

Веснік

Брэсцкага ўніверсітэта

Галоўны рэдактар:
А.М. Сендзер

Намеснік галоўнага рэдактара:
А.Я. Будзько

Міжнародны савет
А.А. Афонін (Расія)
В.А. Несцяроўскі (Украіна)
А. Юўка (Польшча)

Рэдакцыйная калегія:
Н.С. Ступень
(адказны рэдактар)
С.В. Арцёменка
М.А. Багдасараў
А.М. Вітчанка
А.А. Волчак
В.Я. Гайдук
А.Л. Гулевіч
М.П. Жыгар
А.А. Махнач
А.В. Мацвееў
У.У. Салтанаў
Я.К. Яловічава

Пасведчанне аб рэгістрацыі
ў Міністэрстве інфармацыі
Рэспублікі Беларусь
№ 1339 ад 28 красавіка 2010 г.

Адрас рэдакцыі:
224665, г. Брэст,
бульвар Касманаўтаў, 21
тэл.: 21-72-07
e-mail: vesnik@brsu.brest.by

Часопіс «Веснік Брэсцкага
ўніверсітэта» выдаецца
з снежня 1997 года

Серыя 5

ХІМІЯ

БІЯЛОГІЯ

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

НАВУКОВА-ТЭАРЭТЫЧНЫ ЧАСОПІС

Выходзіць два разы ў год

Заснавальнік – Установа адукацыі
«Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А.С. Пушкіна»

№ 1 / 2019

У адпаведнасці з Дадаткам да заагаворкі
Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь
ад 01.04.2014 № 94 (у рэдакцыі заагаворкі Вышэйшай атэстацыйнай камісіі
Рэспублікі Беларусь ад 21.01.2019 № 24) часопіс
«Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі
аб зямлі» ўключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў
па біялагічных, географічных і геалага-мінералагічных навуках

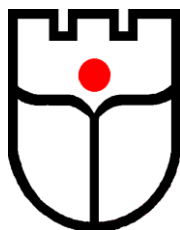
ЗМЕСТ

БІЯЛОГІЯ

Абрамова И.В. Сукцессия орнитофауны березовых лесов в юго-западной Беларуси.....	5
Балаева-Тихомирова О.М., Кацнельсон Е.И., Полозова Н.Ю. Лабораторная оценка показателей эндогенной антиоксидантной системы легочных пресноводных моллюсков для мониторинга природных водоемов	13
Блоцкая Е.С., Гайдук В.Е. Динамика населения мелких млекопитающих в ходе вторичной сукцессии березовых лесов в юго-западной Беларуси	21
Демянчик В.Т. Изменения в питании филина <i>Bubo Bubo</i> в южной части Беларуси.....	26
Коваленко В.В., Новик М.П. Влияние эпибрасинолида на показатели роста пшеницы сорта «Рассвет» в лабораторных условиях	33
Колбас Н.Ю., Троянчук В.А. Антиоксидантная активность и содержание фенольных соединений плодов черешни белорусской селекции	38
Саваневский Н.К., Хомич Г.Е., Саваневская Е.Н. Медленноволновые изменения некоторых показателей гемодинамики у девушек с низким тоном сосудов нижних конечностей	45
Тюлькова Е.Г. Влияние техногенных условий на содержание фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений различных возрастных групп.....	52

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

Бобров С.Е., Танинская Н.В., Низяева И.С., Зельцер В.Н., Колпенская Н.Н., Грислина М.Н., Грибовская О.Н., Яшин И.А. Обстановки осадконакопления отложений Старооскольского горизонта Речицкого месторождения нефти Припятского прогиба	61
Богдасаров М.А., Гречаник Н.Ф., Кожанов Ю.Д., Кухарик Е.А. Геологическое строение и особенности формирования палеогеновых отложений территории Подляско-Брестской впадины	69
Волчек А.А., Гречаник А.В. Пространственно-временные колебания и оценка однородности временных рядов среднегодовой скорости ветра для территории Беларуси	76
Кухарик Е.А. Трансформация рельефа западной части территории Белорусского Полесья в результате гидромелиоративного строительства	85
Матвеев А.В., Зерницкая В.П. Геологические критерии оценки качества среды для обитания населения на территории западной части Белорусского Полесья	92
Литвинюк Г.И., Гречаник Н.Ф., Стельмах А.Л., Косяк А.И. Новые данные о геологическом строении и семенной флоре разреза Тимошкови-1 на территории Новогрудской возвышенности	99
Токарчук О.В., Токарчук С.М. Опыт разработки баз данных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем Национального парка «Нарочанский»	106



Vesnik

of Brest University

Editor-in-chief:

A.N. Sender

Deputy Editor-in-chief:

A.Ya. Budzko

International Board:

A.A. Afonin (Russia)

V.A. Nestsyarouski (Ukraine)

A. Juvka (Poland)

Editorial Board:

N.S. Stupen

(managing editor)

S.V. Artsyomenka

M.A. Bagdasarau

A.M. Vitchanka

A.A. Volchak

V.E. Gaiduk

A.L. Gulevich

M.P. Zhygar

A.A. Makhnach

A.V. Matveev

V.V. Saltanau

Ya.K. Yalovichava

Registration Certificate

by Ministry of Information

of the Republic of Belarus

№ 1339 from April 28, 2010

Editorial Office:

224665, Brest,

Boulevard Cosmonauts, 21

tel.: 21-72-07

e-mail: vesnik@brsu.brest.by

Published since December 1997

Series 5

CHEMISTRY

BIOLOGY

SCIENCES ABOUT EARTH

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

Issued two times a year

Founder – Educational institution
«Brest state university named after A.S. Pushkin»

№ 1 / 2019

According to the Supplement to the order of Supreme Certification Commission of the Republic of Belarus from April 01, 2014 № 94 (as revised by the order of Supreme Certification Commission of the Republic of Belarus from January 21, 2019 № 24) the journal «Vesnik of Brest University. Series 5. Chemistry. Biology. Sciences about Earth» was included to the List of scientific editions of the Republic of Belarus for publication of the results of scientific research in biological, geographical and geological-mineralogical sciences

INDEX

BIOLOGY

Abramova I.V.

Succession of Bird Population in the Course of Secondary Birch Forest Succession
in South-Western Belarus5

Balaeva-Tikhomirova O.M., Katsnelson E.I., Polozova N.Yu.

Laboratory Evaluation of the Indicators of the Endogenous Antioxidant System
of the Pulmonary Freshwater Molluscs for Monitoring Natural Waters13

Blockaja E.S., Gajduk V.E.

Population Dynamics of Small Mammals' Communities
in the Secondary Succession of Birch Wood Forests in the South-West of Belarus21

Demyanchik V.T.

Changes of *Bubo Bubo* in the Southern Part of Belarus26

Kavalenka V.V., Novik M.P.

The Influence of Epibrassinolide on the Growth of Wheat
of the Variety «Rassvet» in the Laboratory33

Kolbas N.Y., Trayanchuk V.A.

Antioxidant Activity and Total Phenolic Content
of the Sweet Cherries Fruits Belarusian Selection38

Savaneuski M.K., Khomich H.E., Savaneuskaya A.N.

Slow Wave Changes for Certain Indicators
of Hemodynamics at Girls with Low Tone Microsclerotics of the Lower Extremities45

Tyulkova E.G.

The Technogenic Conditions Influence on the Photosynthetic Pigments Content
of Woody Plants Different Age Groups52

SCIENCES ON EARTH

Bobrov S., Taninskaya N., Niziaeva I., Zeltser V., Kolpenskaya N., Grislina M., Gribovskaya O., Yashin I.

Conditions of Sedimentation of the Deposits of the Staryoskol Horizon
of the Rechitskoe Oil Field of the Pripyat Trough61

Bogdasarov M.A., Grechanik N.F., Kozhanov Y.D., Kukharik Ye.A.

Geological Structure and Peculiarities of Formation of Paleogene Deposits
of the Territory of the Podlask-Brest Depression69

Volchak A.A., Grechanik A.V.

Spatio-Temporal Fluctuations and Assessment of the Homogeneity of the Time Series
of the Average Annual Wind Speed for the Territory of Belarus76

Kukharik Ye. A.

Transformation of the Relief of the Western Part of the Territory
of the Belarusian Polesie as a Result of Irrigation and Drainage Construction85

Matveyev A.V., Zernitskaya V.P.

Geological Criteria of the Environmental Qualitative Assessment for the Population Living
in the Territory of the Western Part of Belarus Polesia92

Litviniuk H.I., Hrachanik N.F., Stelmakh A.L., Kasiak A.I.

New Data on the Geological Structure and Seed Flora of Timoskovichi-1
Cut in the Territory of the New Grudziowski Highland99

Tokarchuk O.V., Tokarchuk S.M.

Directions of Databases of Ecologically Significant Features
of Surface Watersheds of Lake-Basin Systems of the National Park «Narochansky»106

БІАЛОГІЯ

УДК 598.2(470.5)+504.74.05:500.054:66/67

И.В. Абрамова

канд. биол. наук, доц., декан географического факультета
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
[e-mail: iva.abramova@gmail.com](mailto:iva.abramova@gmail.com)

СУКЦЕССИЯ ОРНИТОФАУНЫ БЕРЕЗОВЫХ ЛЕСОВ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ

Прослежены изменения структуры населения птиц в процессе восстановительной сукцессии на месте вырубки березовых лесов в юго-западной Беларуси. Сбор материалов проводился в 1996–2017 гг. Применяли общепринятые методы учета птиц. Установлено, что по ходу сукцессии (6 стадий, возраст – от 1–80 лет) видовое разнообразие населения птиц увеличивается от 9 до 48 видов, суммарное обилие – от 76,7 до 1031,0 ос./км², суммарная биомасса – от 4,05 до 34,67 кг/км². В орнитокомплексе представлены 5 типов фаун. На начальных стадиях сукцессии население птиц формируют представители европейского и европейско-туркестанского типов фаун. На стадиях возраста 30–40 и старше в видовой структуре (52,6–54,2 %) и населении птиц (42,0–43,5 % суммарного обилия) доминируют птицы палеарктического типа фауны.

Введение

Самые значительные изменения в жизни сообщества птиц происходят при смене жизненных форм доминирующих растений: трав, кустарников, деревьев. Наиболее полно изучены вторичные сукцессии лесных экосистем и их орнитофауны. С появлением свежей вырубки или после пожара происходит пространственное перераспределение дендрофильных видов, которые населяют леса до их сведения, птиц открытых ландшафтов (луговых, полевых, кустарниковых) и опушечных, которые появляются после вырубки леса уже в первый год существования или на разных стадиях сукцессии. Смена населения птиц в лесах обусловлена последовательной сукцессией лесных растительных сообществ, главной причиной которых в настоящее время являются антропогенные факторы (лесохозяйственная деятельность, мелиорация прилегающих к лесам сельскохозяйственных угодий) [1–4]. В работах, посвященных вторичным сукцессиям орнитофауны, показано, что параллельно с сукцессией фитоценозов увеличивается разнообразие птиц [1; 5–10]. Сукцессии различных сообществ птиц в Беларуси и других регионах изучены недостаточно полно.

Целью настоящей работы было изучение сукцессии населения птиц в березовых лесах юго-западной части Белорусского Полесья.

Материал и методы

Сбор материалов для данной работы проводился в 1996–2017 гг. в бородавчато-березовых лесах на территории Брестского лесхоза (Томашовское, Меднянское и Домачевское лесничества), Малоритского лесхоза (Пожеженское и Малоритское лесничества) и Ивацевичского лесхоза (Ивацевичское и Бронногорское лесничества).

Бородавчатоберезовые леса составляют 12,0 % лесопокрытой площади Беларуси. При изучении сукцессий (серий) орнитокомплексов закладывались учетные маршруты (ширина полосы 200 м, длина 1–2 км) в экосистемах, находящихся на разных стадиях сукцессии (свежие вырубки, молодые культуры, жердняки, припевающий и спелый леса). Первые три стадии сукцессии (до 20 лет) были прослежены на одних и тех же площадках, более поздние – с однотипными условиями, отличающимися только разным возрастом березовых фитоценозов. Общая протяженность пройденных маршрутов

составила 250 км. При учетах птиц применяли общепринятые методы [11; 12]. Учеты птиц проводился не менее 6 раз в каждой растительной ассоциации с 15.05 по 30.06. Учеты проводили в ясную погоду в утреннее (спустя 1 час после восхода) и вечернее (прекращался за 1–2 часа до захода солнца) время, когда птицы наиболее активны. Перерасчет обилия птиц на единицу площади велся отдельно по средним дальностям обнаружения (голосу, визуально) [11]. Доминирующими по обилию считали те виды, доля которых в сообществе птиц преобладает (10 % и более) [13]. Типизация орнитофауны приведена по К. Фоусу [14].

Результаты и их обсуждение

Сведения о летней орнитофауне березовых лесов в юго-западной Беларуси имеются в монографиях [2; 15; 16]. Показано [2], что в березняках осоково-сфагновых (заказник «Борский» Ганцевичский район) летом обитает 17 видов птиц, суммарное обилие которых составляло 110,5 ос./км, суммарная биомасса – 12,3 кг/км².

Р.Ю. Тарлецкая [17] установила, что в лесах Белорусского Полесья в 1971–1975 гг. население березняков включало 22 вида воробьинообразных птиц. Максимальная численность птиц отмечена в березняках злаковых – 8,5 пар/га, минимальная – в березняках осоковых – 4,0 пар/га. По данным М.С. Долбика [18], на территории Белорусского Полесья число видов певчих птиц наибольшее в березняках орляковых и папоротниковых (10 видов). По его мнению, возраст березняков не является ведущим фактором для ландшафтной оценки населения птиц в этой группе лесов, так как орнитофауна различных типов березняков повторяет орнитофауну других лесных формаций, поскольку березняки являются производными сосновых, дубовых и еловых формаций. По сведениям Р.К. Кожевниковой [19], в молодом брусничниковом березняке плотность населения гнездящихся птиц составила 3,0 пар/га, в средневозрастном – 4,5 пар/га; в молодом орляковом березняке – 3,9 пар/га, в средневозрастном – 3,9 пар/га. В Западном Подмоскowie, по данным систематических наблюдений в 1956–1968 гг., в березняках гнездились от 23 до 35 видов птиц и от 170 до 350 пар/км² [1].

Таким образом, в березовых лесах разного возраста численность птиц отличается незначительно. Эти данные равны или значительно выше данных [20], согласно которым средняя суммарная плотность населения птиц для подкласса мелколиственных лесов равна 669 ос./км².

За период вторичной сукцессии в березовых лесах нами выделено шесть стадий развития растительности от свежей вырубki до спелого леса 80-летнего возраста. Первая стадия (1–3 года после вырубki) представлена травянистой растительностью болотного и лугового типа. Ее сменяет стадия молодых культур из поросли кустарников, березы, ольхи, и осины (возраст 4–9 лет), далее следует стадия сплошных зарослей кустарниковой поросли и подростa (возраст 10–20 лет). Через 30–35 лет после вырубki начинается стадия смешанного леса, в 50–60 лет наступает стадия приспевающего леса, сменяющегося спелым высокоствольным лесом из березы с примесью ольхи и других пород (возраст 70–80 лет).

