический процесс, который неизбежен при охлаждении дымовых газов. Защита от образования конденсата в котле и дымовых трубах может быть только одна: не допустить охлаждения продуктов горения ниже «точки росы» до их полного выброса в атмосферу.

Все сводится к элементарному утеплению дымовых труб и соблюдению теплового режима эксплуатации котлоагрегата.

Горение газообразного топлива – это сочетание физических и химических процессов: смешение горючего газа воздухом, подогрев смеси, воспламенение и химическое окисление горючих элементов кислородом воздуха, сопровождаемое образованием пламени с интенсивным тепловыделением.

Продуктами полного сгорания газов являются водяные пары (H_2O) и углекислый газ (CO_2), также в продуктах сгорания содержится азот (N_2), некоторое количество избыточного кислорода (O_2). Избыточный кислород содержится в продуктах горения только в тех случаях, когда горение происходит с избытком воздуха, а азот содержится всегда, так как является составной частью воздуха и не принимает участия в горении.

При сжигании 1 м^3 природного газа образуется около 2 м^3 водяных паров (более 1,5 л). Температура, при которой начинается конденсация водяных паров из дымовых газов, называется температурой точки росы. Она составляет около 60 °С.

Конденсация водяных паров приводит к разрушению дымохода; уменьшению тяги; обмерзанию и закупорке оголовка зимой.

Иногда может наблюдаться неполное сгорание природного газа. Причинами неполного сгорания газов являются:

- недостаточное количество воздуха;
- неудовлетворительное смешение газовой-воздушной смеси до горения и в процессе горения;
- недостаточное разрежение в топке агрегата;
- при чрезмерном охлаждении пламени до завершения реакции горения.

Компонентами неполного сгорания газов являются оксид углерода II (CO), водород (H_2), горючие углеводороды (C_nH_m) и сажистые частицы (C). Кроме того, в продуктах сгорания всегда обнаруживается и оксид азота (NO). Наиболее опасным являет-



ся появление угарного газа, который действует на организм человека отравляюще. Образование оксидов азота происходит не только при низких температурах, их концентрация возрастает при повышении температуры до ~ 1500 °С. Оксиды азота образуются при сжигании любого топлива за счет окисления азота воздуха. Их количество определяется максимальной температурой в зоне горения и временем контакта между азотом и кислородом. Образование оксидов азота происходит как в процессе основной реакции горения, так и после ее завершения.

Так как растворы угольного ангидрида имеют слабокислую реакцию, то он ускоряет коррозию в котлах. Щелочная котловая вода снижает агрессивность растворенного угольного ангидрида, однако получающаяся от этого выгода не распространяется на поверхности, омываемые паром, или на трубопроводы для конденсата. Удаление угольного ангидрида вместе с растворенным кислородом путем механической деаэрации является обычным мероприятием. Недавно были произведены попытки применить циклогексиламин с целью устранения коррозии в паропроводах и трубопроводах для конденсата отопительных систем.

Методика и материалы

Объектом наших исследований является конденсат дымовых труб котельной Брестского мясокомбината.

Методика проведения качественного анализа традиционная с учетом содержания катионов и анионов разных аналитических групп.

Определение реакции среды проводили измеряя рН (водородный показатель) конденсата. Для приблизительного определения рН использовали универсальную индикаторную бумагу, окраску которой наглядно сравнивали с калиброванной шкалой. Точное измерение рН производили рН-метром.

Результаты и их обсуждение

Визуальный осмотр конденсата показал наличие осадка красно-бурого цвета – ржавчины, которая по химическому составу является смешанным оксидом железа (II, III) – Fe_3O_4 . Наличие ржавчины в пробе конденсата свидетельствует о коррозии внутренней поверхности дымовых труб.

Определение реакции среды (рН) показало, что исследуемый конденсат имеет слабокислую среду. Показатель рН по универсальной индикаторной бумаге 6,5, точное определение на рН-метре показало величину 6,27.

Влияние кислотности среды на процессы коррозии

Влияние концентрации ионов водорода в коррозионной среде на скорость коррозии металлов определяется или их непосредственным участием в электродном процессе, или их способностью влиять на растворимость продуктов коррозии, или возможностью образовывать защитные оксидные пленки при изменении рН раствора. Увеличение концентрации ионов водорода влияет на скорость коррозии особенно сильно в том случае, когда процесс коррозии контролируется не диффузионными стадиями, а процессом разряда ионов водорода.

Скорость коррозии железа и стали зависит от рН раствора.

В области значений рН от 4 до 10 скорость коррозии не зависит от концентрации водородных ионов. В этом интервале рН скорость коррозии железа в перемешиваемых электролитах определяется скоростью диффузии кислорода к поверхности металла. В указанной области поверхность железа находится в контакте со щелочным раствором, насыщенным гидратированным гидроксидом железа (II), рН которого составляет 9,5. В кислой области (рН<4) пленка гидроксида железа растворяется; катод-



ным процессом является восстановление ионов водорода, вследствие чего происходит ускоренное растворение железа. При $\text{pH} > 10$ скорость коррозии снижается в результате пассивации железа в щелочных растворах, а затем при $\text{pH} > 13$ наступает некоторое увеличение скорости коррозии из-за растворения пассивной оксидной пленки на железе в концентрированной щелочи. Каждый металл характеризуется определённой зависимостью скорости коррозии от pH раствора

Результаты химического анализа конденсата представлены в таблице 1.

Коррозия большинства металлов в нейтральных и слабокислых растворах протекает с кислородной деполяризацией, и ее скорость сильно зависит от скорости протекания катодной реакции ионизации кислорода и подвода кислорода к корродирующей поверхности металла. Скорость электрохимической коррозии металлов в растворах солей зависит от природы соли и ее концентрации. Водные растворы гидролизующихся солей влияют на скорость коррозионного процесса увеличением pH раствора (например, карбонат натрия) или уменьшением его (например, хлорид аммония).

Таблица 1– Химический состав конденсата

№ п/п	Определяемые ионы	Присутствие ионов
1	S^{2-}	–
2	Cl^-	–
3	NO_3^-	–
4	NO_2^-	+
5	CO_3^{2-}	+
6	SO_3^{2-}	+
7	SO_4^{2-}	+
8	NH_4^+	+
9	Fe^{3+}	+

Некоторые соли могут образовывать с первичным катодным или анодным продуктом коррозии металла пленку труднорастворимого соединения (например, пленки фосфорнокислого железа на железе в растворах фосфорнокислой соли), что приводит к снижению скорости коррозии. Растворы солей, обладающих окислительными свойствами, повышают скорость электрохимической коррозии металлов, если эти соли являются катодными деполяризаторами, но если они пассивируют металл, то скорость коррозии значительно снижается.

Ионы, присутствующие в коррозионной среде, подразделяются на активаторы и ингибиторы (замедлители) коррозии. Ионы-активаторы бывают анионного и катионного типов. Анионы-активаторы (Cl^- , Br^- , F^-) разрушают пассивную пленку или препятствуют ее возникновению, а также облегчают ионизацию металла, связывая ионы металла в комплексы. В исследуемом конденсате галогенид-ионов не обнаружено.

Анионы ряда солей разрушают пленку, что приводит к повышению скорости коррозии. Если в растворе присутствуют сульфаты, то скорость коррозии до некоторой концентрации соли в растворе возрастает, а затем постепенно уменьшается. В исследуемой пробе обнаружены сульфат-ионы. Концентрация их очень мала, но как анион окислитель сульфат-ионы повышают скорость электрохимической коррозии.

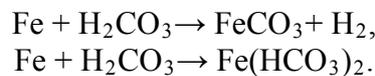
К анодным замедлителям коррозии, в первую очередь, относятся замедлители окисляющего действия. При этом на аноде образуется пассивная пленка, способствующая



шая снижению скорости коррозии. Примером анодных ингибиторов могут служить бихроматы, хроматы, нитраты, нитриты. Нитраты широко применяются в качестве ингибиторов в паровых котлах, нитриты – в машиностроении при межоперационной защите стальных деталей от коррозии. В исследуемой пробе конденсата обнаружены нитрит-ионы в небольшой концентрации. Таким образом, они не являются агрессивными по отношению к стали, более того могут уменьшать агрессивное действие ионов-активаторов.

В исследованном конденсате содержится карбонат-ион и растворенный в воде углекислый газ. Поражения сталей в присутствии CO_2 могут носить локализованный характер и проявляться в виде питтингов и язв различных размеров. Скорость локальной коррозии в этих местах может достигать несколько мм в год.

В средах, содержащих растворенную углекислоту, вероятно протекание следующих реакций:



Приведенные реакции в данном процессе не являются единственно возможными. В зависимости от температуры среды, величины pH, парциального давления, CO_2 на поверхности металла могут образовываться такие продукты, как Fe_3O_4 , FeO , обладающие различными свойствами и по-разному влияющие на протекание дальнейших реакций.

Присутствие катионов аммония в конденсате дымовых труб, по данным исследований, растворенный кислород (он обычно присутствует при сжигании топлива в избытке воздуха) заметно повышает интенсивность коррозии низкоуглеродистой стали.

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Исследуемая проба конденсата имеет $\text{pH} = 6,27$. Среда слабокислая, приближается к нейтральной. При обычной температуре эта среда не является агрессивной по отношению к стали, при повышении температуры железо начинает корродировать.

2. В конденсате присутствуют ионы, которые могут увеличивать скорость коррозионных процессов: SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , SO_3^{2-} . Причем действие сульфат и сульфит-ионов усиливается в присутствии карбонат-ионов и растворенного в воде углекислого газа и катионов аммония.

3. В любом конденсате присутствует растворенный кислород (сжигание природного газа обычно ведут в избытке воздуха), который непосредственно сам вызывает коррозию железа.

1. В конденсате обнаружен NO_2^- - нитрит-ион, который выполняет роль ингибитора коррозии, концентрация его в пробе очень мала.

Таким образом, коррозия внутренних стенок дымовых труб под действием конденсата обусловлена взаимным влиянием ионов, содержащихся в конденсате. Следует отметить, что химический состав конденсата непостоянен и зависит от состава природного газа и его примесей, а также от условий сжигания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Равич, М.Б. Эффективность использования газового топлива / М.Б. Равич. – М. : Наука, 1977. – 344 с.



2. Стаскевич, Н.Л. Справочник по сжиженным углеводородным газам / Н.Л. Стаскевич, Д.Я. Вигдорчик. – Л. : Недра, 1986. – 543 с.

3. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. – М. : Наука, 2002. – 245 с

N. Stupen The Problem of Corrosion of the flue pipe under the action of the condensate

The article presents the results of research condensate flue pipe boiler analytical methods. Presents the results according to the degree of corrosion of the flue pipe from the chemical composition of the condensate.



УДК 581.524.4

В.И. Бойко, Ю.Ф. Рой

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗАКАЗНИКА «ПРОСТЫРЬ»

В статье дана характеристика лесной, кустарниковой и водно-болотной растительности заказника «Простырь». Проведен формационно-типологический анализ лесов. По разнообразию типов леса территорию можно считать богатой. Они представлены широким спектром экосистем. Всего на территории насчитывается 23 типа леса 6 формаций. В статье приводится описание сообществ луговой и водно-болотной растительности, а также аннотированный список редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь.

Введение

Заказник расположен на территории Пинского района Брестской области в 14 км южнее города Пинска. Территория приурочена к долинам рек Припять, Простырь, Гнилая Припять и Стыр. Южная граница заказника проходит по государственной границе с Украиной. Протяженность заказника с юго-запада на северо-восток составляет около 21 км, с севера на юг – от 1 до 8 км.

Ниже по течению р. Припять, на удалении около 45 км, расположен республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять», протянувшийся более чем на 100 км. Далее вдоль русла от поселка Хвоенск до устья р. Убороть на протяжении более 50 км располагается национальный парк «Припятский». Ниже г. Мозырь находится заказник «Стрельский». Участок поймы от устья р. Словечна до Украины находится в границах Полесского радиологического заповедника. Формирование природоохранной сети в пойме Припяти не закончено: к югу от заказника Средняя Припять у границы с Украиной планируется объявить республиканский заказник «Морочно».

Единый трансграничный болотный массив, частью которого является заказник «Простырь» включает с украинской стороны региональный национальный парк «Припять-Стоход», который также имеет статус Рамсарского угодья. Совместно они являются одним из крупнейших в Европе комплексом пойменных лугов и болот, играют роль крупного резервата биологического разнообразия водно-болотных видов растений и животных, являются одним из важнейших межгосударственных экологических коридоров формируемой единой европейской природоохранной сети. Заказник «Простырь» включен в совместное (с Украиной) представление в ЮНЕСКО на статус первого трансграничного международного Рамсарского угодья.

В структуре региональной экологической сети Полесья заказник «Простырь» рассматривается как экологический коридор международного значения (вместе с территорией республиканского ландшафтного заказника «Средняя Припять»).

Общая площадь заказника составляет 9513,94 гектаров. Площадь участков, входящих в границы охранной зоны составляет 2027,21 гектаров.

В пределах границ заказника землепользователем земель лесного фонда на территории Ласицкого лесничества является государственное лесохозяйственное учреждение (ГЛХУ) «Пинский лесхоз». Сельскохозяйственные угодья принадлежат сельскохозяйственным производственным кооперативам (СПК) «Ласицк», «Плещицы», «Молотковичи», «Охово», кооперативному унитарному сельскохозяйственному



предприятию (КУСП) «Берёзовичи», унитарному предприятию «Пинское ПМС». Территория площадью 894,44 га относится к землям запаса.

Заказник представляет собой значительный по площади массив низинных болот и гигрофильных луговых сообществ, сохранившийся в естественном состоянии среди преобразованных ландшафтов Западного Полесья. В структуре земельного фонда заказника покрытые лесом земли занимают площадь 1562,5 гектара.

Результаты исследования и их обсуждения

Территория заказника находится в подзоне широколиственно-сосновых лесов на территории Бугско-Полесского геоботанического округа и расположена в Среднеприпятском западном подрайоне Пинско-Припятского геоботанического района. Указанная территория сильно заболочена, потому преобладают переувлажненные и довольно однообразные гидро- и гигрофильные растительные сообщества. Растительный покров заказника представлен заливными осоковыми и осоково-разнотравными лугами, осоковыми и тростниковыми болотами, черноольховыми сообществами, в меньшей степени другими лесными фитоценозами [1 – 4].

На территории заказника значительную площадь занимают низинные болота (таблица 1), берега стариц и протоков заняты в основном озерно-камышевыми ассоциациями. Кустарники расположены в основном вдоль русел рек и каналов, в центральной части представлены отдельными куртинами или произрастают единично. В последнее время отмечена тенденция к расширению их площадей. Из кустарниковых ив доминируют четыре вида: трехтычинковая *Salix triandra*, пепельная *S. cinerea*, ушастая *Salix aurita*, розмаринолистная *Salix rosmarinifolia*. Первые два вида местами образуют трудно проходимые заросли. Среди кустарниковых ив встречаются плодоносящие кусты калины красной *Viburnum opulus*, крушины ломкой *Frangula alnus*.

По левобережью Простыри, по берегам рек Гнилая Припять и Стыр расположены черноольховые леса, которые составляют около 12,3% территории. В основном это 40–60-летние древостои ольса осокового и тавлогового. Разбросанные по пойме единичные деревья ольхи, ивы белой (*Salix alba*), ломкой (*Salix fragilis*), пятитычинковой (*Salix pentandra*) – маломощные, низкорослые, не превышают высоты 8–10 м. По краям низинных болот развиваются березовые древостои. На более возвышенных участках произрастают сосновые леса и дубравы. Незначительную площадь (около 1% территории) занимают ясеневые и грабовые леса.

Лесная и кустарниковая растительность. Значительная территория заказника довольно часто затапливается сроком до 3-4 месяцев. Этот участок сильно обводнен и практически безлесен. Древесно-кустарниковая растительность занимает около 20% территории.

Все леса заказника относятся к 23 типам леса шести формаций: сообщества черноольховых лесов, сосновых лесов, березовых лесов, дубрав, ясеневых и грабовых лесов (таблица 2). Общая площадь лесных земель заказника составляет 1608 га (из них покрытых лесом – 1562,5 га). Кроме преобладающих черноольшаников (1172 га – 75% от лесопокрытой площади), на данной территории произрастают, хотя на незначительных площадях, грабняки (42 га – 2,7%), дубравы (57,8 га – 3,7%), березняки (61,8 га – 3,9%), сосняки (174,5 – 11,3%). Лесные культуры (сосны, лиственницы и др.) занимают площадь 169,2 га (10,8%). Травянистый и кустарниковый покров в лесопосадках крайне обеднен и представлен в основном сегетальной растительностью.



Таблица 1 – Соотношение основных биотопов заказника «Простырь»

Биотоп	Занимаемая площадь		Особенности
	га	%	
1	2	3	4
Леса, из них	1695,9	17,8	представлены небольшими участками
Широколиственные леса	99,8	1,0	
Хвойные леса	174,5	1,8	
Мелколиственные леса	1234,7	13,0	
Кустарники	17,7	0,2	
Лесные культуры	169,2	1,8	
Древесно-кустарниковая растительность	348,5	3,7	
Луга	131,8	1,4	
Водно-болотные угодья	7333,2	25	Большое количество стариц представлены в пойме Припяти, сильно зарастают
Стоячие пресные водоемы			
Реки и ручьи			
Верховые болота			
Низинные болота			
Переходные болота			
Антропогенные ландшафты	4,65	0,05	
Сеянные луга		-	
Пашни	4,65	0,05	
Пастбища		-	
Парки, сады		-	
Под застройкой		-	
Дороги, линии коммуникаций		-	
Поля фильтрации, отстойники		-	

Черноольховые леса расположены в южной (окрестности д. Паре) и в юго-восточной части (вблизи д. Остров) заказника и в типологическом отношении представлены преимущественно черноольшаниками таволговыми и крапивными. Насаждения естественного происхождения формируются в оторфованных слабопроточных ложбинах на торфянистых и торфяно-глеевых почвах средней обводненности и проточности. Древостой I-II бонитета. Подлесок редкий из крушины, калины, рябины, черной смородины и малины. В травяно-кустарничковом ярусе обильны крапива двудомная, лабазник вязолистный, сабельник болотный, вербейник обыкновенный, подмаренник болотный, гравилат речной, щитовники мужской и болотный. Средний возраст древостоев в лесах заказника – 39 лет. В структуре лесов абсолютно преобладают насаждения 35–40-летнего возраста и только на одном участке площадью 0,8 га произрастает черноольшанник в возрасте 25 лет (III класс возраста). Отмечены также черноольховые леса крапивного типа, расположенные по самым низким участкам заказника. Значительную часть года они залиты водой и представляют собой слабодоступные то-



пи. В этих лесах в окрестности деревни Паре обнаружен полесский эндемик – крапива киевская, занесенная в Красную книгу республики Беларусь (2002) и Красный список Европы (1992).

Наличие постоянных и временных водотоков внутри или на границе лесных участков, заболоченность территории, наличие таких элементов, как выраженная кочковатость, образующаяся вследствие естественного осушительного влияния ольхи черной, наличие валежа листовенных пород, концентрация видов эвтрофно-болотного флористического комплекса объясняет повышенный уровень биоразнообразия черноольховых сообществ. Они выполняют водоохранную функцию в отношении водотоков и болот заказника. Наличие заболоченности, приуроченность к постоянным водотокам вне зависимости от возраста обеспечивают стабильный уровень биоразнообразия данных сообществ.

Таблица 2 – Типы леса заказника «Простырь»

Тип леса	Занимаемая площадь, га
Черноольшанник болотно-папоротниковый	44,2
Черноольшанник осоковый	718,5
Черноольшанник папоротниковый	61,1
Черноольшанник таволговый	349,1
Березняк папоротниковый	24,2
Березняк черничный	19,2
Березняк крапивный	4,5
Березняк долгомошный	13,9
Дубняк папоротниковый	31,4
Дубняк кисличный	4,8
Дубняк черничный	5,3
Дубняк снытевый	16,3
Сосняк вересковый	36,9
Сосняк лишайниковый	50,8
Сосняк орляковый	2,7
Сосняк черничный	9,0
Ясенник таволговый	3,1
Ясенник папоротниковый	30,1
Ясенник снытевый	9,1
Грабняк черничный	16,2
Грабняк папоротниковый	6,3
Грабняк кисличный	9,9
Грабняк снытевый	9,7

Кустарники (ивняковые заросли) распространены практически по всей территории заказника как в существующих, так и в перспективных границах. В окрестностях д. Паре, Стайки, Остров закустаренность угодья местами составляет менее 5%, тогда как в пойме Гнилой Припяти достигает 80–100%. Здесь ивняки образуют практически непроходимые заросли и представлены ивами ушастой, трехтычинковой, пурпурной и другими.



Ивовые заросли вкраплены отдельными массивами в луговые фитоценозы или встречаются в виде небольших пятен практически по всей рассматриваемой территории. Это в основном сообщества с участием *Salix triandra*, *S. cinerea*, *S. aurita*, *S. pentandra*, *S. alba*, *S. fragilis*, *S. purpurea*, *S. myrsinifolia*, *S. rosmarinifolia*.

Луговая и водно-болотная растительность. Согласно схеме лугорастительного районирования Беларуси [5], рассматриваемая территория относится к району низинных травяных болот, который простирается от границы с Украиной на северо-восток до устья р. Бобрик – левого притока Припяти. Район низинных травяных болот характеризуется слабым расчленением рельефа поймы Припяти и других рек (Пины, Простыри, Стыра и др.) и преобладанием крупнозлаково-крупноосоковых сообществ. Низиннолуговая растительность занимает 2/3 луговых угодий. Осочники нередко распространяются на всю территорию поймы от террасы до прируслового вала или уреза воды.

Водно-болотные угодья занимают свыше 70% территории, но их разграничение от луговых угодий часто затруднено, поскольку территория имеет неустойчивый режим увлажнения по годам и в течение сезона, значительную мозаичность растительного покрова. Здесь представлены лишь эвтрофные болота различной степени проточности с доминированием злаков, осок, значительным участием крупного разнотравья.

Водная растительность широко представлена на мелководье рек, старичных озер, проток, в ручьях, мелиоративных каналах и других водоемах. Всего здесь произрастает более 30 видов. Это в основном различные виды рдестов (*Potamogeton lucens*, *P. natans*, *P. crispus*), *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor*, *L. trisulca*, *Spirodella polyrhiza*, *Hottonia palustris*, *Nuphar lutea*. Среди них есть и редкие, и охраняемые виды – *Nymphaea alba*, *Salvinia natans*, *Siella erecta*, *Hippuris vulgaris*. *Siella erecta* образует практически чистые заросли и встречается в значительном количестве в окрестности д. Остров. Луговая растительность занимает около 30% территории заказника. Это в основном заболоченные луговые угодья с доминированием и постоянным участием в составе фитоценозов *Phragmites australis*, *Phalaroides arundinacea*, *Glyceria maxima*, *Carex riparia*, *C. acutiformis*, *C. disticha*, *Descampsia caespitosa*, *Lysimachia vulgaris*, *Symphytum officinale*, *Mentha arvensis*, *M. aquatica*, *Filipendula denudata*, *Lycopus europaeus*, *Scirpus sylvaticus*, *Calystegia sepium* и ряда других видов.

По небольшим и редко встречающимся гривам, высоким берегам рек в прирусловой пойме распространены небольшие участки мезофитных лугов с доминированием злаков и разнотравья. По берегам р. Припять в окр. д. Хойно на повышенных участках рельефа встречаются типично полесские луговые сообщества с участием *Alisma lanceolata*, *Senecio tataricus*, *Gratiola officinalis*, *Eleocharis uniglumis*, *Teucrium scordium*, однако они представлены на данной территории ограниченно и в обедненном составе по сравнению с другими регионами Полесья, что объясняется долгопоемным режимом.

На дюнах изредка отмечаются ксерофитные луга с доминированием булавоносца седого. В окрестностях д. Стайки по локальному повышению среди старопахотного участка отмечены лесостепные сообщества с участием *Gypsophilla paniculata*, *Verbascum phoeniceum*, *Coronilla varia*, *Euphorbia cyparissias*.

Несмотря на сильное эколого-нивелирующее воздействие широко проведенной осушительной мелиорации прилегающих и отчасти пойменных территорий, в частности в правобережье р. Простырь, результаты синтаксономических исследований свидетельствуют о сохранении в междуречье Припяти и Простыри особенной естественной фитоценотической специфики. Эта специфика состоит в господстве среди травянистой растительности именно сообществ болотистых лугов. Такие особенности и единообра-



зие растительности обусловлены низменным рельефом пойм и долин рек Припять и Простырь на этом отрезке их течений. Так, превышение поверхности поймы над меженным уровнем воды в реке в среднем составляет 0,7–2,0 м и изменяется от 0,2 до 3,5 м. Лишь в прирусловой части встречаются береговые валы шириной 10–20 м, а в притеррасной – невысокие останцы первой надпойменной террасы. В синтаксономической структуре травянистой растительности междуречья Припяти и Простыри выделено 7 ассоциаций, относящихся к классу *Phragmitetea (communis)* – эвтрофных болотистых травяных сообществ. Их перечень составлен в контексте разработки продюмуса травянистой растительности Белорусского Полесья и в системе класса представлен ниже.

Класс *Phragmitetea (communis)* Tx. et Prsg. 1942 – эвтрофные болотистые травяные сообщества

Порядок 1. *Phragmitetalia (communis)* Koch 1926 em. Pignatti 1953

Союз 1. *Phragmition communis* Koch 1926

Асс. 1. *Phragmitetum communis* (Koch 1926) Gams 1927 em. Schmale 1939

Асс. 2. *Scirpetum lacustris* (Allorge 1922) Chauard 1924 em. Schmale 1939

Порядок 2. *Magnocaricetalia (elatae)* Pignatti 1954 em. Klika 1958

Союз 1. *Caricion gracilis* Neuhäusl (1957) 1959 em. Balátová-Tuláčková 1963

Асс. 1. *Phalaridetum arundinaceae* Koch 1926 em. Libbert (1931) 1932

Асс. 2. *Caricetum ripariae* Soó 1928

Асс. 3. *Glycerietum aquaticae* Hueck 1931

Асс. 4. *Caricetum gracilis* (Graubner et Hueck 1931) Tx. 1937

Союз 2. *Caricion appropinquatae* Balátová-Tuláčková 1960

Асс. 1. *Caricetum omskianaе* Stepanovič 1999

На уровне основных единиц (ассоциаций) наиболее широко представлены сообщества ассоциации *Phalaridetum arundinaceae* (более половины площади всех лугов междуречья), реже встречаются сообщества *Caricetum ripariae*, *Phragmitetum communis*, *Caricetum gracilis*, *Glycerietum aquaticae* и др. Они занимают обширные пространства низких плоских межгрядных понижений на всем протяжении рассматриваемой территории, формируются на аллювиально-дерново-глеевых чаще суглинистых и торфянисто- и торфяно-глеевых почвах. Почвы весьма богаты наилком и органикой, поставляемых интенсивными и длительными речными паводками. Согласно нашим данным, содержание гумуса в верхнем горизонте почвы составляет 30,1%. Очень высокие показатели суммы поглощенных оснований (104,0 мг-экв на 100 г почвы) и емкости поглощения (123,3 мг-экв); степень насыщенности основаниями 84,3%. Значительно содержание в почве обменного калия и подвижных форм фосфора. Реакция почвенной среды слабокислая (рН 5,9).

Именно благоприятное сочетание богатства и влажности почвы, а также генетические особенности канареечника, осок острой, омской и других видов способствуют активному развитию надземной фитомассы травостоев. Ее продуктивность для данных сообществ в среднем 86,0 ц/га; максимальный показатель 110,5 ц/га сухого веса отмечен для травостоя сообществ *Phalaridetum arundinaceae*.

Отсутствие значительной дифференциации в мезорельефе междуречья отразилось на формировании флористически близких травостоев. Заметная разница лишь в доминантах, занимающих, как правило, более половины фитомассы сообществ. Флористическая насыщенность их невысокая – от 7–15 видов в сообществах *Scirpetum*



lacustris и *Phragmitetum communis* до 17–23 в сообществах ассоциации *Caricetum ripariae* и *Phalaridetum arundinaceae*, – что характерно для категории болотистых лугов вообще.

Ярко эта тенденция проявляется на примере наиболее распространенных сообществ ассоциации *Phalaridetum arundinaceae* (50–60% всей площади травяных угодий приходится именно на эти сообщества). Так, здесь обычно обильному канареечнику тростниковидному (*Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert – проективное покрытие от 30 до 90%) сопутствуют и нередко довольно обильны (покрытие до 10–25%) *Carex riparia* Curt., *C. acuta* L., *C. omskiana* Meinsh., *C. acutiformis* Ehrh., *C. vesicaria* L., *Iris pseudacorus* L., *Equisetum fluviatile* L., *Galium palustre* L. Заметно участие гигромезофитов *Calamagrostis canescens* (Web.) Roth, *Caltha palustris* L. и мезогигрофита *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb. Постоянны, но малообильны *Polygonum amphibium* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Stellaria palustris* Retz., *Symphytum officinale* L., *Naumburgia thyrsoflora* (L.) Reichenb., *Lythrum salicaria* L., *Rorippa amphibia* (L.) Bess., *Cardamine amara* L., *Myosotis palustris* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult., *Rumex hydrolapathum* Huds.

Аналогичный флористический состав и у других травяных сообществ (*Caricetum ripariae*, *Glycerietum aquaticae*, *Caricetum omskianae*, *Caricetum gracilis*, *Phragmitetum communis* и *Scirpetum lacustris*), разница лишь в доминантах и процентном соотношении обилия (покрытия) содоминантов и сопутствующих видов.

Главной особенностью луговой экосистемы междуречья Припяти и Простыри является абсолютное господство высокопродуктивных и ценных в кормовом отношении травяных сообществ, продуктивность надземной фитомассы травостоев которых одна из наибольших в Беларуси.

Кроме того, здесь произрастают сообщества *Caricetum omskianae* – кальцифильные болотистые, довольно редкие (после осушительной мелиорации) для Беларуси и находящиеся у западной границы ареала своего распространения; *Caricetum ripariae* – так же редкие для страны кальцифильные болотистые сообщества, распространение которых ограничено в основном поймой Средней Припяти.

По структуре растительности пойменные болота являются довольно типичными, здесь практически отсутствует лесная растительность (из-за выравненности территории и практически полного отсутствия грив и минеральных островов). В то же время значительное распространение получили крупнозлаковые и крупноосоковые луга, которые в значительной степени закустарены.

Общая характеристика флоры. Флора заказника «Простырь» из-за сильной заболоченности и абсолютного доминирования эвтрофных пойменных болот отличается сравнительно невысоким видовым богатством. Здесь выявлено 525 видов высших сосудистых растений, большая часть из которых являются типичными гидро- и гигрофитами.

Уникальность флоры заказника обуславливается наличием флористических комплексов, характерных для пойменных лугов и пойменных низинных болот, ранее широко распространенных в Полесье. В результате обширной мелиорации 1950–70 годов эти фитоценозы в большинстве своем стали редкими, а на территории Средней Европы практически исчезли. Данная территория до настоящего времени остается слабо доступной для хозяйственного использования из-за долгопоемного режима и обилия водотоков, стариц, проток и других переувлажненных угодий, поэтому водно-болотные комплексы имеют относительно хорошую сохранность.



Участки, примыкающие к руслу Припяти и Простыри, покрыты крупнозлаковыми и разнотравными ассоциациями с преобладанием манников наплывающего *Glyceria fluitans* и большого *G. maxima*, мятлика болотного *Poa palustris*, лютика жгучего *Ranunculus flammula*, полевницы ползучей *Eriophorum polystachyon*, частухи подорожниковой *A. plantago-aquatica*, двукисточника тростникового *Phalaroides arundinacea*, а также влаголюбивого разнотравья. Слегка повышенные элементы рельефа заняты разнотравно-злаковыми лугами. В видовом составе преобладают злаки (3 вида полевницы (*Agrostis*), колосок душистый *Anthoxanthum odoratum*, метлица полевая *Apera spicaventi*, трясунка средняя *Briza media*, гребенник обыкновенный *Cynosurus cristatus*, ежа сборная *Cynosurus cristatus*, луговик дернистый *Deschampsia cespitosa*, овсяница красная *Festuca rubra*, 3 вида мятлика (*Poa*), тимофеевка луговая *Phleum pratense* и т.д.). Широко представлены здесь осоки и разнотравье, в том числе фиалка трехцветная *Viola tricolor*, лютик ползучий *Ranunculus repens*, таволга вязолистная *Filipendula ulmaria*, чина луговая *Lathyrus pratensis*, гравилат речной *Geum rivale*, тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium*, щавель пирамидальный *Rumex pyramidalis*, подорожники ланцетолистный *Plantago lanceolata* и большой *Plantago major*, лютики едкий *Ranunculus acris* и жгучий *Ranunculus flammula*, василек луговой *Centaurea jacea*, лапчатка гусятная *Centaurea jacea*; в понижениях ситник коленчатый *Juncus inflexus*.

Значительные площади заняты тростниковыми сообществами. Наряду с тростником обыкновенным *Phragmites australis* здесь произрастают манник наплывающий *Glyceria fluitans*, камыш озерный *Schoenoplectus lacustris*, рогозы широколистный *T. latifolia* и узколистный *T. angustifolia*, хвощи приречный *Equisetum fluviatile* и болотный *Equisetum palustre*. Они занимают плоскую сильно заболоченную пойменную террасу. В месте впадения реки Простырь в Припять заросли тростника достигают 3 м высоты.

Зона переувлажненной и заболоченной поймы, окружающая старицы и протоки, покрыта хвощево-осоковыми ассоциациями. В травостое наиболее обычны осоки (острая *Carex acuta*, черная *Carex nigra*, пузырчатая *Carex vesicaria*, двурядная *Carex disticha*, сближенная *Carex appropinquata*, лисья *Carex vulpina*, вздутая *Carex rostrata*, хвощ топяной *Equisetum fluviatile*) и влаголюбивое разнотравье (незабудка болотная *Myosotis palustris*, лютик ядовитый *Ranunculus sceleratus*, подмаренник болотный *Galium palustre*, полевница собачья *Agrostis canina*, калужница болотная *Caltha palustris*, сабельник болотный *Comarum palustre*, пушица многоколосковая *Eriophorum polystachyon*). В районе д. Хойно на правобережной пойме в ложбинах доминирует осока острая *Carex acuta*.

На значительных глубинах озер и протоков расположена полоса рдеста плавающего *Potamogeton natans* в сочетании с элодеей канадской *Elodea canadensis*. Ближе к берегу выделяется полоса растений с плавающими на поверхности листьями: кувшинка чисто-белая *Nymphaea candida*, кубышка желтая *Nuphar lutea*, горец земноводный *Polygonum amphibium*, водокрас лягушачий *Hydrocharis morsus-ranae*, ряски малая *Lemna minor* и трехдольная *Lemna trisulca*, телорез алоэвидный *Stratiotes aloides*. Полоса высоких погруженных в воду макрофитов состоит из камыша озерного *Schoenoplectus lacustris*, манника большого *Glyceria maxima* и хвоща топяного *Equisetum fluviatile*. Полоса прибрежно-водных растений включает вахту трехлистную *Menyanthes trifoliata*, ежеголовник прямой *Sparganium erectum*, частуху подорожниковую *Alisma plantago-aquatica*, стрелолист обыкновенный *Sagittaria sagittifolia*, хвощ топяной *Equisetum fluviatile*, касатик желтый *Iris pseudacorus*, рогозы широколистный *Typha latifolia*, реже узколистный *Typha angustifolia*. Также здесь очень много айра



обыкновенного *Acorus calamus*, который, однако, не создает больших зарослей, но небольшими участками по понижениям распространен почти повсеместно.

Редкие охраняемые виды флоры. На территории заказника зарегистрировано произрастание 6 редких видов растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь. Среди них сальвиния плавающая *Salvinia natans*, сиелла прямостоячая *Siella erecta*, крапива киевская *Urtica kioviensis*, волдырник ягодный *Cucubalus baccifer*, кувшинка белая *Nymphaea alba* и ирис сибирский *Iris sibirica*. Также выявлен один вид, охраняемый в Европе (Бернская конвенция) – *Jurinea cyanoides*.

Помимо этого здесь встречается и ряд редких в республике, а также ареальных видов растений, находящихся в Беларуси на естественных границах распространения. Это *Corynephorus canescens*, *Silene lithuanica*, *Koeleria glauca*, *Tragopogon belorussicus*, *Festuca polesica*, *Euphorbia cyparissias*, *Ophioglossum vulgatum*, *Batrachium trichophyllum*, *Alisma lanceolata*, *Senecio tataricus*, *Gratiola officinalis*, *Eleocharis uniglumis*, *Teucrium scordium*, *Salix purpurea*, *Viola persicifolia*, *Juncus inflexus*, *Carex disticha*, *Carex serotina*, *Viscum album*, *Gypsophilla paniculata*, *Verbascum phoeniceum*, *Coronilla varia*, *Holcus lanatus*, *Scrophularia umbrosa*, *Succisiella inflexa*.

В целом рассматриваемая территория является довольно типичной и эталонной для Белорусского Полесья. Здесь в наименее нарушенном состоянии представлены фрагменты разнообразных по растительному покрову участков пойменных болот, которые составляли в недавнем прошлом обширный массив Пинских болот.

Аннотированный список редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь:

Сальвиния плавающая *Salvinia natans* (L.) All. IV категория охраны КК РБ (NT) [6; 7]. Евразийский реликтовый вид, на северной границе ареала. Однолетний водный папоротник – кормовое растение для представителей водоплавающей фауны. Спороносит в августе – сентябре. Размножается спорами и вегетативно. Растет в эвтрофных стоячих и медленно текущих водах рек, озерах, старицах, изредка – мелиоративных каналах. Распространяется с помощью водоплавающих птиц. Выявлено одно место произрастания сальвинии плавающей: окрестности д. Хойно, в р. Припять. В старице реки редко.

Факторы негативного воздействия на территории заказника:

- падение уровня воды в озерах, их обмеление и пересыхание в засушливый период;
- изменение гидрохимического состава и снижение уровня вод водоемов в результате проведения осушительной мелиорации,
- ускорение процессов дистрофикации водоемов; зарастание водоемов;
- конкуренция с другими видами водных растений.

Крапива киевская *Urtica kioviensis* Rogov. II категория охраны КК РБ (EN), представитель средне- и восточноевропейской флоры. В Беларуси находится на северной границе ареала. Цветет в июне–июле, плодоносит в августе–сентябре. Размножение преимущественно вегетативное, может размножаться семенами. Произрастает в сырых заболоченных черноольшаниках, пойменных дубравах. Предпочитает долгопоемное затопление, населяет прибрежную зону лесных старичных озер. Выявлено одно место



произрастания крапивы киевской: черноольшаник таволговый (окр. д. Паре (в 700 м восточнее), квартал 109 выдел 13 Ласицкого лесничества), на площади 10×10 м. Состояние хорошее.

Факторы негативного воздействия на территории заказника:

- увеличение количества летних засух;
- изменение почвенного гидрологического режима в результате проведения осушительной мелиорации;
- усыхание древостоя, рубки леса, нарушение светового режима.

Берула (сиелла) прямая *Siella erecta* (Huds.) M. Pimen. III категория охраны КК РБ (VU). На территории заказника зарегистрировано одно место произрастания сиеллы прямой: окрестности д. Ласицк (2 км к СЗ), в проточном обводном канале вблизи насосной станции. Площадь, занимаемая популяцией, свыше 400 квадратных метров, состояние популяции хорошее.

Факторы негативного воздействия на территории заказника:

- нарушение гидрологического и гидрохимического режима водотоков: водозабор, осушительная мелиорация,
- загрязнение сточными водами, удобрениями, гербицидами,
- чрезмерные рекреационные нагрузки.

Волдырник ягодный *Cucubalus baccifer* L. IV категория охраны КК РБ (NT).

На территории заказника зарегистрировано одно место произрастания волдырника ягодного: окрестности д. Паре (0,5 км к северо-северо-западу). Черноольшаник крапивный, единично небольшими группами на площади около 0,5 га. Состояние популяции удовлетворительное.

Факторы негативного воздействия на территории заказника:

- хозяйственная трансформация земель,
- спрямление рек,
- раскорчевка кустарников.

Ирис (касатик) сибирский *Iris sibirica* L. IV категория охраны КК РБ (NT). Евросибирский бореальный вид, произрастающий в Беларуси в пределах ареала. Цветет в мае – июне, плодоношение – в августе. Размножение семенное. Заселяет сырые луга, окраины болот, разреженные заболоченные лиственные леса. На территории заказника зарегистрировано одно место произрастания ириса сибирского: окрестности д. Хойно (1,7 км к востоку), левобережье р. Припять. Берег речной старицы, очень редко. Состояние угрожающее.

Факторы негативного воздействия на территории заказника:

- затопление в результате увеличения продолжительности весеннего паводка;
- увеличение количества летних засух;
- увеличение степени зарастания ивой кустарниковой;
- изменение почвенного гидрологического режима в результате проведения осушительной мелиорации;
- выжигание сухой растительности;
- сбор цветущих растений.



Кувшинка белая *Nymphaea alba* L. III категория охраны КК РБ (VU). Представитель атлантическо-средиземноморско-европейской флоры. В Беларуси произрастает вблизи северо-восточной границы ареала. Цветет с июня по сентябрь, плодоношение – с июля по ноябрь. Размножение семенное и вегетативное. Произрастает в стоячих или слабопроточных водах стариц, пойменных озер, протоках. Самый крупный цветок белорусской флоры.

На территории заказника встречается на следующих участках: 1) окрестности д. Хойно, р. Припять (в старице реки, редко); 2) окрестности д. Ласицк, р. Гнилая Припять (группами, изредка); 3) окрестности д. Ласицк, р. Зимник (редко), 4) окрестности дер. Ласицк, мелиоративный канал у насосной станции (единично).

Факторы негативного воздействия на территории заказника:

- падение уровня воды в озерах, их обмеление и пересыхание в засушливый период;
- изменение гидрохимического состава и снижение уровня вод водоемов в результате проведения осушительной мелиорации;
- ускорение процессов дистрофикации водоемов;
- зарастание русла рек и каналов водной растительностью;
- сбор цветущих растений.

Заключение

Выполнена научно-исследовательская работа по инвентаризации природных комплексов ландшафтного заказника республиканского значения «Простырь», которая проводилась на территории Пинского района Брестской области, зарезервированной ранее в соответствии со «Схемой рационального размещения особо охраняемых природных территорий республиканского значения до 1 января 2015 года», утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь, от 29 декабря 2007 года № 1919.

В результате проведенных исследований был собран материал, на основании которого выполнен анализ растительного покрова заказника.

Флора высших сосудистых растений заказника весьма представительна, богата и разнообразна, что обусловлено многообразием биотопов и растительных сообществ (лесных, болотных, водных и околоводных). По материалам флористических исследований, проведенных на территории заказников, зарегистрировано 300 видов сосудистых растений. Выделены наиболее ценные растительные сообщества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о НИР Подготовка обоснования о преобразовании республиканских заказников «Простырь» и «Средняя Припять» (заключительный) / Научный руководитель И.В. Абрамова. – Брест, 2010. – 314 с.
2. Отчет о НИР «Разработка планов управления республиканских заказников «Средняя Припять» и «Простырь» (заключительный). Книга 1 Разработка плана управления республиканского заказника «Средняя Припять» / Научный руководитель О.С. Беляцкая. – Минск, 2008. – 309 с.
3. Отчет о НИР «Разработка индикаторов биоразнообразия, программы и методики проведения специального лесоустройства в целях подготовки планов управления-



ми заказниками «Средняя Припять» и «Простырь» и содействия лесной сертификации» (заключительный) / Научный руководитель А.В. Пугачевский. – Минск, 2005. – 250 с.

4. Отчет о НИР «Инвентаризация разнообразия биотопов экосистем заказников «Средняя Припять» и «Простырь» в границах лесного фонда Столинского, разработка комплекса мероприятий по сохранению биоразнообразия» (заключительный) / Научный руководитель А.В. Пугачевский. – Минск, 2007. – 250 с.

5. Юркевич, Н.Д. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование / Н.Д. Юркевич, Д.С. Голод, В.С. Адерихо. – Минск : Наука и техника, 1979. – 248 с.

6. Красная книга Республики Беларусь: Животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / редкол. : Л.И. Хоружик [и др.]. – Минск : Беларус. энцыклапедыя, 2004. – 320 с.

7. Красная книга Республики Беларусь: Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / редкол.: Л.И. Хоружик [и др.]. – Минск : Беларус. энцыклапедыя, 2005. – 456 с.

V.I. Wojko, U.F. Roy Vegetation the National Reserve «Prostyr»

The article provides a description of the forest, shrub and wetland vegetation in the reserve “Prostyr”. The author carries out the formational-typological analysis of the forests. According to the variety of forest types, the territory can be considered rich. The forests represent a wide range of ecosystems. There are 23 types of 6 forest formations on the territory. The article describes the poium and bog vegetation, contains the list of rare and endangered plants recorded in the Red Book of the Republic of Belarus.



УДК 597.6(476)

В.Е. Гайдук, Е.С. Блоцкая, И.В. Абрамова

РАСПРОСТРАНЕНИЕ, БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, СУТОЧНЫЕ И СЕЗОННЫЕ БИОРИТМЫ ПРЕСМЫКАЮЩИХСЯ (REPTILIA) В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ

В статье изложены результаты многолетних исследований (1967–2013 гг.) распространения, биотопического распределения, численности, суточных и сезонных биоритмов рептилий. Анализируется современное состояние пресмыкающихся в регионе и их охрана. В юго-западной Беларуси герпетофауна представлена 7 видами: болотная черепаха *Emys orbicularis*, веретеница ломкая *Anguis fragilis*, прыткая ящерица *Lacerta agilis*, живородящая ящерица *Lacerta vivipara*, обыкновенный уж *Natrix natrix*, медянка *Coronella austriaca*, обыкновенная гадюка *Vipera berus*. Населяют различные экосистемы.

Введение

Биология пресмыкающихся в Брестской области до середины XX в. была слабо изучена. Локальные исследования рептилий юго-западной Беларуси (Огинский канал, Беловежская пуца и др.) были проведены и опубликованы в 1918–1939 гг. учеными Германии и Польши, которые обобщены в монографии М.М. Пикулика с соавт. [1].

В Беловежской пуце изучение этой группы животных в 1950–1960 гг. проводили А.Г. Банников, З.В. Белова и Б.З. Голодушко [2; 3]. Позже, в конце XX в., пресмыкающихся здесь изучал В.А. Бахарев [4]. По данным этих авторов, в Беловежской пуце встречается 7 видов пресмыкающихся. Некоторые сведения о пресмыкающихся Брестской области имеются в работе авторов этой статьи [5]. М.М. Пикулик с соавторами изучали влияние осушительной мелиорации на состояние всего комплекса пресмыкающихся в районе р. Ясельда в Пружанском районе [6], состояние фауны рептилий в прируслово-пойменной зоне р. Припять на разных участках ее течения и особенности формирования герпетокомплексов на осушительных системах польдерного типа в пойме р. Припять [7]. В энциклопедическом справочнике [8] имеются данные о местах находок пресмыкающихся Брестской области. Общая характеристика степени изученности и состояния герпетофауны на конец XX в. дана в монографии М.М. Пикулика [1]. С тех пор прошло более 25 лет. Возникла необходимость сделать обзор современного состояния этого класса позвоночных животных и опубликовать накопленные авторами материалы за 45 лет исследований.

В последние десятилетия XX в. – начале XXI в. опубликованы работы по ландшафтной герпетофауне и биологии отдельных видов [9–11]. В работах С.М. Дробенкова [12; 13] рассмотрены вопросы структурной организации герпетокомплексов Белорусского Полесья, а также количественный состав и численность ассоциаций пресмыкающихся в биоценозах Беларуси. Видовой состав и тренды численности рептилий приведены в сводке, посвященной резервату «Прибужское Полесье» [14]. Более детально биотопическое распределение и численность пресмыкающихся этого резервата рассмотрено в специальной статье с участием авторов этой работы [15].

Материал и методы

Видовой состав рептилий, распределение их по экосистемам и численность изучали в марте – ноябре 1967–2013 гг. в различных районах Брестской области: Брест-



ском, Ганцевичском, Ивацевичском, Каменецком, Кобринском, Малоритском, Пинском, Столинском и др.

Основной материал по различным параметрам биологии рептилий был собран на стационарах. Суточные (дневная, сумеречная и ночная активность) и годовые биоритмы (сроки размножения, уход на зимовку и выход из нее) изучали в г. Бресте и его окрестностях, на территории дачного поселка «Леснянка», в пойме р. Лесная Брестского района, в д. Любищицы и ее окрестностях Ивацевичского района и в лесах Ивацевичского лесхоза в 1972–2013 гг., а также на базах учебных практик БрГУ имени А.С. Пушкина. Одна из таких баз находится в д. Орхово Брестского района, где проводили исследования в мае – августе 1983–2013 годов (в долине р. Западный Буг, включая водохранилище Орхово и два лесных пруда; в Томашовском, Домачевском, Меднянском лесничествах Брестского лесхоза и прилежащих агроценозах). Некоторые материалы по биологии пресмыкающихся были собраны в НП «Беловежская пуща» в 1967–1981 гг., в Малоритском районе в окр. д. Великорита в 1977–1978 гг., в Кобринском районе в окрестностях д. Пески в 1996–1998 гг. Видовой состав, биотопическое распределение и численность рептилий в прибрежных и других экосистемах изучали в различных районах Брестской области во время экспедиций, однократных и многократных выездов в заказники республиканского значения («Средняя Припять», «Споровский», «Званец», «Выгонощанский»), на рыбхозы и водохранилища («Селец», «Локтыши», «Соколово», «Страдочь», «Новоселки»), на озера (Селяхи, Ореховское, Олтушское, Выгоновское, Завищанское и др.).

При изучении биологии рептилий использовали методы пробных площадок (размером 100×(2–4) м) и маршрутов (трансект). Длина ленты (в зависимости от количества учетчиков и густоты травяного покрова) равнялась 400–500 м, ширина – 1–3 м и более [1]. Учеты проводились группами по 3–5 (иногда 6–14) человек в период наибольшей суточной активности отдельных видов рептилий (днем, в сумерках или ночью). Общая продолжительность учетных маршрутов составляла около 260 км, общая площадь пробных площадок – 40 га. Полученные данные по маршрутным учетам и площадкам одного биотопа суммировались с последующим расчетом средней плотности на 1 га. Учет водных видов проводился относительно длины береговой линии и 1000 м² площади водоемов.

Рептилии региона освоили различные экосистемы. В период исследования мы изучали экологические особенности биотопов (в том числе климатические и температурные условия) и биологию пресмыкающихся.

Активное участие в сборах материалов принимали многие поколения студентов и выпускников биологического и географического факультетов БрГУ имени А.С. Пушкина (1967–2013 гг.), выполняющих под руководством авторов этого исследования индивидуальные, курсовые и дипломные работы или сообщивших ценные сведения о рептилиях региона, за что мы выражаем им искреннюю признательность.

Характеристика природных условий

Остановимся на тех физико-географических и климатических условиях Брестской области, которые в той или иной мере определяют и влияют на биотопическое распределение, циркануальные и циркадианные биоритмы, численность рептилий региона. Брестская область лежит на юго-западе Беларуси. Географические координаты крайних точек 51°30'–53°24' с.ш. и 23°11'–27°37' в.д. Ее площадь составляет 32 790 км². Область расположена в бассейнах рек Западный Буг, Неман и Днепр. Рельеф Брестской



области низменный полесского типа, высота над уровнем моря 140–200 м. Климат Брестской области умеренно-континентальный, неустойчиво-влажный, с довольно продолжительным летом, которое длится более 150 дней, и короткой зимой (80–115 дней) [16].

Продолжительность дня максимальная 21.VI, минимальная – 21.XII. Среднемесячная продолжительность светлого времени суток от рассвета до наступления темноты (в часах) наибольшая в июне (576 ч.), наименьшая – в декабре (288 ч).

Среднемесячная температура января в области составляет $-5,4^{\circ}\text{C}$, июля – $+18,1^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум -39°C , абсолютный максимум $+37^{\circ}\text{C}$. Температурный режим Брестской области характеризуется постепенным понижением температуры воздуха в направлении с юго-запада на северо-восток. В том же направлении изменяется продолжительность теплого периода года: на юго-западе области составляет 258–260 дней, а на северо-востоке – 240–245 дней. Продолжительность вегетационного периода составляет 195–210 дней. Осадков за год выпадает 520–645 мм, из них в теплый период до 400–450 мм. Твердые составляют 10% годовой суммы, жидкие – около 78% и смешанные – 12%. Для области характерна минимальная в республике мощность снежного покрова, обычно не превышающая 20 см. Климат Полесья за последнее столетие претерпел существенные изменения. В последние 30 лет рост температуры происходил в зимний и весенний сезоны, а в последние 10 лет – в июле – августе. Годовая сумма осадков уменьшилась примерно на 100 мм в основном в тёплом полугодии по сравнению с концом XIX и началом XX столетия [17].

Лесопокрытая площадь составляет около 38% территории области, сельхозугодьями занято 44,2%, болотами – 8,3% и водными пространствами – 2,5% (таблицы 1, 2). Около 2/3 области входит в подзону широколиственно-хвойных лесов, севернее неё располагается подзона грабово-дубово-темнохвойных лесов. Леса представляют собой, в основном, молодняки различных видов. Спелые и перестойные леса занимают площадь около 6% всех насаждений. Самыми распространенными видами являются сосна (56%), ольха и осина (18,6%), береза (3,2%), дуб (5,6%). Наибольшая лесистость в Лунинецком, Ганцевичском и Ивацевичском районах (41–50%), наименьшая – в Пинском, Дрогичинском, Кобринском, Жабинковском районах (11–20%).

Таблица 1 – Общая земельная площадь и площадь сельскохозяйственных земель, площадь лесного фонда (на 1.01.2006 г.) в Брестской области, тыс. га, по [18]

Общая площадь	Сельскохозяйственные земли			Общая площадь лесного фонда		Лесистость
	Всего	Из них		всего	покрыто лесом	
		пахотные	луговые			
3279,1	1 450,7	810,9	584,0	1 245,5	1 063,2	38%

Поля и залежи размещены среди лесных массивов, кустарников и болот небольшими площадями, за исключением тех, которые образованы в результате мелиорации. Луга характеризуются высокой степенью заболоченности, среди них до 67,2% составляют низинные, 8,9% суходольные и 5% заливные луга. Заболоченность территории Брестской области составляет 19,2%. Основные массивы болот расположены вдоль Днепровско-Бугского канала, Припяти, Горыни, Ясельды и других рек. Среди них преобладают низменные, осоко-злаковые болота прируслового типа.

По территории области протекают 80 рек общей протяженностью около 5 тыс. км, характерной особенностью которых является их медленное течение с образо-



ванием многочисленных извилин и рукавов. В регионе насчитывается 44 озера. Озера преимущественно небольших размеров, мелководны, берега их в большей части низкие, илистые и заболоченные. В Брестской области построено более 30 водохранилищ с общей площадью более 121 км². Наиболее крупными водоемами являются озера и водохранилища: Выгоновское и Бобровичское (Ивацевичский р-н), Белое, Черное, Селец и Споровское (Березовский р-н), Погост (Пинский р-н), Локтыши (Ганцевичский р-н).

Таблица 2 – Площади основных типов территорий Брестской области [19]

Тип территории	Площадь	
	тыс. га	%
Брестская область	3279,0	
Луга:	600,0	
низинные	390,0	65,0
суходольные	60,0	10,0
пойменные	150,0	25,0
Болота:	630,0	
низинные	554,0	88,0
переходные	53,0	8,5
верховые	21,9	3,5
Леса:	1063,2	
сосновые	520,0	48,9
широколиственно-сосновые	150,2	14,2
берёзовые	178,6	16,8
черноольховые	160,5	15,0
дубовые	40,4	3,8
еловые	34,0	8,3
Пахотные земли	810,9	
Тип водоема	Протяженность (тыс. км)	Площадь (тыс. га)
Водоохранилища		52,0
Озёра		100,0
Реки и каналы	5,6	

В 1990–2013 гг. в Беларуси и Брестской области продолжалось изменение климата, начавшееся в конце 1980-х годов. В этот период среднегодовые температуры воздуха были выше многолетней климатической нормы на 1–2°C [20]. Для жизнедеятельности рептилий наибольшее значение имеют температуры воздуха и почвы и ее отклонения от нормы в марте – июне, когда они выходят из зимовки и начинают размножаться, и температура в сентябре – ноябре, когда животные уходят на зимовку.

Динамика температуры воздуха в 2004–2011 гг. на метеоплощадке г. Бреста приведена в таблице 3. Во все годы исследования среднемесячная температура воздуха в феврале – мае и сентябре – ноябре отклонялась от нормы. Самой теплой была весна в 2008 г., когда температура в феврале была выше нормы на 5,8, в марте – на 2,8 и в апреле – 2,4°C; самая теплая осень была в 2006 г., когда температура в сентябре – ноябре была выше нормы на 2,2–2,5°C.

О разнице между температурой почвы, в которой проводят зимовку ряд рептилий, и температурой воздуха можно судить по следующим данным. Температура почвы



на паровом поле на глыбине 10 см на супесчаной почве выше температуры воздуха в мае на 1,2, в июне – 2,0, в июле – 2,3°C. Температура почвы теплее температуры воздуха в августе – октябре на 1,8–0,5°C; суглинистые почвы имеют температуру ближе к температуре воздуха. Почва, покрытая растительностью, летом холоднее оголенной на 1–3°C и зависит от характера растительности [цит. по 21]. У всех видов рептилий региона достаточно четко выражены циркадианные и цирканнуальные биоритмы, некоторые аспекты которых рассматривались в учебном пособии [22].

Сроки ухода на зимовку и выхода из зимовки, сроки размножения рептилий отражены в повидовых очерках. Установлено, что повышение среднедекадной и среднемесячной температуры весной в 1990–2013 гг. оказало влияние на сроки пробуждения и размножения, а осенью – на сроки ухода на зимовку рептилий. Это в большей мере отразилось на более холодолюбивых видах (уж обыкновенный и гадюка обыкновенная), которые выходят из зимовки при прогревании воздуха до 2–4°C, осенью уходят на зимовку при прогрессирующем снижении температуры воздуха от 6 до 4°C. В ранние и теплые весны рептилии пробуждаются и приступают к размножению на 10–15 и более дней раньше среднеголетних сроков. В теплые и поздние осенние сезоны пресмыкающиеся уходят на зимовку примерно на столько же дней позже по сравнению с нормой.

Таблица 3 – Ход температуры воздуха (°C) в 2004–2009 гг. в г. Бресте (по данным метеостанции)

Месяц	Норма	Отклонения от нормы, lim	Средняя температура, lim
I	-4,5	0,3–5,8	-7,9–0,3
II	-3,5	0,3–5,8	-5,0– -2,3
III	0,7	0,2–2,8	-0,8–3,5
IV	7,3	1,3–2,4	8,0–9,7
V	13,6	0,1–1,5	12,1–14,0
VI	16,7	0,3–1,5	16,3–18,2
VII	18,4	0,1–4,2	19,1–22,6
VIII	17,4	0,4–2,0	17,8–19,4
IX	13,3	0,0–2,2	12,7–15,5
X	7,7	0,5–2,5	9,2–10,2
XI	2,6	0,2–2,6	2,8–5,0
XII	-1,8	0,3–1,5	-1,0–3,3

Результаты исследований и их обсуждение

Современная сельскохозяйственная и лесохозяйственная деятельность человека, мелиорация земель не приводят к созданию таких экосистем, которые были бы непригодны для жизни рептилий региона. На это указывает обитание многих видов рептилий в трансформированных экосистемах, в экотонах сельхозугодий (опушки лесов или лесопосадок, кустарниковые заросли, прибрежные зоны рек, озер, рыбхозов, мелиоративные каналы, окрестности сел и деревень). На сплошных массивах полей, особенно зерновых, рептилии представлены 1–2 видами с очень низкой численностью (0–6 экз./га).

На территории Брестской области обитают все 7 видов пресмыкающихся, встречающихся на территории Беларуси (таблица 4). Один вид – болотная черепаха – относится к отряду черепахи (Testudines), остальные виды – к отряду чешуйчатые (Squamata). Болотная черепаха и медянка включены в основные категории (VU) Крас-



ной книги РБ [23; 24], обыкновенная гадюка занесена в аннотированный список видов, требующих дополнительного изучения и внимания.

Болотная черепаха включена в Красный список МСОП (LR/nt, версия 2.3; 1994), Приложение II Бернской Конвенции, Красные книги Латвии и Литвы. Медянка включена в Приложение II Бернской конвенции, Красные книги Латвии, Литвы и Украины.

Таблица 4 – Видовой состав и статус пресмыкающихся юго-западной Беларуси

Виды	Тренд численности	Статус охраны в Беларуси	Международный статус охраны
Черепаша болотная <i>Emys orbicularis</i>	–	КК II, КК III	МСОП, Берн II
Веретеница ломкая <i>Anguis fragilis</i>	0	Пол	
Ящерица прыткая <i>Lacerta agilis</i>	0	Пол	
Ящерица живородящая <i>Lacerta vivipara</i>	+	Пол	
Уж обыкновенный <i>Natrix natrix</i>	0	Пол	
Медянка <i>Coronella austriaca</i>	–	КК II, КК III	Берн II
Гадюка обыкновенная <i>Vipera berus</i>	–	КК проф	

Примечание:

Тренд численности: + возрастание; – снижение; 0 – стабильна или флуктуирует.

Статус охраны в Беларуси: КК II – виды, включенные в Красную книгу Беларуси (1993); КК III – виды, включенные в основные (I – IV) категории Красной книги (2004); КК проф. – виды, включенные в Приложение Красной книги (2004), как требующие дополнительного изучения и внимания в целях профилактической охраны; пол – полезные виды.

Статус охраны в Европе: Берн II – виды, включенные в Приложение II (строго охраняемые виды) Бернской конвенции; МСОП – виды, включенные в Красный список МСОП.

Рептилии резервата освоили различные экосистемы (таблица 5). Чаще всего в них встречаются ящерица прыткая и ящерица живородящая (по 92,8%), гадюка обыкновенная (85,7%).

Наиболее благоприятными лесами для обитания рептилий являются березняки, ольсы и в целом мелколиственные леса и лесные вырубki. В сосняках встречается пять видов рептилий из семи. На опушках сосняков и лиственных лесов, в экотонах сельхозугодий встречаются 6 видов рептилий, отсутствует только болотная черепаха. На вырубках, в сосновых лесах и их экотонах, по обочинам дорог доминирует прыткая ящерица. Плотность населения фоновых видов рептилий в лесных ассоциациях варьирует от 7,5 в ольшанике до 97,4 экз./га в березняке злаково-разнотравном (таблица 6).

Частота встречаемости видов рептилий в различных экосистемах широко варьирует (таблица 6). У прыткой ящерицы она колеблется от 7,5% в ольшаниках до 64,0% в сосняках (на болотах верховых и переходных вид отсутствует). Веретеница не встречалась на верховых болотах и пустошах, встречаемость в других экосистемах не превышала 16%. Обыкновенная гадюка регистрировалась во всех экосистемах. Наиболее часто она встречалась на верховых и переходных болотах, реже всего в сосняках. Живородящая ящерица при учетах отмечена в 80% случаев на верховых и переходных болотах.

Обыкновенный уж отмечен в ольшаниках (45%) и дубравах (32%). Медянка в лесных экосистемах (n=205) региона встречалась в 3,4%.



Таблица 5 – Освоение рептилиями естественных и трансформированных экосистем

Вид	Экосистемы														Общая освоенность экосистем, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Ящерица прыткая	±	+	±	+	±	+	+	-	+	+	+	±	+	+	92,8
Ящерица живородящая	+	+	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	-	+	92,8
Веретеница ломкая	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	64,3
Уж обыкновенный	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	85,7
Медянка	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	50,0
Гадюка обыкновенная	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	85,7
Черепаша болотная	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	28,6

Примечание: + – обитание, ± – фоновые виды, -- отсутствие;

Экосистемы: 1 – сосняки, 2 – мелколиственные леса, 3 – экотоны сосняков, 4 – экотоны лиственных лесов, 5 – лесные вырубки, 6 – прибрежные экосистемы, 7 – луга, 8 – болота, 9 – сельхозугодья, 10 – экотоны сельхозугодий, 11 – мелиоративные каналы, 12 – обочины дорог, 13 – поселения человека, 14 – рекреационные зоны.

Таблица 6 – Частота встречаемости видов рептилий в различных экосистемах (% от всех обследованных)

Экосистемы	N	Прыткая ящерица	Живородящая ящерица	Веретеница ломкая	Уж обыкновенный	Гадюка обыкновенная
Широколиственный лес	50	40,0	30,0	10,0	30,0	20,0
Сосняки	50	64,0	30,0	16,0	12,0	8,0
Дубравы	25	52,0	8,0	8,0	32,0	36,0
Ольшаники	40	7,5	50,0	7,5	45,0	27,5
Березняки	40	35,0	45,0	10,0	30,0	25,0
Луга суходольные	34	44,1	23,5	8,8	8,8	11,8
Луга пойменные	45	17,8	53,3	6,7	13,3	22,2
Болота	20	0	80,0	0	20,0	40,0
Пустоши	25	40,0	0	0	0	8,0

Анализ данных многолетних учетов показывает, что плотность населения фоновых видов рептилий региона закономерно изменяется (таблица 7, 8). Она определяется экологической спецификой видов и условиями обитания.

Наибольшая плотность населения характерна прыткой и живородящей ящерицам, плотность которых существенно отличается в различных типах экосистем. Прыткая ящерица преобладает в более открытых и сухих экосистемах (сухие сосняки, березняки осоково-злаковые), живородящая – во влажных и затененных (опушки ольшаников, сосняков) (таблица 7).





Пространственную структуру популяций фоновых видов можно отнести к мозаичному типу, который четко проявляется в антропогенных трансформированных экосистемах. Суммарная средняя плотность фоновых и средняя плотность всех видов рептилий в различных экосистемах региона значительно ниже, чем приведенные в литературе в аналогичных экосистемах [1]. Это можно объяснить тем, что места обитания рептилий, где проводились исследования, подвергались в большинстве случаев сильному антропогенному прессу (сельскохозяйственная, лесохозяйственная, рекреационная деятельность).

Относительно высокая плотность рептилий выявлена в отдельных антропогенных экосистемах (экз./га): обочины дорог (60,0), берега мелиоративных каналов (38,6) и прибрежных экосистемах (20,4). Встречи с рептилиями в поселениях человека объясняются тем, что к некоторым из них примыкают леса, луга, водоемы. Основные типы экосистем существенно отличаются по структуре населения (таблица 7, 8). В сосняках, в экотонах лесов и лугов, на пустошах доминирует прыткая ящерица, в березняках, ольшаниках, пойменных лугах и болотах – живородящая ящерица, т.е. проявляется достаточно четко экологическая специализация этих двух видов ящериц.

Таблица 8 – Изменчивость средней плотности населения фоновых видов рептилий в лесных экосистемах

Экосистемы	Кол-во биотопов	Плотность населения, экз./га				
		Прыткая ящерица	Живородящая ящерица	Уж обыкновенный	Гадюка обыкновенная	Суммарная
Широколиственный лес	40	36,5	11,2	10,4	5,5	63,6
Сосняки:						
мшистый (сухой)	32	71,0	4,5	1,2	0,6	77,3
мшистый (влажный)	33	4,2	30,0	3,7	5,8	43,7
вересковый	37	34,6	41,2	19,5	1,2	96,5
культуры	28	42,8	5,4	3,6	1,2	53,0
Березняки:						
осоковые	24	82,4	40,6	6,0	3,7	132,7
злаково-разнотравные	26	90,4	30,8	4,2	1,5	126,9
Ольшаники:						
массив	32	0,8	27,6	9,6	2,4	40,4
экотон с лугом	30	1,4	59,8	26,4	5,6	93,2
экотон с сосняком	34	30,6	45,5	17,9	2,3	96,3

Положительное влияние на рептилий оказывают широкие вырубки леса для ЛЭП, дорог, газопроводов. В этих экосистемах численность большинства рептилий достигает высокой плотности.

На болотах видовое разнообразие минимально, здесь отмечено 3 вида: живородящая ящерица, обыкновенная гадюка и болотная черепаха. В массивах сельхозугодий



региона встречается 3 вида с очень низкой плотностью, однако их экотоны характеризуются высоким разнообразием видов и зачастую высокой плотностью. На мелиоративных каналах и канавах встречается 4–5 видов рептилий. В придорожных полосах, кюветах было встречено 6 видов. В поселениях человека (деревни Орхово, Томашовка, Комаровка, Приборово, Леплевка, Домачево, Каменюки, Любищицы и др.) и рекреационных зонах (оз. Селяхи, Белое, Рогознянское и др.) встречается 2–4 вида рептилий: прыткая ящерица, обыкновенная гадюка, обыкновенный уж. Плотность каждого из видов не превышает 1–3 экз./га, или отмечались единичные встречи в течение многих лет.

Болотная черепаха распространена в Южной и Центральной Европе, Передней Азии и северо-западной Африке [25]. В Беларуси северная граница ареала вида проходит примерно по линии Пружаны – Белоозерск – Телеханы – Копаткевичи – Василевичи – Добруш [11]. Единичные находки особей болотной черепахи регистрировались севернее этой линии. В первой половине XX в. ареал включал центральные и северные регионы Беларуси [1]. За последние 40–50 лет граница ареала болотной черепахи сместилась в южном направлении на 150–200 км. В настоящее время Полесье представляет сплошную зону обитания болотной черепахи. Она встречается на территории Полесского радиационно-экологического заповедника и национального парка «Припятский». В Беловежской пуще она является очень редким видом [11]. Вид также встречался в конце XX столетия в ряде ООПТ Брестской области: «Выгонощанское», «Званец», «Споровский», «Тырвовичи», «Дикое», «Завищанье», «Непокойчицы» и др. [26]. В последние 15 лет болотная черепаха была выявлена нами в ряде заказников региона: «Выгонощанское», «Званец», «Споровский», «Завищанье», «Борецкий».

Болотная черепаха предпочитает мало посещаемые участки лесоболотных массивов с развитой сетью речных долин и других водоемов. Она обитает на низинных болотах, в старицах рек (З. Буг, Копаяювка, Прырва), рыбоводных прудах (у д. Комаровка), на заболоченных участках (у оз. Селяхи, рыбхозов «Страдочь», «Днепробугский», «Локтыши», «Селец», Домачевских прудов и т. д.).

Жизнь болотной черепахи связана с водоемами, она часто выходит на сушу (не далее 5–10 м от берега) погреться. Выходит из зимовки в начале апреля, когда температура воздуха поднимается выше 10–12°C. Спаривание происходит в третьей декаде апреля – первой декаде мая. Кладки встречались (n=5) в конце мая – первой декаде июля. На зимовку уходит в октябре, зимует на дне водоемов.

Трофическая активность приходится в основном на дневное время, реже – на сумерки, ночью спит на дне водоемов. Кормится брюхоногими моллюсками, личинками ручейников, плавунцов, стрекоз и др. [1].

Высокая численность болотной черепахи была выявлена в 1925 г. в верховьях р. Припять (Dehnel 1929 г., цитата по [1]), особи концентрировались у озер и ручьев в результате засухи. В 1980–1985 гг. были обнаружены отдельные находки черепах в Ганцевичском и Лунинецком районах Брестской области и других местах региона [1].

Численность в Беларуси оценивается в 7–9 тысяч особей [24]. Средний уровень плотности белорусской популяции составляет 15–20 ос./га площади водоемов. Наибольшая плотность черепах (до 150 экз./га) отмечена на отдельных участках рыбоводных прудов и в некоторых лесных реках [24]. Высокая плотность этого вида в области нами выявлена на рыбоводных прудах (у д. Комаровка) – 8–14 экз./га, в заболоченных участках у оз. Селяхи – 4–12 экз./га.

В 1983–2013 гг. проводили наблюдения за одной из шести выявленных нами популяций болотной черепахи в Брестском р-не на рыбоводных прудах у д. Комаровка.



Эта группировка состояла из 20–40 особей в различные годы с тенденцией уменьшения (особенно в последние 5 лет) в связи с реконструкцией прудов.

Основными факторами угрозы для болотной черепахи являются трансформация и сокращение площадей естественных мест обитания в результате осушения заболоченных земель, спрямление русел рек, усиление рекреационной нагрузки на водные и прибрежные экосистемы. В республике предпринимаются меры охраны этого вида. Болотная черепаха занесена в Красную книгу Республики Беларусь с 1981 г. [27]. Ведется пропаганда научных знаний о рептилиях, в том числе и болотной черепахе, среди населения.

Веретеница ломкая распространена в Южной и Центральной Европе, Малой Азии, Кавказе и Северном Иране [25]. В Беларуси редкий вид, встречается спорадично. В регионе отмечена в смешанных, сосновых лесах, ольшаниках и других лесах, в которых предпочитает опушки лесов, вырубки, просеки, обочины лесных дорог (таблица 5).

На зимовку уходит в третьей декаде сентября – октябре, весной пробуждается в первой – второй декадах апреля. Спустя 5–10 дней после выхода из зимовки начинается спаривание, примерно через три месяца (в третьей декаде июля – августе) самки приносят детенышей.

Суточная активность летом зависит от погодных условий и приходится на сумерки и ночь, днем греется на солнце. Питается в основном дождевыми червями, насекомыми и их личинками, моллюсками [1, наши данные].

Плотность населения веретеницы в различных экосистемах колеблется от 0,3 на пойменных лугах до 2,5 экз./га в березняках (таблица 7). В среднем в лесных экосистемах плотность населения веретеницы составляет 1,7 экз./га. Отметим, что в первой декаде июня 2013 года в сосновых и смешанных лесах Томашовского лесничества была зарегистрирована необычно высокая частота встреч с этим видом – до 14 особей на маршруте длиной 5 км.

Прыткая ящерица распространена в большей части Палеарктики, северная граница ареала доходит за 60° с.ш. [25]. В Беларуси и регионе самый многочисленный вид рептилий, встречается на всей территории республики. Населяет разнообразные экосистемы: опушки массивов лесов, лесные поляны, суходольные луга и др. (таблица 5).

На зимовку уходит обычно во второй декаде сентября – первой декаде октября, когда дневная температура снижается до 12–15°C. Зимует в трухлявых пнях, толстом слое лесной подстилки, под корнями деревьев и кустарников, в своих норах и норах млекопитающих. Выход из зимовки приходится на конец марта – середину апреля. Спустя 8–15 дней после пробуждения начинается брачный период. Первые кладки яиц отмечены в первой – второй декадах июня. Молодых ящериц встречали во второй декаде июля – августе.

Ведет дневной образ жизни. Циркадианная активность зависит от погодных условий. В мае – августе прыткие ящерицы оставляют убежища в ясные солнечные дни при температуре почвы около 15–17°C и воздуха – 20–22°C. Это обычно приходится на утренние часы. Активность их продолжается до 19–21 ч, иногда позже при температуре воздуха около 18°C. В пасмурную дождливую погоду активность снижается или совсем прекращается.

Питается различными беспозвоночными: насекомыми, пауками, червями и моллюсками. Спектр кормовых объектов у этого вида очень широкий. По данным обследования 340 желудков в Беларуси, наибольшую часть кормов составляют насекомые (74,0%) и паукообразные (25,6%) [1], что подтверждается нашими данными.



Численность прыткой ящерицы широко варьирует в различных экосистемах – от 8,4 в пойменных лугах до 70,5 экз./га в сосняках (таблица 7). Наибольшая плотность вида отмечена в сосняке мшистом (сухом) и березняках злаково-разнотравных и осоковых (таблица 8).

Ареал **живородящей ящерицы** охватывает большую часть Палеарктики [25]. В Беларуси и регионе – обычный вид, встречается на всей территории. Населяет различные экосистемы: лиственные, хвойные и смешанные леса, зарастающие вырубки, просеки, кустарниковые заросли по берегам водоемов (таблица 5).

Весной в регионе пробуждается в третьей декаде марта – середине апреля, на 10–15 дней раньше прыткой ящерицы. Спустя 1–2 недели после выхода из зимовки начинается брачный сезон. Через 70–90 дней после оплодотворения самки откладывают яйца, из которых примерно через 0,5 часа выходят детеныши. На зимовку уходит в октябре.

Суточная активность живородящей ящерицы в мае – августе начинается в солнечные дни с 8–9 ч и продолжается обычно до 19–20 ч, с перерывами на отдых. Трофическая активность ящерицы приходится на период активности кормовых объектов – различных насекомых и других беспозвоночных животных. Кормовой спектр сходен с таковым прыткой ящерицы.

Средняя плотность населения вида в различных экосистемах варьирует от 2,0 на суходольных лугах до 50,0 экз./га в ольшаниках и 68,5 экз./га в березняках (таблица 7). В различных ассоциациях ольшаника плотность населения живородящей ящерицы была наибольшей в экотонах (ольшаник/луг) – 59,8 экз./га, наименьшая в массиве леса – 27,6 экз./га (таблица 7, 8).

Обыкновенный уж распространен на большей части Европы, в северо-западной Африке, западной Азии и южной части Восточной Сибири [25]. В регионе встречается на всей территории, это самый многочисленный вид змей. Он отмечен во многих ООПТ области [22]. Уж населяет различные экосистемы: прибрежные территории различных водоемов, окраины низинных болот, низинные луга, пойменные ольсы и дубравы. Он отмечен в 85,7% экосистем (таблица 5).

Весной уж появляется на поверхности почвы в третьей декаде марта – второй декаде апреля. После выхода из зимовки происходит спаривание. Яйца откладывает в третьей декаде июня – июле. На зимовку ужи в регионе обычно уходят в третьей декаде сентября – второй декаде октября. Зимует поодиночке или группами в норах, в кучах мусора, стогах сена и соломы и др. местах, которые не промерзают зимой.

Уж ведет дневной образ жизни, ночь проводит в различных убежищах. По нашим наблюдениям, в солнечные дни в мае – июле активность ужей начинается в 7–8 часов, когда температура воздуха повышается до 15–20°C. Примерно с 12 до 17 ч они малоактивны. С 18 до 21 ч наступает второй период их активности, затем она затухает и обычно прекращается к 22 ч.

Ужи питаются преимущественно земноводными, на долю которых приходится 95,0% рациона, поедают также ящериц, птенцов мелких воробьиных птиц и мелких млекопитающих. Было показано, что в питании ужа преобладают травяная (65,5%) и остромордая (25,7%) лягушки, на долю озерной и прудовой лягушки приходилось 4,1%. Редко поедают рыбу и другие корма [1].

Наиболее высокая средняя плотность вида приходится на ольшаники – 35,0 экз./га и смешанные леса – 17,2 экз./га, наименьшая на сосняки – 2,8 экз./га. Плотность ужа наибольшая в переходных зонах ольшаник – луг – 26,4 экз./га и в сосняке ве-



ресковым – 19,5 экз./га (таблица 7, 8). Численность ужей летом в Беларуси в среднем составляет: в ольшаниках – 31,3, в березняках – 190,5 и дубравах – 17,0 экз./га [6].

Медянка населяет почти всю Европу, западную часть Палеарктической Азии, Казахстан, Кавказ и Северный Иран [25]. В Беларуси медянка распространена повсеместно, встречается редко, спорадически. В южной части республики встречается чаще, чем в северной [1]. В Брестской области медянка была выявлена в Ганцевичском, Барановичском и Столинском районах [27]. Она регистрировалась в конце XX в. в республиканском ландшафтном заказнике «Выгонощанское» и биологическом заказнике местного значения «Борецкий» [23]. Нами медянка была отмечена летом в заказниках «Борецкий» в 1998 г., «Выгонощанское» в 2002 г., «Завищанье» в 2001 г., в Брестском районе (в настоящее время территория биосферного резервата «Западное Полесье») в 1987–2001 гг.

Населяет сухие мозаичные леса, предпочитает освещенные участки леса: поляны, опушки леса, вырубki, избегает заболоченных и сырых местообитаний.

Весной появляется на поверхности земли в первой половине апреля, когда температура воздуха поднимается выше 15°C; на зимовку уходит в третьей декаде октября. Вскоре после весеннего пробуждения начинается спаривание (третья декада апреля – первая декада мая). Рождение детенышей (три случая) выявлено в конце июля – августе. Активна в светлое время суток. Летом обычно активна с 9 до 19 ч при температуре воздуха от 15 до 27°C [21, наши данные].

Кормом в основном являются живородящая и прыткая ящерицы, веретеница, иногда поедает мелких мышевидных грызунов, птенцов и др.

Включена в Красную книгу Республики Беларусь с 1993 г., имеет международную природоохранную значимость (таблица 4). По последним данным, в республике она встречается в 1,4% лесных экосистем, приблизительная численность этого вида равна 2–3 тыс. особей [24]. Тренд численности в регионе не установлен из-за редких и нерегулярных встреч с медянкой, так как она ведет скрытный образ жизни. Отрицательные воздействия на популяции этого вида оказывают сплошные вырубki леса, автотранспорт, лесные пожары и прямое истребление при сборе грибов, ягод и отдыхающими. За последние 25 лет нам известно 6 случаев гибели медянки в летний период, зафиксированных при проведении учебных экскурсий по биологическим дисциплинам со студентами БрГУ.

Обыкновенная гадюка распространена в лесной и лесостепной зонах Палеарктики [25]. В Беларуси и регионе мозаично встречается на всей территории.

Гадюка покидает зимние убежища в конце марта – начале апреля, когда температура воздуха достигает 5–7°C. После выхода из убежищ они начинают спариваться. Спустя три месяца появляются сеголетки. Летом суточная активность в регионе зависит от состояния погоды и приходится обычно на утро (9–11 ч) и вечер (15–19 ч), в теплые ночи – на первую ее половину. В середине дня в солнечную погоду гадюки находятся в убежищах или выползают греться на солнце. Уходит на зимовку во второй половине сентября – октябре, иногда позже.

Питается преимущественно амфибиями и мелкими млекопитающими, потребляют мелких птиц, ящериц и др.

Плотность населения в различных экосистемах варьирует от 0,3 экз./га до 7,0 экз./га (таблица 7). Наибольшая плотность обыкновенной гадюки зарегистрирована в сосняке мшистом (влажном) – 5,8 экз./га, в переходной полосе ольшаник – луг – 5,6 экз./га, широколиственных лесах – 5,5 экз./га (таблица 7, 8).



Мониторинг численности гадюки в 1983–2013 гг. в биосферном резервате «Западное Полесье» (белорусский сектор, Томашовское и Домачевское лесничества) показал, что численность этого вида снижается. Например, средняя плотность населения в ольшанике варьировала от 8 до 3 экз./га. Ежегодно в 800 метрах от базы практик мы регистрировали от 1 до 4 гадюк на холме, граничащем с заболоченным ольшаником. Потрясенные змеи прятались в куче хвороста.

Гадюка обыкновенная в Беларуси является ценным промысловым видом. Яд гадюки используется в химико-фармацевтической промышленности при производстве высокоэффективных лекарственных средств. Тренд численности в области, как и в целом Беларуси, отрицательный, численность сокращается под влиянием антропогенных факторов, в том числе и в результате прямого уничтожения человеком. Например, при обустройстве дач в окр. г. Бреста 25.10.1985 г. было обнаружено скопление гадюк примерно из 20 особей. Строители уничтожили их, за исключением одной особи, которая была взята подошедшим к этому месту врачом. Этот экземпляр был передан на кафедру зоологии БрГУ. Другой пример: один из грибников из г. Бреста в лесу в Малоритском р-не 16.08.1989 г. отловил самку гадюки, поместил ее в стеклянную банку и привез домой. На следующий день появилось 12 детенышей. Он обратился за консультацией в деканат биологического ф-та БрГУ. Ему было предложено отвезти гадюку с детенышами на место поимки, что «любитель» змей и сделал.

Погибших гадюк (более 40 случаев в 1983–2013 гг.) встречали в июне – июле в лесах и на лесных дорогах, в период интенсивных посещений лесов сборщиками ягод и грибов. Вид требует постоянного контроля в регионе за динамикой численности. Гадюка обыкновенная включена в аннотированный список видов Красной книги РБ, требующих внимания (таблица 3).

Рептилии очень чувствительны к антропогенному влиянию и могут быть индикаторными видами. Непременным условием охраны и рационального использования рептилий региона, должны быть научные знания об их состоянии в различных экосистемах области.

Проблемы охраны рептилий на территории области крайне актуальны. Специфическое предубежденное отношение населения к рептилиям усугубляет положение этой группы животных. Основным фактором во многих случаях, отрицательно влияющим на рептилий, является хозяйственная деятельность человека: осушительная мелиорация земель, распашка естественных территорий для возделывания сельскохозяйственных культур, окультуривание лугов и выгонов, торфоразработки, вырубки лесов, нарушение технологии применения минеральных удобрений и ядохимикатов, выпас и прогон крупного рогатого скота на лугах, полях, лесных полянах, опушках лесов.

Таким образом, хозяйственную и рекреационную нагрузку на экосистемы региона можно оценить как высокую, что усугубляет состояние редких видов (медянки, болотной черепахи) и промыслового вида (обыкновенной гадюки).

Значение рептилий в экосистемах. Рептилии в регионе освоили практически все типы естественных и трансформированных экосистем. Экосистемы различаются по структуре герпетокомплексов и плотности населения рептилий. Во многих экосистемах рептилии достигают плотности 350 и более экз./га, реже осваивают однородные лесные массивы, сельхозугодья и открытые пространства. В Беларуси в значительной части экосистем (около 40% из 12 исследованных): в сосняках, на суходольных лугах и агроценозах по биомассе доминируют прыткая и живородящая ящерицы, в березняках и на верхо-



вых болотах – обыкновенный уж и обыкновенная гадюка [12]. Во многих экосистемах (поляны, опушки леса, сосняки, березняки) рептилии как консументы выступают как доминирующая группа по накоплению биомассы среди наземных позвоночных [1].

Рептилии региона достаточно четко подразделяются по своим трофическим предпочтениям. По данным М.М. Пикулика [1] и результатам наших исследований, ящерицы питаются различными беспозвоночными животными; змеи в основном добывают земноводных, пресмыкающихся, мелких птиц и мелких млекопитающих. При этом, уж предпочитает бесхвостых амфибий, в кормовом спектре гадюки преобладают амфибии и мелкие млекопитающие. Болотная черепаха кормится наземными и водными беспозвоночными, личинками амфибий, рыб и растениями. Рептилии добывают преимущественно те корма, которые чаще встречаются в местообитаниях в данное время. Благодаря широкому спектру питания пресмыкающихся, а также потребляющих их хищников (более 150 видов позвоночных) рептилии являются существенным звеном природных экосистем, имеют важное значение в их функционировании.

Значительный ущерб пресмыкающимся наносит резко возросшая в последние десятилетия рекреационная нагрузка на лесные (сбор ягод и грибов) и прибрежные экосистемы региона (рыбалка, отдыхающие): реки З. Буг, Мухавец, Лесная, Припять, Ясельда; озера Рогозьянское, Выгонощанское, Бобровичское, Белое, Селяхи; Домачевские пруды и др. Например, только на территории Брестского района находятся санаторий «Берестье», курорт «Белое озеро», 12 туристических баз. В связи с этим крайне важна разъяснительная, пропагандистская работа с населением (видеоролики, плакаты, статьи, популярные книги, беседы и т.д.) о роли рептилий в экосистемах и жизни человека.

Заключение

На территории Брестской области выявлено 7 видов пресмыкающихся, из них наиболее широко распространены прыткая ящерица и обыкновенная гадюка. Болотная черепаха и медянка включены в Красную книгу Республики Беларусь, обыкновенная гадюка – в аннотированный список видов, требующих дополнительного изучения и внимания в целях профилактической охраны.

Прыткая и живородящая ящерицы, обыкновенная гадюка могут быть индикаторными видами состояния видоспецифических экосистем региона.

По обилию и богатству видового состава рептилий в Брестской области перво-степенное положение занимают лесные экосистемы и прежде всего их опушки.

Хозяйственная деятельность человека в настоящее время не приводит к созданию таких экосистем, которые были бы не пригодны для различных видов или хотя бы одного вида пресмыкающихся региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пикулик, М.М. Пресмыкающиеся Белоруссии / М.М. Пикулик, В.А. Бахарев, С.В. Косов. – Минск : Наука и техника, 1986. – 168 с.
2. Банников, А.Г. Материалы к изучению земноводных и пресмыкающихся Беловежской пуши / А.Г. Банников, З.В. Белова // Ученые записки Моск. гор. пед. ин-та им. В.П. Потемкина, 1956. – Т. 61. – Вып. 4–5. – С. 385–402.
3. Голодушко, Б.З. Численность амфибий и рептилий и их роль в питании канюка и малого подорлика Беловежской пуши / Б.З. Голодушко // Фауна и экология наземных позвоночных Белоруссии. – Минск, 1961. – С. 143–149.



4. Бахарев, В.А. Численность и особенности биотопического распределения земноводных и пресмыкающихся в Беловежской пуще / В.А. Бахарев // Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование : тез. докл. IV обл. итог. науч. конф., Гомель, 1985. – Гомель : ГГУ, 1985. – С. 13–14.
5. Гайдук, В.Е. Фауна земноводных и пресмыкающихся Брестской области / В.Е. Гайдук, В.А. Жук, Е.С. Блоцкая // Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование : тез. докл. V обл. итог. науч. конф., Гомель, 20–23 нояб. 1988 г. : в 2 ч. ; редкол. : Б.П. Савицкий (гл. ред.) [и др.]. – Гомель: ГГУ, 1988. – Ч. 1. – С. 73–75.
6. Пикулик, М.М. Особенности состояния герпетофауны на мелиоративной территории в регионе верховьев реки Ясельды / М.М. Пикулик, С.В. Косов, А.А. Летецкий // Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рац. исполъз. : тез. докл. IV обл. итог. науч. конф.– Гомель : ГГУ, 1985. – С. 123–124.
7. Пикулик, М.М. Сравнительная оценка состояния фауны амфибий и рептилий в приуслово-пойменной зоне Припяти на разных участках ее течения / М.М. Пикулик [и др.] // Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование : тез. докл. III обл. итог. науч. конф. Гомель, 1983 г. / редкол. : Б.П. Савицкий (отв. ред.). – Гомель : ГГУ, 1983. – С. 36–37.
8. Земнаводныя. Паўзуны : Энц. даведнік / Пад рэд. чл.-карэсп. АН Беларусі М.М. Пікуліка. – Минск : БелЭн., 1996. – 240 с.
9. Пикулик, М.М. Ландшафтно-экологическая детерминированность биологического разнообразия герпетофауны / М.М. Пикулик // Проблемы изучения, сохранения и использования биологического разнообразия животного мира : тез. докл. VII зоол. конф., Минск, 27–29 сентября 1994 г. ; редкол. : М.М. Пикулик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Навука і тэхніка, 1994. – С. 334–336.
10. Пикулик, М.М. Основные положения ландшафтной герпетологии / М.М. Пикулик // Проблемы ландшафтной экологии животных и сохранения биоразнообразия : мат. Республ. науч.-практ. конф., Минск, 28–29 декабря 1999 г. / редкол. : М.М. Пикулик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГПУ, 1999. – С. 37–45.
11. Дробенков, С.М. Современное состояние и проблемы охраны редких видов герпетофауны Беларуси / С.М. Дробенков [и др.] // Красная книга Республики Беларусь: состояние, проблемы, перспективы : мат. Респ. науч. конф., Витебск, 12–13 дек. 2002 г. / редкол. : В. Я. Кузьменко (отв. ред.) [и др.]. – Витебск : Изд-во ВГУ им. П.М. Машерова, 2002. – С. 20–22.
12. Дробенков, С.М. Структурная организация герпетокомплексов Белорусского Полесья / С.М. Дробенков // Проблемы экологии и экологического образования в постчернобыльский период : мат. Междунар. научно-практ. конф., Мозырь, 2000 г.; редкол. : В.В. Валетов (гл. ред.) [и др.]. – Мозырь : РИФ «Белый ветер», 2000. – С. 180–182.
13. Дробенков, С.М. Количественный состав и численность ассоциаций земноводных и пресмыкающихся в биоценозах Беларуси / С.М. Дробенков // Структурно-функциональное состояние биол. разнообр. жив. мира Беларуси : тез. докл. VIII зоол. науч. конф., Минск / НАН Беларуси. Ин-т зоол. ; редкол. : Б.И. Бычкова [и др.]. – Минск, 1999. – С. 158–159.
14. Демянчик, В.Т. Биосферный резерват «Прибужское Полесье» / В.Т. Демянчик. – Брест : Академия, 2006. – 196 с.
15. Лукашук, Н.А. Биотопическое распределение и численность пресмыкающихся (Reptilia) биосферного резервата «Прибужское Полесье» / Н.А. Лукашук,



В.Е. Гайдук, Е.С. Блоцкая // Беловежская пуца: історыя, прырода, турызм : матэрыялы міжнарод. навуц.-практ. конф., посвящ. 600-летію запаведнасці Беловежскай пуцы «Беловежская пуца: ад лесніцтва да Нацыянальнага парка» (Каменюкі, 14 нояб. 2008 г.), «Беловежская пуца: історыя, прырода, турызм» (Каменюкі, 18 – 19 сент. 2009 г.) / Упр. деламі Прэзідэнта Респ. Беларусь [і др.]; навуц. рэд. А.А. Коваленя, М.Е. Никифороў. – Брэст : Альтэрнатыва, 2010. – 504 с.

16. Шкляр, А.Х. Кліматычныя рэсурсы Беларусі і іх выкарыстанне ў сельскай гаспадарцы / А.Х. Шкляр. – Мінск : Вышэйшая школа, 1973. – 430 с.

17. Логинов, В.Ф. Клімат Беларусі / В.Ф. Логинов [і др.]. – Мінск : Ін-т геол. навук АН Беларусі, 1996. – 234 с.

18. Асяродковая наваколіца і прыродныя рэсурсы Рэспублікі Беларусь : статист. сб. Мінстат. Рэспублікі Беларусь / НІІ статыстыкі. – Мінск, 1997. – 192 с.

19. Геаграфія Брэсцкай вобласці / Я.М. Мяшэчка [і інш.]; – Брэст : Брэс. абл. друкарня, 1996. – Ч.1. – 156 с.

20. Становак асяродковай наваколіцы Рэспублікі Беларусь: нац. даклад. – Мінск : Белтаможсервіс, 2010. – 150 с.

21. Гайдук, В.Е. Распаўсюджванне, біятопічнае распаўсюджванне, сутачныя і сезонныя біорытмы земноводных Amphibia ў юга-западнай Беларусі / В.Е. Гайдук, Е.С. Блоцкая, І.В. Абрамава // Вучоныя запіскі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна. – Ч. 2. – Прыродазнаўчыя навукі. – Вып. 9, 2012. – С. 71–83.