В первый же год на местах сплошных рубок резко изменяются микроклимат, видовой состав травянистой растительности и беспозвоночных животных. Здесь появляются птицы опушек и открытых пространств: лесной и луговой коньки, луговой чекан и желтая трясогузка. Некоторые птицы (лесной конек, дрозды и др.) используют вырубki в качестве кормовых стадий. Суммарное обилие девяти видов птиц составляет 76,7 ос./км² (таблица 1). На долю доминирующих видов (луговой чекан, луговой и лесной коньки, лесной жаворонок, обыкновенная овсянка и желтая трясогузка) приходится 84,3 % населения птиц и 66,6 % видового состава. Суммарная биомасса равна 4,05 кг/км². По биомассе доминируют серая куропатка (49,3 %) и перепел (14,2 %).

На стадии молодых культур (4–9 лет) появляются птицы кустарниковых зарослей: серая и садовая славки, обыкновенный жулан и др. Количество видов возрастает до 19, суммарное обилие – до 120,4 ос./км². Доминируют луговой чекан (11,6 %), обыкновенная овсянка (12,8 %) и лесной жаворонок (12,8 %). Доминирующие виды составляют 37,2 % численности птиц и 15,8 % видового состава. Суммарная биомасса (4,69 кг/км²) увеличивается незначительно. По биомассе доминирует серая куропатка (29,0 %).

По мере зарастания вырубки молодыми культурами исчезают или становятся малочисленными птицы открытых экосистем, которые на более поздних стадиях сукцессии не регистрируются. Наоборот, птицы кустарниковых зарослей и лесов (славки, пеночки, зяблик и др.) становятся многочисленными. В молодых культурах (10–20 лет) зарегистрировано 24 вида птиц, суммарное обилие значительно увеличилось (294,0 ос./км²). Доля доминирующих видов (зяблик и пеночка-весничка) в суммарном обилии составляет 28,2 %. По биомассе доминируют дрозды (черный, певчий и рябинник) и зяблик, на их долю приходится 62,9 % суммарной биомассы.

К 30–40 годам на месте вырубки развивается лес, в котором доминирует береза с примесью черной ольхи и других пород. Орнитоценоз приобретает характерный облик для данной формации. Количество видов возрастает до 38, суммарное обилие – до 668,9 ос./км². С увеличением возраста сукцессии в орнитокомплексе начинают господствовать дендрофильные виды птиц, по обилию доминируют зяблик (18,0 %) и пеночка-весничка (10,6 %), по биомассе – певчий дрозд (12,4 %) и зяблик (12,7 %).

Дальнейшее увеличение основных суммарных показателей (количество видов, обилие, биомасса) отмечено в высокоствольном березовом лесу (50–60 лет). Орнитоценоз на этой стадии обогащается новыми видами, суммарное обилие достигает 960,1 ос./км², суммарная биомасса – 31,73 кг/км². По обилию доминируют зяблик (16,3 %) и пеночка-весничка (10,5 %), по биомассе – зяблик (10,7 % суммарного показателя). На стадии спелого леса (70–80 лет) суммарное обилие составляет 1031,0 ос./км², биомасса – 34,67 кг/км², состав доминирующих видов аналогичен предыдущей стадии.

В березовых лесах (50–80 лет) отмечены 4 вида (чеглок, коростель, зеленый дятел, белоспинный дятел), включенные в Красную книгу Республики Беларусь [21].

Рассмотрим фаунистическую структуру орнитокомплексов на разных стадиях сукцессии. На первой и второй стадиях сукцессии преобладают виды европейского типа фауны (36,8–44,4 %). Этот тип фауны доминирует и в населении птиц (41,8–50,2 %). На третьей стадии сукцессии доминирует комплекс видов европейско-туркестанского (33,3 %) и палеарктического типов фауны (41,7 %) и по населению птиц (соответственно 37,4 и 40,8 %). На четвертой–шестой стадиях доминирует комплекс палеарктических птиц (52,6–54,2 % видов 42,0–43,5 % населения). Комплексы птиц голарктического и афро-евразийского типа фауны представлены 1–2 видами.

Оценка сходства видового состава сообществ птиц на разных стадиях вторичной сукцессии показала, что наибольшее сходство отмечено между орнитокомплексами трех последних стадий (100 %). Хорошо выражена общность между сообществами птиц, формирующихся на первых двух стадиях сукцессии (64,3 %), второй и третьей стадиях (65,1 %), третьей и четвертой стадиях (71,0 %) (таблица 2).

В спелом березовом лесу птицы заселяют все ярусы. Есть птицы, которые гнездятся и добывают корм на земле, на поваленных деревьях или валежнике, на кустарниках и подлеске, многие гнездятся в дуплах и кронах деревьев, где добывают корм. На разных стадиях сукцессии (таблица 3) распределение птиц по ярусам неодинаково.

Таблица 1. – Население птиц (обилие, ос./км² – числитель, биомасса, кг/км² – знаменатель) в ходе вторичной сукцессии березовых лесов в юго-западной Беларуси

Вид	Доминирующая растительность					
	разно- травье	молодые насаждения	сомкнутые молодняки	жердняки из березы и осины	леса из березы с примесью сосны и дуба	спелый березовый лес
Возраст сукцессии	1-3	4-9	10-20	30-40	50-60	70-80
I	2	3	4	5	6	7
Лесной конек <i>Anthus trivialis</i>	9,6/0,22	10,4/0,24	13,5/0,31	26,0/0,60	58,4/1,34	68,5/1,58
Обыкновенная овсянка <i>Emberiza citrinella</i>	9,0/0,27	15,4/0,46	10,7/0,32	7,6/0,23	8,0/0,24	3,5/0,11
Лесной жаворонок <i>Lullula arborea</i>	10,0/0,22	15,4/0,34	15,6/0,34	14,3/0,31	18,6/0,41	20,4/0,45
Трясогузка желтая <i>Motacilla flava</i>	8,6/0,17	7,4/0,15	3,2/0,06	-	-	-
Луговой конек <i>Anthus pratensis</i>	14,0/0,24	8,4/0,14	-	-	-	-
Луговой чекан <i>Saxicola rubetra</i>	13,5/0,20	14,0/0,21	-	-	-	-
Серая куропатка <i>Perdix perdix</i>	5,0/2,00	3,4/1,36	-	-	-	-
Перепел <i>Coturnix coturnix</i>	6,0/0,58	4,2/0,40	-	-	-	-
Коростель <i>Crex crex</i> *	1,0/0,16	1,5/0,23	-	-	-	-
Жулан <i>Lanius collurio</i>	-	3,8/0,12	5,0/0,16	12,4/0,38	11,6/0,36	16,4/0,51
Обыкновенная горихвостка <i>Phoenicurus phoenicurus</i>	-	3,2/0,05	5,0/0,08	10,4/0,17	12,6/0,20	14,0/0,22
Коноплянка <i>Carduelis cannabina</i>	-	6,2/0,12	4,0/0,08	-	-	-
Щегол <i>Carduelis carduelis</i>	-	2,4/0,04	8,6/0,14	8,0/0,13	9,5/0,15	10,2/0,16
Зарянка <i>Erithacus rubecula</i>	-	4,0/0,06	9,5/0,15	28,6/0,46	40,2/0,64	44,3/0,71
Певчий дрозд <i>Turdus philomelos</i>	-	4,2/0,31	18,4/1,36	35,0/2,59	38,8/2,87	40,1/2,97
Черный дрозд <i>Turdus merula</i>	-	2,0/0,20	14,5/1,42	18,6/1,82	20,4/2,00	19,0/1,86
Серая славка <i>Sylvia communis</i>	-	4,6/0,07	5,0/0,08	4,4/0,07	23,0/0,37	20,0/0,32
Черноголовая славка <i>Sylvia atricapilla</i>	-	6,3/0,12	20,2/0,38	31,6/0,60	40,4/0,77	45,4/0,86
Садовая славка <i>Sylvia borin</i>	-	3,6/0,06	8,2/0,15	4,8/0,09	5,0/0,09	5,2/0,09
Рябинник <i>Turdus pilaris</i>	-	-	17,6/1,76	18,4/1,84	23,5/2,35	26,7/2,67
Обыкновенный соловей <i>Luscinia luscinia</i>	-	-	6,8/0,18	15,4/0,40	21,5/0,56	20,4/0,53

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Обыкновенная пищуха <i>Certhia familiaris</i>	—	—	—	8,0/0,07	14,4/0,13	15,6/0,14
Поползень <i>Sitta europaea</i>	—	—	—	5,2/0,10	10,6/0,21	14,7/0,29
Скворец <i>Sturnus vulgaris</i>	—	—	—	8,6/0,65	10,5/0,79	10,3/0,77
Зяблик <i>Fringilla coelebs</i>	—	—	50,2/1,10	120,5/2,65	156,2/3,44	160,4/3,53
Большая синица <i>Parus major</i>	—	—	5,1/0,09	19,4/0,35	35,6/0,64	40,5/0,73
Буроголовая гаичка <i>Parus montanus</i>	—	—	—	18,2/0,20	26,8/0,29	28,6/0,31
Лазоревка <i>Parus caeruleus</i>	—	—	—	4,5/0,05	5,6/0,06	5,0/0,06
Пеночка-весничка <i>Phylloscopus trochilus</i>	—	—	32,6/0,29	70,8/0,64	100,5/0,90	105,0/0,95
Пеночка-теньковка <i>Phylloscopus collybita</i>	—	—	4,2/0,03	50,7/0,41	60,4/0,48	70,6/0,56
Пеночка-трещотка <i>Phylloscopus sibilatrix</i>	—	—	12,4/0,12	40,2/0,40	58,3/0,58	60,6/0,61
Серая мухоловка <i>Muscicapa striata</i>	—	—	8,6/0,14	20,4/0,33	36,7/0,59	40,5/0,65
Мухоловка-пеструшка <i>Ficedula hypoleuca</i>	—	—	10,5/0,15	24,0/0,34	30,3/0,42	32,2/0,45
Обыкновенная иволга <i>Oriolus oriolus</i>	—	—	—	13,0/0,95	24,5/1,79	20,9/1,53
Зелёная пересмешка <i>Hippolais icterina</i>	—	—	4,6/0,06	12,4/0,17	16,2/0,23	16,3/0,23
Сойка <i>Garrulus glandarius</i>	—	—	—	1,8/0,29	2,6/0,42	5,8/0,93
Серая ворона <i>Corvus corone</i>	—	—	—	0,8/0,42	1,5/0,79	2,2/1,16
Сорока <i>Pica pica</i>	—	—	—	0,5/0,11	1,0/0,23	1,8/0,41
Клнтух <i>Columba oenas</i>	—	—	—	—	0,6/0,17	1,3/0,36
Обыкновенная горлица <i>Streptopelia turtur</i>	—	—	—	1,0/0,13	4,2/0,55	4,4/0,57
Вяхирь <i>Columba palumbus</i>	—	—	—	3,0/1,61	4,0/2,14	3,6/1,93
Обыкновенный козодой <i>Caprimulgus europaeus</i>	—	—	—	4,2/0,26	5,6/0,34	6,1/0,37
Седой дятел <i>Picus canis</i>	—	—	—	—	0,4/0,03	0,5/0,04
Большой дятел <i>Dendrocopos major</i>	—	—	—	3,0/0,25	5,2/0,44	8,0/0,68
Зелёный дятел <i>Picus viridis</i> *	—	—	—	—	1,5/0,30	2,4/0,48
Малый дятел <i>Dendrocopos minor</i>	—	—	—	—	2,0/0,05	2,8/0,06
Белоспинный дятел <i>Dendrocopos leucotos</i> *	—	—	—	—	0,4/0,04	1,0/0,10
Вертишейка <i>Jynx torquilla</i>	—	—	—	—	3,0/0,11	4,2/0,16
Вальдшнеп <i>Scolopax rusticola</i>	—	—	—	—	1,8/0,52	2,0/0,58
Обыкновенная кукушка <i>Cuculus canorus</i>	—	—	—	1,8/0,19	3,4/0,36	4,6/0,49

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Тетеревятник <i>Accipiter gentilis</i>	—	—	—	—	1,4/1,31	1,5/1,41
Перепелятник <i>Accipiter nisus</i>	—	—	—	1,0/0,20	1,2/0,24	1,4/0,28
Чеглок <i>Falco subbuteo</i> *	—	—	—	—	0,8/0,18	0,6/0,13
Ушастая сова <i>Asio otus</i>	—	—	—	—	0,6/0,17	0,5/0,14
Серая неясыць <i>Strix aluco</i>	—	—	—	0,4/0,22	0,8/0,44	1,0/0,56
Количество видов	9	19	24	38	48	48
Доминирующие виды, % от количества видов	66,6	15,8	8,3	7,9	4,2	4,2
Суммарное обилие, ос./км ²	76,7	120,4	294,0	668,9	960,1	1031,0
Доминирующие виды, % от суммарного обилия	84,3	37,2	28,2	28,6	26,8	25,8
Суммарная биомасса, кг/км ²	4,05	4,69	8,97	20,67	31,73	34,67
Доминирующие виды, % от суммарной биомассы	63,5	29,0	63,0	25,4	10,8	10,2
Индекс разнообразия (Шеннона)	2,99	3,95	4,19	4,41	4,55	4,58
Индекс выравненности (Пielу)	0,94	0,93	0,91	0,84	0,82	0,82

Примечание – * – виды, включенные в Красную книгу Республики Беларусь [21]. Курсивом выделены данные по обилию (биомассе) доминирующих на данной стадии сукцессии видов птиц.

Таблица 2. – Сходство видового разнообразия отдельных стадий вторичной сукцессии березовых лесов по коэффициенту Жаккара, %

Возраст сукцессии, лет	1–3	4–9	10–20	30–40	50–60	70–80
1–3		64,3	24,2	12,8	10,5	10,5
4–9			65,1	42,1	35,8	35,8
10–20				71,0	61,1	61,1
30–40					88,4	88,4
50–60						100,0
70–80						

Таблица 3. – Распределение видов птиц по ярусам гнездования на отдельных стадиях вторичной сукцессии березовых лесов в юго-западной Беларуси

Возраст сукцессии	Земля		Кустарники		Деревья	
	кол-во	доля, %	кол-во	доля, %	кол-во	доля, %
1–3	9	100,0	–	–	–	–
4–9	10	52,6	5	26,3	4	21,1
10–20	9	37,5	5	20,8	10	41,7
30–40	9	23,7	4	10,5	25	65,8
50–60	10	20,8	4	8,3	34	70,8
70–80	10	20,8	4	8,3	34	70,8

На первой стадии представлены только наземногнездящиеся виды, на второй стадии их количество постепенно снижается, на пятой–шестой стадиях доля этой группы составляет 20,8 %. Такая же тенденция характерна для птиц, гнездящихся в кустарниках. Наоборот, количество видов, гнездящихся на деревьях, по мере увеличения возраста сукцессии растет и достигает максимума на последних стадиях – 34 вида (70,8 %).