22. Гайдук, В.Е. Асновы біорытмалогіі: Пасобіе / В.Е. Гайдук. – Брэст : Изд-во БрГУ ім. А.С. Пушкіна, 2003. – 250 с.

23. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь ; рэд. кал. М. Дарафееў [і інш.]. – Мінск : Беларуская энцыклапедыя, 1993. – 560 с.

24. Красная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкае і знаходзяцца пад угрозай знікнення віды дзікіх жывотных; гл. рэдкол.: Л.І. Хоружык (пред.) [і др.]. Мінск : Беларуская энцыклапедыя, 2004. – 320 с.

25. Азначальнік земноводных і прасмакаючыхся фауны СССР / А.Г. Банніков [і др.]. – М. : Просвешчэнне, 1977. – 415 с.

26. Асабліва ахоўваемыя прыродныя тэрыторыі Брэсцкай абласці / Н.В. Міхальчук [і др.]. – Брэст : Обл. типографія, 1997. – 164 с.

27. Чырвоная кніга Беларускай ССР ; рэд. кал. М. Дарафееў [і інш.]. – Мінск : Беларуская энцыклапедыя, 1981. – 286 с.

***V.E. Gaiduk, E.S. Blockaja, I.V. Abramova* Dissemination, Habitat Distribution, Abundance, Diurnal and Seasonal Biorhythms Reptilians in the South-Western Belarus**

In the article presents the data of long-term of research (1967-2013 years) dissemination, habitat distribution, abundance, diurnal and seasonal biorhythms reptilians. Analyzes the contemporary status of reptilians in the region and their guards. In the south-western Belarus inhabits of 7 species of reptilians: *Emys orbicularis*, *Anguis fragilis*, *Lacerta agilis*, *Lacerta vivipara*, *Natrix natrix*, *Coronella austriaca*, *Vipera berus*. Inhabit different habitats.



УДК 581.821

Н.М. Матусевич, М.П. Жигар

О ФОРМИРОВАНИИ ПЕРИДЕРМЫ В СТЕБЛЕ НЕКОТОРЫХ СПИРЕЙНЫХ

Приводятся данные изучения образования перидермы у *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. и *Spiraea vanhouttei* Zabel. Выявлены отличия в месте и сроках заложения феллогена у этих видов, в последовательности формирования тканей феллемы и феллодермы, входящих в состав перидермы, в мощности феллемы, характере внутреннего содержимого и толщине оболочек ее клеток у этих видов.

Вторичная покровная ткань перидерма играет огромную роль в жизни растений. Основными функциями ее считаются: защита растений от испарения воды, перегрева и вымерзания, от проникновения микробов, разрушающих растительные ткани, от заселения грибов, лишайников и эпифитов, образование корки. Все это свидетельствует о большой значимости перидермы в жизни растений и о необходимости ее всестороннего изучения. Большой научный интерес к изучению этой ткани можно также объяснить и тем, что она содержит большое количество диагностических признаков, имеющих важное значение для систематики растений.

Перидерма – сложный комплекс, состоящий обычно из трех тканей, следующих друг за другом от внешней поверхности органа к внутренним его частям. Наружная ткань – феллема (или пробка), которая и представляет собой собственно покровную ткань, выполняющую защитные функции. За ней располагается феллоген – вторичная меристема, формирующая за счет деления своих клеток ткани перидермы. Внутренняя ткань этого комплекса – феллодерма. Феллема и феллодерма могут быть одно- и многослойными, а феллоген однослойный.

Клетки феллемы имеют почти призматическую форму, часто несколько вытянуты вдоль продольной оси стебля, и их радиальные размеры обычно меньше, чем тангентальные. Клетки располагаются компактно, не образуя межклетников. Характерным для них является расположение радиальными рядами, что ясно указывает на их происхождение из делящейся тангентально меристемы. Расположение клеток феллемы может быть или в виде правильных рядов, или неупорядоченным, когда клетки имеют извилистые очертания. Однако форма клеток пробки с ростом стебля в толщину часто изменяется – сплющивается, причем иногда довольно сильно.

Отмечают 4 стадии развития пробковых клеток. Первая стадия охватывает период от момента образования клеток до начала суберинизации их оболочек. В этой стадии происходит сильное растяжение клеток. Вторая – суберинизация, третья – отложение внутреннего углеводного слоя (эта стадия отмечается не у всех растений). Четвертая – смерть пробковых клеток.

Феллоген состоит из клеток одного типа. Как правило, у большинства древесных растений сначала феллоген образует несколько слоев феллемы и затем откладывает клетки феллодермы.

Причины заложения феллогена и перидермы у деревьев и кустарников ученые объясняют по-разному. Г. Габерландт выдвинул теорию, согласно которой феллоген возникает под влиянием некрогормонов, образующихся в результате отмирания клеток эпидермы и волосков [1]. П.М. Жуковский связывает образование феллогена и перидермы с отмиранием эпидермы [2]. Формирование феллогена объясняют также подго-



товкой растения к зимним условиям, резким повышением температуры воздуха и продолжительности солнечного освещения, а значит увеличением транспирации, что вызывает образование перидермы как защиты от испарения. Дальнейшее увеличение слоев клеток феллемы в результате деятельности феллогена связывают с похолоданием и возрастающей силой ветра в осенний период, а следовательно – со сложностями в обеспечении растения необходимым количеством воды [3].

Время образования феллогена у разных видов различно и в зависимости от условий обитания может быть неодинаковым даже у особей одного вида. У большинства деревьев феллоген формирует перидерму в первый год жизни, но у тиса, некоторых видов миндаля, клена американского – на второй год жизни [4]. Место заложения феллогена различно, но является устойчивым признаком и часто используется исследователями в качестве диагностического как у голосеменных [5; 6], так и у покрытосеменных растений [7; 8].

Феллодерма представлена радиально расположенными паренхимными клетками, которые часто содержат хлоропласты, накапливают крахмал и, являясь живыми, отличаются нормальной жизнедеятельностью.

Перидерма, таким образом, является составной частью коры стебля и отличается своей мощностью, строением, местом и временем заложения феллогена.

Объекты и методы исследования

Нами было проведено изучение формирования перидермы в однолетних стеблях *Spiraea Van-Houttei* Zabel. и *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. Выполнение работы предусматривало бор полевого материала, его фиксацию, изготовление постоянных препаратов и их анализ.

Однолетние стебли собирали с трех особей из нижней части кроны с южной стороны и фиксировали в 96%-ом спирте 15 мая, 15 июня, 15 сентября, 15 ноября 2013 года. Материал держали в фиксаторе в течение 3 недель. Затем его помещали в воду на 20–30 минут, чтобы спирт из стебля диффундировал в растворитель. Из верхних, средних и нижних междоузлий стебля готовили микрообразцы, которые использовали для получения срезов. Их изготавливали на санном микротоме с замораживающим столиком. Срезы толщиной 10–30 мкм выполняли в поперечном направлении, затем их помещали в сафранин на 20 минут, после чего – в нильский синий на 3 минуты. Далее срезы проводили через серию спиртов разных концентраций (50%, 70%, 96% и абсолютный спирт). На следующем этапе их обрабатывали карбол-ксилолом, ксилолом, после чего помещали в канадский бальзам.

Исследование препаратов проводили при помощи светового микроскопа Биолам Р-15. Для микроскопических измерений использовали окуляр-микрометр МОВ-1-15. Полученные данные подвергали математической обработке.

Результаты исследования

Кора однолетнего стебля пузыреплодника калинолистного, собранного и зафиксированного в мае, включает в себя эпидерму, первичную кору, луб. Эпидерма состоит из одного слоя клеток. Первичная кора представлена колленхимой и паренхимой. Колленхима пластинчатая, местами пластинчато-уголковая, представлена 3–4 слоями клеток, внутри которых содержится большое количество хлоропластов. Коровая паренхима включает до 5–6 слоев, клетки ее очень крупные, с межклетниками и слегка утолщенными оболочкам. В них часто содержатся друзы.

Ниже располагаются первичная и вторичная флоэма. Это довольно большой участок, и уже в средней части однолетнего стебля видно, как оболочки клеток первич-



ной флоэмы начинают утолщаться, так что в нижней трети стебля на ее месте образуется большая, до пяти слоев клеток, группа волокон. Вторичная флоэма состоит из проводящих и паренхимных элементов. В клетках флоэмной паренхимы видны ромбические кристаллы. В нижней трети стебля клетки вторичной флоэмы, лежащие сразу под волокнами, периклинально делятся и образуют феллоген.

В литературе имеются сведения о том, что перидерма у большинства двудольных и голосеменных растений возникает к концу первого года жизни [9]. Л.В. Наумова показала, что у амурского бархата 15 июня наблюдались первые деления субэпидермальных клеток коры, а к 22 июня деления распространились по всему периметру сечения побега и, таким образом, возник феллоген [10]. Исследования по формированию перидермы у ясеня и каштана конского обыкновенного показали, что эпидерма у этих растений через 30–40 дней после начала роста побега начинает заменяться перидермой [11]. У пузыреплодника калинолистного уже к 15 мая в нижней трети однолетнего стебля мы отметили начало заложения феллогена. К середине июня феллоген образуется также в средней части стебля, отсутствуя в его верхнем, еще продолжающем рост участке, но уже к середине сентября перидерма сформировалась по всему стеблю, составляя в его верхних междоузлиях 5–6 слоев пробки и 1–2 слоя феллодермы.

У пробки, отложенной в летний период, радиальный размер клеток больше тангентального, так что они кажутся слегка вытянутыми в радиальном направлении. Оболочки клеток тонкие.

К ноябрю перидерма пузыреплодника калинолистного достигла мощности до 200–205 мкм, превосходя по ширине луб почти в 1,5–2 раза. В составе ее до 12 слоев пробки, однослойный феллоген, 1–2-слойная феллодерма. Пробка бесцветная, однородная, все клетки ее тонкостенные, со слегка извилистыми оболочками, несколько вытянутыми в тангентальном направлении.

Иначе происходит формирование перидермы у спиреи Вангутта. У нее снаружи стебель покрыт однослойной эпидермой с ясно заметной кутикулой. Расположенная ниже первичная кора состоит из паренхимы и эндодермы. Коровой паренхимы насчитывается до пяти слоев клеток. Клетки ее крупные, извилистых очертаний, с равномерно и несильно утолщенными оболочками. Внутренний слой первичной коры – эндодерма – однослойная ткань, ее клетки в поперечном сечении овальные, с утолщенными оболочками, с окрашенным на препаратах в коричневый цвет внутренним содержимым.

Под эндодермой лежит ткань стебля, которую можно интерпретировать как перицикл либо как протофлоэму. Именно в этой ткани, непосредственно под эндодермой, мы наблюдали периклинальные деления клеток, приводящие к возникновению феллогена. И уже к середине июня у спиреи Вангутта феллоген закладывается по всему стеблю, в том числе и в самом молодом его участке, вблизи апекса.

Феллоген у этого вида сначала откладывает феллодерму, а затем феллему. И в среднем участке однолетнего стебля 15 июня мы наблюдали два-три слоя феллодермы, а пробка еще не была отложена. В нижней трети такого стебля перидерма состояла из одного слоя пробки, однослойного феллогена и 3–4 слоев феллодермы. В нижней части стебля, зафиксированного в ноябре, пробка двухслойная, феллодерма сложена 3–4 слоями, между феллемой и феллодермой располагается однослойный феллоген. Клетки феллемы имеют внутреннее содержимое, наружные тангентальные стенки их сильно утолщены, достигая приблизительно $3,0 \pm 0,5$ мкм, при общих размерах клетки феллемы около $22,2 \pm 0,9$ мкм. Стенки клеток неокрашенные.



Таким образом, помимо различий в анатомическом строении других тканей коры, у спиреи Вангутта и пузыреплодника калинолистного наблюдаются также различия в строении и формировании перидермы. Феллоген у пузыреплодника закладывается во вторичной флоэме, у спиреи – в перицикле. У спиреи феллоген продуцирует сначала феллодерму, а затем пробку. Мощность феллемы у пузыреплодника больше, у однолетнего стебля в конце вегетационного периода (в ноябре) она составляет до 12 слоев клеток, у спиреи – только 2 слоя. Клетки пробки спиреи заполнены внутренним содержимым фенольной природы, у пузыреплодника калинолистного они не имеют содержимого, заполнены воздухом. Феллема отличается также толщиной клеточных оболочек: у пузыреплодника они тонкие, извилистых очертаний, у спиреи наружная тангентальная клеточная стенка утолщена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haberlandt, G. Zur Entwicklungsphysiologie des Periderms / G. Haberlandt // Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. – 1928. – Bd. 23. – S. 317–338.
2. Жуковский, П.М. Ботаника : учеб. пособие / П.М. Жуковский. – 4-е изд. – М.: Высшая школа, 1964. – 667 с.
3. Шамбетов, С.Ш. Перидерма коры стеблей. Современное состояние сведений об этой ткани / С.Ш. Шамбетов // Изв. АН Киргиз. ССР. Сер. биол. наук. – 1960. – Т. 2, вып. 3. – С. 91–120.
4. Шик, А.С. Сравнительно-анатомический анализ однолетних стеблей двух кленов / А.С. Шик, В.М. Еремин; Брест. ун-т. – Брест, 1990. – 10 с. – Деп. в ВИНТИ 17.05.90. - № 2684-В 90.
5. Еремин, В.М. Сравнительная анатомия коры сосновых : автореф. дис. ... докт. биол. наук : 03.00.05 / В.М. Еремин. – Кишинев, 1984. – 47 с.
6. Лотова, Л.И. Анатомия коры хвойных / Л.И. Лотова. – М. : Наука, 1987. – 161 с.
7. Бойко, В.И. Анатомическое строение коры видов сем. Ericaceae D.C. : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Бойко В.И. – Воронеж, 1996. – 18 с.
8. Матусевич, Н.М. Таксономический анализ древесных представителей сем. Rosaceae по признакам анатомической структуры коры их однолетних стеблей : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Н.М. Матусевич. – Минск, 2005. – 21 с.
9. Блукет, Н.А. О возникновении пробковой ткани у деревьев и кустарников / Н.А. Блукет // Докл. ТСХА. – 1958. – Вып. 36. – С 308–313.
10. Наумова, Л.В. Ультраструктура клеток перидермы *Phellodendron amurense* Rupr. : автореф. дис.... канд. биол. наук : 03.00.05 / Л.В. Наумова. – Л. 1986. – 21 с.
11. Еремин, В.М. Сезонная динамика структуры однолетнего стебля взрослых деревьев / В.М. Еремин, Ю.Ф. Рой // Сб. науч. тр. ф-та естествознания. Сер. Биология. – Брест, 1993 – Вып. 1. – С. 89–92.

N.M. Matusevich, M.P. Zhigar On the Formation Periderm in the Stem of some *Spiraeoideae*

The data from the study of education periderm *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. and *Spiraea vanhouttei* Zabel. Revealed differences in the location and timing of emplacement of phellogen in these species, in the sequence of the formation of tissues and fellemy phelloderm included in the periderm, in fellemy power, the nature of the content and the thickness of the inner shells of its cells in these species.



УДК 58 (477)

**В.И. Мельник, И.П. Логвиненко,
И.А. Скоропляс, В.Н. Баточенко**

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ *CARLINA ONOPORDIFOLIA* BESSER EX SZAFER, KULCZ. & PAWL. В УКРАИНЕ

Рассмотрено современное состояние популяций редкого вида флоры Украины *Carlina onopordifolia* Besser. ex Szafer, Kulcz. et Pawl (Asteraceae). Анализ возрастной структуры популяций *C. onopordifolia* показал качественные различия в зависимости от современного состояния местообитаний. В антропогенно ненарушенных местообитаниях луговых степей преобладают гомеостатические популяции с полночленными спектрами онтогенетических состояний. Создание лесных культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на степных склонах приводит к деградации популяций *C. onopordifolia* в Украине. Предложены рекомендации по улучшению охраны *C. onopordifolia* в Украине.

Введение

Carlina onopordifolia Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawl (Asteraceae) – редкий, реликтовый вид, который внесен в Красные книги Украины, Польши, бывшего Советского Союза, Европейский Красный список МСОП и приложения 1 Бернской конвенции [3; 11; 18; 22; 26]. В Украине каждое местонахождение вида требует охраны, однако недостаточная изученность популяций *C. onopordifolia* является препятствием в этом деле.

В 2011–2012 гг нами было проведено изучение современного состояния популяций *C. onopordifolia* в Украине.

Объекты и методика исследований

Объектом исследования были природные популяции *C. onopordifolia* в Украине. Для изучения географического распространения вида использовались материалы экспедиционных исследований, литературные данные и гербарный фонд пяти гербариев Украины (KW, KWNA, LW, LWS, LWKS). Эколого-ценотические условия местообитаний *C. onopordifolia* изучались по методике Т.А. Работнова [15]. Ниже приводим характеристики каждого из 15 исследованных локалитетов, отметив, что их подробные описания содержатся в наших предыдущих публикациях [13; 14] и в работах других исследователей [6; 9; 12; 17; 19; 23–25].

Возрастная структура популяций *C. onopordifolia* изучалась в соответствии с методическими принципами Т.А. Работнова [15]. Численность особей разных онтогенетических состояний устанавливали путем непосредственных подсчетов на всей площади, которую занимает каждая популяция. При определении онтогенетических состояний особей в популяциях использовались диагностические признаки, описанные А.Т. Зеленчуком [7].

Результаты исследований

Дизъюнктивный ареал *C. onopordifolia* охватывает Подольскую, Волынскую (Украина), Люблинскую, Малопольскую (Польша) возвышенности. В пределах Польши зафиксировано лишь пять локалитетов вида [6; 10; 13; 20; 21; 26].



В Украине, как уже отмечалось, основная часть местопроизрастаний *C. onopordifolia* сосредоточена на Западном Подолье. Для Волынской возвышенности приводилось лишь четыре локалитета. Достоверно известно, что только два из них сохранились до наших дней [13]. На Восточном Подолье популяции *C. onopordifolia* сохранились в урочищах Терещуков Яр, Ромашково, Васильевка, Бабиево (Винницкая область) и исчезли места произрастания вида, которые приводились А. Андржейовским [1] на территории современного Гайсинского района и в окрестностях Брацлава и Ладыжина [18].

По данным Б.В. Заверухи, [6] *C. onopordifolia* считается исчезнувшим в окрестностях городов Вишневец и Кременец на Тернопольщине. Нашими полевыми исследованиями не было подтверждено произрастание *C. onopordifolia* и на Кременецких горах.

По литературным и гербарным данным, местонахождения *C. onopordifolia* на Западном Подолье приурочены к Ополью (собственно Ополью), Гологорам и Вороньякам. На Волынской возвышенности *C. onopordifolia* исчез в окрестностях с. Звиняче (Гороховский район Волынская область) и растет в урочище Смордва в окрестностях одноименного села и в урочище Грабовщина в окрестностях села Владиславовка Млиновского района Ровенской области [13]. В пределах Ополья *C. onopordifolia* произрастает в Рогатинском районе Ивано-Франковской области – в урочище Большие Голды в окрестностях с. Лучинцы [5] (Кагало, 1988, LWKS; Кагало, Беднарская, 1998, LWS; Кузярин, 2000, LWS), на Чертовой горе между селами Пуков и Бабинцы [12, 14] и в Бережанском районе Тернопольской области – на горе Голица между селами Демня и Куряны ([6], Заверуха, 1977, KW; Кагало, 1988, LWE), на горе Поточенская вдоль левого берега в долине р. Нараевка в окрестностях с. Рекшин [6].

Большая часть местонахождений *C. onopordifolia* в Гологорах и Вароньяках сосредоточена в Золочевском районе Львовской области. В рамках Гологор – это локалитеты в окрестностях с. Гологоры (Мельник, 1957, KW), на горе Лысая [9; 16; 24] Пачишина, 1960, LW; Запятава, Заверуха, 1961, KW; Шеляг-Сосонко, Куковица, 1968, KW; Юревич, 1980, LW; Загульський, 1989, LW), в урочище Стенка в окрестностях одноименного села ([17]; Бухало, 1956, LW), на горе Сипуха в окрестностях с. Красное ([9]; Бухало, 1955, KW; Чопик, 1977, KW; Загульський, 1988, LW). В пределах Вороньяков – это местонахождение на горе Белая в окрестностях с. Подлесье ([2; 7; 10] Загульський, 1985, LW; Кагало, 1987, LWKS), на горе Жулицкая в окрестностях с. Жулици ([14; 19]; Шелест, 1957, KWHA; Козий, 1960, LW), на горе Святая в окрестностях с. Белый Камень ([24]; Климышин, 1987, LW). И лишь один локалитет вида зафиксировано в пределах Вороньяков в Бродовском районе – на горе Макитра в окрестностях села Бучин [14] (рисунок 1).

В ходе исследований нами обнаружено новое местонахождение *C. onopordifolia* на горе Курилиха в Кременецком районе Тернопольской области. Это единственное местонахождение вида в Тернопольской части Вороньяков. Популяция *C. onopordifolia* приурочена к подножию горы и занимает площадь около 50 м². Почвы здесь дерново-карбонатные (рендзины). Растительный покров представлен ассоциацией *Carex humilis* + *Teucrium chamaedrys*. Проективное покрытие – 90 %. Проективное покрытие *Carex humilis* – 40 %, *Teucrium chamaedrys* – 30 %. Значительное участие в составе травостоя принимают *Anthericum ramosum* L., *Asperula cynanchica* L., *Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv., *Thymus serpyllum* L. и *C. onopordifolia*, процентная часть каждого из которых составляет 5–10 %.



1 – ● существующие местонахождения; 2 – ◆ новое местонахождение;
3 – ■ исчезнувшие.

Рисунок 1 – Географическое распространение *C. onopordifolia* в Украине

В состав травяного покрова входят также *Adonis vernalis* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Antennaria dioica* (L.) Gaerth, *Anthyllis polyphylla* W., *Briza media* L., *Campanula persicifolia* L., *C. glomerata* L., *Carlina vulgaris* L., *Cichorium intybus* L., *Dactylis glomerata* L., *Dianthus pseudosquarrosus* (Nov.) Klok., *Epilobium angustifolium* L., *Erigeron canadensis* L., *Festuca valesiaca* Gaudin, *Fragaria vesca* L., *Hypericum perforatum* L., *Hieracium umbellatum* L., *Medicago falcata* L., *M. lupulina* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Onobrychis arenaria* (Kitt.) DC., *Plantago lanceolata* L., *Poa pratensis* L., *Phyteuma orbiculare* L., *Potentilla arenaria* Borkh., *Ranunculus zapalowiczii* Pacz, *Salvia verticillata* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Scabiosa ochroleuca* L., *Teucrium montanum* L., *Thalictrum minus* L., *T. baukinii* Crantz., *Trifolium rubens* L., *T. pratense* L., *Tussilago farfara* L., *Veronica chamaedrys* L., проективное покрытие которых менее 1%.



Эколого-ценотические условия местообитаний *C. onopordifolia* в новом локалитете схожи с таковыми на Подольской, Волынской, Люблинской и Малопольской возвышенностях. Все места произрастания приурочены к южным, юго-западным и юго-восточным склонам останцевых меловых гор. В большинстве локалитетов в пределах всего ареала популяции вида входят в состав формации *Cariceta humilis*. Однако, как отмечает Я. П. Дидух [4], этот облигатный кальциефил тяготеет к серийным сообществам с *Inula ensifolia*, которые возникают в результате эрозионной дигрессии лугово-степных сообществ *Cariceta humilis*. Значительно реже *C. onopordifolia* является компонентом луговой формации *Brizetae mediae* [6; 13; 20; 21; 26].

Поскольку этапы онтогенеза *C. onopordifolia* подробно описаны в работе А.Т. Зеленчука [7], здесь приводим лишь краткое описание диагностических признаков каждого этапа. В большом жизненном цикле этого вида выделяются такие периоды: латентный, виргинильный (который включает в себя ювенильный, имматурный и собственно виргинильный), а также генеративный. Поскольку *C. onopordifolia* является монокарпиком, сенильной период у него отсутствует.

Ювенильные растения (j) характеризуются неразветвленным побегом длиной 10–16 см и наличием 2–3 настоящих листьев. Первые листья цельнокрайние и покрыты густым опушением. Корень неразветвленный с немногочисленными корневыми волосками.

Имматурные растения (i) существенно отличаются от ювенильных. Общее количество листьев – 6–10. Они серовато-зеленые, жесткие, черешковые. Размеры листьев: длина – 9,1 см, ширина – 3 см, длина корня – 7,5 см, диаметр – 2 см. Высота растения – до 16 см.

Виргинильные растения (v) имеют 10–18 листьев, расположенных в два яруса. Нижние листья имеют длину от 15,4 см до 17,1 см, ширину от 1,2 см до 2,4 см, общая высота растения от 17,4 до 28,3 см. Длина корня 13,5 см, диаметр 8 см.

Генеративные растения (g) имеют четко выраженную трехъярусную розетку, которая состоит из 40–54 листьев. Они продолговато-эллиптические, перистораздельные иногда перистолопастные, с обеих сторон густопаутистые, с нижней стороны сероватые. Листья нижнего яруса имеют длину от 13,6 см до 16,5 см, ширину – от 6,9 см до 9,7 см; среднего – длину от 7,4 см до 10,2 см, ширину от 2,4 см до 3,0 см. Корзинка около 7–8 см длиной (с вытянутыми внутренними листьями обертки) и до 15–20 см в диаметре (с отвернутыми горизонтально листьями), диск корзинки (без листочков) около 7–10 см в диаметре. Корень разветвленный, толстый, длиной до 34 см.

Приводим результаты полевых исследований популяций *C. onopordifolia* в Украине.

Ровенская обл., Млиновский р-н

1. Гора Смордва в окрестностях одноименного села, представляет собой останец высотой 25 м, сложенный мелом, который у подножия горы перекрыт суглинками, мощностью 40–50 см. Почвы – дерново-карбонатные (рендзины). Лугово-степная растительность покрывает южный склон, крутизной 40–50°. Проективное покрытие растительного покрова – 80 %, а доминанта *Carex humilis* – 30 %. Популяция *C. onopordifolia* приурочена к юго-западной части склона. Средняя плотность ее составляет 1–3 особи на 1 м², максимальная – 5 особей на 1 м². Спектр онтогенетических состояний популяции приведен в таблице 1.









2. Урочище Грабовещина в окрестностях с. Владиславовка представляет собой меловый склон, который у подножия перекрывается лессовидными суглинками, мощностью до 1 м. Почвы – дерново-карбонатные (рендзины). Лугово-степная растительность приурочена к крутому склону (250°) южной экспозиции. Ее проективное покрытие – 70%, проективное покрытие доминантов *Carex humilis* – 20%, *Inula ensifolia* – 15%. Средняя плотность популяции *C. onopordifolia* 2–6 особей на 1 м². (таблица 1).

Львовская обл., Золочевский р-н.

3. Гора Лысая находится между селами Красное и Майдан и представляет собой эрозионный останец, состоящий из карбонатных пород. Почвы – дерново-карбонатные, маломощные. *C. onopordifolia* входит в состав лугово-степных сообществ, которые занимают площадь около 40 га и приурочены к пологим склонам южной и юго-западной частей экспозиции. Проективное покрытие растительного покрова – 70–80%, проективное покрытие доминанта *Carex humilis* – 30%. Популяция *C. onopordifolia* является одной из крупнейших в Украине (таблица 1).

4. Гора Сипуха расположена рядом с горой Лысая. Ее площадь – 283 га. Подножие горы перекрыто суглинками, мощностью 40–50 см. Почвы – дерново-карбонатные (рендзины). Южный склон (крутизна – 30–50°) покрыт лугово-степной злаково-разнотравной растительностью. Проективное покрытие травостоя – 100%. Доминируют *Festuca valesiaca* Gaudin (40%), *Helictotrichon desertorum* (Less.) Nevski (20%) и *Inula ensifolia* L. (30%). Проективное покрытие *C. onopordifolia* составляет 2%.

Популяция *C. onopordifolia* занимает небольшую площадь. Она малочисленна (таблица 1), растения встречаются одиночно и небольшими группами по 2–6 особей на м².

5. Гора Стенка находится в окрестностях с. Стенка. Геологическую основу горы составляют меловые отложения. Подножие горы перекрыто суглинками, мощностью 20–40 см. Почвы – дерново-карбонатные (рендзины). Южный склон (крутизна – 20–50°) покрыт лугово-степной злаково-разнотравной растительностью. Проективное покрытие травостоя – 90%. Доминантами здесь выступают *Briza media* L. (30%) и *Dactylis glomerata* L. (25%). Субдоминантами являются *Carex humilis* Leys. (10%), *C. onopordifolia* 5%. Популяция *C. onopordifolia* многочисленна и насчитывает 1217 особей (таблица 1). Средняя плотность популяции 2–9 особей на м², максимальная – 10–20 (таблица 1).

6. Гора Белая (Подлесская), площадью – 146,5 га, расположена вблизи с. Подлесье.

Геологическую основу горы составляют меловые отложения. Почвы – дерново-карбонатные (рендзины). Южный склон (крутизна – 20–30°) покрыт лугово-степной злаково-разнотравной растительностью. Общее проективное покрытие составляет 90%, проективное покрытие доминанта *Carex humilis* – 20%.

Популяция *C. onopordifolia* многочисленна, растения встречаются одиночно и небольшими группами по 5–20 особей на м² (таблица 1).

7. Гора Сторожиха расположена к северу от села Жулицы. Почвы – дерново-карбонатные (рендзины). В прошлом склоны этой горы были покрыты лугово-степной растительностью и только на вершине росла сосна [22]. В настоящее время склоны этой горы покрыты загущенными 30-летними сосновыми культурами. Лугово-степная растительность сохранились в междурядьях и в местах выпадения деревьев. К одному из таких мест приурочена популяция *C. onopordifolia*, в состав которой входят только 14 особей, и только одна из них генеративная. Ювенильные растения отсутствуют (таблица 1). Очевидно, в прошлом эта популяция занимала большую площадь и была более



многочисленной. Целенаправленное высаживание здесь сосны и создание лесной культуры привело к деградации популяций *C. onopordifolia*.

Бродовский р-н.

8. Гора Макитра расположена вблизи с. Бучино и представляет собой высокий останец с возвышением в 90 м над Малым Полесьем. Лугово-степная растительность приурочена к известняковым склонам. Проективное покрытие травостоя – 100%. Доминируют *Carex humilis* (30-50 %), *Bromopsis inermis* (25%). Проективное покрытие *C. onopordifolia* составляет меньше 1%.

Данная популяция является инвазионной. Растительный покров г. Макитра детально был изучен ранее рядом ученых [17; 19; 22]. Однако *C. onopordifolia* ими здесь не была обнаружена. Впервые особи этого вида были зафиксированы нами в начале нового тысячелетия [14]. Наличие только одной генеративной особи и 4-х виргинильных особей свидетельствует о том, что процесс становления новой популяции *C. onopordifolia* достаточно медленный.

Тернопольская обл., Бережанский р-н.

9. Гора Голица расположена между селами Куряны и Демня. Степная растительность приурочена к южному и юго-западному склонам горы Голица и занимает площадь около 60 га. Проективное покрытие травяного покрова – 100 %, а *C. Onopordifolia* – 5%. В состав популяции этого вида входят 171 особь (таблица 1).

Кременецкий р-н.

10. Гора Курилиха расположена в окрестностях с. Лопушное. Эколого-ценотические условия местообитаний *C. onopordifolia* описаны выше.

Ивано-Франковская обл., Рогатынский р-н.

11. Урочище «Большие Голды». Популяция *C. onopordifolia* находится в нижней части юго-восточного склона. Почвы – рендзины, мощностью до 55 см., сформированные на гипсоангидритных отложениях. Лугово-степная растительность имеет проективное покрытие травостоя 100%. Доминантами здесь выступают *Brachypodium pinnatum* и *Carex montana* (30%). Проективное покрытие *C. onopordifolia* составляет 10%.

Популяция *C. onopordifolia* многочисленна (табл. 1). Растения встречаются группами по 10–20 особей на м² (таблица 1).

Винницкая обл., Чечельницкий р-н.

12. Урочище Терещуков яр. Расположено в окрестностях пгт. Чечельник. Почвы – черноземы типичные. Лугово-степная растительность представлена формацией *Cariceta humilis*. Проективное покрытие травостоя – 90%. Доминантами здесь выступают *Carex humilis* (50%) и *Teucrium chamaedrys* (25%). Проективное покрытие *C. onopordifolia* составляет 10%.

Популяция *C. onopordifolia* малочисленна (таблица 1). Средняя плотность популяции 1–5 особей на м².

13. Урочище Бабиево. Расположено в окрестностях с. Красная Плотина. Площадь участка – 0,5 га. Почвы – черноземы типичные. Лугово-степная растительность представлена формацией *Cariceta humilis*, ассоциациями *Carex humilis* + *Poa pratensis*. Проективное покрытие травостоя – 90 %. Доминантами выступают *Carex humilis* (60%) и *Poa pratensis* (20%). Проективное покрытие *C. onopordifolia* составляет 5%.

Популяция *C. onopordifolia* малочисленна. Средняя плотность популяции 1–5 особей на м², максимальная – 10–12 особей на м² (таблица 1).

14. Урочище Васильевка. Расположено в окрестностях с. Васильевка. Площадь участка – 4500 м². Почвы - черноземы типичные. Лугово-степная растительность пред-



ставлена формацией *Cariceta humilis*, которая образует ассоциацию *Carex humilis* + *Melica nutans*. Проективное покрытие травостоя – 90%. Доминантами выступают *Carex humilis* (50%) и *Melica nutans* (30%). Проективное покрытие *C. onopordifolia* – 15%.

Популяция *C. onopordifolia* малочисленна. Средняя плотность популяции 1–2 особи на м², а максимальная – 10 особей на м² (таблица 1).

15. Урочище Ромашково. Расположено в окрестностях с. Васильевка. Локальная популяция *C. onopordifolia* приурочена к средней и нижней части южного склона холма. Почвы – черноземы. Лугово-степная растительность представлена формацией *Cariceta humilis*, которая образует ассоциации *Carex humilis* + *Melica nutans*. Проективное покрытие травостоя – 90%. Доминантами выступают *Carex humilis* (60%) и *Melica nutans* (20%). Проективное покрытие *C. onopordifolia* составляет 5%.

Популяция *C. onopordifolia* многочисленна (800 особей), растения встречаются небольшими группами по 6–14 особей на м² (таблица 1).

Выводы

Из 23 локалитетов *C. onopordifolia*, зафиксированных в Украине на Волыно-Подольской возвышенности, до сегодняшних дней сохранилось 17, в том числе 2 на Волынской возвышенности и 15 на западе Подольской возвышенности. Анализ возрастной структуры исследованных популяций показал, что большинство из них являются гомеостатическими с левосторонними спектрами онтогенетических состояний, что свидетельствует о соответствии ценологических условий луговых степей, которые покрывают меловые склоны останцевых гор Западного Волыно-Подолья, экологическим потребностям *C. onopordifolia*.

Несмотря на то, что семена *C. onopordifolia* легко разносятся ветром на большие расстояния, формирование инвазионных популяций вне существующих локалитетов не происходит, поскольку нет достаточного количества экотопов, благоприятных для их формирования. Обнаружена только одна инвазионная популяция вида на горе Макитра.

Создание лесных культур на степных склонах препятствует нормальному развитию популяций и приводит к регрессивным изменениям, как это наблюдается на горе Сторожиха.

Если будут сохранены луговые степи на Волыно-Подольской возвышенности, то сохранятся и популяции *C. onopordifolia*. В целом, охрана луговых степей в регионе удовлетворительная. Популяции *C. onopordifolia* охраняются: во Львовской области – в ботаническом памятнике природы общегосударственного значения Лысая гора и гора Сипуха, в ботанических памятниках природы местного значения Белая гора, Жулицькая, Стенка, Макитра (все они вошли в состав недавно созданного национального природного парка Северное Подолье); в Ивано-Франковской области – в ботаническом памятнике природы общегосударственного значения Чертова гора, ботаническом памятнике природы местного значения Большие Голды, в Тернопольской области – на территории Голицкого заказника общегосударственного значения. На основании наших исследований и разработанных научно-обоснованных рекомендаций в Ровенской области созданы ботанические заказники Смордва и Грабовщина. Также нами предложено создать в Кременецком районе Тернопольской области ботанический заказник «Гора Курилиха».

Все четыре локалитета вида в Волынском Подолье находятся на территории национального природного парка Кармелюковое Подолье. При этом две из них – в урочищах Терещуков яр и Ромашково являются ботаническими заказниками мест-



ного значення, а два других – в урочищах Бабіево и Васильевка – такого статуса не имеют. Эти степные участки необходимо исключить из хозяйственного и рекреационного использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андржейовский, А. Продолжение исчисления растений Подольской губернии и смежных с нею мест // Университетские известия. – Киев. – 1862. – № 7. – С. 94–142.
2. Баран, Є. Вікова структура *Carlina oporordifolia* у деяких популяціях на території гір Лиса та Біла Львівської області / Є. Баран, Т. Сапоженкова, М. Скибітська, З. Ліскович, В. Хома, М. Вергола // Проблемы охраны генофонду природы Полісся : збірник наукових праць Луцького біотехнічного інституту. – Луцьк, 2001. – С. 6–7.
3. Вінченко, Т.С. Рослини України під охороною Бернської конвенції / Т.С. Вінченко. – Київ : Хімджест, 2006. – 160 с.
4. Дідух, Я.П. Етюди фіто екології / Я.П. Дідух. – Київ : Арістей, 2008. – 268 с.
5. Дмитраш, І.І. Поширення та еколого-ценотичні особливості *Carlina cirsioides* Klokov і *Carlina oporordifolia* Besser. ex Szafer, Kulcz. et Pawl. на Бурштинському Опіллі / І.І. Дмитраш, Н.В. Шумська // Теоретичні та практичні аспекти флорології та фітосозології: Збірник праць всеукраїнської наукової конференції присвяченої 90-річчю з дня заснування Ботанічного музею. – Київ, 2011. – С. 77–81.
6. Заверуха, Б.В. Нові дані до хорології та фітоценотичної приуроченості рідкісного реліктового виду *Carlina oporordifolia* Bess. ex Szaf., Kulcz. et Pawl. / Б.В. Заверуха // Український ботанічний журнал. – 1981. – Т. 38, № 2. – С. 49–52.
7. Зеленчук, Т.К. Динамика численности и возрастные группы популяции исчезающего вида *Carlina oporordifolia* Bess. в связи с его интродукцией / Т.К. Зеленчук, А.Т. Зеленчук // Флора и растительность Украины. – К. : Наук. думка, 1985. – С. 39–41.
8. Зеленчук, А.Т. Биоморфологические особенности *Carlina oporordifolia* Bess., ее интродукция и охрана // Бюллетень Главного ботанического сада. – М. : Наука, 1986. – Вып. 142. – С. 69–74.
9. Кагало, О.О. Судинні рослини державного заказника «Лиса гора та гора Сипуха» в Золочівському районі Львівської області / О.О. Кагало, М.М. Загультський, А.Т. Зеленчук, Н.М. Сичак // Наукові основи збереження біотичної різноманітності : Тематичний збірник Інституту екології Карпат НАН України. : Львів : «Ліга-Прес», 2006. – Випуск 6. – С. 66–81.
10. Клоков, М.В. Рід відкалик – *Carlina* L. / М.В. Клоков // Флора УРСР. – Київ : вид-во АН Української РСР, 1962. – Т. 2. – С. 419–431.
11. Красная книга СССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений / Под ред. А.М. Бородин. – М., 1984. – Т. 2. – 480 с.
12. Куковиця, Г.С. Степные заказники и памятники природы / Г.С. Куковиця // Охрана важнейших ботанических объектов Украины, Белоруссии, Молдавии. – Киев : Наукова думка, 1980. – С. 221–235.
13. Мельник, В.І. Географічне поширення та умови місцезростань *Carlina oporordifolia* на Волинській височині / В.І. Мельник, В.О. Володимирець, І.І. Кузьмишина // Вісник національного науково-природничого музею. Сер. Ботанічна. – 2005–2007. – Ч.2. – С. 489–495.



14. Мельник, В.І. Горицвіт весняний (*Adonis vernalis* L.) в Україні / В.І Мельник., М.І. Парубок. – Київ : Фітосоціоцентр, 2004. – С. 45–50.
15. Работнов, Т.А. Фитоценология / Т.А. Работнов. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1984. – 296 с.
16. Скварко, К.О. Відтворюваність та коефіцієнт поляризації деяких рідкісних і зникаючих рослин заказника «Лиса гора» (Львівська обл.) / К.О. Скварко, М.І. Скибіцька, Є. І. Баран // Український фітоценологічний збірник. – 1999. – Сер. А, № 1–2 (12–13). – С. 38–41.
17. Стойко, С.М. Ботанічні резервати і пам'ятки природи Львівської області / С.М. Стойко // Охорона природи Українських Карпат та прилеглих територій. – Київ : Наукова думка, 1980. – С. 194–219.
18. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я.П. Дідуха. – К. : Глобалконсалтинг, 2009. – 912 с.
19. Шелест, С.Л. Про деякі рідкісні рослини Львівської області / С.Л. Шелест // Український ботанічний журнал – 1956. – Т. 13, №4. – С. 45–46.
20. Binkiewicz, B. Nowe stanowisko *Carlina onopordifolia* (Asteraceae) na Wyzynie Miechowskiej / B. Binkiewicz // *Fragm. Flor. Geobot.* – 2011. – Т. 18, №1. – S. 165–167.
21. Cieslak, E. Nowe stanowisko *Carlina onopordifolia* (Asteraceae) na Wyzynie Lubelskiej / E. Cieslak, W. Paul, J. Cieslak // *Ibid.* – 2009. – Т. 16, №2. – S. 431–442.
22. European Red List of Vascular Plants / M. Bilz., S.P. Kell, N. Maxted end R.V. Landsdown. – Luxemburg : Publications Office of European Union, 2011. – 230 p.
23. Koczwarą, M. Granice florystyczne Podola / M. Koczwarą // *Kosmos A.* – 1925, T. 5. – S. 1285–1322.
24. Motyka, J. Notatki florystyczne z okolicy Lysey góry koło Złoczowa / J. Motyka // *Ibid.* – 1936, T. 61. – S. 219–224.
25. Motyka, J. Rozmieszczenie i ekologia roślin naczyniowych na północnej krawedzi zachodniego Podola / J. Motyka. – Lublin : Un-t Mari Curie - Skłodowskiej, 1947. – 400 s.
26. Polska Czerwona Księga roślin / Ed. By K. Zarzycki, R. Kazmierczakowa. – Kraków, 1993. – 310 s.

***V.I. Melnik, I.P. Logvynenko, I.O. Skoroplas, V.N. Batochenko* Modern Status of Populations of *Carlina Onopordifolia* Besser Ex Szafer, Kulcz. & Pawl. in Ukraine**

Modern state of population of rare species of Ukrainian flora *Carlina onopordifolia* Besser. ex Szafer, Kulcz. et Pawl (Asteraceae) are considered. Analyzis of age structure of *Carlina onopordifolia* populations in Ukraine are shown qualitative differentiation depending on the modern state of natural habitats. Homeostatic populations with complete ontogenetic state are prevail in antropogenicly not disturbed habitats in meadow steppes. Sylvycultural plantation of *Pinus sylvestris* in steppe slopes are caused of degradation of *Carlina onopordifolia* population in Western Wolhynia - Podilla.

Recommendation for improvement of protection of *Carlina onopordifolia* in Western Podilla are proposed.



УДК 581.4

Н.В. Шкуратова

О ЖИЗНЕННЫХ ФОРМАХ РОДА *SALIX* L.

В статье проводится обзор состояния современного уровня знаний о жизненных формах древесных растений и многообразии жизненных форм, характерных для многочисленного рода *Salix* в связи с распространением и родственными связями. Для рода *Salix* L. характерен широкий диапазон жизненных форм – от крупных деревьев и кустарников умеренной зоны до ксилоризомных кустарничков арктической и голарктической областей.

Жизненные формы являются объектом внимания специалистов разных отраслей ботаники. Исследователей интересует широкий круг вопросов, в том числе: фитоценологическая роль жизненных форм, спектры жизненных форм в разных ценозах и различных таксонах, особенности морфо-анатомических признаков жизненных форм и влияние на них экологических факторов, решение вопросов классификации жизненных форм на филогенетической основе, разработка вопросов происхождения и эволюции жизненных форм в пределах разных таксонов [1]. Изучение жизненных форм в пределах какого-либо естественного таксона позволяет судить о путях и направлениях эволюции как самих жизненных форм, так и самих таксонов. Проблема жизненных форм состоит также в выявлении закономерности формирования в онтогенезе и в ходе эволюции таксонов на фоне изменения среды [2].

Проблема выбора жизненных форм актуальна и для практики зеленого строительства. В прошлом недооценка роли кустарников в деле степного лесоразведения привела к значительной гибели лесных посадок так называемого «нормального типа», т. е. посадок, состоящих только из деревьев. К сожалению, опыт степного лесоразведения, с применением разных древесных жизненных форм, еще очень слабо используется в практике городского зеленого строительства, что значительно понижает устойчивость древесных насаждений или ведет их к преждевременной гибели.

Понятие о «жизненной форме» как совокупности приспособительных признаков ввел один из основоположников экологии растений Е. Варминг. По его определению, это форма, в которой вегетативное тело растения находится в гармонии с внешней средой в течение всей его жизни. А.П. Шенников в 1964 году определил жизненную форму как «виды растений, сходные по форме и приспособлению к среде». Та же мысль по-иному выражена В.В. Алехиным (1944): «Жизненная форма – это результат длительного приспособления растений к местным условиям существования, выраженный в его внешнем облике». И.Г. Серебряков (1962) рассматривает жизненную форму как своеобразный габитус определенных групп растений, возникающий в онтогенезе в результате роста и развития и исторически сложившийся в определенных условиях внешней среды как выражение приспособленности к этим условиям [3].

Разногласия современных исследователей в отношении значения термина «жизненная форма» наблюдаются по целому ряду аспектов. Вопрос о признаках, которые рассматриваются как ведущие в отношении растения к определенной жизненной форме, основательно разработан С.Н. Кирпотиным (1994), который считает, что при выделении жизненной формы важен результат, то есть сама форма, а не способ, каким этот результат достигнут, и не условия, которые содействовали достижению этого результата. В.Н. Голубев (1980) жизненные формы рассматривает как «морфологические систе-



мы, характеризуючыся всей совокупностью признаков структурного, функционального и биохимического характера». Однако, как замечает В.А. Недолужко, подобное определение более соответствуют определению морфологической характеристики вида или внутривидового таксона, а не жизненной формы [4].

По определению П.Ю. Жмылева и соавторов (1993), жизненная форма есть «общий облик растения, обусловленный своеобразием его системы надземных и подземных вегетативных органов..., формирующихся в онтогенезе в результате роста и развития растения в определенных условиях среды». Авторами делается попытка объединить в одном понятии, кроме признаков собственно формы, также и происхождение этой формы и условия среды, в которых форма развивается. В.А. Недолужко предлагает дополнить приведенное выше определение и понимать под жизненной формой растительного организма общий габитус растения, определяемый морфологическим своеобразием его внесубстратных и внутрисубстратных органов. Автор указывает, что подобного рода уточнение обусловлено рядом факторов, в том числе:

- необходимостью охвата жизненных форм водных неприкрепленных растений, паразитических форм, эпифитов и других растений, не имеющих подземных, а в некоторых случаях – и надземных органов;
- габитус растения не может быть обусловлен «своеобразием его органов»;
- в формировании жизненной формы в ряде случаев играет большую роль не только вегетативная, но и генеративная сфера, например, у некоторых паразитов (цветок *Rafflesia*);
- именно морфологическое своеобразие, а не кариологическое или биохимическое является определяющим при определении той или иной жизненной формы [4].

Наиболее разработанной современной классификацией жизненных форм остается классификация, предложенная И.Г. Серебряковым. В ней использован комплекс признаков в соподчиненной системе и приняты такие единицы классификации, как отделы, типы, классы, подклассы, группы, подгруппы, секции жизненных форм и собственно жизненная форма. Выделение отделов основано на структуре надземных осей (древесные, полудревесные и травянистые); типов – на относительной длительности жизни надземных осей или на длительности жизни растений в целом. Классы в пределах типов выделяют на основе структуры побегов, например, растения с прямостоячими, стелющимися и другими побегами. Более мелкие таксономические единицы выделены по более частным признакам.

По И.Г. Серебрякову, все жизненные формы деревянистых растений относятся к двум отделам – древесные (деревья, кустарники, кустарнички, древовидные и кустарниковые лианы, растения-подушки) и полудревесные растения (полукустарники, полукустарнички, полукустарниковые и полукустарничковые лианы) [1; 5].

Дерево – эволюционно наиболее древний тип жизненной формы семенных растений, возникший около 400 млн лет назад. Деревья всегда обладают достаточно развитым одревесневшим стволом, разветвленным или неветвящимся, сохраняющимся в течение всей жизни растения – от десятков до тысячи лет. Высота деревьев может составлять от 2–5 до 100 м и более. Самый высокий процент деревьев – во флоре влажно-тропических лесов, а в тундре, высокогорьях нет ни одного настоящего прямостоячего дерева. Во флоре умеренной лесной зоны Европы деревья составляют не более 10–12% общего числа видов. Поэтому жизненная форма «дерево» является высокоспециализированным типом растения, приспособленным к климатическим и ценотическим условиям, наиболее оптимальным для роста. К древесным формам относятся наиболее



крупные высшие растения, они обладают способностью нарастания побегов, кроны их занимают максимальное пространство над землей.

У кустарников главный ствол выражен только в первые годы жизни растения. Затем он теряется среди равных ему или даже более мощных надземных стеблей (скелетных осей), последовательно возникающих из спящих почек; позже ствол отмирает. Большинство видов кустарников несет полностью одревесневающие удлиненные побеги. Среди кустарников с полностью одревесневающими удлиненными побегами различают прямостоячие (виды лещины, барбариса, розы, сирени, жимолости), полупростратные и стелющиеся, у которых главная ось и боковые ветви лежащие, укореняющиеся, но приподнимающиеся у верхушки. Такие кустарники (сосна горная стланиковая, ольховник кустарниковый, горные заросли ивняков и кустарниковых видов можжевельника) широко распространены в субальпийских и субарктических областях, образуя криволесье. В отличие от деревьев длительность жизни надземных скелетных ветвей кустарников в большинстве случаев невелика: 10–20 лет (от 2–3 до 40 лет и более). Высота кустарников от 0,8–1 до 5–6 м, диаметр надземных скелетных осей от 1–2 до 5–8 см.

Кустарнички – древесные растения, у которых главная ось имеется лишь в начале онтогенеза. Затем она сменяется боковыми надземными осями, образующимися из спящих почек базальной части материнской оси. Поэтому во взрослом состоянии кустарнички имеют большое число ветвящихся скелетных осей, связанных друг с другом надземно и подземно и последовательно сменяющихся в течение онтогенеза растений. Длительность жизни прямостоячих надземных осей у кустарничков обычно не превышает 5–10 лет, а высота растений может составлять от 5–7 до 50–60 см. Среди кустарничков преобладают вечнозеленые (вереск, брусника, клюква, толокнянка, водяника, линнея), но есть и листопадные (голубика) или такие, как черника: до 10–12 лет она вечнозеленая, а позже становится листопадной. Кустарнички широко распространены в тундре, лесотундре, тайге и высокогорных областях.

Полукустарники – полудревесные растения, у которых удлиненные побеги на значительной части длины ежегодно остаются травянистыми и отмирают. Сохраняются и одревесневают лишь базальные части надземных осей. В отличие от деревьев и кустарников у полукустарников почки возобновления располагаются только близ поверхности почвы. Обитают они преимущественно в засушливых областях (виды полыни, астрагала, тмина, шлемника, дрока). К полукустарникам также принято относить многолетние растения типа малины, ежевики и малиноклена. У них побеги обычно одревесневают полностью, но живут только два года. В первый год побеги несут листья и почки возобновления, во второй – листья, цветки и плоды. После созревания плодов побеги отмирают, а на смену им вырастают новые побеги, опять-таки с двухлетним циклом развития.

Лианы – растения с гибкими неустойчивыми стеблями, которые для своего роста в высоту нуждаются в опоре. Лианы могут быть древовидными (виды гнетума, ротанговых пальм, винограда, актинидии), кустарниковыми со стеблями не толще 10 см (виды древогубца, лимонника, виноградовика), кустарничковыми (плющ обыкновенный), полукустарниковыми (паслен сладко-горький). Некоторые древовидные лианы являются самыми длинными растениями на Земле; например, отдельные виды ротанговой пальмы способны достигать 300 м в длину.

Древесные растения-подушки – жизненная форма, возникающая в крайне жестких условиях существования (пустыня, тундра, высокогорье). Для растений-подушек (виды руты, астрагала, волчегонника, молочая) характерны ничтожно малый прирост, сильная редукция листьев, выровненная поверхность подушки высотой от 0,1 до 1 м [5].



Данные об объеме рода *Salix L.* на земном шаре противоречивы – от 300–350 видов до 526 видов. Многочисленные виды рода *Salix L.* распространены достаточно широко. Ивы произрастают в умеренно холодных областях Европы и Азии, Северной Америке, в горах Китая, субтропической зоне Африки и Южной Америки. Из умеренно холодных областей Европы ивы проникли и в арктическую зону. Совсем нет их в Австралии, Новой Зеландии, Океании, в антарктической области, а также в западной части Индонезии, западной тропической Африке и восточной Бразилии [6; 7].

В условиях Арктики биоморфологические приспособления пассивного и активного типа привели к появлению у растений в одном случае – кустарников и кустарничков, в другом – стлаников и стланичков [8], что расширило диапазон жизненных форм рода *Salix* – от привычных нам крупных деревьев и кустарников умеренной зоны до ксилоризомных кустарничков арктической и голарктической областей [9].

Т.Г. Дервиз-Соколова, изучая жизненные формы ив Чукотского полуострова, в частности морфогенез *Salix pulchra Cham.*, отмечает широкий спектр ее жизненных форм. Здесь она представлена четырьмя жизненными формами: высокий аэроксильный кустарник высотой 3,5–5 м; низкий аэроксильный кустарник; аэроксильный стланичковый кустарник всего 0,5–0,8 м высотой; стланичковый стержневой кустарничек с надземными ветвями, переходящими в древесные эпигеогенные корневища (ксилоризомы), с более или менее многочисленными придаточными корнями [10; 11].

К кустарничкам относятся в основном арктические виды ив: *Salix myrsinites L.*, *Salix pulchra Cham.*, *Salix arctica Pall.*, *Salix reticulata L.*, *Salix herbacea L.*, *Salix reptans Rupr.* и *Salix polaris Wahlenb.* У многих из них стволики целиком погружены в субстрат, а на поверхности появляются только немногочисленные листья и сережки. У таких видов, как *Salix herbacea L.*, *Salix polaris Wahlenb.* и другие, развиваются настоящие столоны (подземные побеги) с рудиментарными чешуйками вместо листьев. Т.Г. Дервиз-Соколова «подземные столоны» (многолетние одревесневающие корневища) предлагает называть «ксилоризомами». В отличие от наземных побегов ив, ветвление которых происходит симподиально, столоны (ксилоризы) растут моноподиально. При этой системе ветвления главная ось не прекращает роста в длину, развиваясь из верхушечной почки, и образует ниже своей точки роста боковые ветви. Моноподиальный характер роста типичен для ивы травянистой и полярной [9; 11].

В различных ветвях рода *Salix* сходный морфологический прогресс по многим линиям осуществлялся параллельно. Переход от древесной к кустарниковой форме роста независимо осуществили виды секций *Amygdalinae* и *Longifoliae* в подроде *Salix*. Как отмечает А.К. Скворцов, виды подродов *Vetrix* и *Chamaetia* произошли не от этих секций и, следовательно, независимо от них перешли к кустарниковому росту [6].

А.К. Скворцов подразделяет род *Salix* на 3 подрода, в которых жизненные формы распределяются следующим образом [6]:

– в подроде *Salix* большинство представителей дерева. Листья всегда равномерно пильчатые, острые, плоские, с не сдавленными жилками и не подвернутыми краями, прицветные чешуи сережек не окрашены, тычинок часто более 2, нити их опущенные. К этому подроду относятся: *Salix fragilis L.*, *Salix triandra L.*, *Salix pentandra L.*, *Salix songarica Anderss.*, *Salix babylonica L.*, *Salix alba L.*, *Salix nipponica Fr. Et Sav.*, *Salix cardiophylla Trautv. et Mey.*, *Salix Urbaniana Seemen.*;

– к подроду *Vetrix* относят более высокорослые виды – кустарники или деревья умеренной лесной зоны, влажных местообитаний аридных зон и отчасти субальп и лесотундры. Кроме более высокого роста, видам этой группы свойственно заметное раз-



личие между почками, заключающими зачатки вегетативных или генеративных побегов; также обычно ранее цветение и коррелированное с ранним цветением строение генеративного побега: отсутствие или слабое развитие на нем листьев и темная окраска прицветных чешуй. Представителями подрода являются: *Salix caprea* L., *Salix cinerea* L., *Salix acutifolia* Willd., *Salix myrsinifolia* Salisb., *Salix vulpine* Anderss., *Salix cineria* L., *Salix aurita* L., *Salix hultenii* B. Floder., *Salix livida* Whld., *Salix orotchonorum* Kimura, *Salix taraikensis* Kimura, *Salix poronaica* Kimura, *Salix oblongifolia* Trautv. et Mey., *Salix rossica* Nas., *Salix Schwerinii* E. Wolf., *Salix yezoënsis* Kimura, *Salix pseudolinearis* Nas., *Salix sachalinensis* Fr. Schmidt., *Salix lapponum* L., *Salix rorida* Laksch., *Salix rosmarinifolia* L., *Salix purpurea* L.

– подрод *Chamaetia* включает главным образом альпийские и тундровые виды – низкорослые и стелющиеся кустарнички. У них обычно сережка завершает удлинённый и облиственный побег, в связи с этим цветение происходит относительно поздно, а семена успевают созреть только к концу вегетационного периода. Очевидно, представители этого подрода произошли от подрода *Vetrix* благодаря упрощению вегетативной сферы. К этому подроду относятся: *Salix glauca* L., *Salix reticulata* L., *Salix herbacea* L., *Salix polaris* Wahlenb., *Salix berberifolia* Pall. [12].

По таксономической характеристике флора Белоруссии очень близка флорам сопредельных с ней регионов и в целом флоре умеренного пояса Восточно-европейской равнине. Древовидные растения представлены 108 видами, из них 27 деревья, 58 кустарники, 23 полукустарники и кустарнички [13].

В Республике Беларусь всего известно 16 видов ив, а также широко культивируемый вид *Salix babylonica* L. В Красную книгу Беларуси занесен один вид – *Salix myrtilloides* L., мелкий кустарник, который обитает на мезотрофных осоково-сфагновых болотах с преобладанием в травяном покрове осок топяной и волосистоплодной. Под профилактическую охрану взят небольшой кустарник *Salix lapponum* L. – довольно редкий «пограничный» с уязвимыми экотопами (преимущественно болотными) вид [14; 15].

Во флоре Беларуси к деревьям относятся такие виды, как *Salix acutifolia* Willd., *Salix alba* L., *Salix caprea* L., *Salix dasyclados* Wimm., *Salix fragilis* L., *Salix pentandra* L., *Salix triandra* L., кустарниками являются *Salix acutifolia* Willd., *Salix aurita* L., *Salix caprea* L., *Salix cinerea* L., *Salix dasyclados* Wimm., *Salix lapponum* L., *Salix myrsinifolia* Salisb., *Salix myrtilloides* L., *Salix pentandra* L., *Salix purpurea* L., *Salix rosmarinifolia* L., *Salix starkeana* Willd., *Salix triandra* L., *Salix viminalis* L. [16].

Некоторые виды (*Salix caprea* L., *Salix dasyclados* Wimm., *Salix triandra* L.) представлены одновременно и деревом, и кустарником. Между деревом и кустарником довольно трудно провести точное разграничение, и это деление в некоторой степени условно, так как трансформация жизненных форм не однонаправлена и зависит от условий окружающей внешней среды. Нередко один и тот же вид в разных географических и экологических условиях принимает довольно различные жизненные формы, значительно отличающиеся друг от друга.

Таким образом, многообразие жизненных форм растений на Земле отражает как различные уровни приспособленности их к условиям внешней среды, так и разные этапы эволюции. Для рода *Salix* L. характерен широкий диапазон жизненных форм – от крупных деревьев и кустарников умеренной зоны до ксилоризомных кустарничков арктической и голарктической областей. Во флоре Беларуси род *Salix* L. представлен жизненными формами дерево и кустарник. Наиболее многочисленный по видовому составу подрод *Vetrix*. Большая часть видов являются крупными кустарниками, а ряд видов



одновременно могут быть как деревьями, так и кустарниками. Мелкие кустарники приурочены исключительно к болотным экотопам. Кустарнички характерны для арктических зон, в белорусской флоре не встречаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Культиасов, И.М. Экология растений / И.М. Культиасов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 384 с.
2. Лархер, В. Экология растений / В. Лархер. – М. : Мир, 1978. – 382 с.
3. Горышина, Т.К. Экология растений : учеб. пособие / Т.К. Горышина. – М. : Высш. шк., 1979. – 368 с.
4. Недолужко, В.А. Снова о понятии «жизненная форма» у растений / В.А. Недолужко // Проблемы ботаники на рубеже XX–XXI в.в. : тез. докл. II(X) съезда Рус. ботан. общ-ва, С.-Петербург, 26–29 мая 1998 г. / Рос. акад. наук, Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова. – СПб., 1998. – Т. 1. – С. 59.
5. Булыгин, Н.Е. Дендрология / Н.Е. Булыгин. – Л. : Агро-промизд. Ленинградское отделение, 1991. – 352 с.
6. Скворцов, А.К. Ивы СССР. Систематический и географический обзор / А.К. Скворцов. – М. : Наука, 1968. – 260 с.
7. Fang-Zhen-Fu. Spreading and Origin of Salix genus / Fang-Zhen-Fu // Acta phytotaxon. Sin. – 1987. – Vol. 25, № 4. – P. 307–313.
8. Чавчавадзе, Е.С. Структурные особенности древесины кустарников и кустарничков арктической флоры России / Е.С. Чавчавадзе, О.Ю. Сизоненко ; отв. ред. В.М. Еремин. – СПб. : Росток, 2002. – 272 с.
9. Алексеев Ю.Е. Растения тундры / Ю.Е. Алексеев, С.А. Баландин, М.Г. Вахрамеева. – М.: Классикс стиль, 2003. – 208 с.
10. Девиз-Соколова, Т.Г. Нектарники ив и их возможное происхождение / Т.Г. Девиз-Соколова // Морфологическая эволюция высших растений : материалы 6 Моск. совещ. по филогении раст., Москва, дек. 1981 г. / Моск. гос. ун-т. – М., 1981. – С. 36–37.
11. Валягина-Малюткина, Е.Т. Ивы европейской части России / Е.Т. Валягина-Малюткина. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 217 с.
12. Скворцов, А.К. Порядок ивовые / А.К. Скворцов // Жизнь растений : в 6 т. – М. : 1981. – Т. 5. (2). – С. 81–86.
13. Козловская, Н.В. Флора Белоруссии, закономерности ее формирования, научные основы использования и охраны / Н.В. Козловская. – Минск : Наука и техника, 1978. – 128 с.
14. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В.И. Парфенова. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
15. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / редколлегия Л.И. Хоружик (предс.) и др. – Минск: БелЭн, 2005. – 456 с.
16. Парфенов, В.И. Ивы Белоруссии : таксономия, фитоценология, ресурсы / В.И. Парфенов, И.Ф. Мазан. – Минск : Наука и техника, 1986. – 167 с.

N.V. Shkuratova About Life Forms of Genus Salix L.

The article provides an overview of the state of current knowledge about the life forms of woody plants and a variety of life forms characteristic of the numerous kinds of Salix in connection with the distribution and related links. Genus Salix L. characterized by a wide range of life forms, from large trees and shrubs in the temperate zone to the Arctic and shrubs ksilorizomnyh Holarctic region.



УДК 549.892.2

***М.А. Богдасаров, А.А. Комлев, М.В. Криницкая,
В.А. Нестеровский, Н.П. Петров***

ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЯНТАРЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ И УКРАИНЫ

В работе представлена геолого-генетическая модель янтареносных отложений Беларуси и Украины в сочетании с концепцией прогнозно-поисковой системы янтаря. Определено, в какой мере система зависит от современных представлений о генезисе ископаемых смол и как это влияет на принципиально-методические основы прогноза и поисков, их прямые и обратные связи в системе, базирующиеся на фактических данных о развитии территории Беларуси и Украины в кайнозое. Основываясь на результатах полевых и камеральных работ, позволивших детализировать сведения о стратиграфических особенностях янтареносных отложений Беларуси и Украины и провести ревизию ключевых участков и опорных разрезов в пределах исследуемой территории, выполнен анализ стратиграфической приуроченности, геологических обстановок и предпосылок формирования залежей янтаря в кайнозойских отложениях Беларуси и Украины.

В последние годы наметилось падение интереса к янтарю как в Беларуси, так и в Украине, главным образом потому, что после непрерывного наращивания объемов геологоразведочных работ в 1990-е годы произошел резкий спад – поиски новых проявлений сведены до минимума. Во-вторых, высокие темпы прироста запасов янтаря, достигнутые в Украине к началу 1990-х годов, в большинстве своем привели к значительному исчерпанию ресурсной базы и необходимости определения новых направлений наиболее эффективных поисков.

Целью работы является создание современной геолого-генетической модели янтареносных отложений Беларуси и Украины на основе комплексных исследований вещественного состава и структурно-морфологических особенностей отложений кайнозоя. Для достижения поставленной цели авторами был создан каталог скважин, вскрывших ископаемые смолы в кайнозойских отложениях Беларуси и Украины; детализировано геологическое строение важнейших проявлений янтаря, особенности их пространственного размещения; определены условия распространения янтаря, факторы его накопления; построены специализированные карты (литолого-фациальные и палеогеографические) с прогнозом янтареносности.

Вероятность выявления промышленных россыпей янтаря в Беларуси обусловлена наличием в осадочном чехле южной части ее территории морских палеогеновых отложений, в которых на Украине, на относительно небольшом удалении от границ Беларуси, установлены перспективные проявления ископаемых смол. Палеонтологические исследования янтареносных отложений, проводимые украинскими геологами на протяжении последних десятилетий [1], датируют возраст отложений с промышленным содержанием ископаемых смол ранним олигоценом (рюпельский ярус), что соответствует межигорской свите харьковской серии (в Беларуси – верхняя часть харьковского горизонта).

По северным склонам Украинского щита морские палеогеновые отложения прослеживаются сплошной полосой от Днепровско-Донецкой впадины к Польско-Литовской синеклизе, что свидетельствует о существовании здесь на протяжении нескольких эпох палеогенового периода единого морского бассейна (рисунки 1, 2). Определенная схожесть условий седиментации в его акватории дает основания для прогноза янтареносности палеогеновых отложений и в южной части территории Беларуси.



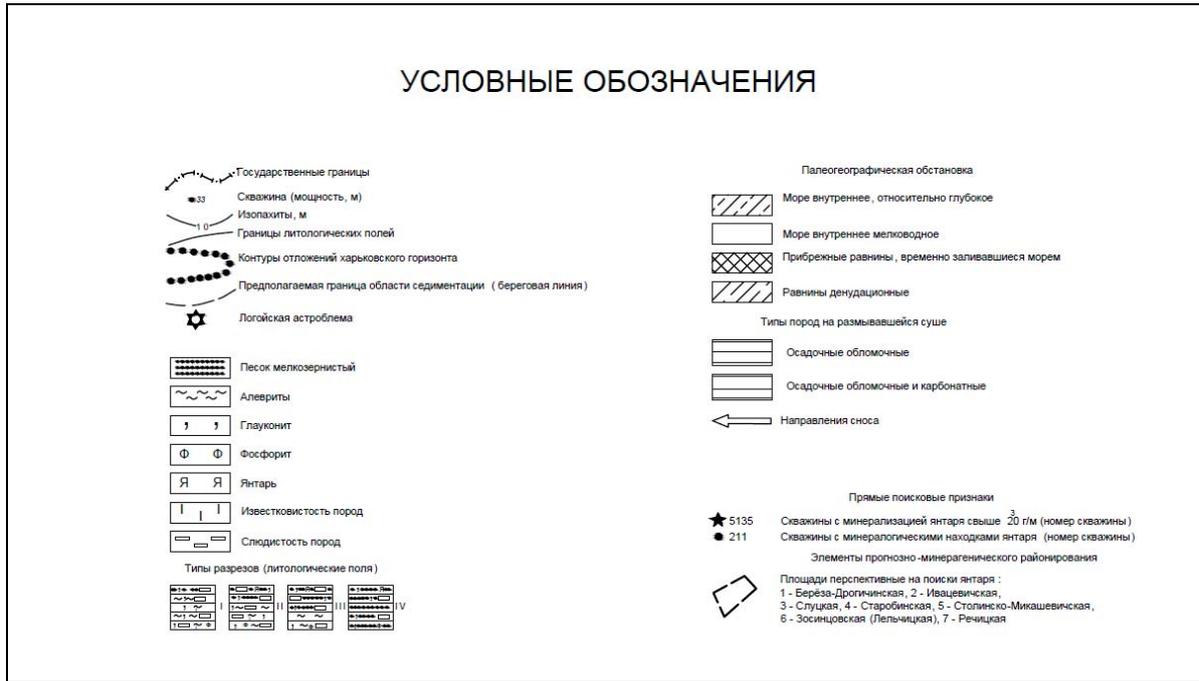


Рисунок 2 – Условные обозначения к рисунку 1

На площадях интенсивной переработки этих отложений в более поздние этапы континентального развития перспективы янтареносности связываются с возможным формированием переотложенных россыпей [2].

Следует отметить, что смежные территории Беларуси и Украины находятся в зоне сочленения крупных структур Восточно-Европейской платформы отрицательных и положительных значений – Украинского щита, Вольно-Подольской плиты и Припятского прогиба. При разработке геолого-генетической модели янтареносных отложений следует принимать во внимание палеогеновую историю геологического развития территории юга Беларуси и севера Украины в единстве с важнейшим рубежом в альпийской истории Карпат, во время которого геосинклиналь превратилась в складчатую область. Перестройка структурного плана во временном интервале палеоген – неоген существенно влияла на смену режимов накопления осадков и их фациальную принадлежность. На протяжении позднего олигоцена и неогена часть территории северо-запада Украины была приподнята и, соответственно, значительный объем палеогеновых отложений претерпел размыв. Гипсометрические перекосы в регионе способствовали заполнению рыхлым обломочным материалом отрицательных структур и, в том числе, в пределах Припятского прогиба. На этом этапе геологического развития формировались карстовые формы рельефа и закладывались древние речные магистрали. Последующие неотектонические движения, водно-ледниковые и речные режимы способствовали дальнейшему значительному перераспределению рыхлого материала и вместе с ним ископаемых смол.

Необходимыми палеогеографическими условиями образования залежей янтаря являлись: обильное выделение живицы континентальной хвойной растительностью; попадание этой живицы в морские отложения, в восстановительной геохимической среде которых она и превращалась в собственно янтарь; создание благоприятных геологических обстановок россыпеобразования. Выполнение перечисленных условий в полной мере обеспечивалось при ингрессии харьковского морского бассейна на конти-



нент и острова, где к этому времени широкое распространение получила голосемянная (хвойная) растительность. Последующий размыв нелитифицированных отложений затопивавшейся суши приводил к попаданию смол в морские отложения и сопровождался существенным перераспределением материала вплоть до формирования россыпей янтаря. Известно, что при удельном весе материала, близком к 1 г/см^3 , на наибольшее расстояние в сторону суши волнами моря выбрасывается самый крупный материал, который впоследствии может быть погребен среди песчано-галечных отложений. Мелкий материал, напротив, уносится от берега в море, часто во взвешенном состоянии. Применительно к распределению кусков ископаемых смол в Прибалтике наблюдается их зональное накопление на удаленных от береговой кромки участках пляжа, покрываемых водой лишь при сильном (штормовом) волнении. Смываемый в море материал аккумулируется на глубинах затухания волнового возмущения водной толщи. В свете этого, наиболее перспективными на янтареносные россыпи являются песчаные разности пород ингрессивной стадии развития харьковского моря и прибрежные фации периода максимальной площади его акватории, особенно в зонах неоднократного относительного поднятия и относительного погружения берега.

Осадочные отложения межигорского (верхнехарьковского) бассейна седиментации украинских территорий представлены толщей разнозернистых песков, местами слоистых за счет глинистой, алевритистой составляющей или же рассеянной органики. Псаммитовый материал изменяется от плохосортированного к несортированному. Зерна песка округлые, округло-угловатые и угловатые, по степени обкатанности – обкатанные и полуобкатанные. Изменяемость гранулометрического и минерального состава янтареносных отложений, а именно – укрупнение ведущей песчаной фракции, увеличение содержания крупнозернистого и гравийного материала, увеличение наличия кварца во всех фракциях и уменьшение содержания циркона в мелкозернистой фракции свидетельствует о поступательном обмелении морского бассейна в раннеолигоценое время. По наименованию минералов легкой и тяжелой фракции нижняя и верхняя части разреза межигорских отложений существенно не отличаются между собой. Центральная часть в некоторых местах отличается увеличением глинисто-слиудистых агрегатов, незначительным содержанием глауконита и присутствием пирита, что подтверждает наличие незначительных колебательных движений во времена янтаренакопления.

Песчано-глинистые породы, сингенетические образованию проявлений янтаря в раннем олигоцене, отличаются изменяемостью литологических характеристик по латерали, что подтверждает их образование в условиях мелководного морского бассейна. Частое присутствие линз и прослоек песков со значительным содержанием алеврита и пелита свидетельствует о наличии в акватории моря зон с малоподвижными водами. Наличие глауконита, обломков углефицированной древесины, рассеянного органического материала придает отложениям темный оттенок. Присутствие хорошо обкатанных псефитов изменяется от 0,2 к 15,0% на отдельных локальных площадях, что возможно при условии их формирования в прибрежных (в том числе и пляжевых) зонах островов и стойкого суходола (в пределах Клесовского месторождения). Отличие минерального состава межигорских отложений в разных местах северо-западной части Украины свидетельствует о дополнительных источниках размыва (согласно гипсометрическому анализу и структурным исследованиям [3]) первичных проявлений ископаемых смол. Распределен промышленно качественный янтарь в пределах продуктивной толщи и по площади распространения янтареносных отложений неравномерно, следовательно, исходная для его образования мягкая ископаемая смола сносилась в морской



бассейн на протяжении всего времени наличия соответствующих для последующей фоссилизации и пространственного накопления условий.

Стадия регрессии харьковского моря сопровождалась накоплением шлейфа более молодых прибрежно-морских отложений отступавшего моря. Грунты наращивавшихся участков суши, состоящие преимущественно из кварцевых песков и алевроитов, быстро промывались от загрязнителей атмосферными осадками, и смоловыделение хвойной растительности здесь носило обычные масштабы. Континентальная обстановка не способствовала сохранению и накоплению выделявшихся объемов живицы. Из-за выположенности рельефа осыхающего морского дна береговая зона характеризовалась относительной устойчивостью к абразионной деятельности волн. В таких условиях поступление янтаря в молодые прибрежно-морские отложения осуществлялось преимущественно со стоком поверхностных водотоков, развивавшихся на увеличивавшемся по площади континенте и эродировавших накопленные ранее янтареносные отложения. Соответственно россыпи минерала регрессивного этапа развития харьковского моря формировались в дельтах палеорек и на прилегавших к ним участках шельфа. В отдельных случаях в пределах Беларуси они перекрыты более поздними лиманно-дельтовыми образованиями страдубской и континентальными отложениями крупной свит верхнего палеогена.

Наиболее низкое гипсометрическое положение поверхности палеогеновых отложений таких участков в сравнении с прибортовыми зонами стало одной из главных причин формирования в их пределах долин рек неогенового периода. В пределах территории Украины перераспределение россыпей янтаря в позднем палеогене и неогене первоначально осуществлялось за счет размыва приподнятых морфоструктур отступившего моря, а далее – в результате речной деятельности и процессов карстообразования.

Частичный эрозионный срез палеогеновых отложений на континентальном этапе развития территории привел к неполноте их разрезов на значительных площадях вплоть до полного уничтожения их толщ на некоторых участках и вскрытием докайнозойских пород ложа. Сказанное особенно касается отложений харьковской свиты. По этой причине, в ряде случаев, не представляется возможным проследить непрерывно по латерали изменение условий россыпеобразования без предварительной реконструкции литолого-фациального строения отложений по всей площади их начального накопления. В ходе выполнения работ по этой реконструкции, кроме интерполяции данных со смежных площадей с более полным разрезом, считалось, что в пределах тех или иных тектонических структур палеогеографическая обстановка в харьковскую эпоху во многом была схожа с обстановкой предшествующего этапа – киевской эпохи, отложения которой сохранились гораздо лучше. Основанием для этого является комплекс показателей принадлежности отложений свит, развитых в пределах территории Беларуси, к одному структурному этажу осадочного чехла: последовательное, без явного стратиграфического перерыва накопление пород свит, их определенное литолого-фациальное сходство, сопоставимые значения мощностей в неэродированных разрезах и т.д.

В полях современного распространения потенциально янтареносных отложений палеогена выделяются три зоны, различающиеся по гидродинамической обстановке осадконакопления и комплексу разностей слагающих их пород: зона пляжей и прибрежной полосы, зона мелководного шельфа, зона относительно глубоководного шельфа.

Отложения *зоны пляжей и прибрежной полосы* характеризуются резким преобладанием песчаных разностей пород, в основном их монокварцевым составом с незначительной примесью глауконита, не имеют явно выраженных ритмов осадконакопления и рассматриваются как комплекс нерасчлененных киевско-харьковских образова-



ний. На площадях со слабоэродированными разрезами отложения верхней части перспективны на янтареносные россыпи. В пределах Беларуси, вдоль ее южных границ, такие отложения прибрежных фаций встречаются узкой полосой в районе д. Глушковичи Лельчицкого района. В непосредственной близости от д. Глушковичи на территории Украины выявлено Копищанское проявление янтаря. На склонах Белорусской и Воронежской антеклиз и Жлобинской седловины, на территории которых находилось северное побережье киевского и харьковского морей, аналогичные отложения прибрежных фаций были сильно эродированы в неоген-четвертичное время. На разновозрастных образованиях подстилающего ложа здесь они залегают в виде изолированных пятен и выполнены, в основном, нижними толщами комплекса, т.е. накопленными при киевской трансгрессии. На выявление янтареносных россыпей они неперспективны, особенно с учетом нецелесообразности постановки поисковых работ при глубинах залегания, которые превышают 60–70 м, и сложности анализа литолого-фациальной обстановки при сильной эродированности толщ.

Отложения *зоны мелководного шельфа* занимают большую часть площади современного распространения палеогеновых образований. Слабо эродированные разрезы этой зоны характеризуются наличием двух выраженных ритмов осадконакопления. Над повсеместно присутствующим базальным горизонтом нижние толщи ритмов представлены алевритисто-глинистыми породами. К верхам ритмов происходит постепенное их замещение пачками алеврито-песчаных и песчаных отложений и снижение содержания глауконита. В зависимости от приуроченности к тем или иным тектоническим структурам и степени сохранности отложений отмечаются изменение общей мощности разреза, соотношения мощностей слагающих толщ, вариации их литологических особенностей. Наличие переходных разностей пород, в различной степени слюdistых, глинистых и т.д., влечет за собой формирование переходных типов разреза. В зонах разгрузки вод более глубоких водоносных горизонтов (как правило, совпадающих с тектоническими нарушениями) отмечается цементирование пород. С точки зрения перспектив янтареносности наибольший интерес представляет территория Полесской седловины, характеризующаяся относительно мелководными условиями накопления отложений в сравнении с расположенными восточнее и западнее синеклизами. Мелководность этой акватории эоцен-олигоценного моря подтверждается различием верхнеэоценовых спорово-пыльцевых комплексов юго-западных и юго-восточных регионов Беларуси. При этом спорово-пыльцевые спектры западных регионов по составу и соотношению встречаемых форм ближе к разновозрастным комплексам Прибалтики и Западной Европы, чем к комплексам из отложений юго-востока республики [4]. Несмотря на определенную перестройку на неотектоническом этапе развития, мелководные условия накопления средне-верхнепалеогеновых отложений на Полесской седловине (особенно в ее южной и восточной частях) выражены в более высоком современном гипсометрическом положении подошвы киевского горизонта в сравнении с прилегающими площадями смежных синеклиз. Амплитуда этого превышения составляет порядка 20 м и особенно четко прослеживается по стратоизогипсам +60 и +80 м. В южной части территории Полесской седловины, в непосредственном соседстве с площадями с выраженной цикличностью осадконакопления, иногда отмечаются разрезы, полностью выполненные несортированными песками. Формирование таких разрезов могло иметь полигенетическую природу, но, вероятнее, связано с возмущающим влиянием впадавших палеорек. Подробная ситуация отмечается также в дельте Пра-Словечны, фиксирующейся накоплением слабо сортированных песков, пересекающих зону отложений карбо-



натных пород киевского горизонта и вклинивающихся в поле глинистых алевролитов как киевского, так и харьковского горизонта. В свете вышеизложенных критериев участки с такими разрезами перспективны на россыпи смол.

Отложения *зоны относительно глубоководного шельфа* на выявление россыпей янтаря не перспективны и особенности их строения в данной работе не рассматриваются.

Основой количественного прогнозирования ресурсов полезных ископаемых является точность геологических обоснований моделей рудоносных полей, их места в структурно-вещественных комплексах территорий. Применительно к оценке янтарености территории Беларуси, особенно для палеогеновых отложений, роль анализа геологических факторов и правильного подбора объектов-аналогов для прогнозирования особенно велика в связи с недостаточной информацией о содержаниях минерала как по разрезам скважин, так и по площадям распространения отложений.

Очень важным обстоятельством является то, что неравномерное гнездовидное распределение янтаря, разноразмерность и особенно крупноразмерность его кусков в россыпях морского генезиса обуславливают низкую вероятность их попадания в керновый материал при бурении скважин традиционными методами. Следовательно, при опробовании керна скважин, пробуренных традиционными методами, полезное ископаемое вероятнее всего не будет выявлено, даже на самих янтареносных россыпях, не говоря уже о необходимости обнаружения ореолов его рассеяния. Кроме того, невозможность получения сведений о содержаниях полезного ископаемого при бурении скважин традиционным методом также связана с вымыванием янтаря промывочными смесями из песчаных пород кернового материала.

В таких условиях при оценке ресурсов полезного ископаемого основной упор следует делать на комплекс геологических факторов и поисковых признаков о наличии и локализации залежей минерала. Информация о янтарености конкретных разрезов палеогеновых отложений, по результатам ранее выполненных работ, должна рассматриваться лишь простая констатация факта наличия полезного ископаемого, а не в качестве количественных характеристик его распределения. По результатам проведенных исследований установлено, что образование россыпей янтаря в пределах северо-западного склона Украинского щита определяется совместным действием следующих факторов: стратиграфического, структурно-тектонического и литолого-фациального, а также минералогического, палеогеографического, структурно-морфологического, палеогеохимического, палеогидродинамического, палеотектонического и фактора эрозионного среза и вреза [5; 6].

Стратиграфический фактор определяет основным уровнем янтаренакопления в пределах северо-западного склона Украинского щита слои межигорского горизонта олигоцена (в Беларуси ему соответствует верхняя часть харьковского горизонта).

Структурно-тектонический фактор определяет локализацию месторождений и проявлений янтаря в зонах соединения региональных и локальных тектонических элементов и структур.

Литолого-фациальный фактор определяет закономерные связи пространственного расположения месторождений янтаря с определенным литологическим составом пород (разнозернистые псаммиты с примесью глауконита, обломки углефицированной древесины, рассеянный органический материал, глинистые и алевролитистые прослои), которые содержат янтарь, и соответствующими фациями (мелководно-морскими и прибрежно-морскими).

Минералогический фактор включают присутствие глауконита во всех проявлениях, приуроченных к морским лагунно-дельтовым отложениям. Глауконит в осадоч-



ных породах распространён значительно шире, чем янтарь. В связи с этим возрастает роль типоморфных особенностей глауконита, т.е. тех его свойств, которые присущи глаукониту, отложившемуся вместе с янтарем. Такой особенностью глауконита является его состав: глауконит из месторождений сукцинита безнатриевый, с содержанием калия до 7%, железа до 20%. Некоторые микроэлементы (титан, кобальт, хром, цирконий и стронций) в глауконите сорбированы либо связаны с тонкой примесью рутила, ильменита, циркона, граната, пирита и указывают в основном на источники сноса.

Палеогеографический фактор позволяет учитывать удаленность первичных янтареносных провинций (районов произрастания янтареносной растительности) и прогнозировать масштабность россыпей.

Структурно-морфологический фактор определяет морфоструктуру дна бассейна седиментации и позволяет выявлять благоприятные для накопления янтаря места (фактор, имеющий особое значение для поисков залежей ископаемых смол в палеогеновых отложениях Беларуси).

Палеогеохимический фактор определяет геохимическую обстановку бассейна седиментации, в котором происходило накопление янтаря – восстановительный характер щелочных илистых вод, богатых ионами калия.

Палеогидродинамический фактор предусматривает неравномерность гидродинамического режима – наличие малоподвижной водной обстановки, которая способствовала образованию россыпей, и относительно подвижного мелководья с господством подводных и прибрежных течений, способствовавших транспортировке ископаемой янтарной смолы к местам ее окончательной фоссилизации.

Палеотектонический фактор характеризует возможное наличие в эпоху янтарообразования тектонических движений, способствовавших процессу янтаренакопления благодаря ускорению эрозии суши, затоплению прибрежных территорий, образованию новых ловушек.

Фактор эрозионного среза и вреза позволяет исключать из прогнозирования территории постседиментационного разрушения продуктивных горизонтов.

Поисковые признаки представлены находками янтаря (первостепенные прямые признаки), выявлением потенциально янтареносных отложений по литолого-фаціальным факторам на территориях распространения межигорских (верхнехарьковских) отложений (второстепенные прямые признаки). Важно также определение косвенных поисковых признаков, к которым относятся разнотернистость гранулометрического состава палеогеновых осадочных пород, присутствие минерала глауконита, обломков лигнитизованного и углефицированного флористического материала, рассеянного органического вещества в породах.

Анализ предшествовавших оценок янтареносности палеогеновых отложений Украины и Беларуси [7; 8] в свете названных выше требований показывает, что в большинстве случаев перспективные на залежи янтаря площади выделены геологически обоснованно. Однако отмечаются случаи, когда перспективность объекта постулируется исключительно только на основе более высоких содержаний янтаря, без должного анализа генетических факторов возникновения этих «аномалий».

В отложениях палеогенового возраста в пределах территории Беларуси выделено семь янтареносных площадей, наиболее перспективными из которых являются Зосинцовская (Лельчицкая) и Столинско-Микашевичская, включающие поля сохранившихся от эрозии отложений харьковской свиты. В прилегающей к ним украинской части региона выявлены янтареносные россыпи, классифицированные как накопления ян-



таря, образованные в прибрежно-морских и мелководно-морских условиях (месторождения Вольное, Владимирец Восточный), также могут быть выявлены залежи, приуроченные к более глубоководным фациям, т.е. объекты классического типа (вторичных морских лагунно-дельтовых погребенных россыпей). По мнению украинских специалистов, такие объекты могут находиться севернее и северо-восточнее Клесовского месторождения, т.е. в южных частях названных перспективных площадей. Дополнительным благоприятным обстоятельством постановки поисковых работ на этих территориях является относительно небольшая глубина залегания поверхности палеогеновых пород – от 10 до 30 м. Наибольший поисковый интерес предоставляют участки с сохранившимися отложениями харьковской свиты и, соответственно, характеризующиеся минимальными мощностями перекрывающих пород.

Следующим аспектом, определяющим достоверность прогнозирования ресурсов янтаря, является корректный выбор объекта-аналога и, соответственно, параметров распределения полезного ископаемого. В сложившейся обстановке в качестве одного из главных исходных показателей продуктивности россыпей большинством предшествующих исследователей принято значение бортового содержания янтаря на Клесовском месторождении, составляющее 50 г/м^3 . Существенные расхождения оценок янтареносности палеогеновых отложений даже по площадям с одноименными названиями по результатам работ разных исследователей объясняются различными вариантами проведения границ площадей, неодинаковыми представлениями о вероятности выявления залежей полезного ископаемого в пределах их контуров. Общим замечанием, касающимся целого ряда предшествующих работ, является несколько завышенная мощность продуктивных пластов, принятая при расчете ресурсов янтаря по отдельным участкам. Если в качестве аналога брать Клесовское месторождение Украины, то мощность основных янтареносных пачек там, как правило, не превышает 1,5 м. Признавая, что в палеогеновых отложениях территории Беларуси возможно выявление погребенных морских россыпей такого же генетического типа, одновременно следует иметь в виду, что оснований для автоматического исследования количественных характеристик его продуктивных пачек в качестве аналога на недостаточно изученных площадях нет. При оценке потенциала янтареносности палеогеновых отложений территории Беларуси значение этого параметра следует ограничить величиной 1,5 м, хотя янтарь в рассеянном виде может фиксироваться и в больших по мощности интервалах.

Показатели, получаемые при оценке ресурсов (особенно низких категорий изученности), являются вероятностными характеристиками. Успех дальнейших работ по поискам конкретных объектов (месторождений) определяется, в первую очередь, правильностью методологических подходов к решению задач: выбором перспективных площадей и комплекса методов для их изучения.

Таким образом, по результатам выполненных производственными организациями тематических, поисковых и поисково-оценочных работ, а также по собственным материалам авторов могут быть сформулированы следующие концептуальные представления о янтареносности исследуемой территории:

- янтареносность связана с погребенными россыпями морского генезиса палеогеновых отложений, частичный эрозионный срез которых на континентальном этапе развития привел к формированию ореолов рассеяния минерала и непромышленных залежей в более молодых отложениях;



- фиксируется четкая коррелятивная приуроченность переотложенных скоплений янтаря с полями максимальной эродированности морских палеогеновых образований, прежде всего зоны северного побережья палеогенового седиментационного бассейна;
- существенная масса переотложенного янтаря неоген-четвертичных отложений подверглась относительно недалекой природной транспортировке и имеет «местное» происхождение.

Обобщение опыта предшествующих исследований и анализ геологического строения территории позволяют считать, что наибольшим потенциалом на обнаружение россыпей янтаря морского генезиса обладают песчаные разности пород трансгрессивной стадии развития харьковского моря (в первую очередь лагунно-дельтовые) и прибрежные фации периода максимальной площади его акватории, особенно в зонах неоднократного относительного поднятия и погружения берега. В регрессивный этап развития морского водоема формирование россыпей янтаря происходило в дельтах палеорек и на прилегавших к ним участках шельфа в результате незначительного прогибания территории и проникновения морских вод в русла рек (проявления Житомирской области). Прогнозируется, что наиболее высокими перспективами на обнаружение месторождений обладают сохранившиеся от эрозии отложения харьковской свиты территории Полесской седловины, аккумуляровавшиеся в более мелководных (прибрежных) условиях в сравнении с территориями смежных тектонических впадин. В южной части Полесской седловины встречаются разрезы палеогеновых отложений, выполненные на всю мощность пачками песчаных пород, что характерно для дельтовых фаций – лучшего коллектора янтареносных залежей. Немаловажным фактором является территориальная близость янтарных месторождений Украины (Клесовское, Владимирецкое, Вольное) и прогнозируемая украинскими геологами возможность выявления новых месторождений в местах развития мелководно-морских и прибрежно-морских отложений.

Систематизация и анализ накопленного материала по геологическому строению палеогеновых отложений Беларуси и Украины позволили детально исследовать фациальные условия возможного янтаренакопления, уточнить степень сохранности потенциально продуктивных отложений от эрозионного среза в поздний континентальный период развития территории. Совместные полевые исследования, обработка большого количества фактического материала, полученного в результате проведения геологических работ на янтарь, и критический анализ полученных данных позволили конкретизировать прогнозные факторы и поисковые признаки обнаружения янтаря применительно к территории северо-западного склона Украинского щита.

Резюмируя вышеизложенное, образование россыпей янтаря определяется совместным действием стратиграфического, структурно-тектонического и литолого-фациального, палеогеографического, структурно-морфологического, палеогеохимического, палеогеодинамического, палеотектонического факторами и фактором эрозионного среза и вреза. Поисковые признаки представлены находками янтаря в скважинах и с поверхности (первостепенные прямые признаки), выявлением потенциально янтареносных отложений по литолого-фациальным факторам в районах распространения верхнехарьковских (межигорских) отложений (второстепенные прямые признаки), разнотекстурностью гранулометрического состава палеогеновых осадочных пород, присутствием глауконита, обломков углефицированного и лигнитизованного флористического материала, а также рассеянного органического вещества в породах (косвенные поисковые признаки). При этом следует понимать, что анализ стратиграфического положения, структурно-тектонических, литолого-фациальных и других обстановок возможного янтаренакопления как в первичных, так и во вторичных рос-



сыпях должен учитывать и тот факт, что при рудогенезе даже совокупность нескольких благоприятных факторов не может в полной мере компенсировать влияние неблагоприятных параметров [9].

Определенная пространственная упорядоченность комплексов отложений четвертичной системы позволяет применять эти поисковые критерии на неисследованных на янтарь площадях и, соответственно, уточнить в перспективе потенциал янтареносности четвертичных отложений в целом.

Достоверность информации о прогнозных ресурсах ископаемых смол, их приуроченности к определенным формационно-генетическим типам прогнозируемых проявлений является фундаментальной основой в выработке и определении приоритетности поисково-разведочных работ. Появление новых данных и представлений об особенностях распределения полезных ископаемых в недрах неизбежно вызывает необходимость переоценки их ресурсов, контроля над степенью их подтверждаемости, перевода в более высокие категории изученности.