Заключение

В процессе вторичной сукцессии березовых лесов выделено 6 стадий развития растительности от свежей вырубki до леса 80-летнего возраста. Параллельно с закономерной сменой растительности протекает и сукцессия орнитокомплексов. Основные суммарные показатели населения птиц в березовых лесах по мере развития сукцессии возрастают: от стадии свежей вырубki до спелого леса возраста 70–80 лет происходит увеличение количества видов в 5,3 раза, суммарного обилия – в 13,4 раза и биомассы – в 8,9 раза. Изменяется экологическая структура орнитокомплексов (уменьшается доля видов гнездящихся на земле и кустарниках, и увеличивается участие птиц, гнездящихся на деревьях). Основу населения птиц березовых лесов, начиная с возраста 30–40 лет, составляют птицы палеарктического типа фауны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иноземцев, А. А. Птицы и лес / А. А. Иноземцев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 302 с.
2. Абрамова, И. В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси / И. В. Абрамова. – Брест : БрГУ, 2007. – 208 с.
3. Тарлецкая, Р. Ю. Влияние осушительной мелиорации на численность лесных воробьиных птиц / Р. Ю. Тарлецкая // Биологические основы освоения, реконструкции и охраны животного мира Белоруссии : тез. докл. IV зоол. конф. Белорусской ССР. – Минск, 1976. – С. 133–135.
4. Тарлецкая, Р. Ю. Изменение структуры орнитофауны березовых лесов Полесья в связи с осушительной мелиорацией / Р. Ю. Тарлецкая // Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование : тез. докл. IV. итог. науч. конф. – Гомель, 1985. – С. 152–153.
5. Johnson, D. V. Breeding bird populations in relation to plant succession on the piedmont of Georgia / D. V. Johnson, E. P. Odum // Ecology. – 1975. – № 37. – P. 50–62.
6. Głowaciński, Z. Stability in bird communities during the secondary succession of a forest ecosystem / Z. Głowaciński // Ecol. Pol. – 1981. – Vol. 29, № 1. – P. 73–95.
7. Głowaciński, Z. Succession of bird communities in the Nielopolomice Forest (Southern Poland) / Z. Głowaciński // Ecol. Pol. – 1975. – Vol. 23, № 2. – P. 231–263.

8. Данилов, Н. Н. Изменения в орнитофауне зарастающих вырубок на Среднем Урале / Н. Н. Данилов // Зоол. журн. – 1958. – Вып. 12. – С. 1898–1903.
9. Преображенская, Е. С. Смены птичьего населения в ходе зарастания различных типов вырубок Приветлужья / Е. С. Преображенская, Б. И. Борисов // Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных : тез. докл. Всесоюз. совещ. в 2 ч. ; редкол.: О. В. Бурский [и др.]. – М., 1987. – Ч. 2. – С. 157–158.
10. Абрамова, И. В. Сукцессия населения птиц в ходе восстановительной смены еловых лесов в юго-западной Беларуси / И. В. Абрамова // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. – 2017. – № 2. – С. 31–39.
11. Равкин, Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов / Ю. С. Равкин // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. – Новосибирск, 1967. – С. 66–75.
12. Бибби, К. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учеты птиц / К. Бибби, М. Джонс, С. Мардсен. – М. : Союз охраны птиц России, 2000. – 186 с.
13. Кузякин, А. П. Зоогеография СССР / А. П. Кузякин // Учен. зап. Моск. обл. пед. ин-та им. Н. К. Крупской. – 1962. – Т. 109. – С. 3–182.
14. Voous, K. H. Die Vogelwelt Europas und ihre Verbreitung / K. H. Voous. – Hamburg ; Berlin, 1962. – 284 s.
15. Гайдук, В. Е. Экология птиц юго-запада Беларуси. Неворобьинообразные / В. Е. Гайдук, И. В. Абрамова. – Брест : БрГУ, 2009. – 300 с.
16. Гайдук, В. Е. Экология птиц юго-запада Беларуси. Воробьинообразные / В. Е. Гайдук, И. В. Абрамова. – Брест : БрГУ, 2013. – 298 с.
17. Тарлецкая, Р. Ю. Численность воробьиных птиц в лесах Белорусского Полесья / Р. Ю. Тарлецкая // Биологические основы освоения, реконструкции и охраны животного мира Белоруссии : тез. докл. IV зоол. конф. Белорусской ССР. – Минск, 1976. – С. 135–137.
18. Долбик, М. С. Ландшафтная структура орнитофауны Белоруссии / М. С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1974. – 312 с.
19. Кожевникова, Р. К. Зависимость видового состава и численности птиц от возраста и структуры лесных насаждений : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Р. К. Кожевникова. – Минск, 1966. – 17 с.
20. Пространственное разнообразие летнего населения птиц Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин / Е. С. Равкин [и др.] // Достижения и проблемы орнитологии Северной Евразии на рубеже веков : тр. междунар. конф. «Актуальные проблемы изучения и охраны птиц Восточной Европы и Северной Азии». – Казань, 2001. – С. 212–236.
21. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редкол.: И. М. Качановский (пред.) [и др.]. – 4-е изд. – Минск : БелЭн імя П. Броўкі, 2015. – 320 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 25.01.2019

Abramova I.V. Succession of Bird Population in the Course of Secondary Birch Forest Succession in South-Western Belarus

The article tracks the changes in the bird population during secondary succession of cleared birch forest in south-western Belarus. The field work was performed in the years 1996–2017 applying the conventional bird count methods. The study revealed that the bird species diversity in the course of succession (6 stages, 1–80 years old) increased from 9 to 48 species, overall abundance – from 76,7 to 1031,0 birds/km², overall biomass – from 4,05 to 34,67 kg/km². The ornithological variety included 5 types of fauna. At the initial stages of succession the bird population comprised the European and European-Turkestan types of fauna. At the stages of 30–40 years old and older the species structure (52,6–54,2 %) and the bird population (42,0–43,5 % of the overall abundance) were dominated by the Palaearctic types of fauna.

УДК 594.38:577.1(476.5)

О.М. Балаева-Тихомирова¹, Е.И. Кацнельсон², Н.Ю. Полозова³¹канд. биол. наук, доц., зав. каф. химии

Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

²выпускник аспирантуры каф. химии

Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

³магистрант биол. факультета

Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

e-mail: kate_kaznelson@tut.by

**ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНДОГЕННОЙ
АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕГОЧНЫХ ПРЕСНОВОДНЫХ
МОЛЛЮСКОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ**

*Легочные пресноводные моллюски являются удобными объектами для оценки степени загрязнения водной экосистемы. Основными характеристиками данных тест-объектов, широко используемых в биомониторинге и биоиндикации, являются высокая чувствительность к загрязняющим агентам и ксенобиотикам, широкое распространение, легкость сбора и идентификации, короткий жизненный цикл. В статье рассматривается способ оценки экологического состояния природных водоемов по показателям эндогенной антиоксидантной системы легочных моллюсков. На основании полученных данных может быть создан алгоритм установления экологического состояния природных водоемов посредством оценки активности ключевых показателей антиоксидантной системы по трем параметрам: сезону года, местообитанию и типу транспорта кислорода – с использованием в качестве тест-организмов широко распространенных видов легочных пресноводных моллюсков – *Lymnaea stagnalis* и *Planorbarius corneus*.*

Введение

Эндогенные антиоксиданты формируются из поступающих с пищей молекул, обладающих способностью обезвреживать активные метаболиты кислорода (витамины С, А, Е, бета-каротин, липоевая кислота, ликопин); из молекул обмена веществ (аминокислоты и их производные, пептиды, кофакторы ферментов и др.); продуктов распада макромолекул при окислительном стрессе (мочевая кислота, билирубин); индукторов экспрессии генов антиоксидантных ферментов (*Erythroid 2 C-45*, *Nrf1*, *Nrf2*, *Keap-1*, *TRX1* и др.); антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутаза, глутатионпероксидаза, глутатионредуктаза, гемоксигеназа, тиоредоксинредуктаза, каталаза и др.); молекулярных комплексов, содержащих антиоксидантные ферменты и субстанции (например, липопротеины высокой плотности) [1].

Эндогенные антиоксиданты выполняют свои функции в разных компартментах организма: внутри клеток, на поверхности слизистых оболочек и плазме крови, – в связи с чем их спектры различаются. Известно, что патологические эффекты генотипов полиморфных генов ферментов антиоксидантной системы в отношении риска возникновения мультифакториальных заболеваний проявляются в зависимости от прооксидантного и антиоксидантного влияния факторов внешней среды [2]. При прооксидантном действии среды генотипы ферментов антиоксидантной системы, по-видимому, потенцируют их негативное влияние на органы и ткани посредством усиления свободно-радикального окисления, увеличивая риск развития болезней, тогда как в условиях антиоксидантного действия среды генотипы ферментов этой системы могут не проявляться патологическими изменениями фенотипа или даже обладать защитными свойствами в отношении риска развития той или иной патологии. Поэтому исследование компонентов антиоксидантной системы целесообразно в проведении мониторинга природных объектов [3].

В последние десятилетия осуществляется большой объем исследований влияния стрессоров на жизненные функции и выживаемость водных организмов. В качестве биоиндикаторов выбирают наиболее чувствительные к исследуемым факторам биологические системы или организмы.

Одними из перспективных объектов для биологического мониторинга водоемов являются вторично водные моллюски – прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis*) и катушка роговая (*Planorbarius corneus*) с разными переносчиками кислорода (медьсодержащий гемоцианин и железосодержащий гемоглобин) [4].

Цель статьи – провести экологический мониторинг водоемов Витебской области путем оценки показателей эндогенной антиоксидантной системы легочных пресноводных моллюсков двух видов, отличающихся по механизму транспорта кислорода.

Материал и методы

Опыты поставлены на 324 легочных пресноводных моллюсках, разделенных на две группы – 162 особи *Lymnaea stagnalis* (прудовик обыкновенный) и 162 особи *Planorbarius corneus* (роговая катушка). Моллюски собирались весной (апрель–май), летом (июль) и осенью (сентябрь–октябрь) из водоемов шести районов Витебской области (таблица 1). В каждой исследовательской подгруппе содержалось по 9 моллюсков.

Таблица 1. – Места отбора моллюсков

Район сбора моллюсков	Место сбора	Водоем
Витебский р-н	г. Витебск	р. Витьба
Дубровенский р-н	д. Ляды	оз. Вордовье
Бешенковичский р-н	д. Сокорово	оз. Малое
Ушачский р-н	д. Дубровка	оз. Дубровское
Шумилинский р-н	а/г Башни	оз. Будовесь
Сенненский р-н	г. Сенно	оз. Сенненское

Определение мочевой кислоты в гемолимфе проводили стандартными биохимическими реакциями с использованием наборов реагентов НТПК «Анализ Х» [5]. Для количественного установления продуктов перекисного окисления липидов (ТБК-положительных веществ (ТБК-ПВ)) использовали тест с 2-тиобарбитуровой кислотой [6]. Активность каталазы (1.11.1.6) выявляли по реакции с молибдатом аммония [7]. Определение количества восстановленного глутатиона проводили по реакции взаимодействия GSH с ДТНБК (5,5'-дитио-бис-2-нитробензойной кислотой) с образованием окрашенного в желтый цвет аниона 2-нитро-5-тиобензоата [8].

Математическую обработку полученных результатов проводили методами параметрической и непараметрической статистики с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2012, STATISTICA 6.0.

Результаты и их обсуждение

Результаты, представленные в таблицах 2 и 3, показывают, что сезонные изменения условий окружающей среды оказывают влияние на антиоксидантную систему легочных моллюсков, приводят к активации процессов перекисного окисления липидов в весенний и осенний периоды года, что доказывается увеличением содержания ТБК-ПВ во всех экспериментальных группах.

Изменения содержания ТБК-ПВ имеют сезонный характер. Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в весенний период, наименьшие значения – в летний период сбора моллюсков. Полученные изменения в концентрации ТБК-ПВ имеют однотипный характер во всех исследуемых районах сбора моллюсков:

самое высокое значение в весенний период, среднее значение в осенний период, наименьшее значение в летний период (таблица 2).

По сравнению с летним периодом сбора у катушки роговой повышено содержание ТБК-ПВ в весенний период в 1,8 раза в Витебском районе, в 2,3 раза в Дубровенском, Шумилинском и Сенненском районах, в 1,3 раза в Бешенковичском и Ушачском районах.

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышено содержание ТБК-ПВ в осенний период в 1,2 раза в Витебском, Бешенковичском и Ушачском районах, 1,5 раза в Дубровенском, Шумилинском и Сенненском районах.

По сравнению с осенним периодом сбора содержание ТБК-ПВ в гепатопанкреасе катушки роговой в весенний период статистически значимые отличия получены в 1,5 раза в Витебском и Шумилинском районах, в 1,3 раза в Дубровенском и Сенненском районах (таблица 2).

Таблица 2. – Содержание ТБК-ПВ (мкмоль/г) в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	$8,04 \pm 0,55^{1,2}$	$4,36 \pm 0,25$	$5,24 \pm 0,33^1$
Дубровенский р-н	$5,98 \pm 0,36^{1,2}$	$2,67 \pm 0,24$	$4,54 \pm 0,17^1$
Бешенковичский р-н	$5,13 \pm 0,61^1$	$3,68 \pm 0,31$	$4,53 \pm 0,45^1$
Ушачский р-н	$5,77 \pm 0,42^1$	$4,49 \pm 0,29$	$5,58 \pm 0,64^1$
Шумилинский р-н	$7,93 \pm 0,42^{1,2}$	$3,34 \pm 0,30$	$5,08 \pm 0,78^1$
Сенненский р-н	$5,84 \pm 0,34^{1,2}$	$2,78 \pm 0,21$	$4,11 \pm 0,23^1$

Примечание – $^1 p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; $^2 p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Содержание ТБК-ПВ (мкмоль/г) в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* зависит от сезона года (таблица 3).

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышено содержание ТБК-ПВ в весенний период в 2,6 раза в Витебском и Шумилинском районах, 2 раза – в Дубровенском, Ушачском и Сенненском районах, 1,7 раза в Бешенковичском районе.

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышено содержание ТБК-ПВ в осенний период в среднем 1,5 раза во всех исследованных районах.

По сравнению с осенним периодом содержание ТБК-ПВ *Lymnaea stagnalis* в весенний период статистически значимые отличия получены в Витебском районе в 1,8 раза, Шумилинском районе в 1,6 раза, в Ушачском – в 1,4 раза (таблица 3).

Таблица 3. – Содержание ТБК-ПВ (мкмоль/г) в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	$9,32 \pm 0,47^{1,2}$	$3,56 \pm 0,24$	$5,18 \pm 0,26^1$
Дубровенский р-н	$5,34 \pm 0,21^1$	$2,67 \pm 0,18$	$4,22 \pm 0,34^1$
Бешенковичский р-н	$5,77 \pm 0,36^1$	$3,36 \pm 0,45$	$5,74 \pm 0,23^1$
Ушачский р-н	$7,42 \pm 0,35^{1,2}$	$3,83 \pm 0,50$	$5,37 \pm 0,41^1$
Шумилинский р-н	$9,21 \pm 0,55^{1,2}$	$3,42 \pm 0,26$	$5,30 \pm 0,38^1$
Сенненский р-н	$5,86 \pm 0,28^1$	$2,87 \pm 0,27$	$4,32 \pm 0,26^1$

Примечание – $^1 p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; $^2 p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

На активность каталазы в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* влияет сезон года (таблица 4).

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышена активность каталазы в весенний период в 2,5 раза во всех исследуемых районах.

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышена активность каталазы в осенний период в 1,7 раза во всех районах.

По сравнению с осенним периодом активность каталазы катушки роговой в весенний период статистически значимые отличия получены в 1,6 раза в Витебском и Ушачском районах, в 1,3 раза в Дубровенском, Бешенковичском, Шумилинском и Сенненском районах (таблица 4).

Таблица 4. – Активность каталазы (мкмоль/мин/г) в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	$82,4 \pm 1,4^{1,2}$	$31,2 \pm 1,2$	$52,3 \pm 1,3^1$
Дубровенский р-н	$64,5 \pm 2,1^{1,2}$	$27,4 \pm 1,4$	$48,6 \pm 1,7^1$
Бешенковичский р-н	$70,9 \pm 2,3^{1,2}$	$29,5 \pm 1,3$	$57,3 \pm 2,0^1$
Ушачский р-н	$78,7 \pm 7,6^{1,2}$	$29,7 \pm 1,8$	$49,8 \pm 2,4^1$
Шумилинский р-н	$67,4 \pm 2,8^{1,2}$	$26,7 \pm 3,8$	$47,8 \pm 1,7^1$
Сенненский р-н	$69,5 \pm 1,6^{1,2}$	$28,7 \pm 1,2$	$48,8 \pm 1,4^1$

Примечание – $^1 p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; $^2 p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Активность каталазы гепатопанкреаса *Lymnaea stagnalis* также имела сезонный характер изменений (таблица 5).

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышена активность каталазы в весенний период в 2,4 раза во всех исследуемых районах (таблица 5).

По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышена активность каталазы в осенний период в 1,7 раза в районах исследования.

Выявлено: активность каталазы выше весной, что связано с усилением неблагоприятного воздействия факторов внешней среды обитания и возрастанием окислительного стресса. Динамика изменений активности каталазы уменьшается в последовательности весна → осень → лето, что свидетельствует о повышении активности антиоксидантной системы в весеннее время года из-за необходимости в утилизации большего количества перексид водорода, образующегося при активации окислительных процессов.

Таблица 5. – Активность каталазы (мкмоль/мин/г) в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	$88,4 \pm 2,3^{1,2}$	$41,4 \pm 1,3$	$56,6 \pm 2,6^1$
Дубровенский р-н	$70,2 \pm 1,6^{1,2}$	$29,6 \pm 1,7$	$50,6 \pm 2,5^1$
Бешенковичский р-н	$72,5 \pm 3,9^{1,2}$	$30,7 \pm 2,3$	$52,4 \pm 2,4^1$
Ушачский р-н	$80,8 \pm 4,4^{1,2}$	$33,2 \pm 1,8$	$54,6 \pm 2,5^1$
Шумилинский р-н	$74,7 \pm 4,1^{1,2}$	$31,1 \pm 1,5$	$52,5 \pm 3,0^1$
Сенненский р-н	$70,4 \pm 1,8^{1,2}$	$29,4 \pm 1,4$	$50,7 \pm 2,3^1$

Примечание – $^1 p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; $^2 p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Таблица 6. – Содержание восстановленного глутатиона (мкмоль/г) в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	11,43 ± 0,15 ^{1,2}	7,22 ± 0,08	8,94 ± 0,07 ¹
Дубровенский р-н	10,56 ± 0,06 ^{1,2}	7,04 ± 0,04	9,16 ± 0,13 ¹
Бешенковичский р-н	10,18 ± 0,24 ^{1,2}	7,02 ± 0,07	9,56 ± 0,12 ¹
Ушачский р-н	10,61 ± 0,21 ^{1,2}	7,18 ± 0,04	9,01 ± 0,11 ¹
Шумилинский р-н	10,76 ± 0,04 ^{1,2}	7,14 ± 0,06	8,87 ± 0,09 ¹
Сенненский р-н	10,58 ± 0,06 ^{1,2}	6,87 ± 0,03	8,92 ± 0,05 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ² $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

По сравнению с летним периодом сбора в гепатопанкреасе *Planorbarius corneus* повышено содержание восстановленного глутатиона в весенний период в 1,5 раза во всех исследуемых районах. По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках повышено содержание восстановленного глутатиона в осенний период в 1,3 раза во всех исследуемых районах. По сравнению с осенним периодом содержание восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе в весенний период статистически значимые отличия получены в 1,2 раза в Витебском, Дубровенском, Ушачском, Шумилинском и Сенненском районах (таблица 6).

В летний период сбора у моллюсков содержание восстановленного глутатиона в 1,3 раза меньше, чем весной и осенью. Самые большие значения зафиксированы в Ушачском и Бешенковичском районах – в 1,3 раз больше, чем в Шумилинском районе весной (таблица 7). Установлено: содержание восстановленного глутатиона в летнее время имеет самые низкие показатели, т.к. в это время степень неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды минимальна. Показатели в весеннее и осеннее время превышают в 1,5 раза значения в летнее время сбора. Однако весной вследствие низкой температуры и недостатка пищи моллюски испытывают стресс и значение показателей выше, чем в осеннее время сбора (таблица 7).

Таблица 7. – Содержание восстановленного глутатиона (мкмоль/г) в гепатопанкреасе *Lymnaea stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	11,64 ± 0,13 ^{1,2}	8,04 ± 0,05	9,12 ± 0,08 ¹
Дубровенский р-н	10,12 ± 0,16 ^{1,2}	7,56 ± 0,17	9,26 ± 0,06 ¹
Бешенковичский р-н	10,06 ± 0,06 ^{1,2}	7,47 ± 0,19	9,09 ± 0,05 ¹
Ушачский р-н	11,23 ± 0,03 ^{1,2}	8,16 ± 0,23	9,36 ± 0,06 ¹
Шумилинский р-н	10,32 ± 0,23 ^{1,2}	8,34 ± 0,16	9,18 ± 0,05 ¹
Сенненский р-н	10,48 ± 0,08 ^{1,2}	7,32 ± 0,07	8,78 ± 0,13 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ² $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

Известно, что в состав неферментативной антиоксидантной системы входит моче́вая кислота. При исследовании этого показателя в гемолимфе большого прудовика и катушки роговой обнаружено выраженное увеличение концентрации моче́вой кислоты от осеннего периода сбора к весеннему. Увеличение концентрации моче́вой кислоты в гемолимфе может также свидетельствовать об активации процессов катаболизма нук-

леиновых кислот и нуклеотидов, обусловленных воздействием неблагоприятных условий внешней среды в весенний сезон.

Концентрация мочевой кислоты в гемолимфе *Planorbarius corneus* имеет сезонный характер изменений. Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в весенний период, наименьшее значение – в осенний период сбора моллюсков (таблица 8).

Таблица 8. – Содержание мочевой кислоты (мкмоль/л) в гемолимфе *Planorbarius corneus* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n = 9)	Лето (n = 9)	Осень (n = 9)
Витебский р-н	137,99 ± 5,23 ^{1, 2}	119,56 ± 3,45	92,14 ± 2,02 ¹
Дубровенский р-н	149,28 ± 1,68 ^{1, 2}	129,66 ± 4,45	82,46 ± 2,16 ¹
Бешенковичский р-н	159,18 ± 3,17 ^{1, 2}	110,48 ± 4,16	91,52 ± 2,38 ¹
Ушачский р-н	139,66 ± 4,55 ^{1, 2}	127,92 ± 4,07	96,36 ± 2,36 ¹
Шумилинский р-н	157,82 ± 4,52 ^{1, 2}	132,87 ± 4,32	89,06 ± 2,00 ¹
Сенненский р-н	157,31 ± 4,25 ^{1, 2}	126,26 ± 3,18	83,54 ± 2,24 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ² $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков.

По сравнению с осенним периодом содержание мочевой кислоты в гемолимфе катушки роговой в весенний период статистически значимые отличия получены в Витебском и Ушачском районах в 1,5 раза, в Дубровенском и Шумилинском – в 1,8 раза, в Бешенковичском – в 1,7 раза, в Сенненском – в 1,9 раза. При исследовании содержания мочевой кислоты в гемолимфе катушки роговой обнаружено достоверное увеличение уровня мочевой кислоты от осеннего периода сбора к весеннему.

Мочевая кислота является конечным продуктом реакций превращения пуриновых оснований, синтезируемых в основном печенью и выводимых почками. Уровень мочевой кислоты говорит о состоянии здоровья исследуемого организма. Сдвиги содержания данного продукта обмена в крови как в сторону повышения, так и в сторону понижения зависят от двух процессов: образования кислоты в печени и времени ее выведения, – которые могут изменяться вследствие различных неблагоприятных внешних воздействий факторов окружающей среды. Положительное действие гиперурикемии, высокий уровень пуринового продукта обмена в гемолимфе благоприятно влияет на организм и позволяет корректировать некоторые патологические состояния. Содержание мочевой кислоты в гемолимфе *Lymnaea stagnalis* имеет сезонный характер изменений. Установлено, что наибольшее содержание данного показателя фиксируется в весенний период, наименьшее значение – в осенний период сбора моллюсков (таблица 9).

Таблица 9. – Содержание мочевой кислоты (мкмоль/л) в гемолимфе *Lymnaea stagnalis* ($M \pm m$)

Район сбора моллюсков	Сезон года		
	Весна (n=9)	Лето (n=9)	Осень (n=9)
Витебский р-н	74,47±1,48 ^{1,2}	45,56±2,33	25,46±0,64 ¹
Дубровенский р-н	77,61±1,02 ^{1,2}	54,58±1,74	35,31±0,49 ¹
Бешенковичский р-н	69,60±1,37 ^{1,2}	45,26±0,57	26,23±0,78 ¹
Ушачский р-н	72,58±1,30 ^{1,2}	48,04±2,02	28,75±0,57 ¹
Шумилинский р-н	74,82±1,34 ^{1,2}	50,12±1,60	30,36±0,76 ¹
Сенненский р-н	77,85±1,16 ^{1,2}	55,38±1,46	36,25±0,38 ¹

Примечание – ¹ $p < 0,05$ по сравнению с летним периодом сбора моллюсков; ² $p < 0,05$ по сравнению с осенним периодом сбора моллюсков

По сравнению с летним периодом сбора у прудовика обыкновенного повышено содержание мочевой кислоты в весенний период в 1,5 раза у особей из всех исследуемых районов. По сравнению с летним периодом сбора в моллюсках понижено содержание мочевой кислоты в осенний период в 1,8 раза в Витебском районе, в 1,6 раза в Дубровенском и Сененском районах, в 1,7 раза в Бешенковичском, Ушачском, Шумилинском районах.

При сравнении с осенним периодом содержание мочевой кислоты в гемолимфе прудовика обыкновенного в весенний период статистически значимые отличия получены в Витебском и Бешенковичском районах в 2,8 раза, в Дубровенском и Сененском районах в 2,2 раза, в Ушачском и Шумилинском – в 2,5 раза. Обнаружено выраженное увеличение концентрации мочевой кислоты в гемолимфе по сравнению с осенним периодом сбора к весеннему. Положительное действие гиперурикемии, высокий уровень пуринового продукта обмена в крови благоприятно влияет на организм.

Заклучение

Установлено, что уровни ТБК-ПВ в гепатопанкреасе моллюсков изменяются однотипно во всех исследуемых водоемах: самые низкие значения летом, весенние значения превышают летний уровень примерно в 2 раза, а осенние – в среднем в 1,5 раза. Содержание ТБК-ПВ оказалось более высоким в проточных водоемах. Достоверных различий в сезонной динамике ТБК-ПВ у обоих видов моллюсков не выявлено.

При исследовании активности каталазы в гепатопанкреасе моллюсков выявлена аналогичная сезонная динамика: весной активность фермента превышает летний уровень в среднем в 2,5 раза, а осенью – в 1,8 раза. В водоемах Ушачского и Бешенковичского районов выявлен наибольший весенний подъем активности каталазы в гепатопанкреасе катушек.

Содержание восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе моллюсков изменялось аналогично, но с меньшими различиями в сезонной динамике: весной уровень показателя превышал летний уровень в среднем в 1,5 раза, а осенью – в 1,3 раза. В водоемах Ушачского и Бешенковичского районов также выявлено наиболее высокое содержание восстановленного глутатиона весной.

Сезонная динамика мочевой кислоты в гемолимфе отличается от сезонной динамики ТБК-ПВ, каталазы и восстановленного глутатиона в гепатопанкреасе моллюсков: наряду с весенним подъемом уровня показателя в 1,2–1,5 раза у моллюсков разных водоемов выявлено снижение количества мочевой кислоты осенью по сравнению с летним периодом в 1,2–1,6 раза. Уровень мочевой кислоты выше в гемолимфе катушек, но выявленная сезонная динамика показателя сохраняется.

Таким образом, определенные сезонные изменения в динамике показателей, связанных со свободно-радикальным окислением, могут служить мониторинговыми параметрами экологического благополучия водных сред обитания легочных пресноводных моллюсков, поскольку они в итоге коррелируют с фундаментальными показателями клеточного состава тканей гидробионтов – содержанием нуклеиновых кислот [9].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахматова, О. А. Использование показателей антиоксидантной системы гидробионтов в экологическом мониторинге (аналитический обзор) / О. А. Шахматова // Рибогосподарська наука України. – 2009. – № 1. – С. 6–11.
2. Гостюхина, О. Л. Активность ферментов пероксидного комплекса тканей мидии в норме и условиях естественного окислительного стресса / О. Л. Гостюхина, А. А. Солдатова // Мор. экол. журн. – 2005. – Спец. вып. 1. – С. 23–31.

3. Арутюнян, А. В. Методы оценки свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы организма : метод. рекомендации / А. В. Арутюнян, Е. Е. Дубинина, Н. Н. Зыбина. – СПб. : Фолиант, 2000. – 104 с.
4. Дромашко, С. Е. Биотестирование – составной элемент оценки состояния окружающей среды : учеб.-метод. пособие / С. Е. Дромашко, С. Н. Шевцова. – Минск : ИПНК, 2012. – 82 с.
5. Чиркин, А. А. Липидный обмен / А. А. Чиркин, Э. А. Доценко, Г. И. Юпатов. – М. : Мед. лит., 2003. – 122 с.
6. Uchiyama, M. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test / M. Uchiyama, M. Mihara // *Analit. Biochem.* – 1987. – Vol. 86. – P. 271–278.
7. Королюк, М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк // *Лаб. дело.* – 1988. – № 1. – С. 16–19.
8. Beutler, E. Red cell metabolism a manual of biochemical methods / E. Beutler. – Orlando : Grune & Stratton, 1990. – P. 131–134.
9. Balaeva-Tikhomirova, O. M. Nitrogen-containing compounds of hepatopancreas of pulmonary molluscs dwelling in natural water / O. M. Balaeva-Tikhomirova, E. I. Katsnelson, V. V. Dolmatova // *Znanstvena misel journal.* – 2017. – № 10. – P. 17–23.

Рукописі надійшли у редакцію 02.11.2018

Balaeva-Tikhomirova O.M., Katsnelson E.I., Polozova N.Yu. Laboratory Evaluation of the Indicators of the Endogenous Antioxidant System of the Pulmonary Freshwater Molluscs for Monitoring Natural Waters

*Pulmonary freshwater mollusks are bioindicators for assessing the degree of pollution of the aquatic ecosystem. The main characteristics of these test objects widely used in biomonitoring and bioindication are high sensitivity to polluting agents and xenobiotics, wide distribution, ease of collection and identification, short life cycle. The article discusses a method for assessing the ecological state of natural water bodies in terms of the endogenous antioxidant system of pulmonary molluscs. On the basis of the obtained, an algorithm can be created for determining the ecological status of natural water bodies, by assessing the activity of key indicators of the antioxidant system by three parameters - the season of the year, habitat and type of oxygen transport using widely used types of pulmonary freshwater mollusks – and *Planorbis corneus* of environmental pollution. The main characteristics of these test objects used in monitoring are high sensitivity to polluting agents, wide distribution, ease of collection and identification, short life cycle. According to the indicators of the endogenous antioxidant system of pulmonary mollusks, the ecological status of natural water bodies is established.*

УДК 591.553 (476.7)

Е.С. Блоцкая¹, В.Е. Гайдук²¹канд. биол. наук, доц., доц. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина²д-р биол. наук, проф. каф. зоологии и генетики
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
[e-mail: medicine@brsu.brest.by](mailto:medicine@brsu.brest.by); zoology@brsu.brest.by**ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ
В ХОДЕ ВТОРИЧНОЙ СУКЦЕССИИ БЕРЕЗОВЫХ ЛЕСОВ
В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ**

*На основе многолетних исследований изучена сукцессия мелких млекопитающих на месте вырубленного березового леса юго-западной Беларуси (от вырубки до формирования спелого древостоя). Выделено 6 стадий сукцессий. Смена доминирующих видов мелких млекопитающих (*Microtus arvalis*, *Sorex araneus*, *Clethrionomys glareolus*, *Apodemus flavicollis* и др.) протекает параллельно с закономерной сменой доминирующих видов растений.*

Введение

Сукцессии животных в лесных экосистемах обусловлены в основном последовательной сменой растительных сообществ. Ведущую роль в сукцессионных изменениях экосистем играют растения, птицы, млекопитающие, а другие животные – второстепенную. Основной причиной смены лесных растительных сообществ в настоящее время является антропогенный фактор – лесохозяйственная и рекреационная деятельность, мелиорация прилегающих к лесам сельхозугодий и др.