В сложившейся ситуации результаты теоретических изысканий, основанные на обширном фактическом материале предыдущих исследований исключительно важны для последующего востребования геологоразведочной практикой, когда поиски янтаря вновь будут активизированы.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Х13К-013) и Государственного фонда фундаментальных исследований Украины (проект Ф54.3/006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зосимович, В.Ю. Предварительные результаты палеонтологического изучения янтареносных отложений Украинского Полесья / В.Ю. Зосимович [и др.] // Сучасний стан і задачі розвитку регіональних геологічних досліджень : зб. матеріалів III наук.-виробн. наради геологів-зйомщиків України, Рівне, 8–12 вересня 2005 р. – Київ, 2005. – С. 107–111.
2. Проблемы янтареносности Беларуси / Л.Ф. Ажгиревич [и др.]; РУП «БЕЛГЕО» ; под ред. В.А. Москвича. – Минск, 2000. – 144 с.
3. Криницька, М.В. Вплив характеру поведінки докайнозойської поверхні та карстових процесів на формування покладів бурштину Рівненського Полісся / М.В. Криницька, В.А. Нестеровський // Зб. наук. пр. Ін-та геол. наук НАН України. – Вип. 3. – Київ, 2010. – С. 271–275.
4. Бурлак, А.Ф. Стратиграфическая схема палеогеновых отложений Беларуси / А.Ф. Бурлак, К.И. Давыдик, Л.И. Мурашко // Літасфера. – 2005. – № 1 (22). – С. 124–134.
5. Богдасаров, М.А. Перспективы обнаружения залежей ископаемых смол на территории Северной Евразии / М.А. Богдасаров // Природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 5–16.
6. Криницька, М.В. Літолого-фаціальні умови накопичення покладів бурштину в межах північно-західного схилу Українського щита : автореф. дис. ... канд. геол. наук : 04.00.21 / М.В. Криницька. – Київ : Ін-т геол. наук, 2012. – 20 с.
7. Нестеровський, В.А. Геологія і гемологічна оцінка самоцвітної сировини осадових комплексів України : автореф. дис. ... докт. геол. наук : 04.00.21 / В.А. Нестеровський. – Київ : Ін-т геол. наук, 2006. – 41 с.
8. Богдасаров, М.А. Ресурсный потенциал ископаемых смол Беларуси / М.А. Богдасаров, Н.П. Петров // Природные ресурсы. – 2007. – № 3. – С. 45–55.



9. Петров, Н.П. Янтареносность кайнозойских отложений территории Беларуси / Н.П. Петров // Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых Беларуси / Ю.А. Деревянкин [и др.]. – Минск : РУП «БЕЛГЕО», 2005. – С. 25–32.

M.A. Bogdasarov, A.A. Komlev, M.V. Krynyska, V.A. Nesterovski, N.P. Petrov The Geological-Genetic Model of Amber-Bearing Deposits of Belarus and Ukraine

The paper presents the geological-genetic model of amber-bearing deposits of Belarus and Ukraine in conjunction with the concept of predictive retrieval of amber system. It is determined to which extent the system depends on the modern concept of the genesis of fossil resins and how it affects the fundamental methodological principles of forecast and search, their backward and forward linkages in the system based on the actual data of the development of the territory of Belarus and Ukraine in the Cenozoic. Based on the results of field and laboratory work, allowing to specify the information about the stratigraphic features of amber-bearing deposits of Belarus and Ukraine and to conduct an audit of key parts and reference sections within the study area, the analysis of the stratigraphic confinement, geological environment and the prerequisites for the formation of amber deposits in the Cenozoic deposits of Belarus and Ukraine was carried out.



УДК 551.43(476)

Н.Ф. Гречаник, А.В. Матвеев, М.А. Богдасаров

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПОДЛЯССКО-БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ

В статье на основании анализа особенностей строения четвертичных отложений реконструированы основные этапы формирования рельефа на территории восточной части Подляско-Брестской впадины, охарактеризованы факторы рельефообразования и подчеркнута важнейшая роль ледниковых покровов в моделировании земной поверхности.

Земная поверхность территории восточной части Подляско-Брестской впадины имеет длительную и сложную историю формирования. Однако говорить относительно достоверно об особенностях развития рельефа можно только для неогенового и четвертичного этапов, хотя несомненна предопределенность заложения некоторых современных долин и других черт орографии процессами, протекавшими в палеогене и более ранних этапах геоморфологической истории [1].

После регрессии палеогеновых морей на характеризуемой территории установился континентальный режим, который существует без перерывов до настоящего времени. Для характеристики облика земной поверхности, сформировавшейся к концу неогенового периода, была построена схема (рисунок 1), которая отражает распространение наиболее крупных форм рельефа. Для ее создания использовалась карта изогипс поверхности ложа четвертичного покрова [2], с которой сняты линейные ледниковые и эрозионные врезы, некоторые другие формы микро- и мезорельефа плейстоценового времени и внесены изменения в рисовку изолиний с учетом установленных особенностей общей экзарации коренных пород на территории Беларуси [3].

Судя по схеме, к концу неогенового этапа колебание абсолютных отметок поверхности юго-западной Беларуси было меньше современного. Относительно приподнятое положение занимала южная часть региона, где высоты достигли 120 м. На фоне общего наклона к северу выделяется своеобразная волнистость поверхности, обусловленная чередованием субширотно вытянутых поднятий и понижений. При этом расчлененность рельефа возрастала в северном направлении. Основные отрицательные формы, в пределах которых могли формироваться реки и озера, прослеживаются по следующим направлениям: севернее г. Малорита – д. Дивин (относительная глубина 10–20 м); гг. Брест – Жабинка – Береза (20–40 м); долина Нарева – южнее г. п. Ружаны (30–40 м).

В конце неогенового периода юго-западная часть Беларуси представляла собой плоскую и заболоченную равнину. В четвертичное время на эту территорию неоднократно вторгались материковые ледниковые покровы, экзарационная и особенно аккумулятивная деятельность которых в значительной степени определила своеобразие современной орографии. Для более подробной характеристики процессов морфогенеза и эволюции рельефа целесообразно четвертичный период геоморфологической истории рассмотреть по этапам, соответствующим наиболее крупным подразделениям стратиграфической схемы [1; 4; 5].

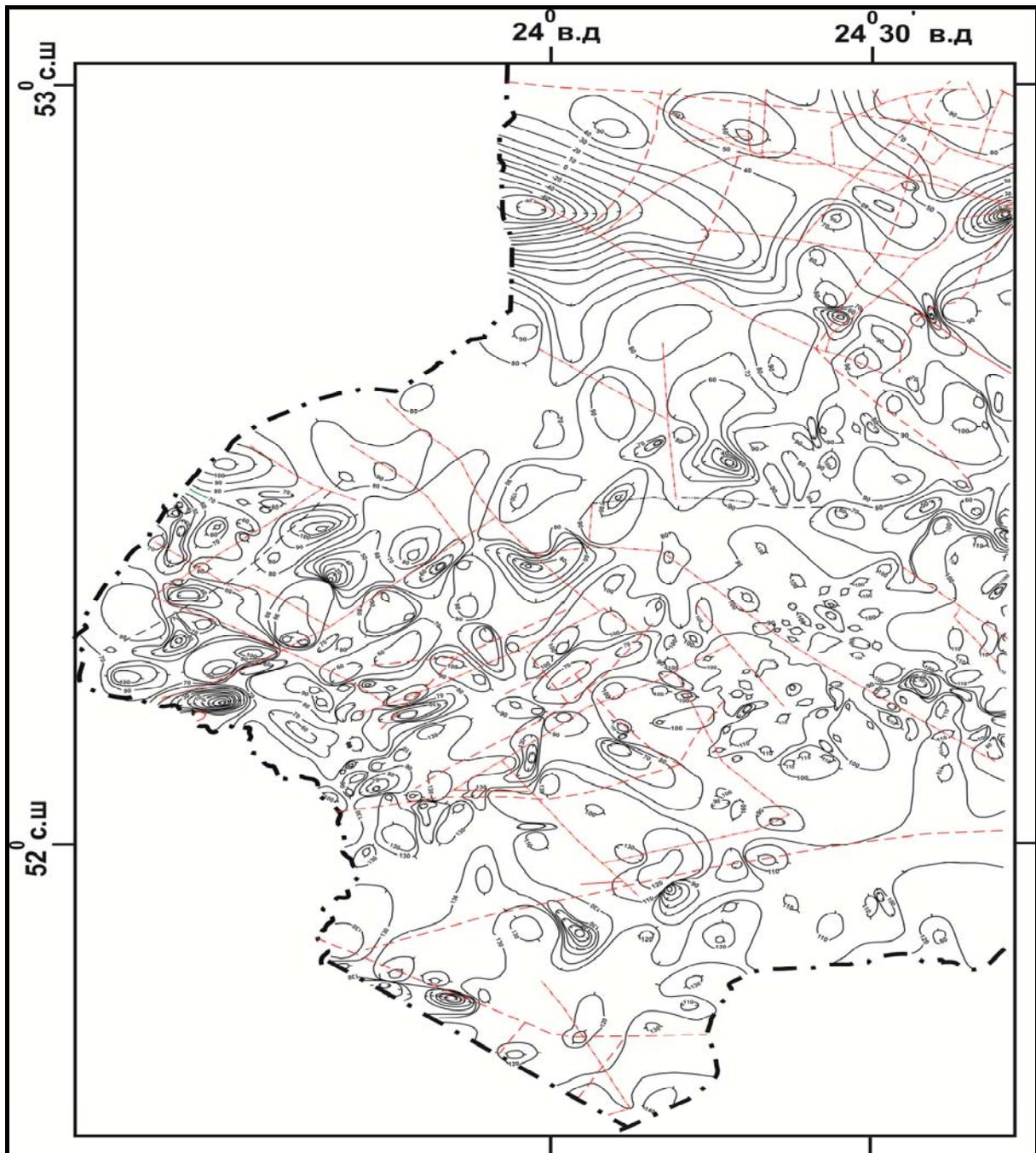


Рисунок 1 – Рельеф подошвы четвертичных отложений территории восточной части Подляско-Брестской впадины

Раннеплейстоценовый этап

Плейстоцен отвечает промежутку времени 1,80–0,01 млн лет назад и делится на три крупных этапа – ранний, средний и поздний. Наиболее длительным был первый из них – гомельское время, когда на территории Подляско-Брестской впадины господствовали денудационные процессы, а осадконакопление было локализовано преимущественно в озерных водоемах и долинах рек [1]



В течение **гомельского времени** сформировались континентальные отложения, являющиеся аналогом апшеронского яруса Русской равнины. К ним Л.Н. Вознячук [6] причислял гомельский и ельнинский надгоризонты эоплейстоцена и часть брестского надгоризонта гляциоплейстоцена, Н.А. Махнач [7] – весь брестский горизонт, Г.И. Горецкий [8] – вселюбскую и сморгонскую свиты белицкой серии неогена. Некоторые исследователи рассматривали эти отложения как переходную толщу от неогеновой к четвертичной системе [9].

Территория южной части Беларуси в гомельское время представляла собой пологоволнистую равнину, унаследованную от неогена, когда после ухода в олигоцен мелководного моря на значительных пространствах были распространены озера, болота, заболоченные низины. В юго-западной, наиболее пониженной части Беларуси в пределах исследуемой территории на значительных площадях сформировались озерные и озерно-аллювиальные низины с многочисленными водоемами, котловины которых имели тектоническое, карстовое или старичное происхождение. Крупные озера, очевидно, существовали в пределах современной Прибугской равнины. Повышенные участки имели относительные отметки 20–40 м. Одной из особенностей строения земной поверхности была развитая речная сеть. Глубина долин составляла 20–25 м и только изредка достигала 40–45 м и более [10].

Характер геодинамических процессов и седиментогенеза в раннем плейстоцене на территории Беларуси мало отличался от конца неогена. Осадконакопление происходило на тех же площадях, т. к. почти все отложения раннего плейстоцена подстилаются аккумуляциями позднего плиоцена. В течение гомельского времени накапливались преимущественно аллювиальные, озерные и болотные отложения [1].

Среднеплейстоценовый этап

Средний плейстоцен начинается с **брестского интервала**, примерно 0,8 млн лет назад. Территория впадины в то время представляла собой преимущественно пологоволнистую денудационную равнину, сложенную дочетвертичными отложениями. Только в юго-западной части были распространены заболоченные низины с крупными озерами, соединенными речными протоками [1]. Положение низин и крупных озерных котловин было предопределено тектоническими движениями, которые вызвали общую перестройку орографического плана территории, сопровождавшуюся опусканием всей юго-западной части Беларуси, причем наиболее пониженными стали центральная и восточная части впадины.

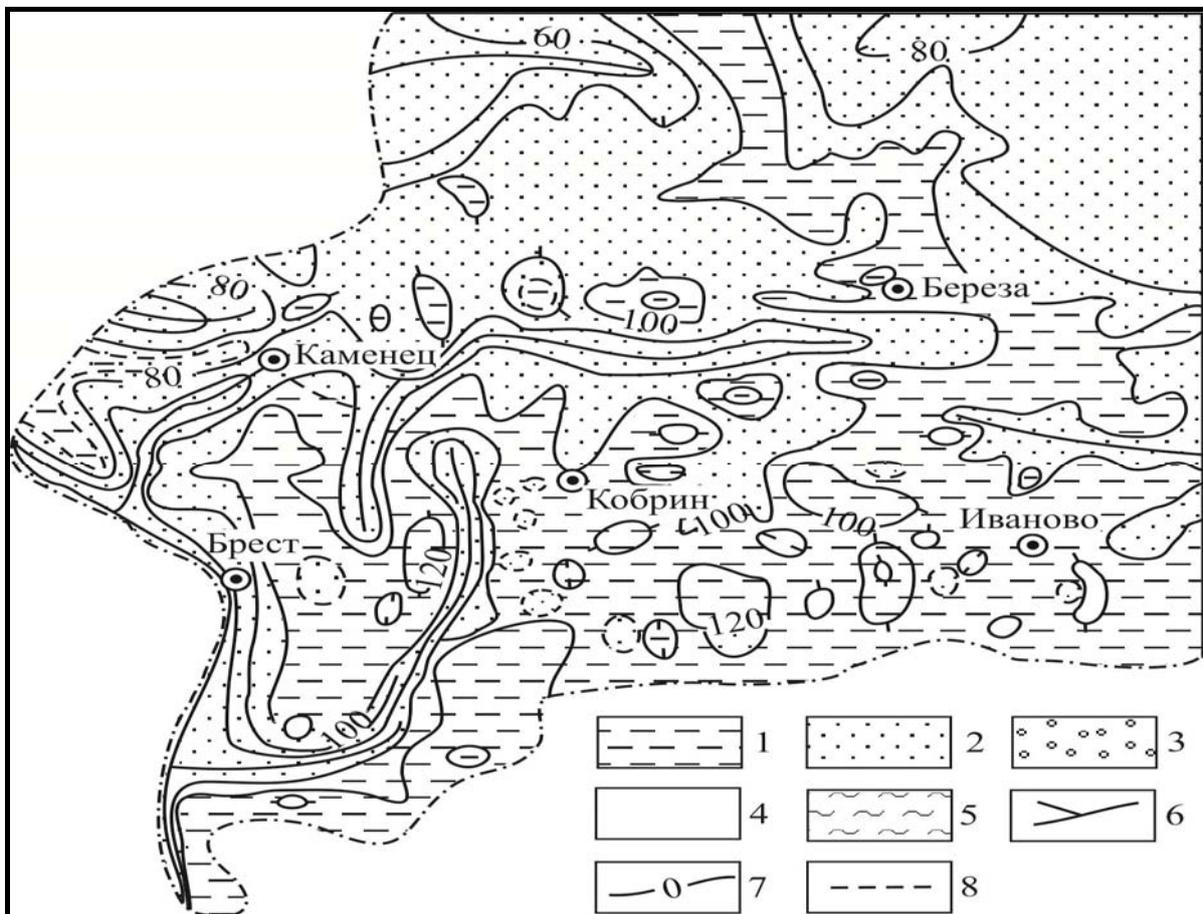
В брестское время получила развитие густая сеть рек. Глубина долин обычно не превышала первых десятков метров. На наличие речных артерий в брестское время указывали Г.И. Горецкий [11] и В.А. Кузнецов [12]. При этом они подчеркивали, что восстановить положение речных долин довольно трудно из-за последующих процессов ледниковой экзарации и недостатка фактического материала. Судя по довольно значительным колебаниям абсолютных отметок подошвы озерных толщ (до 60 м), дифференциация тектонических движений была более значительной, чем в настоящее время [13]. Общий облик рельефа, сложившегося к концу брестского этапа, показан на рисунке 2.

Наревское время четвертичного периода на территории Беларуси ознаменовалось проникновением первого материкового оледенения. Большая часть региона была перекрыта ледниковым покровом, наступание которого коренным образом изменило ход морфогенеза. Если до этого ведущую роль в формировании облика земной поверхности и отложений играли рельефообразующая деятельность воды и тектонические движения, то с началом среднего плейстоцена к числу наиболее активных геоморфоло-



гических агентов добавился материковый лед. Для понимания закономерностей протекания природных процессов в наревское время важное значение имеет установление границы распространения ледника, его структуры и характера деградации. Следует отметить, что до сих пор большинство этих вопросов являются дискуссионными.

Особенно много споров ведется по предельной границе ледникового покрова. Так, Б.Н. Гурский [15] считал, что моренные отложения наревского ледника встречаются севернее линии, проходящей от г. п. Шерешево на гг. Ганцевичи – Любань – Глуск – Жлобин – Климовичи и далее на г. Рославль. В то же время он полагал, что по крупным ложбинам языки древнейшего ледника могли продвигаться и южнее указанной линии. М.М. Цапенко [16] проводила границу первого оледенения южнее Малориты на Пинск, между Слуцком и Старобиним и далее через Глуск, Бобруйск, Быхов, Чаусы, Дрибин. Еще южнее опускал границу Г.Г. Грузман [17], доказывая, что наревский ледник достигал территории Украины. Л.Н. Вознячук [6] предполагал, что наревский ледник доходил до Припяти, т. е. покрывал почти всю территорию Беларуси.



1 – денудационная равнина, сложенная дочетвертичными породами; 2 – озерно-аллювиальная и озерно-болотная равнина; 3 – моренная равнина и краевые ледниковые образования; 4 – флювиогляциальная равнина; 5 – озерно-ледниковая равнина; 6 – предполагаемые русла рек; 7 – абсолютные высоты; 8 – граница типов рельефа

**Рисунок 2 – Палеогеоморфологическая схема
(конец брестского этапа), по [2]**



А.В. Матвеев и др. [1; 4] на основании использования большого фактического материала, проанализировав положение ложбин ледникового выпахивания и размыва, предлагают проводить границу оледенения по линии Брест – Кобрин – севернее Пинска и Лунинца – Октябрьский – Брагин – Лоев – Гомель – Чечерск – Краснополье – Климовичи.

Детально изучив имеющиеся фондовые материалы, описание разрезов пробуренных скважин, выделив площади распространения моренных отложений, авторы статьи для территории Подляско-Брестской впадины предлагают следующую максимальную границу распространения первого покровного четвертичного оледенения – дд. Знаменка – Медна – Радваничи Большие – Федьковичи – Суховичицы – Борисово – Липово – Хомичицы – Головчицы – г. Дрогичин. Неровности доледникового рельефа впадины, пониженный характер земной поверхности, распространение моренных отложений, меридиональная, субмеридиональная, реже субширотная ориентировка ледниковых ложбин и особенности их расположения дают основание полагать, что на характеризуемую территорию распространялся один крупный неманский ледниковый поток с двумя четко обозначенными прибугским и ясельдинским языками.

Ледниковые нагрузки вызвали оживление тектонических движений [13], причем эти движения стали более дифференцированными, что сказалось на накоплении отложений и размещении некоторых генетических типов рельефа, прежде всего краевых ледниковых образований и ледниковых ложбин. Исследуемая территория оставалась по-прежнему пониженной, что обусловило здесь наибольшее продвижение к югу ледникового покрова и формирование повышенных толщ водно-ледниковых отложений, которые, правда, позднее были в значительной степени эродированы. На распространение этих отложений также повлияли локальные особенности тектонических движений. Например, в районе гг. Кобрин – Пружаны – Береза происходило сводовое поднятие территории, которое перекрывалось ледником, но оставленные им на этом участке отложения отличаются малой мощностью и фрагментарным распространением [3].

Ледниковый покров при своем движении оказывал разнообразное воздействие на поверхность ложа. Им были углублены существовавшие ранее долины и другие понижения за счет размыва тальными водами и проявления экзарационных процессов. Деградация ледника на территории впадины проходила в две осциляционные фазы. Граница первой – брестской – фазы проходила по линии гг. Брест – Жабинка – д. Именин – г. п. Антополь, второй – каменецкой – простиралась от дд. Ставы – Ратайчицы на г. Каменец и далее в направлении д. Линово – г. Береза. С первой осциляционной фазой связано формирование отдельных небольших по занимаемой площади участков возвышенного краевого ледникового рельефа севернее гг. Бреста, Кобрин и у г. п. Антополь. В результате второй фазы сформировались прерывистые по простиранию конечно-моренные гряды возле дд. Ставы, Ратайчицы, гг. Высокое и Каменец. Крупные массивы моренных равнин возникли севернее и северо-западнее Каменца и в бассейне Нарева [18]. При таянии глетчера образовалось большое количество озер, постепенно заполнявшихся осадками. На месте многих ледниковых ложбин появились понижения глубиной 20–40 м, которые предопределили в последующем размещение гидросети и болот. Активно протекали солифлюкция, морозное выветривание, гляциокарст, т. е. все те процессы, которые свойственны перигляциальным обстановкам.

Во внеледниковой зоне в пределах впадины в наревское время накапливались аллювиальные, озерные, склоновые отложения, местами получали развитие флювиогляциальные образования, существовала речная сеть, однако отличить следы ее деятельности от водотоков последующего беловежского межледниковья довольно трудно. На аллювиальные процессы существенный отпечаток накладывала близость ледника и связанная с этим суровость



климата. В результате процессов морфогенеза на территории впадины сформировался рельеф, который в генетическом отношении существенно отличался от донаревского. Возросла общая расчлененность земной поверхности. После деградации наревского ледника сформировались моренные равнины в бассейне Нарева, севернее и северо-западнее Каменца и обширная флювиогляциальная равнина в районе г. Бреста. В понижениях размещались озера, болота, речная сеть [1].

Беловежское время представляет собой один из наиболее сложных этапов развития природного процесса в плейстоцене на территории Беларуси. Это древнейшее межледниковье, наступившее после наревского оледенения.

В беловежское время активно протекали тектонические процессы, связанные с освобождением территории от ледниковых нагрузок. Такие движения привели в ряде случаев к инверсии существовавшего ранее рельефа. Например, на участке между дд. Кабаки и Старые Пески Березовского района на месте поднятия сформировалось крупное понижение [1]. Заметно возросли расчлененность и генетическое разнообразие рельефа. Господствовавшие ранее денудационные поверхности уступили место ледниково-аккумулятивным формам. Ведущим типом рельефа стали зандровые равнины, над которыми на 5–10 м возвышались моренные равнины и на 20–30 м краевые ледниковые образования. Повсеместно отмечались котловинообразные и ложбинообразные понижения. Самая глубокая ложбина проходила между Ивацевичами и Березой в направлении на Пружаны, Каменец и Высокое. Глубина линейной депрессии 40–60 м. В дальнейшем это понижение частично наследовалось верховьями рек Ясельда и Лесная. Вторая крупная ложбина выявлена по линии Порозово – д. Тиховоля. В дальнейшем она унаследована верховьями р. Нарев.

Исходя из наличия ложбин и их направления, обнаруженных аллювиальных фаций в межледниковых отложениях, можно говорить и о сравнительно разветвленной речной сети, близкой по густоте брестскому времени. По данным Г.И. Горецкого [11; 19], наиболее крупные реки протекали в пределах или вблизи своих современных долин. По сравнению с брестским временем несколько севернее стало положение долин Пра-Лесной и особенно Пра-Мухавца [20]. В пределах территории впадины существовало большое количество небольших по площади озер, которые равномерно располагались на пространствах водноледниковой равнины [1]. На пониженных участках равнины между дд. Кабаки и Старые Пески плотность озерных водоемов была намного выше. К концу межледниковья характеризующая территория представляла собой расчлененную равнину, колебание абсолютных отметок на большей части которой было близким современному (рисунок 3).

Похолодание климата в конце беловежского межледниковья привело к новому оледенению – **березинскому**. Продвижение покровного оледенения на территорию впадины происходило с северо-запада. Предельная граница распространения ледника находилась на территории Украины, т.е. ледник покрывал весь исследуемый регион.

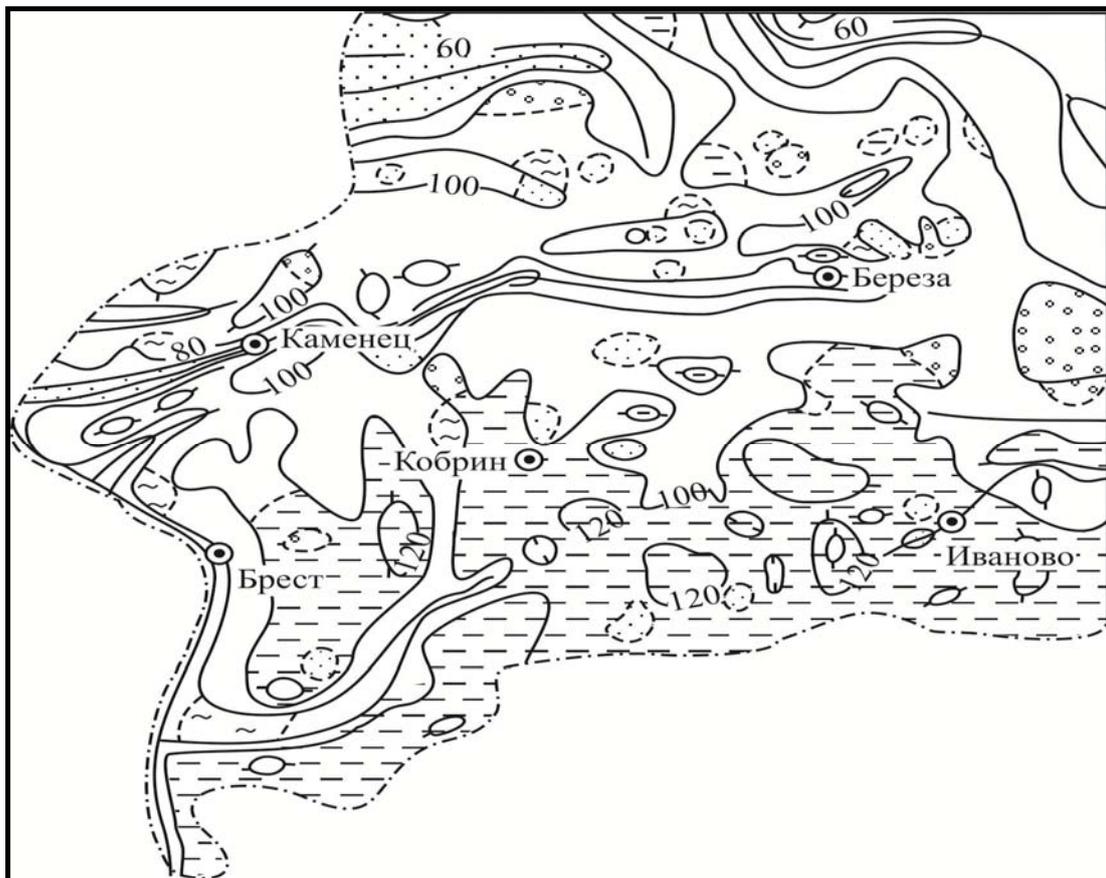
Надвигание и деградация ледника были довольно сложными. Г.И. Горецкий [19] считал, что в развитии оледенения выделялось не менее двух стадий и одной крупной осцилляции. В пределах Подляско-Брестской впадины, как и в наревское время, выделяют неманский поток, который покрыл всю ее площадь. При деградации ледника происходили его неоднократные остановки. В соответствии с этим выделяются выдержанные по простиранию, но по-разному выраженные полосы ледниковых возвышенностей.

Березинское оледенение значительно преобразовало созданную ранее поверхность. Расчлененность рельефа вызывала усиление не только процессов ледниковой экзарации и эрозии, но и аккумуляции. Экзарация и эрозия привели к переуглублению некоторых ложбин, существовавших ранее, и создали новые ледниковые ложбины, выявленные по много-



численным буровым скважинам. Основная часть ложбин имеет глубину вреза 30–70 м. Днище их опущено до абсолютных отметок 6–85 м [1].

Распределение различных типов ледниковых отложений в разрезах изученных скважин позволяет сделать вывод о ритмичном отступании ледникового покрова. Нашими исследованиями установлены три полосы погребенного конечно-моренного рельефа, разделенных участками водно-ледниковых равнин. По всей вероятности, они соответствуют трем фазам деградации оледенения. В южной части региона, в районе дд. Знаменка – Медна – Дубично – Великорита – Луково отложения Южного гляциоморфологического комплекса были сформированы в течение великоритской фазы. Ледниковые образования второй или брестской (пинской) фазы выделены по линии г. Брест – д. Бульково Жабинковского района – д. Верхолесье Кобринского района – г.п. Антополь – г. Дрогичин на абсолютных отметках 100–120 м. Эти отложения образуют конечно-моренные гряды Центрального гляциоморфологического комплекса, которые были сильно размывы тальми водами, стекавшими с края глетчера. Граница наиболее северной фазы деградации ледника выделяется по линии д. Волчин Каменецкого района – гг. Каменец – Пружаны. Отложения этой фазы образуют Северный гляциоморфологический комплекс с абсолютными отметками 120–135 м. Таким образом, березинский ледник оказал большое влияние на формирование орографии региона. Им частично были сnivelированы или переуглублены существовавшие ранее ложбины ледникового выпаживания и размыва, надстроены положительные формы рельефа.



Условные обозначения те же, что на рисунке 2

Рисунок 3 – Палеогеоморфологическая схема (конец беловежского этапа), по [2]



Временные рамки **александрийской эпохи**, по данным изотопных и термолюминесцентных методов, оцениваются интервалом от 350 тыс. до 300 тыс. лет [21]. Анализ гипсометрического положения подошвы александрийских осадков показал, что абсолютные высоты выдержаны и колеблются в основном в интервале 80–120 м. Глубина отрицательных форм 30–60 м. Самые низкие отметки установлены в районе д. Ставы (59,0 м) Каменецкого района. Наиболее приподнята подошва данных образований в разрезе Шестаково (150,2 м) Каменецкого района [20]. Максимальные абсолютные высоты земной поверхности отмечены у Березы и юго-восточнее Бреста. В целом территория была относительно пониженной по сравнению с прилегающими регионами.

Преобладающим компонентом рельефа являлись моренные и водно-ледниковые равнины. Моренные равнины сосредоточены главным образом в западной части впадины, в то время как в восточной преобладали флювиогляциальные поверхности. В западной части (севернее линии Малорита – Брест – Шерешево) и на юго-востоке были распространены озерно-болотные равнины. Особенность александрийских ландшафтов заключалась в наличии большого количества озер, которые концентрировались в периферических частях возвышенностей, многочисленных ледниковых ложбинах и в гляциокарстовых котловинах. Можно сказать, что в течение александрийского межледниковья территория впадины представляла собой настоящий озерный край. Озерность составляла до 20% [10].

Реконструкция существовавших в то время водоемов производилась по анализу накопившихся в них отложений. Анализ условий залегания и мощности межледниковых образований свидетельствуют, что глубины некоторых озерных котловин были значительными, но на протяжении межледниковья непостоянными.

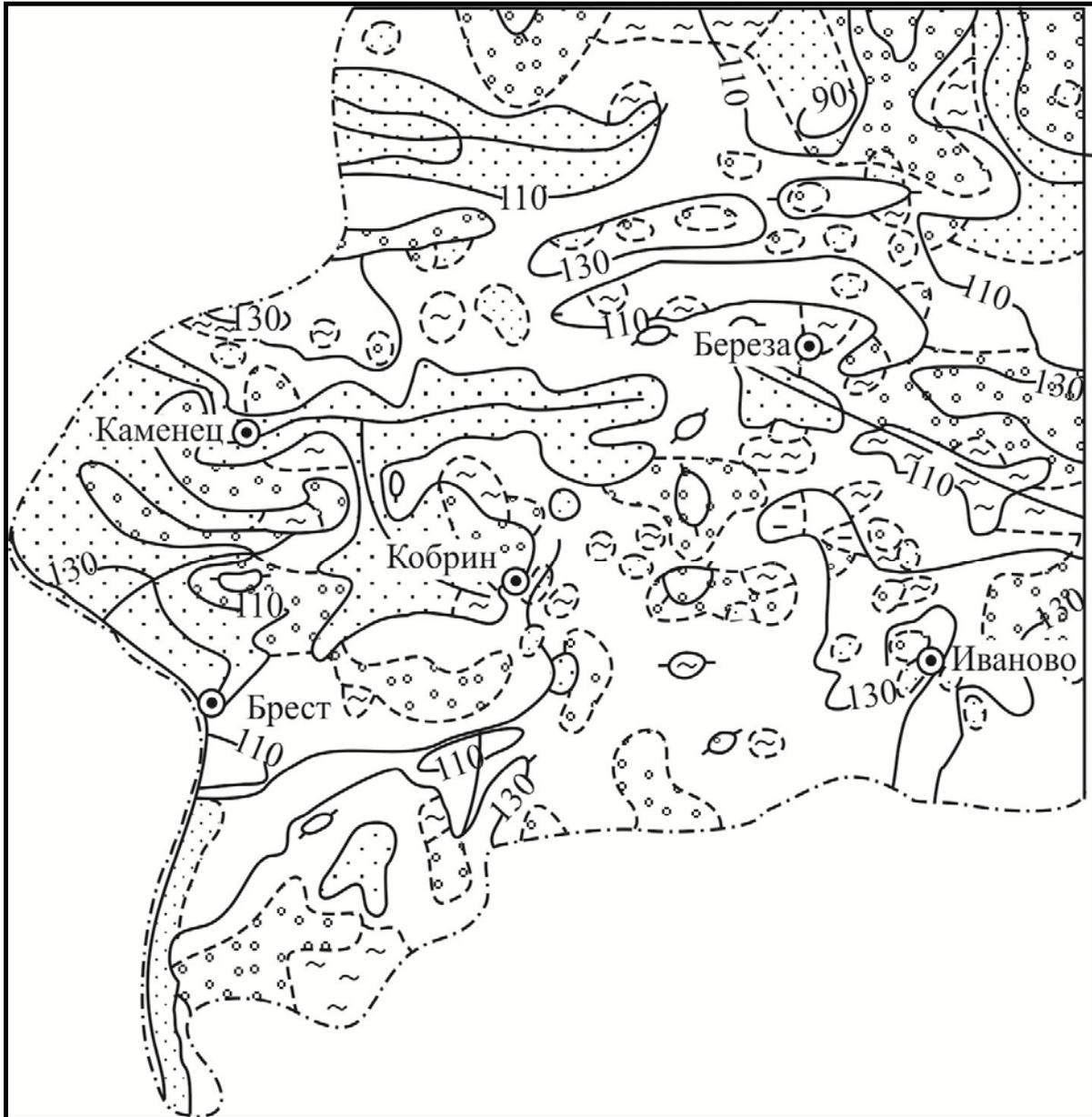
Обстановка, сложившаяся в то время на территории впадины, возможно, напоминала ту, которая была на севере Беларуси после отступления поозерского ледника. Пользуясь классификацией котловин современных озер, предложенной О.Ф. Якушко [22], исходя из характера осадков, условий залегания, среди водоемов александрийского времени можно выделить запрудные (район дд. Новоселки – Броды – Александричи) и ложбинные (у д. Ставы Каменецкого района), а в пределах речных долин – многочисленные старицы. В александрийское время территория впадины дренировалась развитой сетью рек, густота которой соответствовала современной. Крупные реки располагались, в основном, на месте современных долин. В связи с влажностью климата водообильность рек была велика. По сравнению с беловежским временем долина Пра-Лесной в нижнем течении располагалась севернее и имела почти широтное простираие, долина Пра-Мухавца также простиралась севернее нынешней [20]. К концу межледниковья реки расширили свои долины, размеры которых приблизились к современным. Основные особенности устройства земной поверхности региона к концу александрийского времени показаны на рисунке 4.

Характерной особенностью **припятского времени** явилось развитие самого мощного на территории Беларуси плейстоценового ледникового покрова, сыгравшего важную роль в формировании облика современного рельефа. В его истории выделяется две стадии – днепровская и сожская.

В **днепровскую стадию** ледниковый покров сыграл определяющую роль в развитии природы и становлении современного облика территории Подляско-Брестской впадины. На развитие ледникового покрова, его распространение и мощность значительное влияние оказали подстилающие породы и рельеф их кровли, а также неотектонические движения. Как было отмечено выше, наиболее пониженной в предшествующий днепровскому оледенению этап была западная часть Брестского Полесья. Под влиянием надвигающегося глетчера активизировались тектонические процессы [1]. Произошел некоторый относительный подъем



всей юго-западной части Беларуси. В днепровском покрове в пределах Подляско-Брестской впадины, так же как и в наревское и березинское время, выделялся неманский поток, в структуре которого формировались многочисленные лопасти и языки. Так, Б.Н. Гурский [15] указывает, что особенно заметно обособлялась лопасть в междуречье Мухавца и Лесной. Обособленно выделялась также малоритская лопасть.



Условные обозначения те же, что на рисунке 2

Рисунок 4 – Палеогеоморфологическая схема (конец александрийского этапа), по [2]

Днепровский ледник создал экзарационные и аккумулятивные формы рельефа. К экзарационным относятся ложбины, основная часть которых расположена в западной и центральной частях впадины. Врез этих форм составляет 30–70 м (максимум до 90 м), абсолютные отметки тальвегов 60–110 м.



Аккумулятивная деятельность ледника выразилась в надстройке ранее существовавших повышенный рельефа, в заполнении водно-ледниковыми и собственно ледниковыми (моренными) отложениями ложбин, созданных как предыдущими оледенениями, так и самим днепровским ледником. Широко распространились и зандровые песчаные отложения. Аккумулятивные процессы привели к значительному выравниванию поверхности [1].

Характерным элементом ландшафта во время оледенения были озерно-ледниковые водоемы, наиболее крупные из них существовали в районах д. Тришин Брестского района, д. Ракитница Жабинковского района и юго-восточнее Кобрина.

Характер деградации ледника был прерывистым [10; 15]. На территории региона можно выделить две фазы отступления ледника днепровского времени – волынскую и каменецкую и четыре осцилляции – малоритскую, дивинскую, високовскую и верховичскую. В результате фаз отступаний и осцилляций сформировалось несколько цепей краевых гряд, образующих в современном рельефе повышенные участки. Такие участки земной поверхности, сформировавшейся в малоритскую осцилляцию волынской фазы, прослеживаются по линии д. Збураж – г. Малорита – дд. Гусак – Великорита. В результате дивинской осцилляции образованы положительные формы рельефа по линии пос. Мухавец – дд. Черняны – Дивин. Хорошо выраженная зона поднятий високовской осцилляции каменецкой фазы располагается севернее дд. Остромечево – Видомля – г. Каменец – д. Речица. Во время верховичской осцилляции появились положительные формы рельефа северо-западнее дд. Пограничная – Суходол – Верховичи. В этом сложном узле возможно выделить два краевых гляциоморфологических комплекса – Каменецкий и Высоковский. Каменецкий комплекс представлен системой сильно денудированных аккумулятивных гряд и отдельных холмов. От слабо сохранившегося Каменюкского углового массива краевые гряды протягиваются на юго-запад и юго-восток. Простираение комплекса от д. Чемери меняется на восток-юго-восток. Долина Лево́й Лесной оконтуривает положение краевых образований, хорошо сохранившихся на участках между дд. Пруска Веливейская – Чемери-І – Антоны – Кривляны – Силичи – Смольники – Дымники – Завершье – Свищи. В 0,7 км северо-восточнее д. Пруска Веливейская абсолютные отметки составляют 168,0–179,0 м. Цепь гряд от Каменюкского углового массива тянется в юго-западном направлении через дд. Клепачи, Сарево, Городище. От д. Городище до д. Ясиневка гряды имеют субширотное простираение, а от дд. Ясиневка, Каролин вытянуты в северо-западном направлении. Система форм, образующих крайнее северо-западное замыкание Каменецкого краевого комплекса, выделена у дд. Пограничная, Суходол. Она представлена группой пологонаклонных флювиогляциальных гряд с уплощенными вершинами, вытянутыми на 2,5–3,0 км. Морфологически наиболее ярко выражена центральная часть Каменецкого комплекса. Склоны отдельных гряд и холмов достигают крутизны 30–35° при максимальной абсолютной высоте 194,0 м. В пределах Каменецкого комплекса незначительные пространства занимают озерно-аллювиальные и озерные поверхности, плоские, местами слабоогнутые, осложненные множеством положительных микроформ.

Южнее расположенный Высоковский комплекс отделяется от Каменецкого сложной системой межрядовых понижений, созданных бывшими гляциодепрессиями, сквозными долинами и заторфованными озерными котловинами. Наиболее высокая часть комплекса находится у г. Высокое и д. Збромирово Брестского района с абсолютными отметками 178,0–186,0 м. Доминирующее высотное положение в рельефе принадлежит массивным краевым ледниковым образованиям, которые образуют гряды длиной до 5,0 км при ширине в 1,5–2,0 км. Такие участки расположены в междуречье Пульвы и Лесной. Абсолютные отметки их составляют 175,0–185,0 м. Относительные превышения достигают 7,0–15,0 м.



В отличие от Каменецкого комплекса склоны краевых гряд менее крутые, с углами наклона 10–15°. Широкое распространение на площади Высоковского комплекса получили полого-волнистые, местами увалистые моренные и флювиогляциальные равнины. Краевые массивы, моренная и флювиогляциальная равнины расчленены долинами рек, ложбинами стока талых ледниковых вод и временных водотоков. В западной части комплекса по правобережью Пульвы поверхность более однообразная, выположенная и только в окрестностях дд. Паниквы, Новоселки, Ставы она расчленена оврагами и балками глубиной 5,0–10,0 м и шириной 30,0–40,0 м. В рельефе центральной части Высоковского комплекса четко выделяется система гряд, которые простираются в северо-восточном направлении по линии дд. Новая Рясна, Чепели, Миневици, пос. Беловежский. Эти гряды – результат напорных процессов. Об этом свидетельствует характер отложений в западной стенке карьера, расположенного в 0,7 км севернее д. Новая Рясна, где обнажаются переслаивающиеся горизонтально-слоистые, разнозернистые, темно-серые пески и песчано-гравийный материал, срезаемый косопадющей под углом 65° темно-бурой моренной супесью.

Гляциоморфологические комплексы краевых образований представлены различными грядами и камами. Вдоль краевых гряд и между ними выражены ложбины стока талых ледниковых вод, частично унаследованные долинами современных рек.

Таким образом, днепровские ледниковые комплексы определяют основные орграфические черты земной поверхности южной и центральной части исследуемой территории, своеобразие современного распределения рек, озер и болот. Из других важнейших результатов геологической деятельности этого ледникового покрова можно отметить практически полное исчезновение древних денудационных уровней, которые были перекрыты ледниковыми отложениями.

В период днепровского оледенения существовали суровые климатические условия. Возрождение гидросети произошло только после отступления ледникового покрова. Созданные и унаследованные неровности рельефа предопределили местоположение современных речных водотоков и озерных водоемов территории впадины. Речные долины региона после отступления днепровского ледника были близки к современным [20].

В *сожскую стадию* отступивший на время ледниковый покров снова перекрыл северную часть региона. Граница его предельного распространения является спорной [15; 23]. По итогам геолого-съёмочных работ установлено, что край ледника в пределах впадины проходил по линии дд. Каменюки – Щерчево – Линово – Оранчицы – Малеч – Кабаки – г. Береза и далее за ее пределы.

В пределах территории впадины, аналогично предыдущим этапам, выделялся неманский ледниковый поток. В результате его деятельности произошло окончательное формирование основных особенностей земной поверхности на территории впадины. Сожский ледник покрывал северную часть характеризуемого региона, где и накопились собственно ледниковые отложения. На остальной территории широким шлейфом расположены водно-ледниковые образования. Сожский ледник производил интенсивную экзарацию своего ложа. Им созданы ложбины ледникового выпахивания и размыва у дд. Котра, Ятвезь. Глубина ложбин 30–40 м. Абсолютные отметки тальвегов 95–117 м. В период оледенения за пределами границы распространения льда, кроме образования зандров, происходили солифлюкционные и денудационные процессы. Во время таяния льдов усилились аллювиальные процессы [1].

Деградация припятского ледника сожского времени в пределах территории была сложной. В западной части региона с границей максимального распространения ледникового покрова связаны конечно-моренные формы Вискулянско-Шерешевского комплекса. В ре-



зультате пружанской осциляції сформіраваліся холмісто-грядовыя афармавання Пружанскага, в новодворскую фазу – Новодворскага і могілеўскую стадыю – Порозовскага гляціомарфалагічных камплексаў.

Такім афармам, в сожскае врэмя прыпятскага оледенення былі надстроены многія фармы рэльефа, створаныя пярэдзішым, днепровскім ледніковым пакрывам. В рэзультате акумулятыўнай дзейнасці абсалютныя адметкі в зоне распастранення моренных акумуляцый возрослі на 30–40 м. Дыфэрэнцыацыя неатэктанічных дзвіжэнняў атразілася на распаделеі водных патокаў пры таянні льда [1]. Напраўленне стока талых ледніковых вод с севера на юг аказала ўплыв на распаделеі і развіццё рэчнай сеткі. Паэтым в южнай часткі тэрыторыі адсуткавалі крупныя прыледніковыя азера, но небаўшыя па плошчы вадоемы встрачаліся давольна часта. Для ных, как правіло, былі характэрны значітэльныя глыбіны. Пры стабілізацыі края ледніка сфарміраваліся абшырныя, нерэдка двухурэневыя зандровыя равіны Пярэполесся. Среда ных па мере адступанія ледніковага пакрыва вазнікалі термокарстовыя азера. На юге впадыны сущэствалі рэкі, в котрых накапліваўся періглыціальны аллювій. По мере дэградацыі ледніка рэчная сетка пастэпенна востанавлівалася. Долина северного прытока Прыпятаі рэкі Ясельда в сожскае і в бо́лее позднее врэмя прыобрела савременныя чэрты [1].

Позднеплейстоцэновый этап

Поздній плейстоцен начынаецца **муравінскім межледніковым**. Ранее сущэствавало нескілька точек зрэння на врэмя начыла гэтага этапа. Одні аўтары счыталі, что он начылаўся акало 0,11 млн лет [23], другія – акало 0,12 млн лет [6]. Сегодняя высказываецца мненіе о 0,13 млн лет назад [1]. Пры этым почти все ісследаватэлі, занямаючыяся впрасамаі геахронолагіяі, адмэчают адносітэльную кратковременность межледніковага.

В начыла муравінскага межледніковага тэрыторыя іспытывала гляціоізоастатічэскае пудняты, смену нисходящэго развіцця восходящым. Этэ, в свою очэредь, вызвало врэзанне рек, углубленне долаін, паявлэнне цокальных тэрас. Начыващэеся потепленне вызвало інтэнсівное таянне «мертвого» льда і ісчэзновение многалетней мерзлоты. На месце вазнікшых дэпрэссій афармаваліся азера [1].

Гіпсометрычэскае палажэнне афармаванняў муравінскага врэменя в абшчых чэртах атражае асновныя асабеннасці савременнага рэльефа. Подошва муравінскых атоложэнняў в разрэзах Велікае Село Пружанскага раёна імае адметку 170,3 м і нахадзіцца на глыбіне 2,7 м. Самы нызкі ўрэвень подошвы атоложэнняў адмэчен на западе тэрыторыі в долаіне Зап. Буга (125,0 м) [20].

С начыла похолодаанія сталі усільвацца працэсы денудацыі, что прыводіло к поніжэнню і вяравніванню тэрыторыі. В дзейнасці рек прайзошлі ізмэнэння. Этап врэзанія смэніўся этапам акумуляцыі матэрыала, палучіло развіццё меандрыраванне, афармаванне старорэчыяў. В долаінах і поніжэннях умэншылось ілі даже прэкратілось накупленне ізвесткавых туфов, а в озерах – мергелей і сапропелей. Постоптымальное врэмя явілось этапам заболачыванія озераў, увелічэння плошчы болот на водоразделах.

Поозерскае врэмя – этэ этап, котрый дліўся от 0,11 млн лет до 0,01 млн лет назад. За этэ врэмя на тэрыторыю северной Беларусі втэргался поозерскі ледніковы ўпокрыв. Во врэмя яго развіцця клімат быў, пожалуй, адным із самых суровых за весь чэтвертычны перыод, что обусловіло інтэнсівное протэканне працэсаў періглыціальнага морфагенеза і шырокае распастраненне на тэрыторыі впадыны субарктычэскага расцітэльнасці. Другой характэрной асабеннасцю гэтага этапа явілось пэрваначальное заселенне ісследуемага рэгіона палеолітычэскім чэловеком прыблізтэльно 27–24 тыс. лет назад [1].

На тэрыторыі впадыны прайсходіло заповненне рэчных долаін і озерных котловін



аллювіальна-делювіальнымі асадкамі, пачалася трансфармацыя межледніковых біоценозав у перігляціальныя. Працэс пераходу ад межледніковага к оледененню носіць рытмічны характар, што праявілася ў чараванні пахолоданняў і потепленняў між імі. Устаноўлена, што ў браслаўскую стадыю аформілася першая надпойменная тэраса найбольшых рэк тэрыторыі ўпадыны, пачаў вырабывацца ўступ ад першай надпойменнай тэрасы к пойме. Аформленне гэтага ўступу адбылося пазней – ў голоцэне [1]. Рэліктамі позднепаозерскага этапу лічацца найбольшыя возеры тэрыторыі, якія паступенна сталі заблачывацца [20].

Голоцэновый этап

Гэты ўзростны інтэрвал мае працягласць толькі больш 0,01 млн гадоў. У гэты ўзростны інтэрвал адбываліся адносна невялікія ваганні клімату, сфарміравалася сучасны выгляд расліннага і жывотнага свету. Рэльефаўтварэнне і асадкава-назапленне адбываліся ў абстаноўцы, блізкай да сучаснай. Вядучую ролю ў змяненні зямной паверхні іграў флювіяльны фактар, а ў апошняе стагоддзе на першае месца выдвинуліся тэхногенныя працэсы.

Новыя даныя, атрыманыя пры вывучэнні адкладаў голоцэна палеабатанічнымі, радыоуглеродным, ізатопным і геохімічнымі метадамі, а таксама палеокліматычнымі рэканструкцыямі і карэляцыямі прыродных падзеяў з блізкалежачымі рэгіёнамі дазволілі часткова пераглядзець раней апублікаваныя ўяўленні аб ходзе прыродных працэсаў ў голоцэне [24]. Пэрыядызацыя падзеяў часу фарміравання судобльскага гарызонту прыводзіцца ў адпаведнасці з стратыграфічнай схэмай, распрацаванай А.В. Матвеевым і іншымі аўтарамі ў апошнія гады [1; 5].

Пребореал (10200–9000 гадоў назад). Пачаўся голоцэн паказвае сабой важны палеагеаграфічны рубяж, звязаны з пераходам ад субарктычных умоваў позднеледніковага к умеренна тэплым клімату голоцэна.

Бореал (9000–7800 гадоў назад). На працягу бореала адзначаюцца змяненні клімату як у бок потеплення, так і пахолодання. У цэлым тэплыя ўмовы першай паловы бореальнага часу і змяненні ў раслінным покрыве спрыялі актывізацыі эолавых працэсаў. Умацаваліся працэсы заблачывання возерных котловін. У канцы перыяду адбылося пахолоданне клімату.

Атлантыка (7800–5000 гадоў назад). Пасля бореальнага пахолодання наступае тэмпературны максімум голоцэна, які адзначаецца каля 5500 гадоў назад. Змяненні клімату сказаліся на асабаватворчых працэсах, тэсна звязаных з саправам і будоўняй падсілаючых адкладаў. С паніжэннем узроўняў возераў у пачатку перыяду умацаваліся працэсы заблачывання возерных котловін. У сярэдзіне перыяду павышэнне вільнасці клімату і паніжэнне тэмператур спрыялі не толькі павышэнню узроўняў возераў, але і заблачыванню міжрэччых.

Суббореал (5000–2700 гадоў назад). У час суббореала адбываліся частыя ваганні клімату як у бок пахолодання, так і потеплення. У пачатку перыяду адбылося павышэнне узроўняў возераў на большай частцы рэгіёна. На завяршаючым этапе актывізаваліся эрозійныя і делювіяльныя працэсы. Павысілася абводненнасць торфяных масіваў з асабаваннем возерных акон, ізаляваныя болата сліваліся ў болотныя сістэмы, асабена ў межах нізін.

Субатлантыка (2700 гадоў назад – цяпер). Згодна палеокліматычным рэканструкцыям пачаўся і сярэдзіна перыяду былі даволна тэплымі і вільнымі, што спрыяла заблачыванню возерных котловін. У сярэдзіне перыяду актывізаваліся эрозійныя працэсы ў рэчных долинах. Інтэнсіфікацыя седыментацыі была абумоўлена павышэннем



влажности климата и влиянием человека. Последующее некоторое похолодание климата, увеличение влажности и распашка территории способствовали усилению линейной эрозии и склоновых процессов.

Выводы

Рельеф в пределах территории впадины сформировался в результате взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, а также частично преобразован техноморфогенезом. При этом важнейшую роль в оформлении каркаса современной поверхности территории сыграли ледниковые покровы, главным образом деятельность припятского ледника и его талых вод, а также совокупное воздействие новейших тектонических движений и комплекса экзогенных факторов – постоянных и временных водотоков, эоловых, биогенных процессов.

В гомельское и брестское время территория имела вид пологоволнистой денудационной равнины. Постепенно ее площадь сокращалась, пропорционально этому увеличивались поверхности ледникового генезиса, генетическое разнообразие рельефа. Деградация покровных ледников происходила прерывисто, а в некоторых случаях имела рецессионный характер, когда происходили кратковременные поступательные подвижки и формировались напорные формы рельефа. В позднем плейстоцене и голоцене ведущую роль в изменении земной поверхности играл флювиальный фактор, способствовавший образованию речных террас, многочисленных озер и озерно-аллювиальных низин, а в последние столетия земная поверхность активно трансформируется и под влиянием техногенных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четвертичный период (квартер) / Ф.Ю. Величкевич [и др.] // Палеогеография кайнозоя Беларуси / под ред. А.В. Матвеева. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2002. – С. 75–143.
2. Рельеф Белорусского Полесья / А.В. Матвеев [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1982. – 131 с.
3. Матвеев, А.В. Ледниковая формация антропогена Белоруссии / А.В. Матвеев. – Минск : Наука и техника, 1976. – 160 с.
4. Геология Беларуси / под ред. А.С. Махнача, Р.Г. Гарецкого, А.В. Матвеева. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
5. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объяснительная записка / С.А. Кручек [и др.]. – Минск: БелНИГРИ, 2010. – 282 с.
6. Вознячук, Л.Н. Основные стратиграфические подразделения четвертичных отложений / Л.Н. Вознячук // Материалы по стратиграфии Беларуси. – Минск, 1981. – С. 138–151.
7. Махнач, Н.А. Палинологическая характеристика древнейших отложений антропогена Белоруссии / Н.А. Махнач // Пограничные горизонты между неогеном и антропогеном. – Минск, 1977. – С. 215–234.
8. Горецкий, Г.И. О критериях определения границы между неогеном и антропогеном / Г.И. Горецкий // Пограничные горизонты между неогеном и антропогеном. – Минск, 1977. – С. 8–55.
9. Костко, А.А. Роль ледника в формировании субантропогеновой поверхности Белоруссии / А.А. Костко // Тектоника и проблемы формирования осадочного чехла Белоруссии. – Минск, 1975. – С. 74–80.



10. Матвеев, А.В. История формирования рельефа Белоруссии / А.В. Матвеев. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 144 с.
11. Горецкий, Г.И. Аллювиальная летопись великого Пра-Днепра / Г.И. Горецкий. – М., 1970. – 144 с.
12. Кузнецов, В.А. Геохимия аллювиального литогенеза / В.А. Кузнецов. – Минск, 1973. – 157 с.
13. Неотектоника и полезные ископаемые Белорусского Полесья / А.В. Матвеев [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1984. – 134 с.
14. Рельеф Белоруссии / А.В. Матвеев [и др.]. – Минск : Навука і тэхніка. – 1988. – 320 с.
15. Гурский, Б.Н. Нижний и средний антропоген Белоруссии / Б.Н. Гурский. – Минск : Наука и техника, 1974. – 144 с.
16. Цапенко, М.М. Четвертичные отложения БССР / М.М. Цапенко. – ВГФ, ТГФ УГ при СМ БССР. – Минск, 1945. – 105 с.
17. Грузман, Г.Г. Характер распространения и особенности формирования лихвинских диатомовых пород северной Вольны / Г.Г. Грузман, Г.К. Хурсевич, В.Л. Шалабода // Материалы геологического изучения земной коры Белоруссии. – Минск, 1978. – С. 119–123.
18. Гречаник, Н.Ф. Гляциоморфологические комплексы юго-западной части территории Беларуси / Н.Ф. Гречаник // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. прыродазн. навук. – 2007. – № 2 (29). – С. 157–164.
19. Горецкий, Г.И. Особенности палеопотамологии ледниковых областей / Г.И. Горецкий. – Минск, 1980. – 134 с.
20. Крутоус, Э.А. Палеогеография антропогена Белорусского Полесья / Э.А. Крутоус. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 143 с.
21. Mojski, J.E. Europa w plejstocene: ewolucja środowiska przyrodniczego / J.E. Mojski. – Warszawa, 1993. – 121 s.
22. Якушко, О.Ф. География озер Белоруссии / О.Ф. Якушко. – Минск: Вышэйшая школа, 1967. – 213 с.
23. Геология СССР. Т. III. Белорусская ССР. Геологическое описание / под ред. П.А. Леоновича. – М.: Недра, 1971. – 456 с.
24. Якушко, О.Ф. Изменения климата и формирование природных зон Белоруссии в позднеледниковье и голоцене / О.Ф. Якушко, И.И. Богдель, В.А. Климанов // Палеоклиматы голоцена Европейской территории СССР. – М., 1988. – С. 95–103.

N.F. Grechanik, A.V. Matveev, M.A. Bogdasarov The Basic Stages of Formation of Modern Relief of the Territory of Eastern Part of Podlessko-Brest Depression

On the basis of analyzing the structure of the Quaternary deposits the article gives the reconstruction of the main stages of the relief formation on the territory of Podlasko-Brest depression, describes the factors of relief formation and emphasizes the important role of icecaps in the modeling of the earth surface.



УДК 549.892.2

А.А. Комлев, В.А. Нестеровский, М.А. Богдасаров

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ СТРУКТУРА, МОРФО- И ЛИТОГЕНЕЗ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ В СВЯЗИ С ЕГО ЯНТАРЕННОСТЬЮ

В работе показано, что процессы формирования четвертичных отложений и рельефа в пределах территории Правобережья Украинского Полесья неразрывно связаны и во многом определялись неотектоническими движениями блоковых структур. Понимание этого позволяет комплексно подходить к рассмотрению различных теоретических проблем геологии и геоморфологии четвертичного периода и способствует более эффективному решению ряда практических задач, например, связанных с поисками в отложениях четвертичной системы коллекторов (вторичных, повторных, переотложенных) скоплений янтаря.

Традиционно исследователи Правобережья Украинского Полесья связывают главные особенности его экспонированного и погребенного рельефа с деятельностью льдов и талых вод днепровского оледенения. Здесь принято выделять моренные гряды и холмы, камы, озы, друмлины, экзарационные останцы, ледниковые рытвины, долины ледникового выпахивания, ледниковые озера, зандровые поля [1; 2].

Выполненные геоморфологические и палеогеоморфологические исследования на основе материалов крупномасштабного геологического картирования и детальных поисково-разведочных работ позволяют по-новому рассматривать некоторые особенности рельефа современной поверхности и погребенного четвертичного рельефа данной территории, в частности, генезис некоторых форм четвертичного рельефа и связанных с ними отложений [3–5]. Дополненные данными по тектонике докембрийского фундамента, палеотектонике дочетвертичных морфолитогоризонтов дало возможность детально проанализировать особенности развития четвертичного морфо- и литогенеза в связи с эволюцией новейшей тектонической структуры Украинского щита и обрамляющих его геоструктур [6; 7].

Установлено, что докембрийский фундамент Правобережья Украинского Полесья разделен системами тектонических нарушений на многочисленные блоковые структуры. Дифференцированные по направлению и амплитуде тектонические движения этих структур являются определяющим фактором в процессах морфогенеза на всех этапах развития территории, включая и четвертичный этап. Ландшафтно-климатические обстановки и литолого-петрографические особенности горных пород также существенно влияли на эти процессы, однако роль структурно-тектонического фактора была ведущей.

В пределах территории выделяются две группы тектонических блоковых структур, отличающиеся по комплексу признаков: положением в общей докембрийской и неотектонической структуре, размерами, формой, ориентировкой, характером движений и их отражением в рельефе и осадках. К первой группе относятся блоки, расположенные в зонах тектонических нарушений и разломов, ко второй – межзональные тектонически слабо дифференцированные. Зоны тектонических нарушений представляют собой линейные сложно построенные структуры шириной до 40 км и протяженностью от нескольких километров до нескольких сотен километров. Наиболее крупной из таких структур является впервые выделенная А.А. Гойжевским широтная Северо-



Украинская горстово-грабеновая зона неоднократной тектонической активизации, приуроченная к сочленению Украинского щита и Припятского прогиба [8]. В ее пределах преобладают блоки линейно-вытянутой формы. Реже в ячейках, образуемых пересечением разнонаправленных зон нарушений, встречаются блоковые структуры округлых и изометрических очертаний.

Детальные палеоструктурные и палеогеоморфологические исследования позволяют утверждать, что в четвертичное время, как и в течение всего мезозоя – кайнозоя, участки, расположенные между зонами тектонических нарушений, характеризовались преимущественно отрицательными движениями составляющих их мелких блоковых структур. Суммарная амплитуда относительных опусканий за это время на фоне регионального погружений северного и восточного склонов щита составила 30–40 м, в западной части Украинского щита, в условиях преобладающего поднятия, она составляла 10–20 м. В пределах зон тектонических нарушений наблюдались отдельные блоки и полосы блоков, которые испытывали в сравнении с окружающими структурами экстремальные по амплитуде движения, отличающиеся от ординарных на 5–20 м. Четко фиксируется периодическая смена полос блоков с характерными аномальными амплитудами.

В различной степени дифференцированные («штамповые») движения блоков создавали в рельефе депрессионные и грабеноподобные формы с клавишно-ступенчатым профилем днища, в поверхности их наблюдается сложное сочетание гипсометрически разобобщенных горизонтальных и пологонаклонных площадок. Наклон поверхности отдельных блоков, фиксируемый условиями залегания отдельных литолого-стратиграфических горизонтов, достигает 15° , причем угол и перекосы поверхности у блоков имели тенденцию к периодическим изменениям. Непосредственным проявлением господствующих тектонических движений в рельефе участков зон разломов является образование надблоковых и надразломных форм, особенности морфологии которых отражают сложный итог совместной деятельности эндогенных и экзогенных факторов. К надблоковым формам, наиболее типичным для рельефа современной поверхности таких участков, относятся долины относительно крупных водотоков с комплексом террас, долинообразные понижения, линейно-вытянутые и изометричные болотные низины. С экстремальными по амплитуде отрицательными движениями блоков здесь связано формирование озерных и озерно-болотных котловин, а также локальных переуглублений в долинах. В погребенном рельефе участков зон нарушений обычно наблюдается серия субпараллельных палеодолин, в различной степени деформированных наложенными тектоническими движениями. Встречаются отдельные мульды и грабены небольшой протяженности, образование которых обусловлено в основном постседиментационными тектоническими подвижками.

К приподнятым аномальным по знаку движений блоковым структурам в рельефе участков тектонических зон приурочены холмы и холмисто-грядовые формы. Движения, благодаря которым возникают эти положительные формы, являются инверсионными. Гряды и холмы сложены ранне- и среднечетвертичными аллювиальными и болотно-аллювиальными отложениями. Если же тенденция неотектонических движений унаследована, то положительные формы рельефа сложены дочетвертичными образованиями [4; 5]. Многочисленные и аналогичные по геологическому строению горстоподобные формы отмечаются и в погребенном рельефе таких участков. Над отдельными неотектоническими нарушениями здесь часто наблюдаются узкие эрозионные долины и врезы, уступы и тыловые швы террас, крутые борта долин, диапировые структуры и складчатые дислокации в пластичных породах осадочного чехла и каолиновой коры выветривания докембрийских образований.



В целом, в рельефе современной поверхности и в погребенном рельефе участков, приуроченных к зонам тектонических нарушений, наблюдается закономерное сочетание различных по масштабу горстоподобных и грабенообразных форм, многие из которых располагаются параллельно друг другу. Образование этих тектонически предрасположенных форм в экспонированном рельефе усложняло общую картину геоморфологических процессов. Поэтому, очевидно, в районах их распространения наблюдается мозаичное распределение мощностей и фаций четвертичных отложений. Сложная ритмика неотектонических движений часто зафиксирована в текстурных особенностях пород, гранулометрическом и минеральном их составе. Процессы лито- и морфогенеза на этих участках иногда сопровождались образованием мелких оползневых тел. Иные структурные особенности и, следовательно, рельеф характерен для участков, расположенных между зонами тектонических нарушений. Здесь, в условиях относительно слабой неотектонической активности структур докембрийского основания, преобладают блоки изометричных, овальных и округлых очертаний. Их диаметр изменяется от нескольких сотен метров до нескольких десятков километров. Отличительной чертой этих структур является постоянная тенденция к движениям положительного знака. В движениях отдельных блоков также наблюдается отставание или опережение по сравнению с окружающими блоками, но разница в амплитудах незначительна или составляет несколько метров.

К крупным последовательно поднимающимся блоковым структурам приурочены современные междуречья. При детальном исследовании также обнаруживают в их рельефе мозаичную, клавишно-ступенчатую внутреннюю структуру, однако не столь резко выраженную, как в пределах зон нарушений. Небольшие блоки с аномальными движениями здесь фиксируются в виде отдельных нечетко выделяющихся в рельефе повышений и изометричных заболоченных низин. Контуры гипсометрически разобщенных и разнонаклонных блоков подчеркиваются надразломными формами рельефа: эрозионными долинами, линейными участками заболачивания и сглаженными денудацией неотектоническими уступами. На таких блоковых структурах, относительно пассивных в неотектонический этап, формировались денудационные, денудационно-аккумулятивные, аккумулятивные равнины с относительно выдержанными по мощности и фациям горизонтами четвертичного осадочного чехла. Характерно, что и контуры распространения ледниковых и водно-ледниковых отложений также, в общем, подчинены неоструктурному плану.

Граница между блоковыми группировками, расположенными в зонах неотектонических нарушений и за пределами последних, проходит в полосе с наибольшими градиентами высотных отметок различных экспонированных и погребенных геоморфологических уровней. Именно к этим полосам приурочены и участки с наибольшими градиентами мощностей четвертичных отложений в целом и отдельных литолого-стратиграфических горизонтов. Необходимо отметить, что различия между блоковыми структурами выделенных групп являются относительными и в каждом случае зависят от конкретных факторов. Причем блоковые структуры, однотипные по своим параметрам и особенностям динамики, но располагающиеся в контурах структур высокого таксономического ранга, иногда по-разному проявляются в рельефе и осадках. Примером могут служить различная степень выраженности в рельефе и различное геологическое строение холмисто-рядовых форм в пределах Олевского, Новоград-Волинского, Коростенского, Иванковского, Фастовского блоков, каждый из которых характеризовался относительной автономностью развития в мезозое – кайнозое.



Структурный контроль процессов литогенеза является причиной того, что внешняя граница распространения четвертичных отложений, выделяемых как ледниковые и водно-ледниковые, часто картируется в виде лопастей и заливов, масштабы которых зависят от размеров неотектонических блоковых структур. Степень дифференциации, амплитуда и интенсивность неотектонических движений блоков и, следовательно, степень сложности и выраженности в рельефе холмисто-грядовых форм на участках зон нарушений, в общем, пропорциональны масштабности и активности неотектонических движений в этих зонах. При этом необходимо учитывать, что неотектонический структурный план территории сформировался в результате сложной эволюции докембрийского структурного плана и лишь частично унаследует фрагменты последнего. Отсюда очевидно, что прямая корреляция этих структурных планов невозможна, и для расшифровки неотектонических особенностей территории требуется специальный комплекс исследований.

Изученный материал позволил выделить три группы неотектонических блоковых структур по степени унаследования элементов докембрийской структуры. К первой группе отнесены блоки, непосредственная связь которых с протерозойскими активными структурами доказана. Во вторую группу объединены блоки, у которых преемственность докембрийских структур является неполной. Третью группу составляют блоки, которые не имеют активных аналогов в докембрии. Так, в частности, в пределах Коростенского плутона наиболее крупной неотектонической структурой, отвечающей в породах докембрийского основания контуру первоначального габбро-анортозитового массива, впоследствии частично переработанного гранитными интрузиями. Внутри этого блока свои индивидуальные особенности в движениях до настоящего сохранили разномасштабные блоки, соответствующие небольшим очагам внедрения основных и гранитоидных, а также окна-блоки пород гнейсовой толщи. Примером таких блоков являются интрузии гранитоидов в районах сел Лугины, Селище, Гулянка, Бехи, Бараши и г. Коростень, интрузии основного состава в районах сел Кривотин, Соловьи, Федоровка, площади развития гнейсов и мигматитов в районах сел Пугачевка, Бехи. Естественно, что неотектоническая активность наблюдается и в линейных структурах, обрамляющих эти блоки. Комплекс относительно крупных отрицательных и положительных форм рельефа, представленных долинами, холмами и грядами, в виде огромной дуги обрамляет с севера, запада и юга Коростенский блок. Аналогичные формы рельефа полностью или частично оконтуривают изометричные блоковые структуры более низкого таксономического ранга.

У неоструктур второй группы отмечаются только отдельные элементы докембрийской тектоники, ослабленные или усиленные последующими перестройками. Наиболее значительным преобразованием структура Коростенского плутона подвергалась в Северо-Украинской горстово-грабеновой зоне. Здесь в полосе широтного простирания сформировалась серия грабенов и горстов, характеризующихся периодической инверсией движений, причем полного совпадения контуров докембрийских и неотектонических структур не наблюдается. Так, Словечанско-Овручская возвышенность занимает лишь часть площади Овручского докембрийского грабена и является обращенной структурой по отношению к последнему. Были частично перестроены и внутренние участки Коростенского блока, эти преобразования выразились в активизации движений тех блоков, которые примыкают к тектоническим зонам северо-восточного и северо-западного простирания. Многие из этих зон, очевидно, не играли существенной роли в формировании докембрийской структуры Коростенского плутона.



Иначе стоит вопрос о неотектонических блоковых структурах, заключенных между нарушениями запад-северо-западного направления. Возникновение этих блоков не связано с докембрийским тектогенезом, они, в общем, резко несогласно накладываются на древний структурный план, повторяя своими контурами лишь некоторые фрагменты докембрийских нарушений. Время возникновения этих структур пока не ясно, наиболее четко они проявились в рельефе в последнепровское время. Эти структуры контролировали формирование северного склона Словечанско-Овручской возвышенности и участка развития в ее пределах лессовидных пород. В запад-северо-западном направлении проходит северная граница лессового плато, тому же направлению подчинены долины многочисленных водотоков в пределах северо-западной части Украинского щита, а также линейно-грядовые аккумулятивные формы [4; 5].

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Х13К-013) и Государственного фонда фундаментальных исследований Украины (проект Ф54.3/006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарчук, В.Г. Геоморфология УРСР / В.Г. Бондарчук. – Киев : Радянська школа, 1949. – 241 с.
2. Маринич, А.М. Геоморфология Южного Полесья / А.М. Маринич. – Киев : Изд-во Киевского ун-та, 1963. – 251 с.
3. К вопросу о генезисе озерных котловин Волынского Полесья / А.А. Комлев [и др.] // Физическая география и геоморфология. – 1982. – Вып. 28. – С. 107–114.
4. Кошик, Ю.А. Особенности рельефа ледниковой области Житомирского Полесья / Ю.А. Кошик, В.М. Тимофеев, В.Н. Чмыхал. – Киев : Наукова думка, 1976. – 46 с.
5. Новые данные о строении и происхождении некоторых форм рельефа Житомирского Полесья / В.М. Тимофеев [и др.] // Четвертичный период. – Киев : Наукова думка, 1976. – С. 156–163.
6. Гойжевский, А.А. Тектономагматическая активизация регионов Украины / А.А. Гойжевский, В.В. Науменко, В.И. Скаржинский. – Киев: Наукова думка, 1976. – 118 с.
7. Соколовський, І.Л. Закономірності розвитку рельєфу України / І.Л. Соколовський. – Киев : Наукова думка, 1973. – 214 с.
8. Гойжевский, А.А. Северо-Украинская горстово-грабеновая зона в пределах Украинского щита / А.А. Гойжевский // Геол. журн. – 1972. – Т. 32, вып. 5. – С. 86–93.

A.A. Komlev, V.A. Nesterovski, M.A. Bogdasarov The Quaternary Structure, Morphology and Lithogenesis of Right Bank of Ukrainian Polesie in Connection with its Amber-Bearing

The paper presents the formation of Quaternary deposits and landforms within the territory of the Right bank of Ukrainian Polesie inextricably linked and were largely determined by neotectonic movements block structures. Understanding this enables a comprehensive approach to the consideration of various theoretical problems of geology and geomorphology of the Quaternary period and contributes to a more efficient solution of practical problems, such as those associated with the search in the Quaternary deposits various collectors (secondary, repeated, reworked) clusters of amber.



УДК 911.3(476)

К.К.Красовский

ДЕМОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ИВАНОВСКОГО РАЙОНА

На основе статистических данных проведен анализ динамики основных демографических показателей Ивановского района. Выявлены тенденции показателей рождаемости и смертности, половозрастной и брачно-семейной структуры. Обоснована необходимость эффективной долгосрочной научно-обоснованной демографической политики.

Современная демографическая ситуация и система расселения на территории Ивановского района формировалась на протяжении длительного периода под влиянием сложного комплекса природных, исторических, экологических и социально-экономических факторов. Система расселения района представлена одним городским поселением – городом Иваново и 102 сельскими населенными пунктами. Со времени образования района 15 января 1940 года динамика численности населения значительно изменялась. Потеряв практически половину своего демографического потенциала во время второй мировой войны, в первый послевоенный период начался компенсаторный рост числа жителей. Однако, уже начиная с первой послевоенной переписи, общая численность населения района имела тенденцию к снижению (таблица 1).

Таблица 1– Динамика численности населения Ивановского района, чел.

Годы	1959	1970	1979	1989	1999	2009	2013
Городское население	3827	5101	9912	13581	15856	16135	16456
Сельское население	61750	57965	48305	39390	34905	27292	24785
Все население	65577	63366	58217	52971	50763	43427	41241

Источник: составлено автором по данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь

Еще более высокими темпами снижалось число сельских жителей, которое к концу XX века уменьшилось почти в два раза. В то же время очень быстрыми темпами росло население города Иваново, которое к 1999 году по сравнению с 1959 г. выросло более чем в четыре раза. В 2013 году общая численность населения Ивановского района составила 41241 человек, из них 24785 – население, проживающее в сельской местности, 16456 – жители города Иваново.

Размещено население по территории района относительно равномерно. По плотности населения Ивановский район уступает только Брестскому, что обусловлено географическим расположением территории района на равнине с относительно плодородными почвами и интенсивным сельскохозяйственным производством. В конце XX века средняя величина сельского населенного пункта на территории района составляла 340 человек, что значительно выше соответствующего показателя по стране. В системе расселения количественно преобладали средние сельские населенные пункты.

В 50 средних поселениях проживало 58,6% сельского населения района, в 47 мелких – 12,7%. В 4 больших сельских населенных пунктах доля сельских жителей составила 16,1%. К крупным сельским поселениям (свыше 3000 жителей) на территории района относится Мотоль, в котором по данным переписи 1999 года проживало около



5000 человек. На начало 2014 года общее число сельских населенных пунктов Ивановского района в отличие от других регионов Беларуси не изменилось, а их распределение по величине и удельному весу проживающего населения практически также осталось на прежнем уровне. Самыми большими сельскими поселениями остались Мотоль, Тышковичи и Лясковичи.

Доля городского населения в общей численности населения района постоянно росла. Если в 1959 г. доля городских жителей составляла всего 8,5%, то по данным последующих переписей, проводившихся в XX веке, уровень урбанизации составлял соответственно 17,0% (1970), 25,6% (1979), 31,2% (1989), 33,4% (1999). В начале XXI века среднегодовые темпы прироста городского населения в районе снизились, что привело к замедлению урбанизированности территории. По данным переписи 2009 года доля городского населения района составила около 40%.

На протяжении всего послевоенного периода естественное движение вместе с миграцией являлись основными источниками роста численности населения Ивановского района. Естественное движение населения является итогом взаимодействия двух составляющих его процессов – рождаемости и смертности. Основное влияние на динамику естественного движения населения Ивановского района во второй половине XX века оказала рождаемость. Как свидетельствуют данные текущего учета и послевоенных переписей населения, общий коэффициент рождаемости снизился с 28,6‰ в 1960 г. до 11,5‰ в 2000 г., т.е. почти в 3 раза (таблица 2). В целом по району общее число родившихся за этот же период уменьшилось с 2014 человек до 781, а в сельской местности с 1888 до 567. В целом на протяжении всего анализируемого периода общий коэффициент рождаемости в городе Иваново несколько превышал соответствующий показатель по сельской местности.

Таблица 2 – Динамика общих коэффициентов рождаемости, смертности и естественного прироста населения Ивановского района, ‰

Год	Рождаемость	Смертность	Естественный прирост
1960	28,6	6,4	22,2
1965	17,9	6,2	11,7
1970	16,6	7,9	8,7
1975	15,4	10,2	5,2
1980	15,6	11,5	4,1
1985	14,5	13,4	1,1
1990	12,6	13,5	-0,9
1995	11,7	16,1	-4,4
2000	11,5	16,1	-4,6
2005	10,2	17,7	-7,3
2010	12,7	17,9	-5,2
2012	12,4	17,2	-4,8

Источник: Министерство статистики и анализа Республики Беларусь.

Снижение рождаемости в Ивановском районе во второй половине XX века происходило далеко не равномерно. В первые послевоенные годы наблюдался компенсаторный рост рождаемости вследствие увеличения числа заключаемых браков, харак-



терного для послевоенного времени. Однако, как видно из данных таблицы 3, уже с 1960 года начала проявляться тенденция к снижению общего коэффициента рождаемости. Анализируя данные статистики, динамику общего коэффициента рождаемости в районе в период 1960–2000 гг. можно разделить на следующие три этапа. Первый этап (1960–1965 гг.) – резкое снижение уровня рождаемости; второй этап (1965–1980 гг.) – относительная стабилизация в снижении общего коэффициента рождаемости; третий этап (1980–2000 гг.) – рост темпов снижения уровня рождаемости. Итак, общий коэффициент рождаемости в Ивановском районе в 1960–2000 гг. имел сложную динамику. Проявившаяся уже с 1952 года тенденция к снижению уровня рождаемости усилилась к середине 60-х годов. Это было связано с последствиями второй мировой войны, в результате которой доля женщин, вступающих в активный детородный возраст, в 60-е годы была ограничена. В целом в течение первого выделенного нами в динамике рождаемости периода ее уровень снизился с 28,6‰ до 17,9‰.

Затянувшееся на 15-летний период снижение общего коэффициента рождаемости с 1965 года сменяется новой тенденцией. Начался период относительной стабилизации снижения уровня рождаемости из-за вступления в активный детородный возраст в 70-е годы поколения, рожденного во время компенсаторной волны (1945–1950 гг.). Стабилизация рождаемости в 80-е гг. была также связана с принятием 31 марта 1981 г. постановления правительства о мерах по усилению государственной помощи семьям, имеющим детей. Согласно этому документу работающие матери стали получать единовременное пособие при рождении ребенка, частично оплачиваемый отпуск по уходу за ребенком и некоторые другие льготы.

После окончания периода, связанного с влиянием компенсаторной волны и принятых мер демографической политики, темпы снижения рождаемости в районе с 1985 года опять начали расти. Отличительной особенностью данного периода является то, что резкое снижение уровня рождаемости началось в условиях мирного времени. В целом за период 1985–2000 гг. общий коэффициент рождаемости снизился почти в полтора раза и составил в 2000 г. 11,5‰. Изначально падение рождаемости было обусловлено тем, что во второй половине 80-х годов в возраст активного деторождения вступало малочисленное поколение, рожденное во второй половине 60-х годов. Начиная с 1988 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 60-е годы. 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 Ивановском районе во второй половине XX века 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 века, то в Беларуси он произошел в течение нескольких лет.

Более точно выражают уровень и динамику рождаемости специальные коэффициенты, многие из которых были введены в методику научных исследований Б.Ц. Урланисом. Наиболее верная характеристика уровня рождаемости может быть получена



на основе расчета коэффициентов плодovitости и показателей детности. Эти два коэффициента устраняют зависимость уровня рождаемости от половой структуры населения и в некоторой степени от возрастной. Однако влияние возрастной структуры при расчете этих показателей еще довольно существенно, так как уровень рождаемости значительно отличается у женщин молодых возрастных групп и более старших. Чтобы исключить и это влияние, проведем анализ половозрастных коэффициентов рождаемости, определяемых в виде числа рождений на 1000 женщин соответствующей возрастной группы.

Прежде всего, следует отметить, что половозрастные коэффициенты рождаемости женщин фертильного возраста (от 15 до 49 лет) выше в сельской местности более чем на 50%. Причем в возрастных группах от 15 до 24 лет этот показатель в городах ниже почти в полтора раза, а в более старших возрастах разница в уровнях рождаемости в городской и сельской местности составляет 2 и более раз. Все пятилетние возрастные группы женщин детородного возраста существенно различаются между собой по числу рождений. Наибольшими показателями рождаемости в настоящее время отличается возрастная группа от 20 до 24 лет. Этот факт означает, что идет постоянный рост доли детей, рожденных женщинами в возрасте 20–24 лет, от общего числа родившихся детей. На втором месте по удельному весу рожденных детей находятся женщины в возрасте от 25 до 29 лет. Следует отметить, что в 50-е и 60-е годы эта возрастная группа женщин являлась наиболее рождающим контингентом. Это связано с трансформацией семейного состава населения Беларуси, в структуре которого раньше доминировали семьи с двумя детьми, а в настоящее время значительный перевес имеют семьи, воспитывающего только одного ребенка. Этот вывод подтверждает и суммарный коэффициент рождаемости, который характеризует количество рожденных детей одной женщиной за всю ее жизнь. По республике в целом данный показатель за послевоенный период снизился более чем в два раза и в настоящее время составляет 1,6.

В начале XXI века существенных изменений, как свидетельствуют данные таблицы 3, в динамике показателей рождаемости на территории Ивановского района не произошло. Однако к концу первого десятилетия XXI века наметился некоторый рост уровня рождаемости. В 2010 году ее общий коэффициент составил 12,7‰, а в 2012 – 12,4‰. Это связано с тем, что в настоящее время в активном детородном возрасте находится поколение, рожденное до начала депопуляции в стране.

Выявленные особенности динамики коэффициентов рождаемости на территории Ивановского района в послевоенный период во многом обусловлены брачной структурой населения. Браки и разводы в научной литературе обычно относятся к естественному движению населения. Хотя непосредственно они и не влияют на динамику численности населения, однако процессы рождаемости находятся в тесной зависимости от этих двух демографических факторов. Современная брачная структура населения Ивановского района, как и Беларуси в целом, сложилась в результате взаимодействия ряда социально-экономических, демографических и других факторов. Для населения исследуемого района в целом характерна довольно высокая степень брачности населения. Так, по данным переписи населения 1999 г. в районе в возрасте 35–40 лет было всего 3,6% мужчин и 3,3% женщин, которые никогда не вступали в брак. На протяжении длительного времени наблюдалась тенденция к увеличению доли вступающих в брак в молодых возрастах. Причем эта особенность была характерна как для мужского, так и женского населения. Если в 1960 г. в возрасте до 20 лет среди вступающих в брак было около 3% мужчин и более 10% женщин, то к середине 1990 гг. эти показатели выросли



почти в 2 раза. В связи с этим и наблюдалось увеличение половозрастных коэффициентов рождаемости в возрасте до 19 лет, а также 20–24 года при одновременном снижении рождаемости в возрасте старше 25 лет. Увеличение рождаемости в возрасте до 24 лет связано со снижением среднего возраста матерей при рождении первых детей, а снижение рождаемости в возрасте старше 25 лет – с отказом семей от рождения второго и третьего ребенка.

В конце XX – начале XXI века в среднем на 3–5 лет увеличился средний возраст вступления в брак как среди мужского, так и среди женского населения. Это привело к значительному снижению показателей брачности населения, рассчитываемых на 1000 жителей. Так, если в 60-е годы прошлого века на 1000 жителей заключалось в среднем 13–15 браков, то к 2000 году их число сократилось почти вдвое. Кроме этого, на снижение абсолютных показателей состоящего в браке населения района значительное влияние оказали и другие факторы, и, прежде всего, охвативший в тот период страну социально-экономический кризис и снижение уровня жизни населения. Влияние последних и привело к резкому снижению в последнее десятилетие XX века относительных показателей брачного состояния населения.

Совершенно противоположная тенденция наблюдается при анализе относительных показателей разводимости среди населения района. Разводимость как демографический процесс зависит как от объективных и субъективных факторов, так и от действующего семейно-брачного законодательства. Хотя с 1944 по 1965 гг. действовал закон, который различными мерами ограничивал расторжение браков, однако коэффициент разводимости и в этот период увеличивался. Принятый в 1965 г. указ об упрощении процедуры разводов привел к их дальнейшему росту, и к концу XX века коэффициент разводимости по сравнению с 1959 г. увеличился в 3 раза и составил около 4–5 разводов на 1000 жителей. В последнее десятилетие наметилась тенденция к стабилизации коэффициента разводимости, однако общее число расторгнутых браков растет. Рост разводов отражает развитие и трансформацию семьи, повышение требовательности к брачным партнерам. В особенности это относится к городским жителям, так как коэффициент разводимости в начале XXI века в городе Иваново превышал соответствующий показатель по сельской местности.

Для более полного представления о процессах разводимости проведем анализ расторгнутых браков по их продолжительности. Статистические данные свидетельствуют, что максимальное число расторгнутых браков приходится на период совместного проживания от 5 до 9 лет. Также необходимо отметить довольно значительный рост разводов в семьях с более длительным стажем. Особую тревогу вызывает неустойчивость молодых браков (до 5 лет), удельный вес которых в общем количестве разводов составляет более 20%.

Проведенный анализ динамики рождаемости в Ивановском районе показывает, что этот сложный демографический процесс детерминирован объективными социально-экономическими закономерностями. Уровень рождаемости определялся комплексным воздействием на него ряда факторов социально-экономического, демографического, психологического и культурного характера. В обширной научной литературе по проблеме факторов рождаемости и их классификации есть различные подходы. В условиях Беларуси считаем наиболее удачным разделение их на две большие группы: демографические и социально-экономические.

Влияние демографических, или структурных факторов, к которым относится половозрастная структура населения, брачность и разводимость, на процессы рождаемо-



сти носит непосредственный характер. К социально-экономическим факторам, которые оказывают влияние на процессы рождаемости опосредованно, через сознание людей, чаще всего относят уровень урбанизации, благосостояние семей, культурный и образовательный уровень населения, а также занятость женщин. Считаем, что наиболее общим, обобщающим, комплексным из всех перечисленных социально-экономических факторов является уровень жизни населения, то есть благосостояние семей. Выявление взаимосвязи между уровнем рождаемости и уровнем жизни населения – одна из наиболее сложных проблем. Этот вопрос до сих пор является предметом научных споров демографов. Однако единого взгляда среди ученых на эту проблему нет. Среди исследователей еще в 60-е и 70-е гг. XX в. явно выделялись сторонники двух противоположных точек зрения. Сторонники первой активно пропагандировали обратную зависимость между уровнем рождаемости и благосостоянием семей. Пропагандируя обратную связь, они ссылались на высказывание К. Маркса о том, что величина семей обратно пропорциональна высоте заработной платы рабочих.

Сторонники прямой зависимости считали, что выдвинутый К. Марксом закон действует в определенную историческую эпоху, но доказательства своей теории не приводили. Как утверждает Р.И. Сифман, действительно в некоторых странах наиболее высокая рождаемость наблюдается в богатых семьях. Она же в своих исследованиях приходит к выводу, что в последнее время кривая изменения рождаемости по группам населения различной материальной обеспеченности приобрела V-образный вид, т.е. максимум рождений приходится на начало и конец группировки семей по материальной обеспеченности, а минимум – на середину.

Применительно к Беларуси эту проблему наиболее глубоко исследовали белорусские демографы. Так, к примеру, Л.П. Шахотько считает, что благосостояние семьи как фактор рождаемости в первую очередь связано с возрастанием потребностей в процессе развития общества и ценностными переориентациями всех его членов. Действительно, с развитием общества его потребности возрастают. Степень их удовлетворения зависит от материального благосостояния народа. В процессе исторического развития произошла переориентация семей относительно ценностей. Расширились потребности внесемейные и сузились семейные, что привело к уменьшению потребности в детях. Одного, двух детей хотят иметь все семьи, а рождение последующих вступает в противоречие с большей заинтересованностью членов семей в своей профессиональной деятельности, с потребностью иметь больше свободного времени. Это привело к тому, что в последние годы снизился удельный вес детей, родившихся у матерей третьим и далее ребенком. Устойчивое количество семей с одним – двумя детьми является результатом внутрисемейного регулирования деторождения. Сознательное ограничение числа родившихся детей привело к значительному снижению удельного веса семей, состоящих из пяти и более человек, и увеличению доли небольших семей. Это повлекло снижение среднего размера семьи, который в настоящее время составляет около 3-х человек. Таким образом, увеличение в общем числе родившихся первенцев и вторых детей и, как следствие, рост одно- и двухдетных семей послужили индикатором снижения рождаемости.

Демографическая установка на одно- и двухдетные семьи привела к простому, а с 1990 г. – суженному воспроизводству. При сохранении такого режима рождаемости естественная убыль населения Ивановского района возрастет. По расчетам демографов, даже для простого воспроизводства населения каждая брачная пара, способная к деторождению, в среднем должна иметь более двух детей. В связи с этим существующую в



настоящее время проблему рождаемости можно назвать проблемой даже не третьего, а второго ребенка.

Структурно-демографические и социально-экономические факторы будут и в дальнейшем определять уровень рождаемости в Ивановском районе. Наряду с факторами, ведущими к снижению рождаемости, будут действовать и факторы, ее стимулирующие. В настоящее время некоторое увеличение рождаемости связано с тем, что в возраст наибольшей плодовитости вступают женщины, родившиеся в 80-х годах, когда рождаемость была наиболее высокой по сравнению с предыдущим и последующим периодами. Эта особенность возрастной структуры населения и привела к совсем незначительному увеличению общего коэффициента рождаемости. Однако маловероятно, что данное повышение рождаемости в начале XXI века, вызванное структурными сдвигами, сможет продолжаться длительное время. Уже через несколько лет в наиболее активный детородный возраст начнет вступать поколение, рожденное после катастрофы на Чернобыльской АЭС и экономического кризиса 90-х годов XX века, экологические и экономические последствия которых оказали негативное влияние на показатели рождаемости. Ведь главная роль в современных условиях принадлежит психологии людей, выраженной в демографических установках на внутрисемейное регулирование рождаемости.

Другим показателем естественного движения населения является смертность, определяемая как процесс вымирания поколения. Демографы отмечают, что значение показателей смертности далеко выходит за пределы чистой демографической проблематики. От того, сколько лет в среднем живут люди в данной стране – 30 или 70, в значительной степени зависит ее политический престиж, а также социально-экономическое развитие.

Абсолютная численность умерших в Ивановском районе на протяжении всей второй половины XX века постоянно росла. Динамика же общего коэффициента смертности была достаточно противоречивой (таблица 3), хотя в целом в период с 1960 по 2000 гг. прослеживалась тенденция к его росту. Более детальный анализ показателей смертности в этот период позволяет выделить в ее динамике следующие 3 этапа:

- первый (1960 – 1970 гг.) – стабилизация общего коэффициента смертности;
- второй (1970 – 2000 гг.) – резкое увеличение смертности населения;
- третий (2000 – настоящее время) – замедление темпов роста общего коэффициента смертности.

Стабилизация общего коэффициента смертности на первом этапе обусловлена, прежде всего, развитием после окончания второй мировой войны здравоохранения, ростом санитарной культуры и т.д. В этот период смертность находилась на уровне 6-7‰.

Проявившаяся в начале второго этапа тенденция роста смертности населения вследствие его старения к концу XX века еще более усугубилась. За период 1970–2000 гг. общий коэффициент смертности вырос с 7,9‰ до 16,1‰. Этот значительный рост смертности на втором этапе был связан уже не только со сдвигами в возрастной структуре населения, а в большей степени обусловлен последствиями катастрофы на Чернобыльской АЭС и резким снижением уровня жизни населения вследствие экономического кризиса.

В начале XXI века темпы роста общего коэффициента смертности замедлились, и к 2012 году ее показатель вырос всего на 1,4‰ по сравнению с 2000 г., составив 17,5‰.



Однако не только старением населения объясняется рост смертности населения на территории Ивановского района, о чем свидетельствует проведенный анализ общего коэффициента смертности, который, как и общий коэффициент рождаемости, является не совсем репрезентативным. На протяжении анализируемого нами периода значительно увеличались и половозрастные показатели смертности. Статистические данные свидетельствуют, что интенсивность смертности изменяется в зависимости от возраста и пола. Наиболее высокие ее показатели характерны для детей до 5 лет, затем смертность снижается, достигая минимума в возрастной группе от 10 до 14 лет. Начиная с 15-летнего возраста, смертность вновь увеличивается, достигая своих максимальных показателей у людей старше 60 лет. Отличительной особенностью половозрастных коэффициентов смертности является их значительный перевес у мужского населения, причем во всех без исключения возрастных группах. В целом за послевоенный период половозрастные показатели смертности выросли, хотя в некоторых возрастных группах произошло их снижение. У мужчин снизились половозрастные коэффициенты смертности только в возрасте до 20 лет, у женского населения – до 45-летнего возраста. Для мужчин старше 20 лет и женщин старше 45 лет было характерно увеличение показателей смертности. Необходимо отметить, что с возрастом темпы роста смертности увеличиваются.

Увеличение напряженности ритма жизни, информационные и транспортные перегрузки, недостаточность физической активности, ухудшение экологической ситуации привели к перераспределению по удельному весу факторов смерти. Если раньше большей удельный вес занимали причины, связанные с инфекционными и паразитарными заболеваниями, то в настоящее время первые два места в структуре смертности приходятся на «болезни цивилизации»: болезни системы кровообращения и новообразования.

Наибольший удельный вес среди всех причин смертности приходится на болезни системы кровообращения. В последние годы ежегодно они составляют более 50% всех смертных случаев.

На втором месте стоит смертность от новообразований. Рост смертности от злокачественных опухолей на территории страны связан в первую очередь с ухудшением экологической обстановки. Если в 70-80-е годы доля этого вида смертности была около 10%, то в последнее десятилетие наметилась тенденция к ее увеличению. Если раньше от этой причины умирали в основном люди пожилого возраста, то сейчас болезнь значительно омолодилась и стала характерной также для лиц средних возрастных групп.