Общие закономерности смен сукцессий в большей мере изучены на примере сукцессий растений, птиц и млекопитающих, по которым имеются работы, обобщенные в монографиях [1; 2]. В последние десятилетия был опубликован ряд специальных работ, посвященных сукцессиям млекопитающих [3; 4].

Нами [5–7] была изучена динамика населения мелких млекопитающих в ходе вторичной сукцессии широколиственно-соснового, елового и черноольховых лесов в юго-западной Беларуси. Было выделено 6 стадий сукцессий.

Материалы и методы исследования

Основной материал для данной работы был собран авторами в июне–августе 2000–2018 гг. в экосистемах, находящихся на различных стадиях сукцессий, в Брестском (Томашовское, Домачевское и Меднянское лесничества) и в Ивацевичском (Ивацевичское и Бронногорское лесничества) лесхозах.

В каждой серии сукцессионного ряда исследования проводились не менее трех раз. Животных отлавливали методом ловушко-линий. Относительное обилие зверьков оценивали по числу попаданий на 100 ловушко-суток (лс) за первые пять суток отловов. Каждая ловушка имела порядковый номер, что позволяло картировать места отловов особей разных видов. Всего отработано 15 тыс. ловушко-суток, общее количество добытых мелких млекопитающих при помощи ловушек Геро превышает 1 210 особей. Определение типов леса производилось по геоботанической классификации [8]. В статье использованы некоторые сведения из монографии [9].

Сходство видового состава сообществ оценивали с помощью коэффициента Жаккара: $K = C : (a + b - c) \times 100$, где a и b количество видов, обнаруженных в каждом из сравниваемой экосистем, c – количество общих для них видов.

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с геоботаническим районированием территория юго-западной Беларуси относится к подзонам грабово-дубово-темнохвойных лесов (Неманско-Предполесский округ) и широколиственно-сосновых лесов (Бугско-Полесский и Полесско-Приднепровский округа). Исследования проводились в Брестском и Ивацевичском лесхозах в формациях бородавчатоберезовых лесов, которые образуются в результате антропогенного воздействия и являются производными от сосновых и дубовых лесов. Этот тип березняков занимает 12,0 % общей лесопокрытой территории Беларуси [8].

В формации бородавчатоберезовых лесов выделено 8 типов леса, наиболее распространенными из которых являются березняк мшистый (13,2 %), орляковый (7,3 %), черничный (16,6 %) и кисличный (4,6 %). Другие типы березняков (лишайниковый, вересковый и др.) встречаются значительно реже (не более 4 %). В древостое кроме березы обычно сосна и осина с примесью дуба и граба. Эти типы березняков не образуют больших массивов и на маршрутах исследования плавно переходят друг в друга.

Так как березняки окружены сосновыми, смешанными и широколиственно-сосновыми лесами, это влияет на видовой состав, численность и плотность населения млекопитающих. Эти параметры находятся в прямой зависимости от состава древостоя, возраста и ярусности. Например, состав древостоя в березняке черничном 6-10Б(б) до 4 СЕДОсГ, в березняке мшистом – 8-10 Б(б) до 4СОсЕ, в березняке орляковом – 8-10Б(б) до 2СДЕОсГ.

Подлесочный ярус в бородавчатоберезовых лесах состоит из крушины, черемухи, лещины, малины, ежевики и др. Кустарничково-травяной покров этой категории березняков идентичен таковому в коренных типах леса, в живом напочвенном покрове часто встречаются злаки. Фон напочвенного покрова образуют орляк обыкновенный, черника, кислица, копытень европейский и др. В моховом покрове господствуют зеленые мхи.

Почвы в березняках дерново-подзолистые оглеенные песчаные, супесчаные влажные. Увлажнение почв в основном грунтовое в сочетании с атмосферным. Грунтовые воды в меженный период в среднем на глубине 90–110 см [8].

Сукцессия населения мелких млекопитающих протекает параллельно с закономерной сменой доминирующих видов растений. На месте спелого леса с его сложной многоярусной структурой после рубки возникают открытые территории, непригодные для жизни некоторых млекопитающих.

Всего на разных стадиях сукцессии березняков нами было зарегистрировано 14 видов мелких млекопитающих, относящихся к двум отрядам, в том числе 4 вида отряда Насекомоядные и 10 видов отряда Грызуны (таблица 1).

Первые 1–3 года на месте сведенного леса развивается травянистая растительность лугового типа. Одновременно с этим формируется сообщество животных, включающее различных насекомых с высокой численностью, которые являются кормом для микромаммал и других видов животных. Свежую вырубку в первые три года заселяют виды, характерные для открытых территорий. В состав зооценоза входит 9 видов мелких млекопитающих: два вида из отряда Насекомоядные (семейство Землеройковые) и семь видов из отряда Грызуны, относящиеся к двум семействам – Мышиные и Хомяковые. На этой стадии сукцессии доминируют: обыкновенная бурозубка (15,5 %), рыжая полевка (23,8 %) и обыкновенная полевка (18,1 %) (таблица 1). Средняя численность других видов мелких млекопитающих (европейская мышь, полевая мышь и др.) не превышала 1 ос./100 лс (таблица 1).

Постепенно в течение 4–9 лет травянистая растительность сменяется зарослями кустарников и подростом светолюбивых пород деревьев (осина, береза бородавчатая и др.). Видовое разнообразие сообщества микромаммал в этот период возрастает, в уловы

попадали представители 10 видов мелких млекопитающих, относящихся к двум отрядам. Группа доминирующих видов не изменилась по сравнению с первой стадией (таблица 1). Появляется новый вид – полевка-экономка.

Таблица 1. – Динамика численности (ос./100 лс, в числителе) и участие (% от суммарной численности, в знаменателе) мелких млекопитающих в ходе вторичной сукцессии березняков в летний период

Вид	Доминирующая растительность					
	Разно- травье	Молодые культуры	Молодые культуры	Молодой лес	Приспе- вающий березняк	Спелый лес
	Возраст сукцессии, лет					
	1–3	4–9	10–20	30–40	50–60	70–80
Обыкновенная бурозубка <i>Sorex araneus</i>	1,9/15,5	2,8/17,5	2,2/18,3	3,4/27,7	4,3/24,3	4,8/24,5
Средняя бурозубка <i>Sorex caecutiens</i>	–	–	–	–	0,2/1,1	0,4/2,0
Малая бурозубка <i>Sorex minutus</i>	1,2/10,0	2,1/13,1	1,7/14,2	2,1/17,1	2,8/16,0	3,0/15,3
Полевая мышь <i>Apodemus agrarius</i>	0,4/3,3	0,4/2,5	–	–	0,2/1,1	0,3/1,5
Домовая мышь <i>Mus musculus</i>	0,4/3,3	0,2/1,3	–	–	0,2/1,1	0,3/1,5
Лесная мышовка <i>Sicista betulina</i>	–	–	0,1/0,8	0,2/1,6	0,1/0,6	0,2/1,0
Мышь-малютка <i>Micromys minutus</i>	1,5/12,5	1,3/8,1	0,8/6,7	–	–	0,4/2,0
Европейская мышь <i>Apodemus silvaticus</i>	0,6/5,0	0,5/3,1	0,4/3,3	0,3/2,4	0,8/4,5	0,4/2,0
Желтогорлая мышь <i>Apodemus flavicollis</i>	1,1/8,3	2,0/12,5	1,5/12,5	1,4/11,4	3,5/19,8	3,6/18,5
Рыжая полевка <i>Clethrionomys glareolus</i>	2,8/23,8	3,5/21,9	3,6/30,0	3,8/30,9	4,4/24,8	4,5/23,0
Обыкновенная полевка <i>Microtus arvalis</i>	2,2/18,3	2,9/18,1	0,5/4,2	–	–	–
Полевка-экономка <i>Microtus oeconomus</i>	–	0,3/1,9	0,9/7,5	0,8/6,5	1,0/5,6	1,4/7,2
Темная полевка <i>Microtus agrestis</i>	–	–	0,3/2,5	0,3/2,4	0,2/1,1	0,3/1,5
Количество видов	9	10	10	9	11	12
Суммарная численность	12,1 ± 0,4	16,0 ± 0,3	12,0 ± 0,5	12,3 ± 0,4	17,7 ± 0,3	19,6 ± 0,2

В молодых посадках (10–20 лет) видовое разнообразие зооценоза поддерживается на высоком уровне (10 видов, относящихся к четырем семействам двух отрядов), териокомплекс обогащается новыми видами – средняя бурозубка и лесная мышовка. Обыкновенная полевка, жизнедеятельность которой связана с открытыми территориями, кустарниками и богатым лесным разнотравьем, выпадает из зооценоза. Наиболее высокая численность характерна для обыкновенной бурозубки (2,2 ос./100 лс) и рыжей

полевки (3,6 ос./100 лс), доленое участие которых в сообществе мелких млекопитающих составляет соответственно 18,3 и 30,0 %.

К 30–40 годам на месте вырубki развивается березовый лес, в котором доминируют береза с примесью сосны, дуба и других пород. Формируется молодой лес. На этой стадии сукцессии видовое разнообразие сообщества мелких млекопитающих сокращается на один вид (обыкновенная полевка). Доминируют по-прежнему обыкновенная бурозубка (27,7 %) и рыжая полевка (30,9 %).

Численность лесной мышовки, полевки-экономки, европейской мыши и темной полевки находится примерно на том же уровне, как и в предыдущих стадиях сукцессии, и не превышает 1,0 ос./100 лс.

Через 50–60 лет после рубок береза входит в первый ярус, дорастая по высоте до ольхи и осины, лес становится смешанным. Видовое разнообразие сообщества мелких млекопитающих слабо изменяется. К числу доминирующих видов относятся обыкновенная (24,3 %) и малая бурозубка (16,0 %) среди отряда насекомоядных и желтогорлая мышь (19,8 %) с рыжей полевкой (24,8 %) из отряда грызуны.

В спелом лесу из березы видовое разнообразие поддерживается примерно на уровне предыдущей стадии, суммарная численность микромаммалий достигает максимальных значений (таблица 1). В группу доминирующих видов входят те же виды, что и на предыдущей стадии. Редки в уловах средняя бурозубка, темная полевка и европейская мышь и др., участие которых в суммарном обилии варьирует от 1,5 до 2,0 %.

Таблица 2. – Сходство видового разнообразия отдельных стадий вторичной сукцессии березового леса по коэффициенту Жакара (K_j)

Возраст сукцессии	1–3	4–9	10–20	30–40	50–60	70–80
1–3		90,0	72,7	38,5	53,3	50,0
4–9			66,6	46,1	61,6	57,1
10–20				72,7	69,2	57,1
30–40					66,6	69,2
50–60						91,7

Оценка сходства видового состава сообществ микромаммалий на разных стадиях вторичной сукцессии показала наличие существенных отличий между ними (таблица 2). Наибольшие отличия наблюдаются между сообществом, формирующимся на первой стадии сукцессии, и сообществами с доминированием древесной растительности (начиная с возраста 30–40 лет) – сходство не превышает 38,5–53,3 %.

Высокий уровень сходства (91,7 %) характерен для двух последних стадий, а также для пары «1–3 года» и «4–9 лет».

Заклучение

1. В процессе вторичной сукцессии на месте вырубленного березового леса происходит смена одного временного сообщества животных другим в результате вселения новых видов, вытесняющих или ограничивающих численность других видов, пока не сложится относительно устойчивое их сообщество.

2. Видовое разнообразие населения мелких млекопитающих по мере развития сукцессии в березовых лесах на протяжении первых трех стадий возрастает. Для последних двух стадий характерно высокое видовое разнообразие (11–12 видов) и наиболее высокая суммарная численность (17,7–19,6 ос./100 лс). В процессе сукцессии этой экосистемы от стадии свежей вырубki до спелого леса возраста 70–80 лет происходит увеличение количества видов и суммарной численности сообщества микромаммалий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков, Г. А. Экология зверей и птиц лесостепных дубрав / Г. А. Новиков. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1959. – 350 с.
2. Бигон, М. Экология. Особи, популяції і сообщества : в 2 т. : пер. с англ. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М. : Мир, 1989. – Т. 2. – 477 с.
3. Керзина, М. Н. Влияние вырубок и гарей на формирование лесной фауны / М. Н. Керзина // Роль животных в жизни леса. – М., 1956. – С. 217–304.
4. Ельшин, С. В. Сукцессии лесных млекопитающих на вырубках южной тайги / С. В. Ельшин, А. Б. Каратаев // V съезд ВТО. – 1990. – Т. 2. – С. 275–276.
5. Блоцкая, Е. С. Динамика населения мелких млекопитающих в ходе вторичной сукцессии широколиственно-соснового леса в юго-западной Беларуси / Е. С. Блоцкая, И. В. Абрамова // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2016. – № 1. – С. 19–24.
6. Блоцкая, Е. С. Динамика населения мелких млекопитающих в ходе вторичной сукцессии елового леса в юго-западной Беларуси / Е. С. Блоцкая, И. В. Абрамова // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2017. – № 2. – С. 18–24.
7. Блоцкая, Е. С. Динамика населения мелких млекопитающих в ходе вторичной сукцессии черноольховых лесов в юго-западной Беларуси / Е. С. Блоцкая, И. В. Абрамова // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац VIII Міжнар. навук. канф. «Прыроднае асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання», Брэст, 12–14 верас. 2018 г. / Палескі аграр.-экал. ін-т НАН Беларусі ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст, 2018. – Вып. 11. – С. 190–192.
8. Юркевич, И. Д. Растительность Белоруссии и ее картографирование, охрана и использование / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, В. С. Адериho. – Минск : Наука и техника, 1979. – 248 с.
9. Блоцкая, Е. С. Популяционная экология мелких млекопитающих юго-западной и центральной Беларуси / Е. С. Блоцкая, В. Е. Гайдук. – Брест : Изд-во БрГУ, 2004. – 187 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.12.2018

Blockaja E.S., Gajduk V.E. Population Dynamics of Small Mammals' Communities in the Secondary Succession of Birch Wood Forests in the South-West of Belarus

*During many years the authors studied the process of succession of small mammals' communities (rodents and insectivores) after forest felling in the south-west of Belarus (from the time of felling alder forests to the stage of formation of mature forests). 6 succession stages are revealed. Changing the population of small mammal: *Microtus arvalis*, *Sorex araneus*, *Clethrionomys glareolus*, *Apodemus flavicollis* etc. takes place in parallel with the natural change of the dominant species of plants.*

УДК 598.279:591.1/[574.24+911.6]

В.Т. Демянчик

канд. биол. наук, доц., зам. директора по научной работе
Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси
e-mail: koktebel.by@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЯ В ПИТАНИИ ФИЛИНА *BUBO BUBO* В ЮЖНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

В 1984–2017 гг. изучалось питание филина *Bubo bubo* на стабильных участках в поймах и долинах рек Щара, Ясельда, Мухавец, Припять в южной части Беларуси. Идентифицировано 5,1 тыс. экземпляров жертв. После крупномасштабной мелиорации наблюдалось гнездование филина на новых территориях. За 30-летний период наблюдалось снижение относительного веса потребляемых млекопитающих с 53 до 27 %. Роль птиц соответственно возросла с 47 до 72 %. В 1990-е гг. в питании стали регистрироваться врановые птицы *Corvidae*, которые к 2017 г. оставили 35 % от веса всех жертв. Появились новые виды из семейств поганок *Podiceps*, аистовых *Ciconiidae*, дятловых *Picidae*, утиных *Anatidae*, врановых *Corvidae*. Стабильной по весу в течении 30 лет остается группа из трех фоновых видов уток: кряква *Anas platyrhynchos*, чирок-трескунок *Anas querquedula*, чирок-свистунок *Anas crecca* (6 % весовых спектров филина). Несколько возросла весовая доля серой куропатки *Perdix perdix*. На более эргономичными видами жертв признаны чирок-трескунок *A. querquedula* и серая куропатка *P. perdix*. Существенно снизилось разнообразие и встречаемость пастушковых *Rallidae*, водяной полевки *Arvicola amphibius*, ондатры *Ondatra zibethicus*. В питании не выявлены 11 многочисленных видов птиц и млекопитающих, обитающих на участках этого хищника (потенциальных жертв филина).