Третье место среди причин смерти занимают несчастные случаи, отравления и травмы. Характерно то, что количество смертных случаев от этого вида с 1990 г. значительно прогрессирует, а доля в общей численности умерших ежегодно составляет около 10%. Рост смертности в этой группе обусловлен неудовлетворительной организацией производства, транспортных средств, бытовым травматизмом, ростом алкоголизма. Так, смертность от причин, связанных с употреблением алкоголя, только за последние годы увеличилась почти в 3 раза. За этот же период возрос удельный вес умерших от убийств и самоубийств.

К «болезням цивилизации» ученые-геронтологи относят и болезни органов дыхания, смертность от которых до середины 80-х годов входила в первую тройку. В настоящее время в связи с резким ростом смертности от несчастных случаев, убийств, самоубийств и других внешних воздействий смертность от болезней органов дыхания переместилась на 4-е место.

Одним из наиболее чувствительных показателей качества жизни населения, его



социально-бытовых условий, уровня развития медицины является детская смертность. Ее в некоторой степени можно назвать «барометром благосостояния». Высокий уровень смертности детей до 5 лет обусловлен в первую очередь младенческой смертностью (до 1 года). Как показывают материалы текущей статистики, в целом коэффициент детской смертности за послевоенный период снизился почти в 10 раз, и в настоящее время находится на уровне высокоразвитых стран мира, составляя ежегодно 3–4%.

Рост общей смертности в конце XX века привел к значительному снижению одного из основных показателей уровня жизни населения – средней продолжительности жизни. Важность этого показателя связана с тем, что он является одним из ключевых при ежегодном расчете ООН индекса человеческого развития для стран мира. В целом за период с проведения первой Всероссийской переписи населения 1897 г. до первой послевоенной переписи 1959 г. продолжительность жизни населения выросла в два раза. Самая высокая продолжительность жизни населения в Ивановском районе была отмечена в 70-е годы XX века и составляла около 70 лет. После этого периода началось ее снижение, а в начале XXI века опять наметилась тенденция к ее росту. Аналогичная тенденция в динамике показателей средней продолжительности жизни характерна для городского и сельского населения.

Еще одной особенностью ожидаемой средней продолжительности жизни населения является наличие существенных ее отличий у мужского и женского населения. Если в 1897 г. эта разница составляла всего один год, то к 2000 г. она достигла более 10 лет, а в сельской местности еще выше. Увеличение разрыва в средней продолжительности жизни мужчин и женщин является всеобщей закономерностью, и в настоящее время эта проблема волнует всех геронтологов мира. Считается, что различия в продолжительности жизни населения по полу связаны с образом жизни мужчин и женщин, так как именно от этого фактора на 51,2% зависит состояние здоровья человека. На 20,4% продолжительность жизни населения связана с биологическими данными организма, на 19,9% – зависит от состояния окружающей среды и на 8,5% – от уровня развития здравоохранения.

Таким образом, проведенный анализ смертности и средней продолжительности жизни населения Ивановского района свидетельствует о негативных тенденциях в динамике этих показателей. Частично это обусловлено старением населения, однако определяющее влияние на рост смертности и снижение средней продолжительности жизни во второй половине XX века 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 века вследствие улучшения уровня жизни населения негативные тенденции в динамике этих демографических показателей приостановились.

В результате длительной эволюции показателей рождаемости и смертности и их перекрестного влияния друг на друга в Ивановском районе формировался определенный уровень естественного прироста (таблица 3). В целом на протяжении всего послевоенного периода прослеживалась тенденция к его снижению, хотя практически до 1990г. наблюдалось расширенное воспроизводство населения. Решающее влияние на снижение естественного прироста населения в конце XX в. оказало падение более чем в два раза рождаемости и увеличение практически в таком же объеме смертности. На 90-е годы пришелся демографический переход от расширенного к простому, а далее и к суженному типу воспроизводства населения, который продолжается и в настоящее время.



K. Krasouski Demographic Development of Ivanovo District

Analysis of the main demographic criteria of Ivanovo district has been conducted on the basis of statistical data. Unfavorable tendencies of birth and death rates, age-sex and matrimonial structures have been detected. The necessity for conducting an effective long-term scientific-grounded demographic policy has been proved.



УДК 56+551.79(476.7)

Г.И. Литвинюк, Т.В. Якубовская

ИСКОПАЕМАЯ ФЛОРА ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА ОКРЕСТНОСТЕЙ ГОРОДА БЕРЁЗА

В статье рассматривается последовательный ряд семенных флор окрестностей г. Берёза в соответствии с новой стратиграфической схемой отложений четвертичной системы Беларуси (2010). Этот ряд может служить хронологической линейкой при расчленении и картировании четвертичной толщи на территории юго-западной Беларуси. Обсуждается проблема дополнений к новой схеме в связи с понижением границы квартера до уровня 2,58 млн лет.

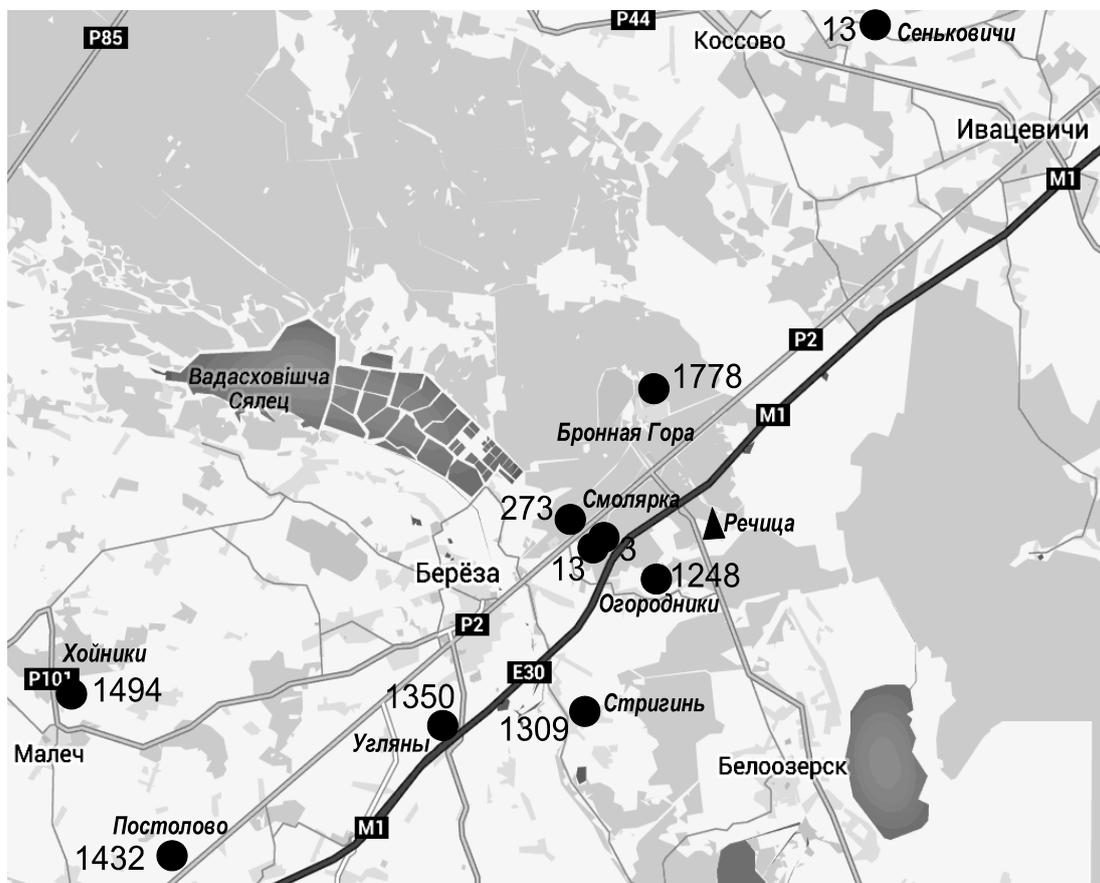
В 2010 г. опубликованы новые стратиграфические схемы четвертичной системы Беларуси – отдельные для плейстоцена и голоцена [1]. Нижняя граница в схеме четвертичной системы (плейстоцена) соответствует подтверждённой в 2008 г. на 33-й сессии Международного геологического конгресса (Норвегия) границе на уровне 1,8 млн лет. В июле 2009 г. Исполнительный комитет Международного союза геологических наук утвердил рекомендации Международной комиссии по стратиграфии о понижении границы четвертичной системы (квартера) и, соответственно, основания плейстоценового отдела на уровне 2,588 млн лет [2], а позже, в 2013 г. эта граница была принята Решением VIII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода в Ростове-на-Дону. В связи с увеличением объёма четвертичной системы/периода на 800 тыс. лет за счёт включения в неё яруса гелазий белорусским исследователям необходимо разработать дополнения к схеме, учитывая новую нижнюю границу квартера. На территории Беларуси известно несколько районов, где имеется последовательный временной ряд флор плиоцена – нижнего – среднего плейстоцена для решения этой задачи. Таковы Вселюбский, Речицкий, Краснослободский и Берёзовский страторайоны.

В окрестностях г. Берёза Брестской области в многочисленных разрезах изучена ископаемая флора четвертичного периода палеокарпологическим и палинологическим методами. Материалы по многим местонахождениям четвертичной и плиоценовой флоры публиковали в разные годы Н.А. Махнач, А.Ф. Бурлак, П.И. Дорофеев, Э.А. Крутоус, Т.В. Якубовская, Т.Б. Рылова, Ф.Ю. Величкевич, Г.И. Литвинюк. Большой фактический материал обобщён в монографии Э.А. Крутоус [3] и в книге «Берёзовский страторайон плейстоцена Беларуси» [4].

В Берёзовском страторайоне большинство изученных флор получены из кернов скважин (рисунок), обнажения с остатками флоры в погребённых органико-минеральных отложениях очень редки. В окрестностях Берёзы такие аккумуляции изучались в карьере у д. Речица, расположенной в 6 км к юго-востоку от станции Бронная Гора. Это искусственное обнажение в 1984–1985 гг. посещали геологи и палеоботаники Института геохимии и геофизики АН БССР в целях поиска и изучения погребённых озёрно-болотных отложений и содержащихся в них остатков организмов. В июне 1985 г. группа сотрудников с нашим участием исследовала такие отложения в небольшом карьере вблизи восточной окраины деревни. Карьер располагался на правом коренном берегу канализированной реки Жегулянка, левого притока Ясельды. Он заложен на останце конечно-моренного рельефа, сохранившегося в обширной пойме Ясельды и её притоков, на склоне пологого холма, возвышающегося над окружающей болотистой поймой



примерно на 15 м. Абсолютная отметка вершины холма около 160 м. В восточной стенке карьера была вскрыта погребённая котловина с дном на уровне 12 м от поверхности холма, заполненная (снизу вверх) озёрно-ледниковыми и озёрными глинами, аллювиальными песками, торфом, вновь озёрными глинами и суглинком, перекрытыми 4-метровым слоем водно-ледниковых песчаных с гравием отложений. Залежь была прослежена на протяжении 85 м. Дно карьера на уровне грунтовых вод было усыпано желваками кремня до 30 см в диаметре, такие кремни местами образовывали прослой в основании песков, подстилающих озёрно-болотные отложения. Эти пески залежали с заметным уклоном к востоку, внутрь склона разрабатываемого холма, что допускало предположение об окраинной части вскрытой залежи. Мощность озёрно-болотных отложений в карьере до 1,8 м.



условные знаки: ● 1248 – скважина и её номер, ▲ – обнажение
Рисунок – Расположение обсуждаемых разрезов четвертичных отложений в окрестностях г. Берёза

Семенная флора получена с глубины 5,45–6,8 м (от бровки карьера), в образцах определено от 2-х до 10-и видов при небольшом количестве остатков. Общий состав флоры следующий: *Pinus* sp. – 7 семян, 1 пучок хвои; *Larix* sp. – 8 семян, 1 укороченный побег; *Picea* sp. – 1 семя, 2 фрагмента хвои; *Abies* sp. – 3 фрагмента семени, несколько кусочков белой смолы; *Nuphar lutea* (L.) Smith. – 1 семя; *Betula alba* L. – 5 орешков; *Andromeda polifolia* L. – 42 семени; *Aldrovanda dokturovskyi* Dorof. – 6 семян; *Comarum palustre* L. – 3 плодика; *Menyanthes trifoliata* L. – более 100 семян;



Mentha sp. – 1 орешек; *Alisma plantago-aquatica* L. – 3 тегмена семян; *Potamogeton natans* L. – 7 эндокарпов; *P. compressus* L. – 1 эндокарп; *Potamogeton* sp. – 4 эндокарпа; *Carex* sp. div. – 12 орешков; *Typha* cf. *latifolia* L. – 4 тегмена семян.

Всего определено 18 таксонов. По количеству остатков преобладают типичные болотные растения – *Menyanthes trifoliata* (вахта трёхлистная) и *Andromeda polifolia* (подбел многолистный), но есть и водные – альдрованда, кубышка, рдесты плавающий и сплюснутый. Присутствие остатков всех местных хвойных деревьев (в их числе *Abies* определена неуверенно по фрагментам семян и мелким кусочком особой, белого цвета смолы, которая обычно налипает на семена) в сочетании с семенами *Aldrovanda dokurovskyi* даёт основание для отнесения торфяника к александрийскому межледниковью. Такой возраст указала Т.Б. Рылова, получившая спорово-пыльцевую диаграмму для этого торфяника [4, рис. 18]. Судя по составу семян и пыльцы, в отложениях не отразился оптимум межледниковья, а присутствуют осадки заключительных фаз межледниковья и начала последующего оледенения, поэтому не удалось получить представительный комплекс ископаемой флоры, характерный для межледниковья.

Однако в окрестностях Берёзы имеется множество скважин, из которых получены выразительные комплексы ископаемых плодов и семян разного возраста – от олигоцена до конца плейстоцена. В связи с изучением александрийской флоры Речицы и проблемой нижней границы плейстоцена нас заинтересовали доднепровские и плиоценовые флоры этого региона. Мы выбрали ближайшие к Берёзе и Речице местонахождения наиболее информативных в отношении возраста флор, они показаны на рисунке. В таблице 1 отражён состав флоры этих местонахождений – по одному разрезу для каждого стратона.

Таблица 1 – Состав ископаемой флоры в доднепровских четвертичных отложениях окрестностей города Берёза по данным палеокарпологического анализа

Таксон	Горизонт, местонахождение и автор изучения флоры								
	Дворецкий, д. Сеньковичи, скв.13, Э.А. Крутоус [5]	Вселюбский, д. Стригиль, скв.1309, Ф.Ю. Величкевич [4]	Ельнинский, д. Постолово, скв.1432, Ф.Ю. Величкевич [4]	Варяжский, д. Смолярка, скв.13, Т.В. Якубовская [7]	Ружанский, д. Смолярка, скв.3, Г.И. Литвинюк [9]	Корчёмский, д. Смолярка, скв., Ф.Ю. Величкевич [4]	Борковский, д. Смолярка, скв.13, Ф.Ю. Величкевич [4]	Могилёвский, д. Угляны, скв.1309, Ф.Ю. Величкевич [4]	Александрийский, д. Хойники, скв.1494, Ф.Ю. Величкевич [4]
Characeae Ag. em. Hollerb.	+				+	+	+		+
Bryales gen.	+								
<i>Selaginella borysthenica</i> Dorof. et Wieliczk.	+	cf.+							
<i>S. cf. reticulata</i> Dorof. et Wieliczk.	+								
<i>S. tetraedra</i> Wieliczk.		+							
<i>S. selaginoides</i> (L.) P. Beauv. ex Schrank et Mart.		+		+					
<i>Selaginella helvetica</i> (L.) Spring.				+					



<i>Pilularia borysthena</i> Wieliczk.								+	
<i>Isoetes lacustris</i> L.				+			sp.+	sp.+	
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	cf. +			+	+	+		+	+
<i>S. glabra</i> Nikit.				+	-				
<i>S. tuberculata</i> Nikit.	+								
<i>S. aphtosa</i> Wieliczk.		+							
<i>Azolla pseudopinnata</i> Nikit.	+								
<i>A. interglacialis</i> Nikit.	+			+					
<i>Abies alba</i> Mill.									+
<i>Pinus sylvestris</i> L.						+	+	+	+
<i>Pinus</i> sp.		+	+		+				
<i>Larix</i> sp.			+			+	+	+	+
<i>Picea</i> ex sect. <i>Omorica</i>								+	
<i>Picea</i> sp.					+		+		+
<i>Juniperus communis</i> L.									+
<i>Brasenia borysthena</i> Wieliczk.						+	+	+	
<i>B. borysthena</i> Wieliczk. var. <i>heterosperma</i> Wieliczk.									+
<i>Nymphaea cinerea</i> Wieliczk.						+	+	cf.+	
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith						cf.+	+		cf.+
<i>Nuphar</i> sp.								+	
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.						+	+	+	+
<i>C. submersum</i> L.					+				
<i>Caltha palustris</i> L.						+			
<i>Batrachium</i> sp. div.		+	+	+	+		+	+	++
<i>R. cf. lingua</i> L.				+				+	
<i>R. cf. flamula</i> L.	+			+				+	
<i>R. sceleratoides</i> Nikit. ex Dorof.			+	+	+	+	+	+	
<i>R. sceleratus</i> L.	+			+		+	+	+	+
<i>Ranunculus</i> sp. div.	+		+						
<i>Thalictrum lucidum</i> L.						+	+		
<i>Thalictrum</i> sp.					+				
<i>Humulus lupulus</i> L.							+		
<i>Urtica dioica</i> L.						+	+	+	+
<i>Urtica</i> sp.									+
<i>Salix</i> sp.							+		
<i>Betula humilis</i> Schrank.		cf.+		cf. +	+		+	+	+
<i>B. cf. nana</i> L.									
<i>B. alba</i> L.		+	+		+	+	+	+	+
<i>A. glutinosa</i> (L.) Gaertn.									cf.+
<i>Alnus</i> sp. exot.			+		+	+	+		
<i>Myrica</i> sp.	+								
<i>Carpinus cf. betuloides</i> Wieliczk.						+	+		+
<i>Stellaria palustris</i> Rots.									+



<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.									+
<i>Arenaria serpilifolia</i> L.								+	
Caryophyllaceae gen.					+				
<i>Chenopodium album</i> L.				+					
<i>Ch. rubrum</i> L.							+	+	
Chenopodiaceae gen.					+				
<i>R. maritimus</i> L.					+		+	+	
<i>R. acetosella</i> L.								+	
<i>Rumex</i> sp. div.					+				
<i>P. ex. gr. lapathifolia</i> (L.) S.F. Gray						+	+	+	+
<i>Polygonum amphybium</i> L.							+		
<i>Polygonum</i> sp. div.					+				
<i>Hypericum pleistocenicum</i> Wieliczk.			cf.+				cf. +	+	cf. +
<i>Elatine pseudoalsinastrum</i> Dorof. et Wieliczk.				+					
<i>E. hydropiperoides</i> Dorof. et Wieliczk.				+					
<i>Elatine hydropiper</i> L.					+			+	+
<i>Viola</i> sp.	+						+	+	
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Bess								+	
<i>Thlaspi arvense</i> L.						cf.+			
<i>Andromeda polifolia</i> L.			cf.+				+	+	+
<i>Chamaedaphne caliculata</i> (L.) Moench	+							+	
<i>Empetrum nigrum</i> L.								+	
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i> L. [<i>Naumburgia thyrsoiflora</i> (L.) Reichb.]			+				+	+	
<i>Tilia</i> sp.							+		
<i>Euphorbia</i> sp.	+						+		
<i>A. dokturovskyi</i> Dorof.									+
<i>A. borysthenica</i> Wieliczk.						+	+	+	
<i>Aldrovanda</i> sp.					+				
<i>Crataegus</i> sp. ?							+		
<i>Rubus idaeus</i> L.						+	+	+	+
<i>Fragaria vesca</i> L.						+	+		+
<i>Comarum palustre</i> L.	+		+		+		+	+	+
<i>Potentilla cf. anserina</i> L.							+		
<i>Potentilla</i> sp. div.					+	+	+	+	
<i>Frangula alnus</i> Mill.			+						
<i>Decodon goretskyi</i> T.V. Jakub.			+						
<i>Trapa</i> sp.									+
<i>Myriophyllum parvicarpum</i> Dorof.				+					
<i>M. spicatum</i> L.	cf.+	cf.+	cf.+		+	+	+	+	
<i>M. verticillatum</i> L.	+	+		+		+	+		+
<i>M. cf. microcarpum</i> Dorof.			+						
<i>Myriophyllum</i> sp. div.	+								
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	+	+	+	+		+	+	+	+



<i>Acer</i> sp.						+	+		
<i>Cicuta virosa</i> L.					+	+	+		+
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	+						sp.+		+
<i>Sambucus racemosa</i> L.								+	
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	+''	+	+	+		+	+	+	+
<i>Nymphoides</i> sp.								+	
<i>Stachys palustris</i> L.							+		
<i>L.</i> cf. <i>europaeus</i> L.						+	+	+	+
<i>Lycopus</i> sp. div,			+						
<i>Ajuga reptans</i> L.									+
<i>Mentha</i> sp.						+	+	+	
Lamiaceae gen.							+		
<i>Hyosciamus niger</i> L.							+		
<i>Solanum</i> cf. <i>dulcamara</i> L.									
<i>Bidens tripartita</i> L.							+		
<i>B.</i> cf. <i>cinerea</i> L.							+		
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.							+		+
<i>Carduus</i> sp.	+							+	
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.							+		
Asteraceae gen.	+								
<i>Alisma plantago-pliocenica</i> Nikit.	+			+					
<i>A. plantago-minima</i> Nikit.		+		+					
<i>A. plantago-aquatica</i> L.				+	+	+	+	+	
<i>A. loeselii</i> Gorsk.					+				
<i>Alisma</i> sp.					+				
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.		+				+	+		
<i>S.</i> cf. <i>sagittifolia</i> L.	+								
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.		+			+		+		
<i>Stratiotes</i> cf. <i>aloides</i> L.						+	+		sp.+
<i>Stratiotes intermedius</i> (Hartz) Chandl.				+	+			sp.+	
<i>Scheuchzeria palustris</i> L.							+	+	+
<i>P. sarjanensis</i> Wieliczk.				+		+	+	+	
<i>P. felixi</i> Dorof.			+						
<i>P. dorofeevii</i> Wieliczk.	cf. +							+	
<i>P. natans</i> L.						+	+	+	+
<i>P.</i> cf. <i>natans</i> L. Dorof.			+		+				
<i>P. perforatus</i> Wieliczk.	+	cf. +		+		cf. +			
<i>P.</i> cf. <i>perfoliatus</i> L.		+		+					
<i>P. heterophyllus</i> Schreb.						+	+	+	
<i>P.</i> cf. <i>praelongatus</i> Dorof.	+								
<i>P. praelongus</i> Wulf.						+	+		+
<i>P. alpinus</i> Balb.						+		+	+
<i>P.</i> cf. <i>acutifolius</i> Link.					+		+		



<i>P. cf. compressus</i> L.					+				
<i>P. trichoides</i> Cham. et Schlecht.					+				
<i>P. praemaackianus</i> Wieliczk.			+						
<i>P. ex gr. mackianus</i> A. Benn.				cf.+					+
<i>P. cf. oxyphyllus</i> Maxim.				+					
<i>P. obtusifolius</i> Mert. et Koch						+		+	+
<i>P. pusillus</i> L.					+				
<i>P. cf. pusillus</i> L.			+	+				+	+
<i>P. cf. friesii</i> Rupr.				+		+	+		
<i>P. rutilus</i> Wolfg.				+	+	+	+		
<i>P. pseudorutilus</i> Dorof.		cf.+	+					+	+
<i>P. ex gr. coloratus</i> Hornem.	+								
<i>P. cf. parvulus</i> Dorof.			+						
<i>P. pectinatus</i> L.		+				+			
<i>P. vaginatus</i> Turcz.		+		+	+				
<i>P. filiformis</i> Pers.		+		+	+	+	+		+
<i>Potamogeton</i> sp. div.	+	+	+	+	+			+	+
<i>N. major</i> All.			cf.+			+	+		+
<i>Caulinia cf. palaeotenuissima</i> Dorof.			+						
<i>C. goretzkyi</i> Dorof.									+
<i>C. minor</i> (All.) Coss. et Germ.			+		+	+	+		+
<i>Scirpus atroviroides</i> Dorof.	+		+	+		+	+		+
<i>S. sylvaticus</i> L.				+					
<i>S. kreczetoviczii</i> Wieliczk.				+	+				
<i>Schoenoplectus lacustris</i> L.					+	+	+		
<i>S. tabernaemontanii</i> C.C. Gmel.		+				+	+	+	cf.+
<i>S. mucronatus</i> L.						+	+		
<i>S. smithii</i> Gray						+			
<i>Schoenoplectus</i> sp. div.					+				
<i>Eleocharis praemaximoviczii</i> Dorof.			+						+
<i>E. ovata</i> (Roth.) Roem. et Schult.					+				
<i>E. palustris</i> (L.) Roem. et Schult.		+			+	+	+	+	
<i>Cyperus glomeratus</i> L.					+		cf.+		
<i>Dulichium arundinaceum</i> (L.) Britt.						+	+	+	+
<i>Carex paucifloroides</i> Wieliczk.	+		+		+	+			
<i>C. curvata</i> T.V.Jakub.					+				
<i>C. szaferei</i> Dorof.	+								
<i>C. rostrata-pliocenica</i> Nikit.	+	cf.+	+						
<i>C. rostrata</i> Stokes									+
<i>C. cf. riparia</i> Curt.				+					
<i>C. cf. pseudocyperus</i> L.									+
<i>Carex</i> ex sect. Eucarex					+				
<i>Carex</i> ex sect. Vignea	+	+	+		+			+	+



<i>Carex</i> sp. div.				+		+	+	+	+
<i>Aracites johnstrupii</i> (Hartz) Nikit.			+						
<i>A. interglacialis</i> Wieliczk.									+
<i>Lemna trisulca</i> L.	cf. +				+		cf. +	+	
<i>S. emersum</i> Rehm.			+			+			
<i>S. minimum</i> Wallr.		+		+		cf. +	cf. +	cf. +	
<i>S. hyperboreum</i> Laest.								+	
<i>Sparganium</i> sp. div.	+						+		+
<i>Typha</i> sp. div.	+	+	+	+	+	+	+	+	

Флора **дворецкого горизонта**, который в изданных в 2010 г. стратиграфических схемах находится в верхнем неогене как аналог гелазия, в связи с понижением границы под гелазий, должна рассматриваться в четвертичной системе. Флора этого теперь древнейшего климатомера четвертичного периода детально изучена Э.А. Крутоус по разрезу скважины 13 у д. Сеньковичи Ивацевичского района [5, в публикации Сенкевичи], и одновозрастная ей также богатая флора, выявленная в скважине 1778 вблизи посёлка Бронная Гора. Она обсуждалась в публикации Ф.Ю. Величкевича с соавторами [6], полный список флоры не опубликован, но есть достаточно выразительная палинология. Семенная флора получена из керна на глубине 56,6–67 м, представленного алевритом светло-серым, пылеватым, книзу сменяющимся коричневато-серым, с растительными остатками, и верхней части подстилающих их песков – кварцевых, тонко-мелкозернистых, гумусированных. Залегают эта 15-метровая толща на зеленовато-серых песках и песчаниках кварцево-глауконитовых киевского яруса палеогена.

Палеокарпологические остатки в скважине 13 изучались Э.А. Крутоус из углестого тонкозернистого песка с глубины 69,0–73,8 м, залегающего, как и в скважине 1778, на глауконитово-кварцевых песчаных отложениях палеогена.

В обоих случаях имеем чёткую литологическую границу в основании отложений четвертичной системы, соответствующую длительному перерыву в осадконакоплении от среднего эоцена до начала четвертичного периода. Это один из типов нижней границы квартала в этом регионе. Абсолютные отметки уровня границы в разрезах скважины 1778 равны 95,4 м, скважины 13 – около 88,5 м.

Характерные виды флоры межледниковых горизонтов (и некоторых подгоризонтов), а также стратонав доледникового плейстоцена новой стратиграфической схемы приведены в таблице 2, в которой серой заливкой помечены ледниковые климатолиты. Перечисленные в таблице виды дворецкого горизонта, кроме трёх видов *Carex*, появились в продолжительное и в климатическом отношении неоднородное время и в более древней плиоценовой флоре холмечского горизонта не отмечены. Их остатки можно рассматривать как маркеры границы между отложениями неогеновой и четвертичной систем на юге территории Беларуси.

Выше дворецкого стратона в таблице 2 видим два интервала с селлягинеловой флорой, характерной для ледниковых и близких к ним по климатическим условиям климатомерам – **вселюбский**, охарактеризованный по скважине 1309 у д. Стригин, и **варяжский**, изученный в скважине 13 у д. Смолярка. Их флора менее индивидуальна и содержит мало показательных видов. Для варяжского времени допустима перигляциальная обстановка на северо-западе Беларуси или даже присутствие края ледника.

Между этими двумя стратонами с «холодной» флорой размещается **ельнинский**



подгоризонт, флора которого отражает очень тёплое время. К этому интервалу мы относим флору из разреза скважины 1432 у д. Постоново. Такое место её в стратиграфической схеме обусловлено появлением видов *Decodon goretskyi* и *Aracites johnstrupii* в сочетании с многими, унаследованными от дворецкого времени видами [7]. Представители формального рода *Aracites* в белорусских четвертичных флорах встречены лишь в самых тёплых интервалах продолжительных отрезков плейстоцена – ельненского в доледниковом плейстоцене и александрийского, самого длительного межледникового. То же относится и к находкам семян *Decodon*, который в Европе известен в гольштейнских флорах [8].

Флора **ружанского подгоризонта** получена из отложений скважины 3 у д. Смолярка (гумусированная супесь на глубине 66,0–68,3 м) в 26-метровой толще брестского горизонта, представленного супесью, глинами и алевролитами [9]. Эта флора имеет принципиально важное стратиграфическое значение, так как в отложениях, из которых получены остатки растений, определена граница Матуяма / Брюнес [10]. Наличие в ружанской флоре таких теплолюбивых видов, как *Aldrovanda* sp., *Stratiotes intermedius*, *Potamogeton* cf. *acutifolius*, *P. trichoides*, *Lemna trisulca*, – свидетельство межледниковых климатических условий.

К флоре **корчѣвского горизонта** авторы статьи относят семенной комплекс, выделенный Ф.Ю. Величкевичем в соседней с предыдущей скважине 13 у д. Смолярка на глубине 17,6–21,2 м в отложениях супеси гумусированной с прослоями торфа. Эта супесь залегает в основании озёрно-болотных отложений, вскрытых в интервале глубин 4,0–21,2 м. Выше 17,6 м в этом разрезе из торфа получены семена и плоды одной из богатейших в Беларуси флор **беловежского горизонта**, его **борковского подгоризонта**. Отложения охарактеризованы также детальной спорово-пыльцевой диаграммой, построенной Т.Б. Рыловой. В этой флоре (таблицы 1, 2) представлены почти все характерные для борковского интервала теплолюбивые и многие экзотические виды. Почти полное совпадение их перечня со списком характерных видов корчѣвской флоры из этой же скважины объясняется тем, что Ф.Ю. Величкевич всю ископаемую флору в интервале 4,0–21,2 м отнёс к беловежскому межледниковью. Корчѣвская флора других разрезов [10] содержит иные виды альдрованды и бразении, которые могли быть выявлены при ревизии флоры скважины 13, которую Ф.Ю. Величкевич не успел завершить.

В разрезах дублирующих друг друга скважин 3 и 13 у д. Смолярка среднеплейстоценовые отложения брестского горизонта залегают на буроугольных породах среднего миоцена, заполняющих карстовую воронку в поверхности меловых отложений. В таких разрезах карстовых воронок, многочисленных в этом регионе, наблюдается второй тип нижней границы отложений четвертичной системы, также приуроченный к хиатусу, в данном случае от среднего миоцена до начала среднего плейстоцена, т.е. до 0,8 млн лет в стратиграфической схеме четвертичных отложений Беларуси 2010 года. Такая граница, когда отсутствуют самые древние отложения четвертичной системы, присуща большинству разрезов в регионе. Следует заметить, что в международной шкале четвертичной системы граница нижнего и среднего плейстоцена приурочена к уровню смены палеомагнитных эпох Матуяма и Брюнес.

Совпадение состава группы характерных видов борковского и **могилѣвского подгоризонтов** (семенная флора последнего изучена в разрезе скважины 1350 у д. Углыны, глубина 5,8–10,0 м) также требует изучения в свете проблемы – относятся эти флористические комплексы к одному, беловежскому межледниковью (как аналогичные межледниковья в России и Польше), или являются самостоятельными.



Таблица 2 – Стратиграфическая схема доднепровской части квартера Беларуси и характерные комплексы семенной флоры Берёзовского страторайона

ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА				МАГНИТО-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА			Стратиграфическая схема отложений четвертичной системы (плейстоцена) Беларуси, 2010 г.			Флора Берёзовского страторайона по данным палеокарпологических исследований		
СИСТЕМА	ОТДЕЛ	ПОДТЕЛ	ВОЗРАСТ, МЛН ЛЕТ	ОРТОЗОНА	СУБЗОНА	ПОЛЯРН.	ЗВЕНО	РЕГИОНАЛЬНЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ		Характерные комплексы семенной флоры		
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	ПЛЕЙСТОЦЕН	СРЕДНИЙ	0,42	БРЮНЕС	ЭМПЕРОР		СРЕДНЕЕ	Днепровский подгоризонт припятского горизонта				
								Александровский		Abies alba, Brasenia borysthena var. heterasperma, Carpinus cf. betuloides, Aldrovanda dokturovskiy, Caulinia goretskyi, Aracites interglacialis, Scirpus atroviroides, Trapa		
								Березинский				
			Могилёвский					Pilularia borysthena, Picea e sect. Omorica, Brasenia borysthena, Nymphaea cf. cinerea, Hypericum pleistocenicum, Aldrovanda borysthena, Potamogeton sarjanensis, P. dorofeevii				
			Нижнинский									
			Борковский					Brasenia borysthena, Nymphaea cinerea, Carpinus cf. betuloides, Hypericum cf. pleistocenicum, Aldrovanda borysthena, Potamogeton sarjanensis, P. dorofeevii, Scirpus atroviroides				
	ГЕЛАЗИЙ	НИЖНИЙ	0,78	МАТУЯМА	ОЛДУВЕЙ		НИЖНЕЕ	НАРЕВСКИЙ				
								Ясельдинский				
								Корчёвский		Brasenia borysthena, Nymphaea cinerea, Carpinus cf. betuloides, Aldrovanda borysthena, Potamogeton sarjanensis, P. dorofeevii, Scirpus atroviroides, Carex paucifloroides		
			Новогрудский									
			Ружанский					Salvinia glabra, Azoola interglacialis, Aldrovanda, Stratiotes intermedius, Scirpus kreczoviczii, Carex paucifloroides, C. curvata				
			Варяжский					Selaginella selaginoides, S. helvetica, Salvinia glabra, Azoola interglacialis и др.				
НЕОГЕ-НОВАЯ	ПЛИОЦЕН	ВЕРХН.	1,8				ГОМЕЛЬСКИЙ		Ельнинский		Decodon goretskyi, Myriophyllum cf. microcarpum, Potamogeton felixii, P. praemaackianus, P. cf. parvulus. Caulinia cf. palaeotenuissima, Scirpus atroviroides, Eleocharis praemaximoviczii, Carex paucifloroides, C. rostrata-pliocenica, Aracites johnstrupii	
							Вселюбский		Selaginella cf. borysthena, S. tetraedra, S. selaginoides, Salvinia aphtosa, Alisma plantago-minima, Potamogeton cf. perforatus, Carex rostrata-pliocenica			
			2,58				?		Дворецкий		Selaginella borysthena, S. cf. reticulata, Salvinia tuberculata, Azolla pseudopinnata, A. interglacialis, Myrica, Potamogeton cf. dorofeevii, P. perforatus, Carex paucifloroides, C. szaferii, C. rostrata-pliocenica	
НЕОГЕ-НОВАЯ	ПЛИОЦЕН	ВЕРХН.		ГАУСС			Верхне-плиоцен.	Холмечский				

Отложения **александровского горизонта**, как и беловежского, широко распространены в Берёзовском страторайоне. И те, и другие нередко залегают на одной морене, близко от поверхности (с глубины 4–8 м) и не имеют типичной кроющей морены. Такое высокое залегание александровских аккумуляций наблюдается в описанном



карьеру у д. Речица, в скважине 1248 у д. Огородники, расположенной в 3,65 км к юго-юго-западу от центра д. Речица и в других местах [4]. В разрезе Огородники при выразительной палинограмме александрийских отложений, построенной Т.Б. Рыловой для интервала 8,0–16,8 м, получена такая же бедная, как и в Речице, флора с единственным показательным видом *Caulinia goretskyi*. В разрезе скважины 1449 у д. Хойники из торфа и гиттии, переслаивающихся с песком (глубина 10,4–13,9 м), Ф.Ю. Величkevич получил богатую флору с комплексом руководящих форм александрийского межледникового – *Abies alba*, *Aldrovanda dokurovskiyi*, *Caulinia goretskyi*, *Aracites interglacialis* и др. Сочетание этих видов неповторимо в других межледниковьях Беларуси, что обуславливает точное определение возраста отложений.

Палеокарпологические данные о флоре муравинского межледникового в окрестностях Берёзы отсутствуют.

Краткий обзор результатов палеокарпологического изучения четвертичной флоры показал, что в Берёзовском страторегии наиболее распространены отложения александрийского и беловежского межледниковий с богатыми комплексами семенной флоры. В единичных разрезах встречена флора более древних корчёвского и ружанского межледниковий, в отложениях последнего определена палеомагнитная инверсия на границе эпох Матуяма и Брюнес. Только в одном разрезе выявлена флора тёплого ельнинского времени. Флора дворецкого времени получена из отложений, соответствующих добавленному к четвертичному периоду позднему плиоцену. Его продолжительность равна всему среднему и позднему плейстоцену с хорошо изученной климатической ритмикой. Подобная ритмика со временем будет выявлена и в дворецком интервале. Детализация палеогеографических условий и состава ископаемой флоры этого древнейшего отрезка четвертичного периода необходима для выявления в разрезе новой границы между неогеном и кватером. В пределах Берёзовского региона эта граница связана с длительными перерывами в осадконакоплении и размывами. Выделяются два типа границ: первый фиксирует залегание четвертичных отложений на морских среднеэоценовых отложениях, второй – на углистых породах среднего миоцена. Обе границы легко диагностируются по отложениям и флоре. Но пока не найден разрез с непосредственным переходом от плиоцена к кватеру.

Описанная последовательность семенных флористических комплексов в соответствии с новой стратиграфической схемой отложений четвертичной системы может служить хронологической линейкой при расчленении и картировании четвертичной толщи на территории юго-запада Беларуси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объяснительная записка / Под ред. С.А. Кручека, А.В. Матвеева, Т.В. Якубовской [и др.]. – Минск : ГП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с., приложение из 15 стратиграфических схем.
2. Борисов, Б.А. Об изменении уровня нижней границы четвертичной системы и уточнении возраста границ ее основных подразделений / Б.А. Борисов // Региональная геология и металлогения. – 2010. – № 41. – С. 26–28.
3. Крутоус, Э.А. Палеогеография антропогена Белорусского Полесья / Э.А. Крутоус. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 143 с.



4. Величкевич, Ф.Ю. Берёзовский страторайон плейстоцена Белоруссии / Ф.Ю. Величкевич [и др.]. – 1993. – 148 с.
5. Крутоус, Э.А. О плиоценовой флоре на западе Белоруссии / Э.А. Крутоус // Палеокарпологические исследования кайнозоя. – Минск : Наука и техника, 1982. – С 62–70.
6. Величкевич, Ф.Ю. О новой находке позднеплиоценовой флоры на юго-востоке Белоруссии / Ф.Ю. Величкевич, С.И. Верёвкина, Р.А. Зинова [и др.] // Доклады АН БССР. – 1991. – Т. 35, 37. – С. 620–623.
7. Якубовская, Т.В. Флора и растительность донаревского плейстоцена Беларуси / Якубовская Т.В., Крутоус Э.А. // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 2003. – Т. 11, № 3. – С. 95–110.
8. Mai, D.H. Entwicklung der Wasser- und Sumpfpflanzen-Gesellschaften Europas von der Kreide bis ins Quartär / D.H. Mai // Flora – 1985. – № 176. – S. 449–511.
9. Литвинюк, Г.И. Новые данные о флоре брестского горизонта юго-запада Беларуси / Г.И. Литвинюк // Стратиграфия и палеонтология геологических формаций Беларуси. – Минск : Институт геологических наук НАН Беларуси. – 2003. – С. 168–170.
10. Санько, А.Ф. Первое определение палеомагнитной границы Брюнес – Матуяма в Беларуси / А.Ф. Санько, Е.И. Моисеев // Доклады АН Беларуси. – 1996. – Т.40, № 5. – С. 106–109.
11. Литвинюк, Г.И. Особенности водно-болотной и прибрежной флоры корчэўскага межледніковага Беларуса / Г.И. Литвинюк, Т.В. Якубовская // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. – 2014. – № 1. – С. 77–87.

G.I. Litvinuk, T.V. Yakubovskaya Fossil Flora of the Quaternary Period in the Vicinity of the Bereza Town

The successive row of floristic complexes, found in the vicinity of the Bereza town, has been considered in accordance with the new stratigraphic scheme of deposits of the Quaternary system of Belarus (2010), and this may serve a chronological line under subdivision and mapping of the Quaternary stratum on the territory of the south-western of Belarus.



УДК 004.9+502.7

С.М. Токарчук, Д.А. Трофимчук

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГИС ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассматривается опыт создания пилотного регионального крупномасштабного ГИС-проекта особо охраняемых природных территорий (в границах Брестской области). Раскрываются вопросы методической основы ГИС, приводятся цель, задачи, структура и общая характеристика содержания проекта. Предлагаются примеры картографического содержания и баз данных ГИС. Указываются основные сведения о перспективах дальнейшего развития проекта.

С возрастанием антропогенной нагрузки на окружающую среду возникает серьезная проблема исчезновения многих типичных и уникальных природных территорий и объектов, ценных в научном, просветительском, эстетическом, хозяйственном и рекреационном значениях. Поэтому чрезвычайно актуальным становится решение проблемы рационального использования и охраны природы, одним из важнейших направлений которого является создание научно-обоснованной системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Учет и изучение ООПТ с применением ГИС-технологий позволяет упростить процессы обработки и отображения информации, а также дает возможность легко обновлять данные.

Первоначально ГИС ООПТ Брестской области создавалась как комплексная система для выполнения аналитических и оценочных исследований [1–3 и др.], а также как базовая ГИС-основа для использования в учебных целях [4].

В настоящее время, используя элементы созданных ГИС Брестской области [5; 6 и др.], а также методические разработки по формированию геоинформационных систем особо охраняемых природных территорий разного территориального уровня (страна, административная область, район [7], бассейн реки [8] и др.) и типа (как природного, так и антропогенного), авторами создан пилотный проект информационно-аналитической геоинформационной системы (ИА ГИС) ООПТ Брестской области. Для разработки основного содержания ГИС-проекта использовались также литературные данные об исследованиях структуры ООПТ в пределах крупных регионов [9; 10 и др.].

Цель настоящего исследования – создание пилотного регионального крупномасштабного ГИС-проекта ООПТ (в границах территории Брестской области), имеющего информационно-аналитический характер и являющегося основой для создания сложной, многоуровневой и постоянно обновляющейся информационно-аналитической системы ООПТ области.

Задачами разработки ИА ГИС ООПТ Брестской области являются:

- информационное обеспечение органов власти для принятия управленческих решений;
- информационное обеспечение населения объективной, современной и качественно обработанной информацией об основных особенностях ООПТ области, а также отдельных административных районов и природных геосистем (в первую очередь единиц природного районирования);



– информационная поддержка планирования и ведения природоохранной, научной, рекреационной и хозяйственной деятельности на ООПТ;

– развитие экологического воспитания и др.

Создание ИА ГИС ООПТ Брестской области ориентировано на обеспечение информационных потребностей нескольких целевых аудиторий:

– органы государственной власти (например, районный и областной комитеты по природным ресурсам и охране окружающей среды);

– государственные учреждения, выполняющие функции контроля и управления особо охраняемыми природными территориями;

– инвесторы, планирующие развитие рекреационной деятельности на ООПТ;

– представители научных кругов, ведущие мониторинговые и исследовательские работы;

– студенты, проводящие исследования особенностей развития сети ООПТ как в пределах области, так и других более мелких по площади территорий, расположенных в пределах области (административные и природные районы, бассейны рек и т.д.);

– широкие слои населения.

ГИС-проект включает картосхемы размещения и справочно-статистические данные по всем ООПТ Брестской области, а также данные по размещению ООПТ в пределах административных районов области.

ГИС проект создан в среде *ArcView GIS* с использованием возможностей встроенных моделей *GeoProcessingWizard*, *Database Access*, *XTools* и др.

Основными источниками картографической информации являлись:

1) крупномасштабные (масштаба 1 : 100 000 и 1 : 200 000) карты территории Брестской области и административных районов области;

2) карты ООПТ Беларуси (масштабов от 1 : 500 000 – 1 : 1 250 000);

3) карты национального атласа Беларуси;

4) карты и картосхемы землепользователей, лесхозов и лесничеств и др.

Использование большого количества картографического материала разного типа и масштаба было вызвано значительным количеством проблем, возникающих при создании ГИС ООПТ [11]:

1.1 Карты и картосхемы ООПТ, созданные на уровне всей Беларуси либо областей, представлены в достаточно мелких масштабах (1 : 600 000 и мельче), в результате чего многие площадные ООПТ представлены на них значками. Таким образом, данные карты после уточнения перечня ООПТ территории можно использовать как подложку для оцифровки только больших по площади объектов.

1.2. Для территорий республиканских ООПТ возможно найти карты более крупного масштаба (1: 200 000 и крупнее), что позволяет нанести их границы на ГИС-основу более точно. Однако данные карты чаще всего представлены для отдельных административных районов, их частей, либо территорий самих ООПТ, что приводит к работе с большим объёмом растрового материала и фактически требует оцифровывать территорию каждого ООПТ в отдельности.

1.3. Наибольшие проблемы связаны с созданием ГИС местных ООПТ. Крупномасштабные карты данных ООПТ практически недоступны либо не существуют. Создание карт местных ООПТ в виде полигональных объектов возможно на основе использования карт лесничеств (с границами лесных кварталов) и описания границ ООПТ (на основе обоснования создания ООПТ).



Основными источниками статистической информации являлись справочник ООПТ Беларуси [12], изданный в 2012 году научно-практическим центром НАН Беларуси по биоресурсам, фондовые материалы Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды и др.

ГИС-проект ООПТ Брестской области включает 4 проекта, существенно отличающихся друг от друга по целям, тематическому содержанию, а также методам и технологиям создания (рисунок 1).