Введение

Филин – крупнейший представитель Совообразных *Strigiformes* и ночных хищных птиц в мировой фауне. В южной части Беларуси (Брестская и Гомельская область) сосредоточено около 80 % гнездовых территорий этого охраняемого вида птиц [1]. Для выявления изменений в популяционной структуре филина необходимы количественные данные не только по численности, но и его кормовой экологии.

Цель статьи – анализ результатов мониторинга кормового спектра филина в южной части Беларуси в 1984–2017 гг.

Материал и методы исследования

Сборы кормовых остатков филина (погадок, поедей) проведены на стабильных участках: постоянных гнездовых территориях и на многодневных присадах одиночных особей вне сезонов гнездования в пойменно-долинные ландшафты рек Щара, Ясельда, Мухавец, Припять. В 1984–2017 гг. здесь идентифицировано 5,1 тыс. экземпляров жертв. Более подробно анализируется питание гнездящихся пар в центральной части Полесья на стационарах Семигостичи и Стахово (Лунинецкий, Житковичский, Столинский р-ны). Сборы на стационаре Семигостичи отражают питание гнездящихся пар в естественных немелиорированных условиях поймы Припяти. На Стаховском стационаре анализируется питание гнездящихся пар в агромелиорированной пойме и террасы р. Припять.

Результаты и их обсуждение

Филин в условиях южной части Беларуси до недавнего времени стабильно гнездился по окраинам заливных, сырых или болотных лесов на границе с открытыми биотопами (лугами, редколесьями, крупными прогалинами, вырубками). Гнезда практически всегда на расстоянии до 0,1 км от гнезда размещались на побережьях рек, озер (включая пойменные пересыхающие), крупных каналов.

В связи с устройством обширной сети каналов лесной и сельскохозяйственной мелиорации, а также водохозяйственных объектов 1960–1970-х гг. топография гнездовых территорий стала более дисперсной. В результате филин появился в лесоболотных или лесных массивах, где в предшествующие десятилетия не гнезвился, в 1970-е гг. – в Беловежской пуще [2], в 1980–1990-е гг. – в Ружанской пуще (по нашим данным). По мере расширения гидрографической сети за счет существенного увеличения протяженности и площадей каналов, прудов, водохранилищ, затопленных торфоразработок филин на гнездовании или стабильном обитании одиночных особей появился и в ряде других местностей, включая окраины крупнейших городов региона (Брест).

Наиболее крупные массивы, где с 1970-х гг. филин по-прежнему отсутствует в Брестской области, – обширные суходольные леса Барановичской и Малоритской равнин.

В течение этого времени обнаружились изменения и в экологии питания филина. В экологическом отношении по типу питания филин в южной части Беларуси, как и в других частях гнездового ареала, является ночным пернатым хищником с наиболее широким кормовым спектром [3; 4]. В его корме регулярно встречаются представители пяти таксономических классов животных от крупных жуков *Coleoptera*, sp. до молодых особей лисы *Vulpes vulpes* (таблица 1). Среди жертв филина в 1980-е гг. по количеству и весу доминировали млекопитающие (83 и 53 % соответственно) (таблица 1).

В 1990-е гг. по весу жертв практически на всех гнездовых территориях в питании филина стали доминировать птицы. В 2017 г. птицы по количеству и весу жертв составили 14 и 72 % соответственно. Это происходило за счет активного потребления филином в естественных и агромелиоративных ландшафтах водно-болотных птиц (уток, пастушковых, куликов) (таблица 2). В зоне искусственных водоемов рыбхоза «Селец» Березовского района филин активно добывал даже поганок *Podiceps*, sp. трех видов (n = 8, 1994 г.). Поганки в качестве кормов для филина в Беларуси ранее не были известны. Единственным экземпляром поганка малая *Tachybaptus ruficollis* была представлена и в обширном сборе жертв филина в Германии (n = 2 490) и в других странах (n = 1500) [4]. Данная особенность объясняется одной из наиболее многочисленных полукOLONиальных группировок поганок в южной части Беларуси на водоемах «Сельца». Прямая связь стабильных гнездовых территорий филина и скоплений водно-болотных птиц прослеживалась повсеместно до 2010 г.

В дальнейшем обозначилось появление филина в стабильных участках возле скоплений «суходольных» синантропных врановых птиц, прежде всего грача *Corvus frugilegus*. Врановые в региональном питании филина стали появляться только в начале 1990-х гг., а к 2017 г. в питании отдельных пар достигли 35 % от веса всех жертв (таблица 2), что особенно заметно в агромелиорированных ландшафтах (Стахово; 2017, таблицы 2, 3). Различия в составе видов и групп кормов обоих стационаров центральной части Полесья отражают и общерегиональные изменения питания филина в многолетнем и ландшафтном сопоставлении.

Как показано в таблице 3, самый широкий пробел в современном спектре питания среднеприпятской группировки филина касается пастушкообразных и ржанкообразных птиц. Этих птиц почти не было в питании филина в 2017 г. Хотя в 2004–2010 гг. на стационаре Стахово пастушковые и кулики в питании филина даже превосходили аналогичный показатель стационара Семигостичи.

Резко (в три раза) увеличился пресс хищничества филина не только в центральной Полесье, но и в других местностях южной части Беларуси на другие виды сов, канюков, осоеда, луней (таблицы 2, 3).

Таблица 1. – Распределение по таксономическим классам кормовых объектов в спектре питания филина *Vibrio bubo* в южной части Беларуси в 1984–2017 гг.

№ п/п	Классы жертв	Пойма и долина Припяти					
		Поймы и долины Щары, Припяти (1984–1988 гг.)			Семигостицы (1992–1993 гг.)		
		n	% n	$\Sigma m_i(r)$	% $m_i(r)$	n	% n
1	Млекопитающие	2130	82,75	121266	52,64	371	58,56
2	Птицы	394	15,3	108929	47,28	174	37,63
3	Земноводные и пресмыкающиеся	7	0,27	124	0,05	14	3,03
4	Насекомые	43	1,67	25,45	0,01	4	0,87
5	Всего	2574		230340		463	
						130163,8	
						1450	
						137171,7	

Таблица 2. – Распределение по таксономическим семействам и родам фоновых групп кормов в спектре питания филина *Vibrio bubo* в южной части Беларуси в 1984–2017 гг.

№ п/п	Группы жертв	Пойма и долины Щары, Припяти (1984–1988 гг.)					
		Поймы и долины Щары, Припяти (1984–1988 гг.)			Семигостицы (1992–1993 гг.)		
		n	% n	$\Sigma m_i(r)$	% $m_i(r)$	n	% n
1	Утки	54	2,65	25750	11,16	121	26,14
2	Пастушковые	127	4,58	17900	7,74	25	5,41
3	Кулики	40	1,49	7609	3,42	9	1,96
4	Совы	28	1,08	7840	3,4	2	0,43
5	Хищные птицы	19	0,7	8722	3,76	2	0,43
6	Врановые	0	0	0	0	3	0,65
7	Куриные	28	1,08	10520	4,55	3	0,65
8	Полевки	1977	76,77	64879	17,6	182	39,32
9	Ондатра <i>Ondatra zibethicus</i>	3	0,11	3000	1,3	36	7,78
10	Мыши <i>Arodemus</i>	33	1,27	511	0,21	31	6,7
11	Домовая мышь, крысы	8	0,3	390	0,16	0	0
12	Прочие группы	257	9,97	83219	46,7	49	10,53
	Всего	2574		230340		463	
						2260,8	
						1,739	
						128	
						8,81	
						7939	
						15210,7	
						137171,7	

Обычной добычей филина становятся и дятлы (таблица 3). В питании филина стали встречаться и сравнительно крупные птицы, сопоставимые или даже превосходящие по весу самого хищника: большая выпь *Botaurus stellaris*, серая цапля *Ardea cinerea* (таблица 3), большой баклан *Phalacrocorax carbo*.

Не изменилась удельная доля в питании филина индикаторной группы корма – кряквы и двух видов чирков. За всю практику исследований в регионе свыше 80 гнездящихся пар (гнездовых случаев) филина, хотя бы один из этих трех видов уток отмечался в питании совы. В настоящее время относительный вес кряквы и чирков в добыче филина составляет 6 % (таблица 3). В 1980-е гг. этот показатель также составлял 6 % [3]. Однако весовая доля чирка-трескунка *Anas querquedula* снизилась в питании гнездящихся пар филина за последние 30 лет с 5,3 [3] до 0,4 % (таблица 3). Максимально высокое значение весовой доли чирка-трескунка (11 %) в питании филина отмечалось на гнездовых участках в естественной пойме Припяти в 1990-е гг., где этот вид уток был вторым по значимости после кряквы (таблица 3).

Таблица 3. – Спектр питания филина *Bubo Bubo* в пойменно-террасной полосе р. Припять на стационарах Семигостичи (март–август 1992 и 1993 гг.) и Стахово (март–август 2017 г.)

№ п/п	Виды жертв	стационар Семигостичи		стационар Стахово	
		% n	% m _i (r)	% n	% m _i (r)
1	<i>Talpa europaea</i>			0,07	0,051
2	<i>Erinaceus concolor</i>			0,41	3,499
3	<i>Sorex araneus</i>	0,65	0,017	0,07	0,005
4	<i>Sorex minutus</i>	0,22	0,003		
5	<i>Neomis fodiens</i>	1,94	0,104		
6	<i>Rattus norvegicus</i>			3,52	5,577
7	<i>Rattus rattus</i>			0,07	0,106
8	<i>Micromys minutus</i>	0,22	0,027	0,69	0,036
9	<i>Mus musculus</i>			0,83	0,105
10	<i>Apodemus agrarius</i>	6,7	0,401	11,17	2,126
11	<i>Apodemus sylvaticus</i>	6,26	0,014	2,14	0,407
12	<i>Apodemus flavicollis</i>	0,22	0,015	3,03	0,642
13	<i>Microtus arvalis</i>	19,22	1,231	53,24	10,13
14	<i>Microtus oeconomus</i>	8,86	1,102	0,28	0,102
15	<i>Microtus agrestis</i>			0,62	0,197
16	<i>Microtus subterraneus</i>			0,76	0,12
17	<i>Arvicola amphibius</i>	4,54	2,581	0,14	0,233
18	<i>Myodes glareolus</i>	1,51	0,429	1,72	0,328
19	<i>Ondatra zibethicus</i>	7,78	27,657	0,07	0,729
20	<i>Sicista betulina</i>			0,07	0,011
21	<i>Muscardinus avellanarius</i>			0,07	0,018
22	<i>Mustela erminea</i>	0,22	0,215	0,07	0,204
23	<i>Mustela nivalis</i>	0,22	0,046	0,14	0,087
24	<i>Lepus europaeus</i>			0,21	2,187
25	<i>Vulpes vulpes</i>			0,28	0,379
26	<i>Podiceps cristatus</i>	0,22	0,691		
27	<i>Ardea cinerea</i>			0,14	2,187
28	<i>Botaurus stellaris</i>			0,07	0,656
29	<i>Anas platyrhynchos</i>	8,64	24,584	0,76	6,415
30	<i>Anas querquedula</i>	9,5	11,493	0,14	0,496
31	<i>Anas strepera</i>	0,43	1,383	0,07	0,656
32	<i>Anas clypeata</i>	1,51	3,28		
33	<i>Anas crecca</i>	1,3	1,383		

Продолжение таблицы 3

34	<i>Anas acuta</i>			0,28	2,624
35	<i>Anatidae, sp</i>	4,32	7,683	0,07	0,365
36	<i>Aythya ferina</i>	0,22	0,615		
37	<i>Bucephala clangula</i>	0,22	0,553		
38	<i>Buteo buteo</i>			0,28	2,333
39	<i>Pernis apivorus</i>			0,62	5,315
40	<i>Circus aeruginosus</i>			0,07	0,299
41	<i>Accipiter gentilis</i>	0,43	1,537	0,07	0,729
42	<i>Perdix perdix</i>	0,65	0,876	1,45	5,818
43	<i>Tetrao tetrix</i>			0,07	0,729
44	<i>Scolopax rusticola</i>			0,07	0,204
45	<i>Crex crex</i>	0,22	0,115	0,28	0,437
46	<i>Rallus aquaticus</i>	0,65	0,346		
47	<i>Porzana porzana</i>	0,22	0,069		
48	<i>Gallinula chloropus</i>	1,73	1,659		
49	<i>Fulica atra</i>	2,59	6,914		
50	<i>Larus ridibundus</i>	0,22	0,238		
51	<i>Chlidonias leucopterus</i>	0,43	0,092		
52	<i>Vanellus vanellus</i>	0,22	0,161		
53	<i>Gallinago gallinago</i>	0,43	0,169		
54	<i>Gallinago media</i>	0,22	0,088		
55	<i>Limosa limosa</i>	0,22	0,23		
56	<i>Tringa totanus</i>	0,65	0,254		
57	<i>Tringa glareola</i>	0,22	0,052	0,14	0,099
58	<i>Actitis hypoleucos</i>			0,07	0,037
59	<i>Columba palumbus</i>			0,14	0,685
60	<i>Asio otus</i>			1,03	3,062
61	<i>Asio flammeus</i>	0,43	0,446	0,28	0,846
62	<i>Strix aluco</i>			0,34	1,823
63	<i>Bubo bubo (sbd)</i>			0,07	0,219
64	<i>Dryocopus martius</i>			0,07	0,226
65	<i>Dendrocopos major</i>			0,07	0,073
66	<i>Dendrocopos medius</i>			0,07	0,04
67	<i>Garrulus glandarius</i>			0,41	0,656
68	<i>Corvus corone</i>	0,43	0,784		
69	<i>Pica pica</i>	0,22	0,157		
70	<i>Corvus frugilegus</i>			7,03	34,949
71	<i>Erithacus rubecula</i>			0,07	0,013
72	<i>Turdus philomelos</i>			0,07	0,049
73	<i>Sturnus vulgaris</i>			0,21	0,175
74	<i>Parus major</i>	0,22	0,015		
75	<i>Alauda arvensis</i>	0,22	0,025	0,07	0,024
76	<i>Fringilla coelebs</i>	0,43	0,034		
77	<i>Aves, sp. (<85 r)</i>	0,22	0,031		
78	<i>Natrix natrix</i>			0,07	0,109
79	<i>Pelobates fuscus</i>			1,38	0,292
80	<i>Rana ridibunda</i>	2,16	0,138		
81	<i>Rana temporaria</i>	0,65	0,041		
82	<i>Rana arvalis</i>	0,22	0,012		
83	<i>Dytiscus marginalis</i>	0,65	0,005		

Окончание таблицы 3

84	<i>Coleoptera, sp.</i>	0,22	0,002		
85	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>			0,07	0,001
86	<i>Tettigonia viridissima</i>			0,69	0,007
87	<i>Geotrupes stercorarius</i>			0,21	0,003
88	<i>Oryctes nasicornis</i>			0,21	0,008
89	<i>Copris lunaris</i>			0,07	0,002
90	<i>Melolontha melolontha</i>			3,1	0,059
Всего		463	130 164	1 450	137 171,7

С 4 до 6 % увеличилась к 2017 г. доля в весовом спектре филина и еще одного фоновых и сопоставимого с чирком по величине вида жертв – серой куропатки *Perdix perdix* [3] (таблица 3).

Чирок-трескунок и серая куропатка в условиях южной части Беларуси – наиболее эргономичные виды корма филина. Судя по строению погадок, филин способен полностью съесть ощипанную тушку этих птиц. Для такой же степени насыщения филину нужно поймать 16 экземпляров обыкновенной полевки и соответственно затратить времени и энергии в 16 раз больше.

Среди многолетних изменений в составе корма филина отмечено снижение встречаемости коростеля *Crex crex* (с 3 до 0,2 %), водяной полевки *Arvicola amphibius* (с 6,5 до 0,14 %), ондатры (с 0,1–8 до 0,07 %) (таблицы 2, 3) [3].

В сопоставимых величинах отмечено повышение количественной и весовой доли синантропных и агролуговых видов *Rattus*, *Apodemus*, *Microtus*, *Corvus* (таблица 3) [3].

В питании филина не выявлены или зарегистрированы единично (*) обычные и массовые виды потенциальных жертв на гнездовых территориях этого хищника: норка американская *Mustela vison*, хорь *Mustela putorius*, куница *Martes*, кошка домашняя *Felis catus**, собака (мелких пород) *Canis familiaris*, белка *Sciurus vulgaris**, сорока *Pica pica**, сизый голубь *Columba livia*, клинтух *Columba oenas*, перепел *Coturnix coturnix*, серая ворона *Corvus cornix**, ворон *Corvus corax*, галка *Corvus monedula*.

Видовое многообразие достоверно идентифицированных жертв как в 1980-е гг., так и в последнее десятилетие составило по 90 видов (таблица 3) [3].

Таким образом, в южной части Беларуси в 1984–2017 г. в питании филина отмечены существенные изменения в составе фоновых видов и групп кормов, а также их встречаемости и относительного веса.

Заключение

1. В 1984–2017 гг. на стабильных участках в поймах и долинах рек Щара, Ясельда, Мухавец, Припять в южной части Беларуси в питании филина *Bubo bubo* идентифицировано 5,1 тыс. экземпляров жертв 95–105 видов позвоночных и беспозвоночных животных.

2. За 30-летний период в питании гнездящихся пар и одиночных особей филина наблюдалось снижение относительного веса потребляемых млекопитающих с 53 до 27 %. Соответственно с 47 до 72 % возросла роль птиц. В 1990-е гг. в питании стали регистрироваться врановые птицы *Corvidae*, которые к 2017 г. составили 35 % от веса всех жертв. В середине 1990-х гг. в питании филина появились новые виды из семейств поганок *Podiceps*, аистовых *Ciconiidae*, дятловых *Picidae*, утиных *Anatidae*, врановых *Corvidae*.

3. В питании филина стабильной по весу в течении 30 лет остается группа из трех фоновых видов уток: кряква *Anas platyrhynchos*, чирок-трескунок *Anas querquedula*,

чирок-свиистунок *Anas crecca* (6 % весовых спектров филина). Несколько возросла весовая доля серой куропатки *Perdix perdix*.

4. Наиболее эргономичными видами жертв филина признаны чирок-трескунок *A. querquedula* и серая куропатка *P. perdix*. Существенно снизилось разнообразие и встречаемость пастушковых *Rallidae*, водяной полевки *Arvicola amphibius*, ондатры *Ondatra zibethicus*. В питании не выявлены 11 сравнительно многочисленных видов птиц и млекопитающих, живущих на участках обитания этого хищника (потенциальных жертв филина).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных. – Минск : БелЭн, 2015. – 317 с.

2. Дацкевич, В. А. Исторический очерк и некоторые итоги орнитологических исследований в Беловежской пуще (1945–1985 гг.) / В. А. Дацкевич. – Витебск : Витеб. гос. ун-т, 1998. – 115 с.

3. Дзямянчык, В. Т. Характарыстыка спектраў харчавання філіна (*Bubo bubo*) / В. Т. Дзямянчык // Вес. АН БССР. Сер. біял. навук. – 1991. – № 6. – С. 9–101.

4. Piechocki, R. Der Uhu: *Bubo bubo* / R. Piechocki. – Witternberg Lutherstadt : Ziemsen, 1985. – 128 s.

5. Olsson, V. The Eagle Owl *Bubo bubo* in Sweden in 1974–1975 / V. Olsson // Fågelvärld 35. – 1976. – S. 291–297.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 11.04.2018

Demyanchik V.T. Changes of Bubo Bubo in the Southern Part of Belarus

Range of nutrition of Bubo bubo was studied on stable areas in floodplains and valleys of the rivers Shchara, Yaselda, Muhavez, Pripyat in the southern part of Belarus. It is identified 5,1 thousand identity instances of the victims. Nesting of Bubo bubo in new territories was observed after large-scale melioration. Decrease in relative weight of the consumed mammals was observed from 53 to 27 % for the 30-year period. Quantity of birds has respectively increased from 47 to 72 %. Corvidae began registered in the 1990th years in range of nutrition of Bubo bubo (in 2017 35 % of the weight of all victims). There were new species of Podiceps, Ciconiidae, Picidae, Anatidae, Corvidae. The group of 3 species of ducks (Anas platyrhynchos, Anas querquedula, Anas crecca (6 % of weight in range of nutrition of Bubo bubo) are stable on weight within 30 years. The weight share of Perdix perdix has a little increased. A. querquedula and P. perdix are recognized as the most ergonomic species of the victims. Variety and occurrence of Rallidae, Arvicola amphibius, Ondatra zibethicus has significantly decreased. Rather numerous bird (11 species) and the mammals living on territories of this predator (the potential victims of Bubo bubo) are not found in range of nutrition.

УДК 631.8

В.В. Коваленко¹, М.П. Новик²¹ст. преподаватель каф. химии*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*²студентка биологического факультета*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*e-mail: kvv0407@rambler.ru

ВЛИЯНИЕ ЭПИБРАССИНОЛИДА НА ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА ПШЕНИЦЫ СОРТА «РАССВЕТ» В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Проведено изучение рострегулирующей активности эпибрасинолида на культуре пшеницы (Triticum aestivum L.) сорта «Рассвет». Определено влияние эпибрасинолида на энергию прорастания семян, всхожесть семян, длину корня, длину побега, количество корней, сырую и сухую массу корней и побегов проростков пшеницы. Показано, что эпибрасинолид оказывает влияние на рост морфологических структур растений пшеницы. Так, во всех вариантах опыта наблюдалось увеличение количества корней у проростков, обработанных эпибрасинолидом. Предпосевная обработка семян пшеницы эпибрасинолидом способствует увеличению сырой и сухой массы корней и побегов проростков пшеницы.

Введение

В связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства в настоящее время весьма остро стоит проблема использования в практике сельского хозяйства экологически безопасных регуляторов роста растений. Природными фитогормонами, обладающими в низких концентрациях биологической активностью, являются брасиностероиды. Поэтому соединения этого класса являются подходящими для использования в сельском хозяйстве с целью повышения не только урожайности, но и качества продукции [1].

Благодаря исследованиям, начатым в лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси, Республика Беларусь является одним из мировых лидеров в исследовании брасиностероидов. В лаборатории создан и зарегистрирован первый в мире препарат под названием Эпин, действующим началом которого является фитогормон эпибрасинолид. Он применяется для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, защиты растений от неблагоприятных факторов внешней среды, в том числе от болезней и вредителей, и повышения качества продукции растениеводства. В основе действия препарата лежит стимуляция естественных защитных сил растительного организма, повышение фотосинтетической и анаболической активности, улучшение приспособительных реакций и иммунного статуса [2].

При использовании эпибрасинолида на зерновых культурах отмечается стимуляция роста растений, повышение урожая зерна, которое происходит за счет увеличения числа колосьев, увеличения их озерненности, массы зерен. Отмечается повышение белковой ценности зерна за счет накопления незаменимых аминокислот. Наблюдается повышение прочности стебля и устойчивости к полеганию. Все это происходит на фоне изменения содержания эндогенных фитогормонов, активизации фотосинтеза, транспорта ассимилятов в колос, изменений в деятельности ряда ферментных систем. Препарат оказывает защитное действие в условиях засоления, засухи, повышенных температур [2].

Следует отметить, что брасиностероиды проявляют биологическую активность не только в растительном царстве, но и за его пределами [3]. Так, брасиностероиды характеризуются токсикопротекторным и антигератогенным действием в отношении мальков осетровых рыб. Их применение в рыбоводстве показало благоприятное действие на развитие зародышей, уменьшение количества врожденных аномалий, снижение

неблагоприятного влияния факторов окружающей среды, и имеет, таким образом, большой экономический эффект [2].

Есть данные о том, что эпибрасинолид ингибирует рост раковых клеток за счет остановки фазы G1 клеточного цикла и вызывает их апоптоз [4].

Итак, можно сделать вывод, что изучение брасиностероидов является для Республики Беларусь одним из актуальных направлений научных исследований.

Важным является увеличение тест-объектов в проводимых биопробах, поскольку физиологические эффекты брасиностероидов зависят не только от видовых, но и сортовых особенностей растений [5].

Цель настоящей работы – оценка рострегулирующей активности эпибрасинолида по комплексу морфо-физиологических критериев роста и развития растений в отношении пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта «Рассвет».

Материал и методы исследования

Биологический эксперимент по изучению рострегулирующей активности эпибрасинолида проводился в четырех повторностях по 100 семян в каждой. Были использованы малые концентрации эпибрасинолида (10^{-6} – 10^{-8} %).

Условием воздействия фитогормона являлось замачивание семян в приготовленных растворах в течение двух часов. В качестве контроля использовались растения, полученные из семян, которые замачивались в дистиллированной воде.

Проращивание семян осуществлялось между слоями увлажненной фильтровальной бумаги в растительных при постоянной температуре воздуха ($+20^{\circ}\text{C}$) в темноте (в термостате).

На третьи сутки определялась энергия прорастания, на седьмые сутки – всхожесть. На третьи сутки растения извлекали из растительных, и дальнейшее проращивание осуществлялось в рулонах фильтровальной бумаги.

На седьмые сутки определялась длина корешков и побегов, количество корней у пятидесяти проростков пшеницы, а также сырая масса корней и побегов десяти проростков. Для определения сухой массы корней и побегов их высушивали при комнатной температуре в течение двух недель.

Статистическую обработку данных проводили по Рокицкому [6] с использованием стандартного пакета данных программы Microsoft Excel. Определяли средние значения показателей энергии прорастания, всхожести семян, длины корней и длины побегов проростков пшеницы, количества корней, сырой и сухой массы корней и побегов, а также стандартное отклонение, среднюю ошибку. Для оценки достоверности различий применялся критерий Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Обработка семян регуляторами роста способствует прерыванию покоя и активизации процессов прорастания.

В качестве тестовых показателей при определении рострегулирующей активности химических соединений часто выступают показатели энергии прорастания и всхожести, поскольку именно данные показатели характеризуют процессы прерывания покоя и прорастания семян.

Данные о влиянии эпибрасинолида на энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы показаны в таблице 1.

Следует отметить, что различия опытных вариантов эксперимента с контрольным вариантом незначительны. Так, в опыте с концентрацией эпибрасинолида 10^{-7} % повышение энергии прорастания по сравнению с контролем составляет 2 %. Аналогич-

но в опыте с концентрацией эпибрасинолида 10^{-6} % повышение всхожести составляет 2 % по сравнению с контролем.

Таблица 1. – Влияние эпибрасинолида на энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы, %

Вариант опыта	Энергия прорастания	Всхожесть
Контроль	$54,0 \pm 3,52$	$62,0 \pm 3,43$
10^{-6}	$54,0 \pm 3,52$	$64,0 \pm 3,39$
10^{-7}	$56,0 \pm 3,51$	$60,0 \pm 3,46$
10^{-8}	$53,0 \pm 3,53$	$60,0 \pm 3,46$

Можно предположить, что процесс выхода семян из состояния покоя более отзывчив к действию фитогормонов другой химической природы.

При изучении рострегулирующей активности химических соединений важным является оценка их влияния на рост морфологических структур.

Данные о влиянии эпибрасинолида на длину корня и длину побега проростков пшеницы показаны в таблице 2.

Таблица 2. – Влияние эпибрасинолида на длину корня и длину побега проростков пшеницы, см

Вариант опыта	Длина корня	Длина побега
Контроль	$12,10 \pm 0,23$	$11,66 \pm 0,27$
10^{-6}	$11,91 \pm 0,20$	$12,69 \pm 0,37$
10^{-7}	$12,51 \pm 0,27$	$11,40 \pm 0,30$
10^{-8}	$12,20 \pm 0,22$	$11,46 \pm 0,27$

Наибольшее значение показателя длины корня наблюдается в варианте эксперимента с концентрацией эпибрасинолида 10^{-7} %. По сравнению с контролем превышение данного показателя составляет 3,4 %. Наибольшая длина побега наблюдается в варианте эксперимента с концентрацией эпибрасинолида 10^{-6} %. Превышение данного показателя составляет 8,8 % по сравнению с контролем.

В таблице 3 приведены данные о влиянии эпибрасинолида на количество корней проростков пшеницы.

Таблица 3. – Влияние эпибрасинолида на количество корней проростков пшеницы, шт.

Вариант опыта	Количество корней
Контроль	$4,0 \pm 0,12$
10^{-6}	$4,48 \pm 0,11$
10^{-7}	$4,24 \pm 0,12$
10^{-8}	$4,56 \pm 0,13$

Анализируя представленные данные, отметим, что во всех вариантах опыта наблюдается увеличение количества корней по сравнению с контролем. Наибольшее количество корней у проростков пшеницы отмечается в варианте опыта с концентрацией эпибрасинолида 10^{-8} %. Превышение данного показателя по сравнению с контролем составляет 14 %.

Данные о влиянии эпибрасинолида на сырую и сухую массу корней и побегов проростков пшеницы приведены в таблице 4.