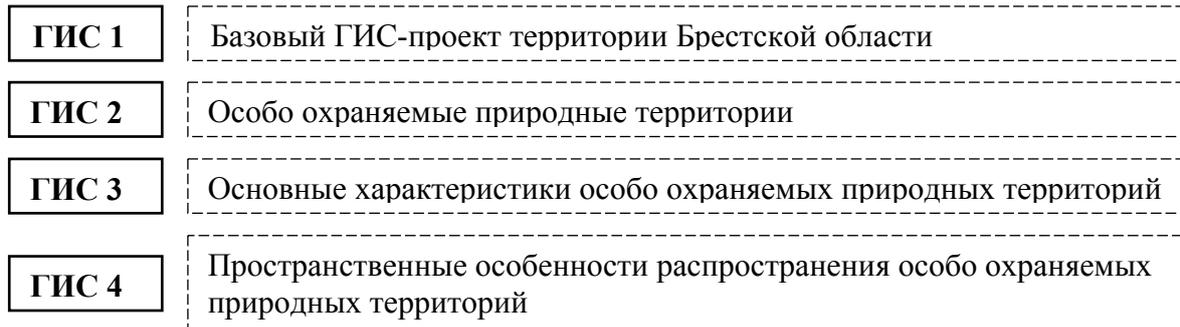


Рисунок 1 – Структура проекта

Базовый ГИС-проект территории Брестской области (ГИС 1) включает четыре вида, которые содержат слои природных и антропогенных объектов, административно-территориального устройства и природного районирования (таблица 1).

Таблица 1 – Структура базового ГИС-проекта территории Брестской области

Вид	Темы
Природные объекты	Реки, озера
Антропогенные объекты	Города, дороги
Административно-территориальное устройство	Районы, лесхозы, землепользователи
Природные районирования	Гидрологическое, почвенно-географическое, геоботаническое, зоогеографическое, ландшафтное, физико-географическое.

ГИС-проект «Особо охраняемые природные территории» (ГИС 2) включает тематические слои ООПТ Брестской области с привязанной к нему базой данных.

Темы ООПТ представлены двумя типами: полигональным (национальный парк и заказники) и точечным (памятники природы) (рисунок 2).

База данных включает основные сведения об ООПТ, нанесенных на карту (название, категория, вид, площадь, год создания и др.). База данных была выполнена в формате *Microsoft Access* и привязана с помощью механизма *SQL-соединения* к полигональным и точечным слоям ООПТ (рисунок 3).

Используя слой ООПТ Брестской области и привязанную к ней базу данных, возможно создать разные типы тематических карт (заказники местного значения, биологические памятники природы и др.) (рисунок 4, 5).

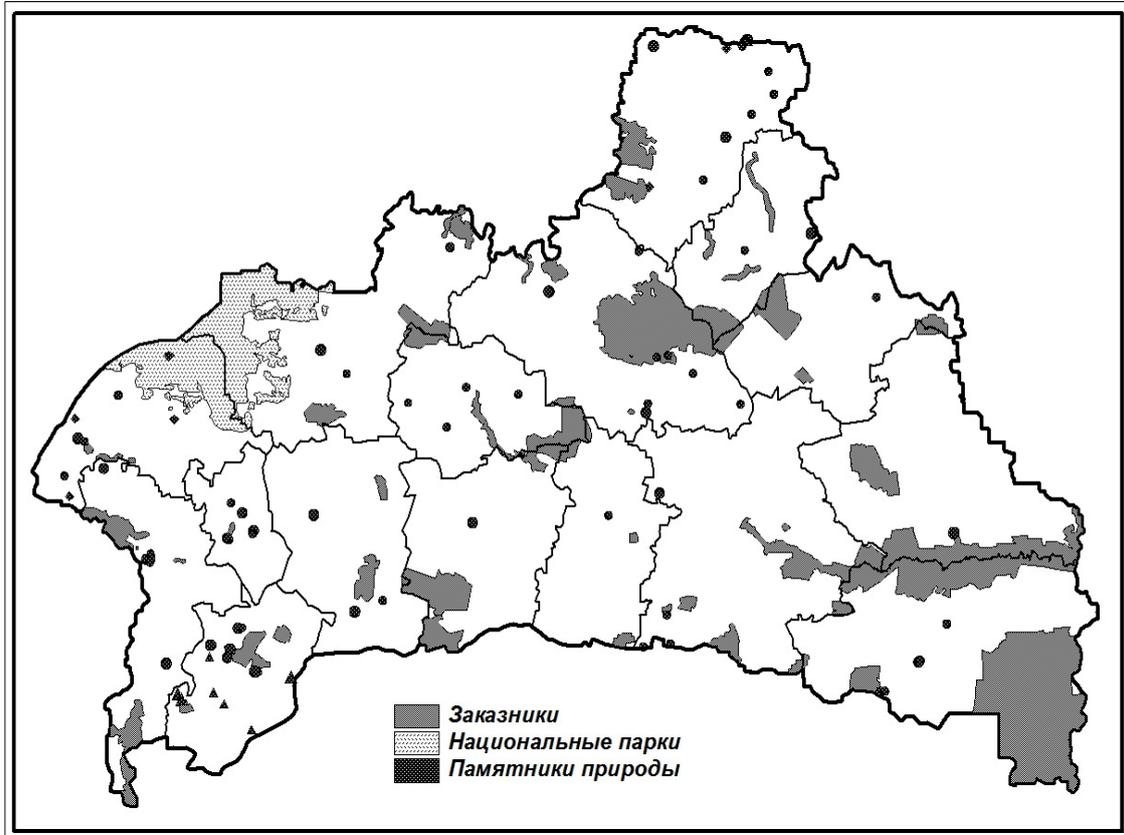


Рисунок 2 – ООПТ Брестской области

№	Название	Категория	Вид	Статус	Площадь	Дата основания
1	Беловежская пуща	национальны	биосферный резерв	республиканский	86317,8	25.12.1939
2	Стронга	заказник	ландшафтный	республиканский	12015	26.10.1998
3	Прибужское Полесье	заказник	ландшафтный (биосферный)	республиканский	7950	30.05.2003
4	Радостовский	заказник	ландшафтный	республиканский	6685,17	22.08.1978
5	Званец	заказник	ландшафтный	республиканский	16227,42	11.04.1996
6	Выгонощанское	заказник	ландшафтный	республиканский	54915,4	18.11.1968
7	Простырь	заказник	ландшафтный	республиканский	3440	28.02.1994
8	Средняя Припять	заказник	ландшафтный	республиканский	68956	19.07.1999
9	Ольманские болота	заказник	ландшафтный	республиканский	94219	12.11.1998
10	Споровский	заказник	биологический	республиканский	19384	15.08.1991
11	Бусловка	заказник	биологический	республиканский	7936	12.08.1997
12	Борский	заказник	биологический	республиканский	2818,4	16.08.1979

Рисунок 3 – Фрагмент базы данных ООПТ Брестской области

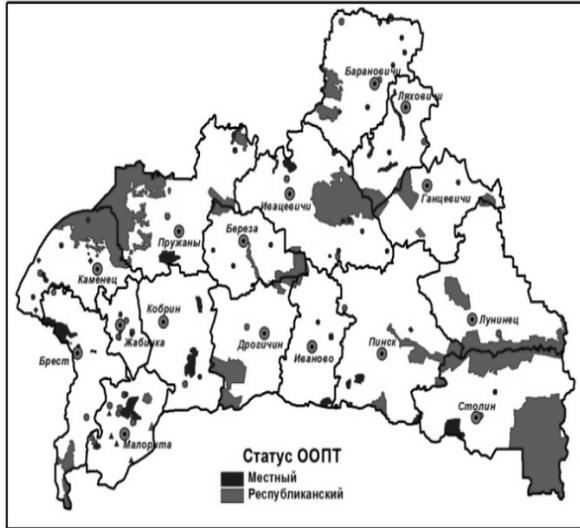


Рисунок 4 – Статус ООПТ Брэстскай
обласці

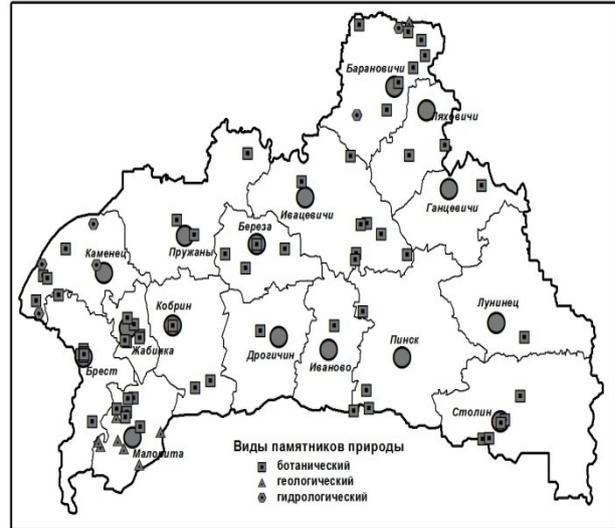


Рисунок 5 – Віды памятнікаў прыроды Брэстскай
обласці

Пересекаючы слои административно-территориального устройства и природного районирования со слоем ООПТ Брестской области, можно получить карты отдельных административных районов или единиц природного районирования (рисунок 6, 7).

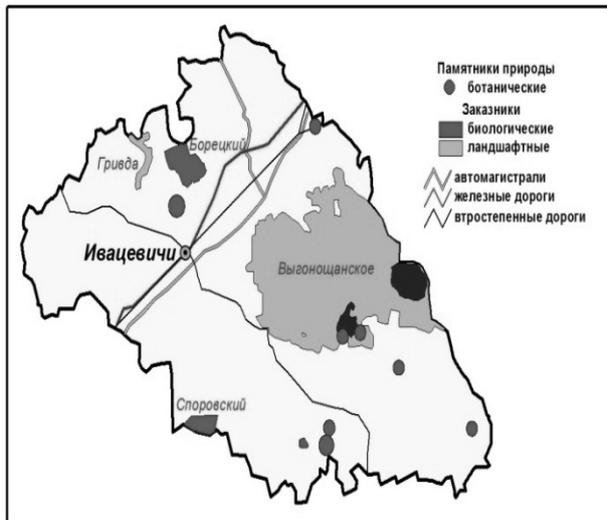


Рисунок 6 – ООПТ Ивацэвічскага раёна

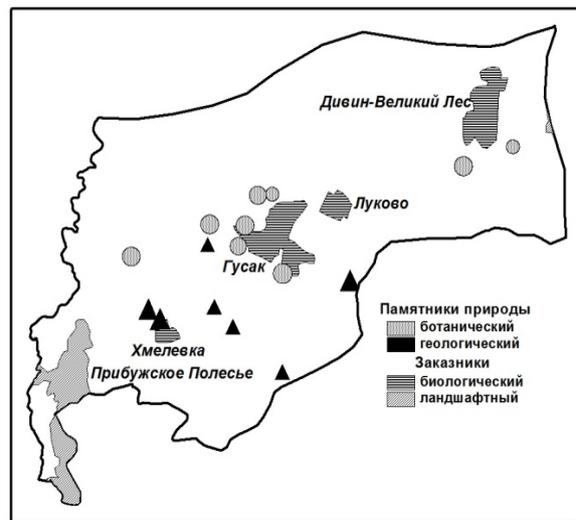


Рисунок 7 – ООПТ Брэстскага Полесья

ГИС-проект «Основные характеристики особо охраняемых природных территорий» (ГИС 3) представляет собой точечную тему ООПТ Брестской области, где все ООПТ области, в т.ч. национальный парк и заказники, нанесены точечными знаками с привязанной базой данных из предыдущего ГИС-проекта (рисунок 8).

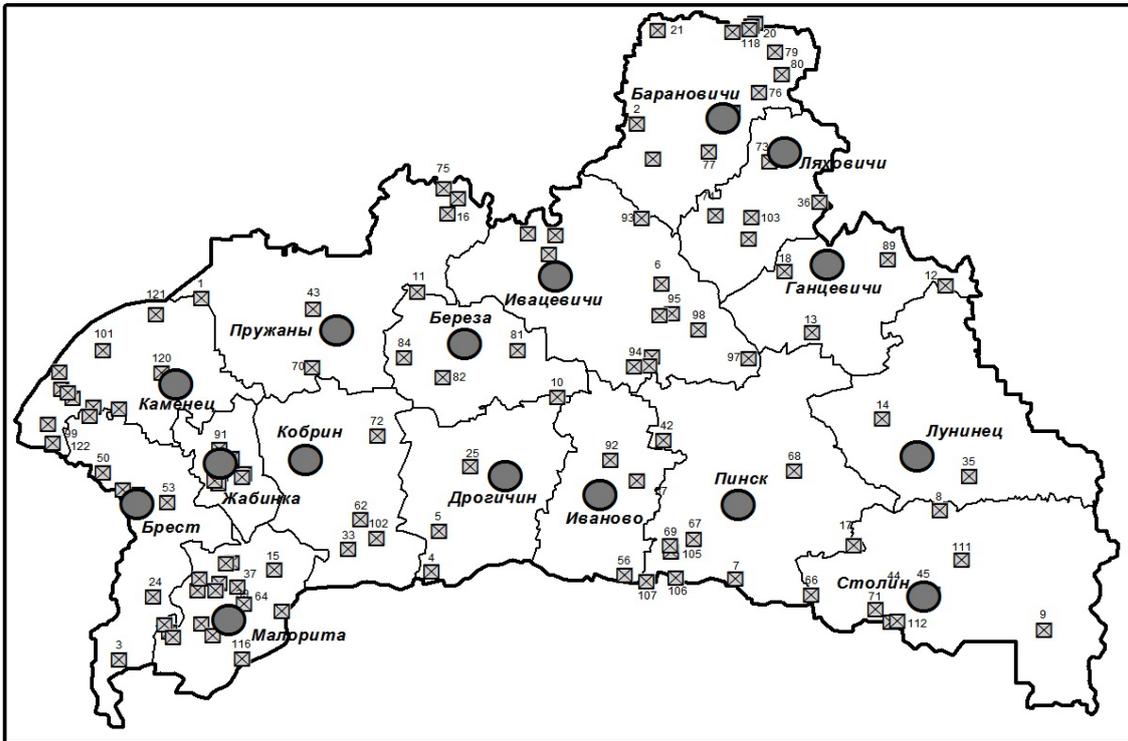


Рисунок 8 – Точечная тема ООПТ Брестской области

Данный способ отображения ООПТ позволяет проводить классификации ООПТ по различным признакам (дате основания (рисунок 9), площади (рисунок 10), типу и др.) и анализировать особенности их пространственного распространения в пределах области, абстрагируясь от параметров площади и особенностей конфигурации границ ООПТ.

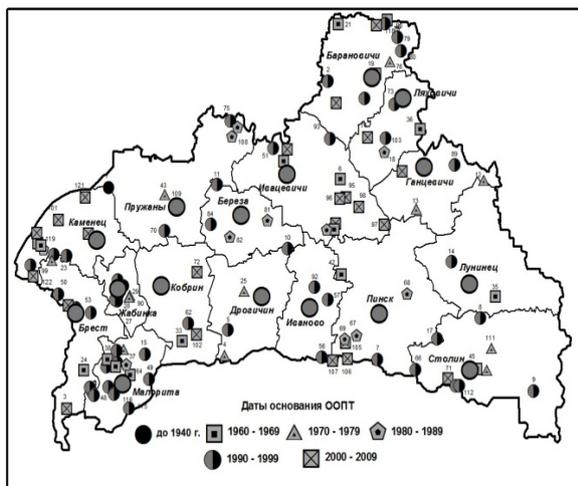


Рисунок 9 – Даты основания ООПТ

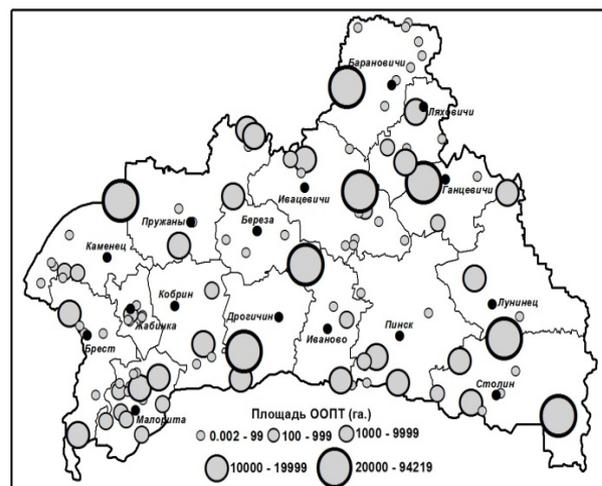


Рисунок 10 – Площади ООПТ



При создании данных картосхем используются также разные типы легенды, возможные для применения к точечным темам: «Отдельный символ» (см. рисунок 8), «Уникальное значение» (см. рисунок 9), «Масштабируемый символ» (см. рисунок 10), «Локализованная диаграмма».

ГИС-проект «Пространственные особенности распространения особо охраняемых природных территорий» (ГИС 4) состоит из слоя «Административные районы Брестской области» с прикрепленной к нему базой данных (рисунок 11), содержащей информацию о площадях и количестве ООПТ разных категорий и видов в пределах районов.

Код	Район	ООПТ	ООПТп	ООПТ	ООПТрп	ООПТл	ООПТМ	НПк	НПп	ЗАПк	ЗАПп	Зк	Зп
1	Брестский	11	14706,51	4	7982,05	7	6724,46	0	0	0	0	4	14674,4
2	Баранови	12	12051,23	5	12016,63	7	34,6	0	0	0	0	1	1201
3	Березовс	6	15698,3	2	15676	4	22,3	0	0	0	0	2	1567
4	Ганцевич	5	15127,1	4	15127	1	0,1	0	0	0	0	4	1512
5	Дрогичин	6	27194,59	5	27194,59	1	0	0	0	0	0	5	27194,5
6	Жабинко	9	455,022	6	7,722	3	447,3	0	0	0	0	1	44
7	Ивановск	4	3577	1	1863,1	3	1713,9	0	0	0	0	3	3576,
8	Ивацевич	16	49211,7	7	46586,3	9	2625,4	0	0	0	0	5	49868,
9	Каменец	11	40318,3	1	39456,9	10	861,4	1	39456,9	0	0	3	83
10	Кобринск	5	8035,12	2	66,02	3	7969,1	0	0	0	0	2	795
11	Лунинец	3	60730,46	3	60730,46	0	0	0	0	0	0	2	60730,
12	Ляхович	6	12257,38	2	5639,88	4	6617,5	0	0	0	0	2	1222
13	Малорит	16	9370,15	9	1839,05	7	7531,1	0	0	0	0	3	7889,
14	Пинский	11	30379,04	4	28319	7	2060,04	0	0	0	0	7	30292,

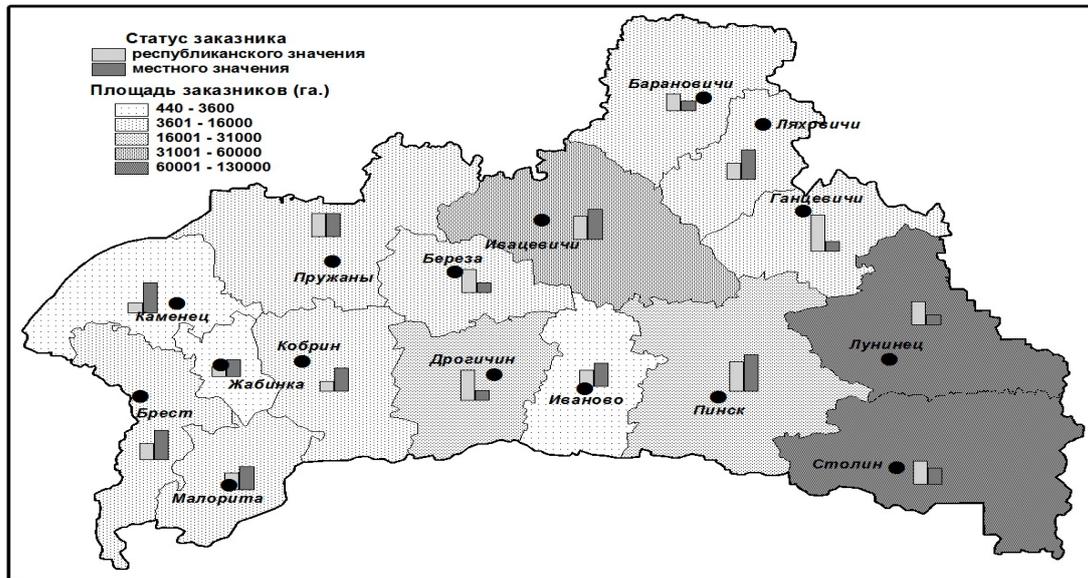
Рисунок 11 – Фрагмент базы данных ООПТ административных районов Брестской области

Используя возможности ГИС-оболочки, возможно создавать картосхемы особенностей распространения отдельных категорий и видов ООПТ в пределах административных районов с использованием типов легенды «Цветовая шкала» и «Локализованная диаграмма» (рисунок 12).

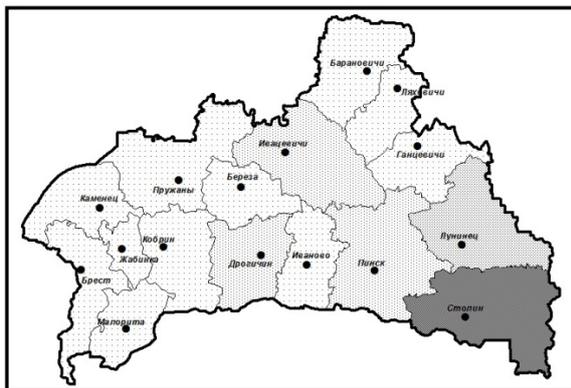
Для отображения особенностей распространения ООПТ в пределах административных районов Брестской области используется несколько способов создания картосхем:

1. С использованием типа классификации «Равный интервал» и различного количества классификационных уровней (для территории области используется четырех- либо пятибалльная шкала) (рисунок 13а).

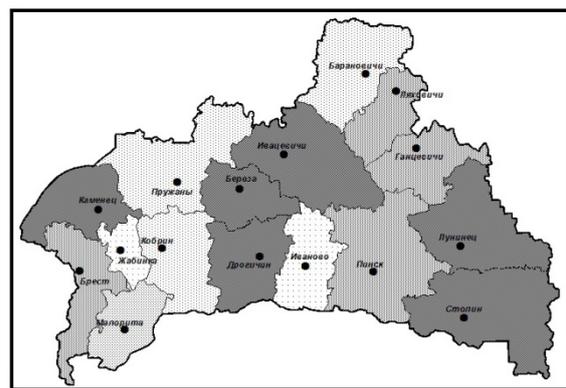
2. С использованием ручной классификации. При построении данного типа картосхем учитывалось, что нормой для крупного региона согласно требованиям ЮНЕСКО является доля ООПТ в общей площади территории не менее 10%. Таким образом, на картосхемах, отображающих общую площадь ООПТ, предлагается использовать пятибалльную систему ранжирования: 0–2,5%, 2,5–5,0%, 5,0–7,5%, 7,5–10%, более 10%, что производится вручную (рисунок 13б).



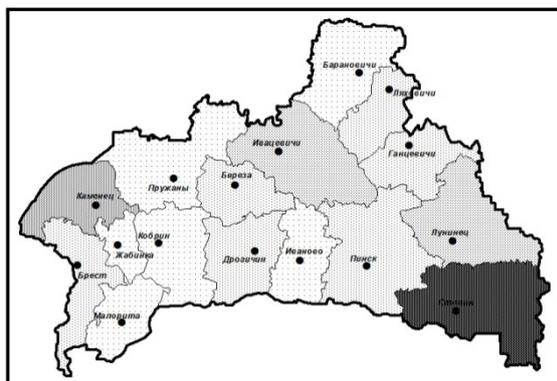
Рисунек 12 – Пространственные особенности площадного распространения заказников в пределах районов Брестской области (совместное использование двух тематических слоев, созданных на основе разных типов легенды)



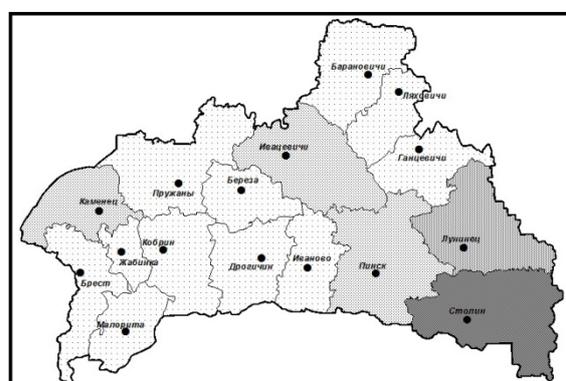
а) равный интервал



б) ручная



в) нормализация по площади



г) стандартные отклонения

Рисунек 13 – Применение различных способов классификации при создании оценочных картосхем



3. С использованием дополнительной функции легенды «Цветовая шкала» «Нормализовать по ...». Таким образом, возможно построение картосхем с использованием нормализации по показателю площадь административного района, что позволяет создавать карты доли ООПТ от общей площади района (для площадных показателей) либо плотности ООПТ в пределах района (для количественных значений ООПТ) (рисунок 13в).

4. С использованием различных типов классификации легенды «Цветовая шкала» («Естественные границы», «Стандартное отклонение» (рисунок 13д) и др.). Данные картосхемы позволяют более полно проанализировать различия в особенностях распространения разных видов и категорий ООПТ в пределах районов области.

Перспективами дальнейшей работы являются:

1. Создание на базе пилотной ИА ГИС ООПТ Брестской области крупномасштабной современной ГИС с возможностями постоянного обновления и дополнения.

2. Создание тематических электронного и печатного атласов ООПТ области.

3. Создание тематического картографического сайта ООПТ Брестской области.

4. Разработка методики и создание информационно-аналитической системы ООПТ области, которая будет содержать не только картографическую информацию и базы данных, но крупные справочно-тематические блоки (например, нормативно-правовые акты, обширный и углубленный набор сведений о природе ООПТ, сведения о функционирующих на территориях ООПТ центрах экологического просвещения, рекреационных базах и т.д.).

5. Создание подробных крупномасштабных ГИС-проектов ООПТ республиканского значения.

6. Создание локальных ГИС-проектов по разработанной методике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новик, С.М. Использование региональной экологической ГИС для оценки репрезентативности сети особо охраняемых природных территорий региона / С.М. Новик // Сахаровские чтения 2006 года: экологические проблемы XXI века : материалы 6-ой Междунар. науч. конф., Минск, 19–20 мая 2006 г. : в 2-х ч. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова ; под общ. ред. С.П. Кундаса, А.Е. Океанова, С.С. Позняка – Минск : МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2006. – Ч. 2. – С. 172–175.

2. Токарчук, С.М. Географические особенности распространения и перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий Брестской области / С.М. Токарчук, Я.В. Елец // Мониторинг окружающей среды : материалы II международной научно-практической конференции : в 2 ч., Брест, 25–27 сентября 2013 г. / Брест. гос. университет имени А.С. Пушкина ; редкол.: И.В. Абрамова [и др.]. – Брест : БрГУ имени А.С. Пушкина, 2013. – Ч. 2. – С. 161–163.

3. Токарчук, С.М. Уникальность ландшафтной структуры и охраняемые ландшафты бассейна реки Щара / С.М. Токарчук, Е.В. Трофимчук // Мониторинг окружающей среды : сборник материалов II международной научно-практической конференции, Брест, 25–27 сентября 2013 г. : в 2 ч. / Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина ; редкол. : И.В. Абрамова [и др.]. – Брест : БрГУ, 2013. – Ч. 1. – 195 с. – С. 143–146.

4. Трофимчук, Д.А. Создание ГИС-проекта особо охраняемых природных территорий Брестской области для учебных целей / Д.А. Трофимчук, С.М. Токарчук // Современные технологии в деятельности ООПТ (ГИС-Нарочь 2014) : материалы



международной научно-практической конференции (тезисы), к.п. Нарочь, 12–16 мая 2014 г. / Национальный парк «Нарочанский»; редкол.: В.А. Сипач [и др.]. – к.п. Нарочь : НП «Нарочанский», 2014. – С. 205–206.

5. Ковалев, И.В. Построение цифровой топографической основы для электронного геоэкологического атласа Брестской области / Ковалев И.В., Мороз В.А., Новик С.М. // Брэсцкі геаграфічны веснік. – 2005. – Том V, вып. 2. – С. 73–82.

6. Новик, С.М. Структура и содержание геоинформационной системы «Биологическое разнообразие Брестской области» / С.М. Новик // Антропогенная динамика ландшафтов, проблемы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия : материалы III Респ. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 октября 2006 г. – Минск, 2006. – С. 86–87.

7. Кухтей, С.С. Особенности структуры ГИС «Особо охраняемые природные территории Ивановского района» / С.С. Кухтей, С.М. Токарчук // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов ВУЗов Республики Беларусь, проведенный в рамках празднования Международного Дня ГИС 2011, Минск, 16 ноября 2011 г. / редкол. : Д.М. Курлович (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2011. – С. 63–67.

8. Трофимчук, Е.В. Создание региональной ГИС особо охраняемых природных территорий для целей атласного картографирования (на примере бассейна реки Щара) / Е.В. Трофимчук, С.М. Токарчук // Современные технологии в деятельности ООПТ (ГИС-Нарочь 2014) : Материалы международной научно-практической конференции (тезисы), к.п. Нарочь, 12–16 мая 2014 г. / Национальный парк «Нарочанский»; редкол. : В.А. Сипач [и др.]. – к.п. Нарочь : НП «Нарочанский», 2014. – С. 207–208.

9. ГИС «Особо охраняемые природные территории Ленинградской области» / А.М. Томилин [и др.] // Геоинформационные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/ARCREV/Number_39/6_ohrzona.htm. – Дата доступа : 09.07.2014.

10. Добрынин, Д.А. Ландшафтное разнообразие и система особо охраняемых природных территорий Архангельской области / Д.А. Добрынин, А.П. Столповский; ОГУ «Дирекция особо охраняемых природ. территорий регион. значения». – Архангельск, 2008. – 36 с.

11. Токарчук, С.М. Проблемные вопросы создания ГИС особо охраняемых природных территорий для регионов Беларуси / С.М. Токарчук, О.В. Токарчук // Современные технологии в деятельности ООПТ (ГИС-Нарочь 2014) : Материалы международной научно-практической конференции (тезисы), к.п. Нарочь, 12–16 мая 2014 г. / Национальный парк «Нарочанский»; редкол. : В.А. Сипач [и др.]. – к.п. Нарочь : НП «Нарочанский», 2014. – С. 165–166.

12. Особо охраняемые природные территории Беларуси. Справочник / Н.А. Юргенсон [и др.], ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам». – Минск : ГУ «БелИСА», 2012. – 204 с.

S.M. Tokarchuk, D.A. Trofimchuk The Information-Analytical GIS Specially Protected Natural Territories of the Brest Region

The article deals with experience of creation a large-scale pilot regional GIS project specially protected natural territories (within the boundaries of the Brest region). Presents issues methodological basis of GIS, given the goal, objectives, structure and general characteristics of project content. The paper views examples of cartographic content and GIS databases. The article describes information about the prospects for further development of the project.

ЗВЕСТКІ АБ АЎТАРАХ

- Абрамава І.В.** – кандыдат біялагічных навук, дацэнт, дэкан геаграфічнага факультэта Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Багдасараў М.А.** – доктар геалага-мінэралагічных навук, прафесар, загадчык кафедры геаграфіі Беларусі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Батачэнка У.М.** – старшы навуковы супрацоўнік Нацыянальнага прыроднага парка «Паўночнае Падолле» (Львоўская вобл., Украіна)
- Блоцкая А.С.** – кандыдат біялагічных навук, дацэнт кафедры анатоміі, фізіялогіі і бяс-пекі чалавека Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта ім. А.С. Пушкіна
- Бойка У.І.** – кандыдат біялагічных навук, дацэнт, дэкан біялагічнага факультэта Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Гайдук В.Е.** – доктар біялагічных навук, прафесар кафедры заалогіі і генэтыкі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Грачанік М.Ф.** – старшы выкладчык кафедры геаграфіі Беларусі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Жыгар М.П.** – кандыдат біялагічных навук, прафесар кафедры батанікі і экалогіі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Колбас Н.Ю.** – кандыдат біялагічных навук, дацэнт кафедры хіміі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Комлеў А.А.** – доктар геаграфічных навук, прафесар кафедры земляродства і геамарфалогіі Кіеўскага нацыянальнага ўніверсітэта імя Т. Шаўчэнкі (Украіна)
- Красоўскі К.К.** – доктар геаграфічных навук, прафесар, прафесар кафедры сацыяльна-эканамічнай геаграфіі і турызма Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Крыніцкая М.В.** – кандыдат геалагічных навук, старшы выкладчык кафедры геалогіі і карысных выкапняў Нацыянальнага ўніверсітэта воднай гаспадаркі і прыродакарыстання (г. Роўна, Украіна)
- Лагвіненка І.П.** – аспірант 4-га года навучання кафедры экалогіі і сбалансаванага прыродакарыстання, выкладчык кафедры экалогіі і сбалансаванага прыродакарыстання Ровенскага дзяржаўнага гуманітарнага ўніверсітэта (Украіна)
- Літвінюк Г.І.** – кандыдат геалага-мінэралагічных навук, дацэнт Беларускага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя М. Танка
- Матусевіч Н.М.** – кандыдат біялагічных навук, дацэнт, загадчык кафедры батанікі і экалогіі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Матысік А.В.** – кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт, загадчык кафедры прыкладной матэматыкі і тэхналогій праграмавання Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Мацвееў А.В.** – доктар геалага-мінэралагічных навук, прафесар, акадэмік НАН Беларусі, галоўны навуковы супрацоўнік лабараторыі геадынамікі і палеагеаграфіі Інстытута прыродакарыстання НАН Беларусі
- Мельнік В.І.** – доктар біялагічных навук, прафесар, загадчык адзела прыроднай флары Нацыянальнага батанічнага сада імя М.М. Грышко (Украіна)
- Несцяроўскі В.А.** – доктар геалагічных навук, прафесар, загадчык геалагічнага музея Кіеўскага нацыянальнага ўніверсітэта імя Т. Шаўчэнкі (Украіна)
- Плецохоў У.А.** – доктар фізіка-матэматычных навук, прафесар кафедры тэарэтычнай фізікі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна
- Пятроў М.П.** – начальнік сектара нярудных карысных выкапняў навукова-вытворчага цэнтру па геалогіі

Рой Ю.Ф. – кандыдат біялагічных навук, дацэнт кафедры батанікі і экалогіі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна

Саўчук В.Ф. – кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт, дацэнт кафедры прыкладной матэматыкі і тэхналогій праграмавання Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна

Скарапляс І.А. – малодшы навуковы супрацоўнік адзела фітасазалогіі Крэменецкага батанічнага сада, аспірант адзела прыроднай флары Нацыянальнага батанічнага сада імя М.М. Грышко (Украіна)

Ступень Н.С. – кандыдат тэхнічных навук, дацэнт, загадчык кафедры хіміі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна

Такарчук С.М. – кандыдат географічных навук, дацэнт кафедры фізічнай географіі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна

Трафімчук Д.А. – выкладчык кафедры сацыяльна-эканамічнай географіі і турызма Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна

Шкуратава Н.В. – кандыдат біялагічных навук, дацэнт кафедры батанікі і экалогіі Брэсцкага дзяржаўнага ўніверсітэта імя А.С. Пушкіна

Якубоўская Т.В. – кандыдат геолога-мінералагічных навук, пенсіянер

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 Інструкцыі па афармленні дысертацыі, аўтарэферата і публікацыі па тэме дысертацыі, зацверджанай пастановай Прэзідыума Дзяржаўнага вышэйшага атэстацыйнага камітэта Рэспублікі Беларусь ад 24.12.1997 № 178 (у рэдакцыі пастановы Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 22.02.2006 № 2, ад 15.08.2007 № 4). Спасылкі на крыніцы ў артыкуле нумаруюцца адпаведна парадку цытавання. Парадкавыя нумары спасыллак 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 левым краі);
- назва артыкула (друкуецца вялікімі літарамі без пераносаў; выраўноўванне па левым краі);
- анатацыя ў аб'ёме ад 100 да 150 слоў на мове артыкула (кегль – 10 pt.);
- звесткі аб навуковым кіраўніку (для аспірантаў і саіскальнікаў) указваюцца на першай старонцы артыкула ўнізе;
- асноўны тэкст, структураваны ў адпаведнасці з патрабаваннямі ВАК 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 структуруецца падзагалоўкамі (назва раздзела «Асноўная частка» не друкуецца); Заключэнне, у якім сцісла сфармуляваны асноўныя вынікі даследавання, указана іх навізна);
- спіс літаратуры;
- рэзюмэ на англійскай мове (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 поўнасьцю, 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 *А.В. Дзябёлая, Л.М. Калілец*
Камп'ютарнае макетаванне *С.М. Мініч, Г.Ю. Пархац*

Падпісана ў друк 29.12.2014. Фармат 60×84/8. Папера афсетная.
Гарнітура Таймс. Рызаграфія. Ум. друк. арк. 19,06. Ул.-выд. арк. 14,71.

Тыраж 100 экз. Заказ № 414

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.

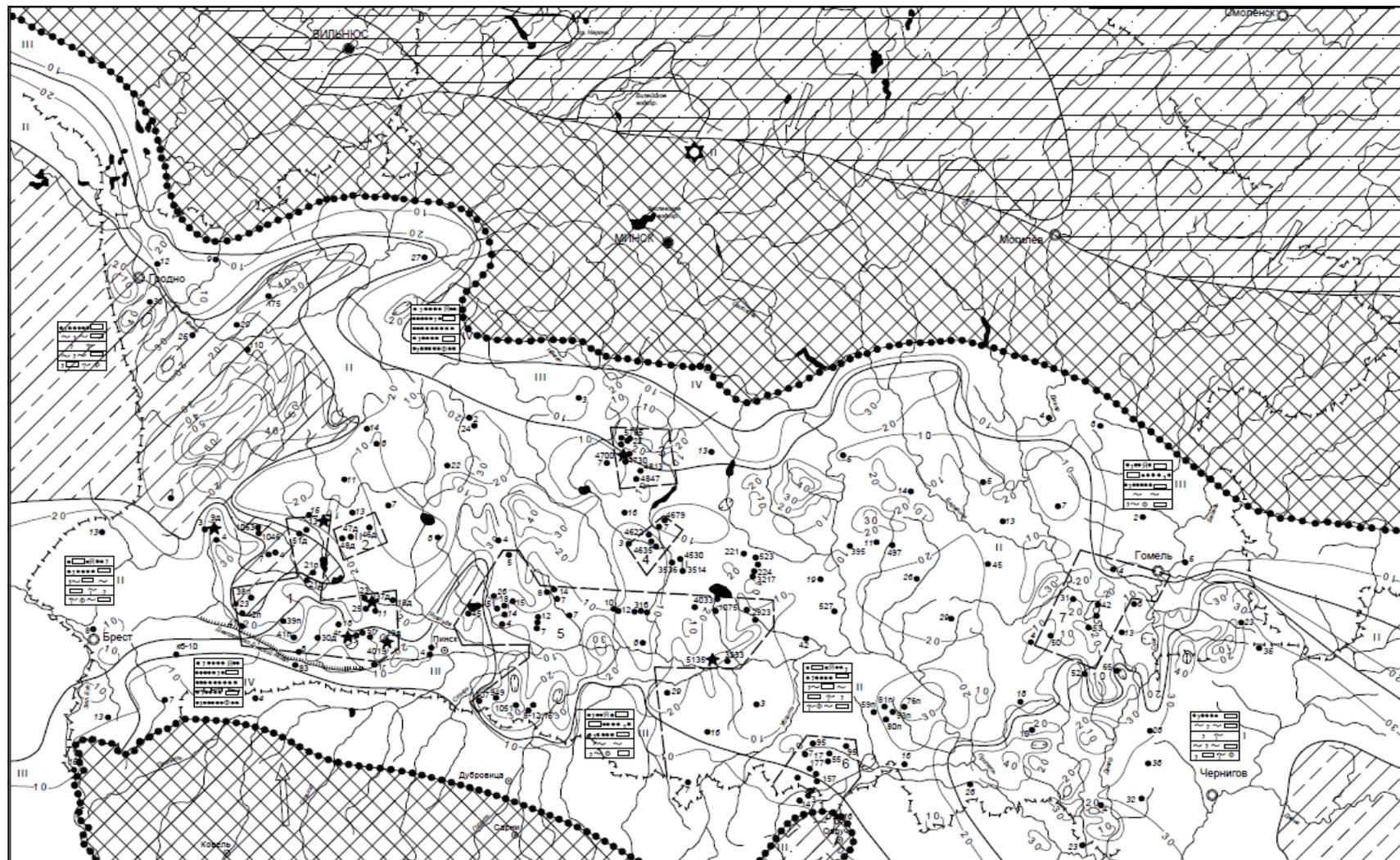


Рисунок 1 – Литолого-палеогеографическая карта харьковского времени с прогнозом янтарености (составлена по материалам Л.Ф. Ажгиревич и др. [2] с изменениями и дополнениями М.А. Богдасарова)

Таблица 7 – Плотность населения фоновых видов рептилий в разных экосистемах (включая экотоны), экз./га (средняя, min–max)

Экосистемы	Прыткая ящерица	Живородящая ящерица	Веретеница ломкая	Уж обыкновенный	Гадюка обыкновенная
Широколиственный лес	42,0 (0–144,0)	25,6 (0–90,4)	2,0 (0–18,5)	14,5 (0–84,5)	3,6 (0–32,0)
Сосняки	70,5 (0–220,0)	9,5 (0–84,3)	1,5 (0–18,8)	2,8 (0–19,0)	2,6 (0–17,0)
Дубравы	35,6 (0–87,6)	2,4 (0–20,0)	1,6 (0–8,5)	15,0 (0–40,5)	6,0 (0–17,0)
Ольшаники	1,0 (0–11,3)	50,0 (0–124,5)	0,8 (0–6,6)	35,0 (0–80,4)	6,1 (0–48,0)
Березняки	47,3 (0–248,0)	68,5 (0–282,4)	2,5 (0–8,8)	17,2 (0–58,0)	7,0 (0–42,4)
Луга суходольные	25,7 (0–125,0)	2,0 (0–17,6)	0,4 (0–6,0)	4,8 (0–24,0)	0,7 (0–9,4)
Луга пойменные	8,4 (0–113,0)	22,7 (0–70,3)	0,3 (0–8,2)	5,8 (0–60,0)	1,7 (0–14,0)
Болота	–	30,8 (0–96,0)	–	13,0 (0–35,0)	5,5 (0–40,0)
Пустоши	18,2 (0–51,2)	–	–	–	0,3 (0–10,2)

Таблица 1 – Возрастное состояние и чесельность ценопопуляций *C. onopordifolia* в Украине (2010-2012 гг.)

№ п/п	Место произрастания популяции	Площадь, м ²	Эколого-ценотические особенности		Возрастные группы				Чисельность особей
			Асоциации	Грунты	j	im	v	g	
1.	Ровенская обл., Млыновский р-н, окр. с. Смордва, ур. Смордва	100	<i>Inula ensifolia</i> + <i>Festuca valesiaca</i> ; <i>Carex humilis</i> + <i>Stipa capillata</i> ; <i>Carex humilis</i> + <i>Binum flavum</i> .	дерново-карбонатные (рендзины)	<u>11</u> 6,3	<u>59</u> 33,7	<u>104</u> 59,4	<u>1</u> 0,6	175
2.	Ровенская обл., Млыновский р-н, окр. с. Владиславовка, ур. Грабовещина	250	<i>Carex humilis</i> + <i>Inula ensifolia</i> , <i>Carex humilis</i> + <i>Linum flavum</i>	дерново-карбонатные (рендзины)	<u>20</u> 6,0	<u>150</u> 45,3	<u>157</u> 47,5	<u>4</u> 1,2	331
3.	Львовская обл., Золочевский р-н., окр. с. Красное, г. Лысая	760	<i>Carex humilis</i> + <i>Teucrium chamaedrys</i> , <i>Helictotrichon desertorum</i> + <i>Carex humilis</i> <i>Inula ensifolia</i> + <i>Carex humilis</i>	дерново-карбонатные (рендзины)	<u>135</u> 18,3	<u>325</u> 44,2	<u>244</u> 33,2	<u>32</u> 4,3	736
4.	Львовская обл., Золочевский р-н., окр. с. Красное, г. Сипуха	100	<i>Festuca valesiaca</i> + <i>Helictotrichon desertorum</i> + <i>Inula ensifolia</i>	дерново-карбонатные (рендзины)	<u>7</u> 15,6	<u>18</u> 40	<u>14</u> 31,1	<u>6</u> 13,3	45
5.	Львовская обл., Золочевский р-н., окр. с. Стенка, г. Стенка	900	<i>Briza media</i> + <i>Dactylis glomerata</i>	дерново-карбонатные (рендзины)	-	<u>556</u> 15,7	<u>601</u> 49,4	<u>60</u> 4,9	1217

6	Львовская обл., Золочевский р-н., окр. с. Подлесье г. Белая (Подлесская)	100	Carex humilis + Inula ensifolia, Festuca valesiaca + Inula ensifolia, Carex humilis + Teucrium chamaedrys	дерново- карбонатные (рендзины)	<u>77</u> 26,7	<u>123</u> 42,6	<u>79</u> 27,3	<u>10</u> 3,4	289
7.	Львовская обл., Золочевский р-н., окр. с. Жулицы, г. Сторожиха	750	Carex humilis + Inula ensifolia	дерново- карбонатные (рендзины)	-	<u>6</u> 42,8	<u>7</u> 50	<u>1</u> 7,2	14
8.	Львовская обл., Бродовский р-н., около с. Бучино, г. Макитра	8	Carex humilis + Inula ensifolia	дерново- карбонатные (рендзины)	-	-	<u>4</u> 80	<u>1</u> 20	5
9.	Тернопольская обл., Бережанский р-н., окр. с. Гутысько, г. Голица	100	Carex humilis + Inula ensifolia, Carex humilis + Lembotropis nigricans	дерново- карбонатные (рендзины)	<u>18</u> 10,5	<u>75</u> 43,9	<u>65</u> 38	<u>13</u> 7,6	171
10.	Тернопольская обл., Кременецкий р-н., окр. с. Лопушное, г. Курилиха	50	Carex humilis + Teucrium chamaedrys	дерново- карбонатные (рендзины)	<u>15</u> 12,2	<u>47</u> 38,2	<u>57</u> 46,3	<u>4</u> 3,3	123
11.	Ивано-Франковская обл., Рогатынский р-н., окр. с. Лучинцы, урочище Большие Голды	200	Brachypodium pinnatum + Carex montana	оподзоленные черноземы	-	<u>109</u> 10,9	<u>804</u> 80,4	<u>87</u> 8,7	1000

12.	Винницкая обл., окр. пгт. Чечельник, урочище Терещуков яр	3,8 га	Carex humilis + Teucrium chamaedrys	черноземы типичные	$\frac{32}{11}$	$\frac{29}{9,9}$	$\frac{81}{27,6}$	$\frac{151}{51,5}$	293
13.	Винницкая обл., Чечельницкий р-н, окр. с. Красная Плотина, урочище Бабиево	500	Carex humilis + Poa pratensis	черноземы типичные	$\frac{20}{13,3}$	$\frac{35}{23,4}$	$\frac{65}{26}$	$\frac{30}{20}$	150
14.	Винницкая обл., Чечельницкий р-н, окр. с. Васильевка, урочище Васильевка	45	Carex humilis + Melica nutans	черноземы типичные	$\frac{36}{14,4}$	$\frac{48}{19,3}$	$\frac{65}{26}$	$\frac{101}{40,3}$	250
15.	Винницкая обл., Чечельницкий р-н, окр. с. Васильевка, урочище Ромашково	200	Carex humilis + Melica nutans	черноземы	$\frac{56}{7}$	$\frac{90}{11,2}$	$\frac{428}{53,5}$	$\frac{226}{28,3}$	800

Примечание. В числителе приведены абсолютные значения, в знаменателе – их процентное соотношение.