Таблица 4. – Влияние эпибрасинолида на сырую и сухую массу корней и побегов проростков пшеницы, г

Вариант опыта	Масса корней 10 проростков		Масса побегов 10 проростков	
	сырая	сухая	сырая	сухая
Контроль	0,7339 ± 0,0455	0,0696 ± 0,0046	0,8219 ± 0,0461	0,0796 ± 0,0043
10 ⁻⁶	0,7265 ± 0,0243	0,0713 ± 0,0021	0,9146 ± 0,0125	0,0885 ± 0,0012
10 ⁻⁷	0,6900 ± 0,0170	0,0695 ± 0,0030	0,8789 ± 0,0340	0,0844 ± 0,0043
10 ⁻⁸	0,7742 ± 0,0171	0,0795 ± 0,0041	0,8807 ± 0,0358	0,0845 ± 0,0038

Наибольшее значение показателей сырой и сухой массы корней проростков пшеницы наблюдалось в варианте эксперимента с концентрацией эпибрасинолида 10⁻⁸ %. По сравнению с контролем превышение значения данных показателей составляет 5,5 и 14,2 % соответственно.

Наибольшее значение показателя сырой и сухой массы побегов проростков пшеницы наблюдалось в варианте эксперимента с концентрацией эпибрасинолида 10⁻⁶ %. По сравнению с контролем превышение значения данных показателей составляет 11,3 и 11,2 % соответственно.

Заключение

Проведенное исследование показало, что эпибрасинолид оказывает незначительное влияние на энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы сорта «Рассвет». Можно предположить, что процесс выхода семян из состояния покоя будет более отзывчив к действию фитогормонов другой химической природы.

Более существенным является действие эпибрасинолида на рост морфологических структур растений пшеницы. Так, во всех вариантах опыта наблюдалось увеличение количества корней у проростков, обработанных эпибрасинолидом, по сравнению с контрольными растениями. Наибольшие отличия показателей контроля и опыта составили 14 % и наблюдались в варианте с концентрацией эпибрасинолида 10⁻⁸ %.

Предпосевная обработка семян пшеницы эпибрасинолидом способствует увеличению сырой и сухой массы корней и побегов проростков пшеницы. Так, максимальное увеличение показателя сухой массы корней по сравнению с контролем составило 14,2 %, максимальное увеличение показателя сухой массы побегов – 11,2 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Khripach, V. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century / V. Khripach, V. Zhabinskii, A. De Groot // *Annals of Botany*. – 2000. – Vol. 86. – P. 441–447.
2. Хрипач, В. А. Брасиностероиды и урожай. Экологически дружественный подход к решению проблемы производства высококачественной продукции / В. А. Хрипач // *Химико-биологические технологии и экологическая безопасность : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 15–17 мая 2001 г. / под ред. И. И. Лиштвана [и др.]*. – Минск, 2001. – С. 121–130.
3. Zhabinskii, V. Steroid plant hormones: Effects outside plant kingdom / V. Zhabinskii, N. Khripach, V. Khripach // *Steroids*. – 2015. – Vol. 97. – P. 87–97.
4. Brassinosteroids cause cell cycle arrest and apoptosis of human breast cancer cells / J. Steigerová [et al.] // *Chemico-Biological Interactions*. – 2010. – Vol. 188. – P. 487–496.
5. Ленивко, С. М. О потенциальных возможностях расширения спектра действия брасиностероидов / С. М. Ленивко, Ю. В. Кирисюк // *Менделеевские чтения – 2017 : материалы Междунар. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 24 февр.*

2017 г. / Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина ; редкол.: Н. С. Ступень [и др.] ; под общ. ред. Н. С. Ступень. – Брест : БрГУ, 2017. – С. 100–105.

6. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Выш. шк., 1973. – 320 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 21.03.2019

Kavalenka V.V., Novik M.P. The Influence of Epibrassinolide on the Growth of Wheat of the Variety «Rassvet» in the Laboratory

The growth-regulating activity of epibrassinolide was studied on wheat (Triticum aestivum L.) of the variety «Rassvet». The influence of epibrassinolide on seed germination energy, seed germination, root length, shoot length, number of roots, wet and dry weight of roots and shoots of wheat seedlings was determined. Epibrassinolide influences the growth of morphological structures of wheat. Thus, all variants of the experiment, show an increase in the number of roots in seedlings treated with epibrassinolide. Pre-sowing treatment of wheat seeds with epibrassinolide helps to increase the raw and dry weight of roots and shoots of wheat seedlings.

УДК 577.13:582.734.6:634.23

Н.Ю. Колбас¹, В.А. Троянчук²¹канд. биол. наук, доц., зав. каф. химии*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*²студентка IV курса биологического факультета*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*e-mail: n.kolbas@gmail.com**АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ
И СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ПЛОДОВ ЧЕРЕШНИ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ***

Представлены данные о динамике антиоксидантной активности и содержании фенольных соединений плодов черешни белорусской селекции при их хранении в условиях заморозки. Антиоксидантная активность была оценена двумя методами и составила 0,05–0,4 ммоль тролокс-эквивалента на 100 г плодов по методу ABTS и 0,07–0,53 ммоль Fe²⁺ на 100 г плодов по методу FRAP. Содержание фенольных соединений варьировало от 18,41 до 98,44 мг галловой кислоты на 100 г плодов. Хранение плодов черешни в условиях заморозки может быть пролонгировано до 5 месяцев без потери общего количества фенольных соединений и без снижения антиоксидантной активности.

Введение

Природные антиоксиданты, содержащиеся в растительном сырье, играют важную роль в предотвращении образования свободных радикалов и, как следствие, развития оксидативного стресса [1]. Ежегодно ассортимент продуктов питания специально-го, профилактического и лечебного назначения расширяется, а объемы производства возрастают. Данное направление не может эффективно развиваться без совершенствования ресурсной базы.

Одним из перспективных источников антиоксидантов являются плоды пищевого назначения. Так, плоды черешни (*Prunus avium* L.) содержат такие антиоксиданты, как витамин С (1,9–8,3 мг/100 г) [2], Р-активные катехины (11,5–99 мг/100 г) [2–4], фенол-карбоновые кислоты (30,2–169,85 мг/100 г [5–7]) и антоцианы (16,92–475 мг/100 г [5–6; 8]). Кроме того, плоды черешни по вкусовым качествам значительно превосходят другие косточковые культуры.

В Беларуси черешня культивируется на площади около 525 тыс. га, что составляет 0,12 % от мировых значений, и по данным на 2018 г. в мировом рейтинге 68 стран-производителей черешни Республика Беларусь занимает 38 место (0,22 % от мирового производства или 5 395 тыс. т в год) [9]. Селекция черешни в нашей стране ведется порядка 90 лет. По данным на 2018 г. в Государственный реестр сортов Республики Беларусь включены 9 сортов черешни, среди них 7 (Ипать, Гронковая, Гасцинец, Сюбаровская, Витязь, Медуница, Наслаждение) рекомендованы для культивирования в условиях Брестской области [10]. Создаются новые высокопродуктивные сорта: Милавица [11], Народная, Мария, а также гибриды. Несмотря на имеющиеся в литературе данные о биохимическом составе плодов черешни белорусской селекции, сведения об их антиоксидантной активности (АОА) и фенольных соединениях фрагментарны.

Целью данного исследования было оценить АОА и определить общее содержание фенольных соединений плодов сортов и гибридов черешни белорусской селекции.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

**Работа выполнена в рамках белорусско-сербского научно-технического проекта Б18СРБГ-010 «Фенольные соединения и антиоксидантная активность плодов вишни и черешни сербской и белорусской селекции» (№ ГР 20180998 от 28.06.2018).*

- 1) с применением двух методов оценить АОА плодов 9-ти сортов и 3-х гибридов черешни и изучить ее динамику в процессе хранения;
- 2) определить общее содержание фенольных соединений (ОСФС) плодов черешни и изучить динамику параметра в процессе хранения плодов;
- 3) изучить корреляционные связи между параметрами.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования были плоды 9-ти сортов (Витязь – Vt, Гасцинец – GS, Гронковая – Gr, Мария – Mr, Медуница – Mdn, Минчанка – Mn, Наслаждение – N, Народная – Nr, Сюзаровская – S) и 3-х гибридов (L, G1 (11-31) и G2 (15-126)) черешни белорусской селекции, а также так называемой черешни местной (МВ), культивируемой в г. Бресте.

Плоды заготавливали в стадии потребительской зрелости и из порций массой 100 г получали сок, который далее анализировали. Часть плодов замораживали и хранили при температуре -18°C в течение 5 месяцев. Непосредственно перед анализом плоды размораживали при комнатной температуре, сепарировали, получали сок, который далее анализировали. Все опыты выполнены в трехкратной повторности.

АОА оценивали двумя методами – *ABTS* (от англ. *azinobis (3-ethylbenzthiazoline)-6-sulfonic acid*) и *FRAP* (от англ. *Ferric Reducing Antioxidant Power*).

Катион-радикал *ABTS* готовили согласно рекомендациям [12] и непосредственно перед анализом диспергировали дистиллированной водой до абсорбции $0,7 \pm 0,002$. Изменение оптической плотности смеси рабочего раствора *ABTS*^{•+} (3 мл) и анализируемого сока (0,1 мл) регистрировали при длине волны 734 нм после 10 минут инкубирования при температуре $+25^{\circ}\text{C}$. АОА рассчитывали как степень ингибирования. В качестве стандарта использовали тролокс (6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоновая кислота) и АОА по методу *ABTS* выражали в единицах тролокс-эквивалента (ммоль ТЭ/100 г сырых плодов).

Определение АОА методом *FRAP* проводили согласно рекомендациям [13]. Оптическую плотность анализируемой смеси регистрировали при $\lambda = 593$ нм после 30 минут инкубирования при температуре $+37^{\circ}\text{C}$. АОА выражали в ммоль Fe^{+2} на 100 г сырых плодов, учитывая линейную зависимость концентрации стандарта от оптической плотности.

Определение ОСФС проводили по стандартизированной методике [14]. Оптическую плотность смеси измеряли при длине волны 765 нм, что соответствует концентрации фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту. В качестве раствора сравнения использовали холостую пробу. Для построения калибровочной кривой готовили серию растворов стандарта с эффективным диапазоном концентраций от 0 до 500 мг/л. Общее количество фенольных соединений выражали в мг галловой кислоты в пересчете на 100 г сырых плодов (мг ГК/100 г), учитывая линейную зависимость концентрации стандарта от оптической плотности раствора при $\lambda = 765$ нм.

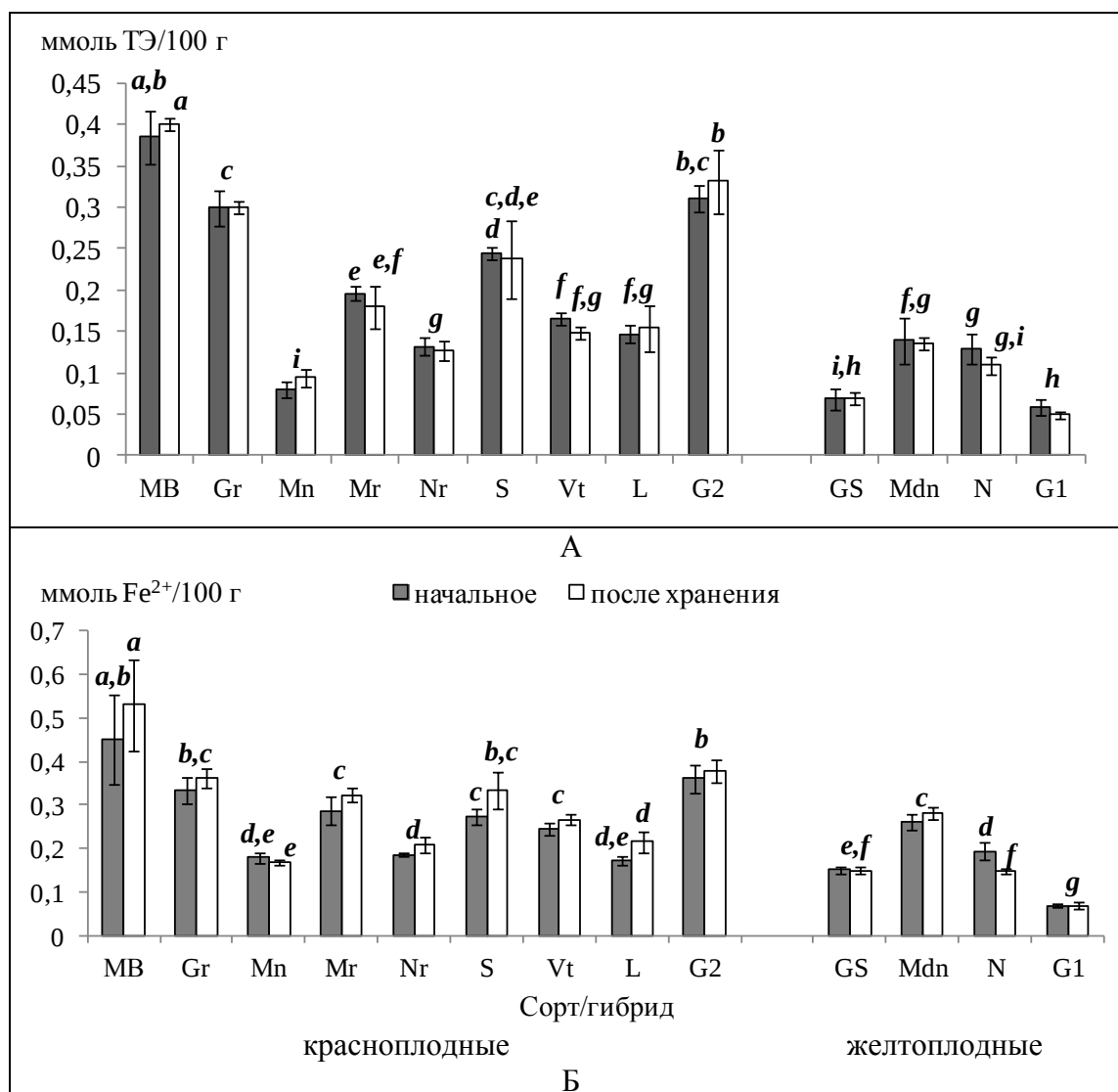
Все измерения проводили на спектрофотометре Proscan MC 122 (ООО «Проскан специальные инструменты», Республика Беларусь) при длине пути светового монохромного луча в 1 см. Для статистической обработки полученных данных применяли программу R (version 2.14.1, R Foundation for Statistical Computing, Австрия).

Результаты исследований и их обсуждение

АОА плодов черешни по методу *ABTS* варьировала от 0,05 до 0,4 ммоль ТЭ/100 г (рисунок 1А). Наибольшая АОА была отмечена у образца МВ, гибрида G2 и снижалась в последовательности: МВ > G2 > Gr > S > Mr > Vt $\approx$ L > Mdn > Nr > N > Mn > GS > G1. Необходимо отметить, что сорта с низкой АОА их плодов выявлены как

для желтоплодной (G1 и GS), так и для красноплодной (Mn, Gr) черешни, в то время как для других плодовых культур, например красных сортов винограда (*Vitis vinifera* L.) [15; 16], красноплодной смородины (*Ribes vulgare* Lam.) [17] и малины (*Rubus idaeus* L.) АОА достоверно выше, чем для их безантоциановых аналогов.

Отличия значений АОА плодов после их хранения от первоначальных были статистически недостоверны (рисунок 1А).



А – метод *ABTS*; Б – метод *FRAP*, MB – Местная черешня, Gr – Гронковская, Mn – Минчанка, Nr – Народная, S – Сюзаровская, Mr – Мария, Vt – Витязь, G2 – гибрид 15-126, L – гибрид, GS – Гасцинец, Mdn – Медуница, N – Наслаждение, G1 – гибрид 11-31; ТЭ – тролокс эквивалент; a, b, c, d, e, f, g, h, i – статистические различия в пределах метода (*Tukey*-тест при $p < 0,05$)

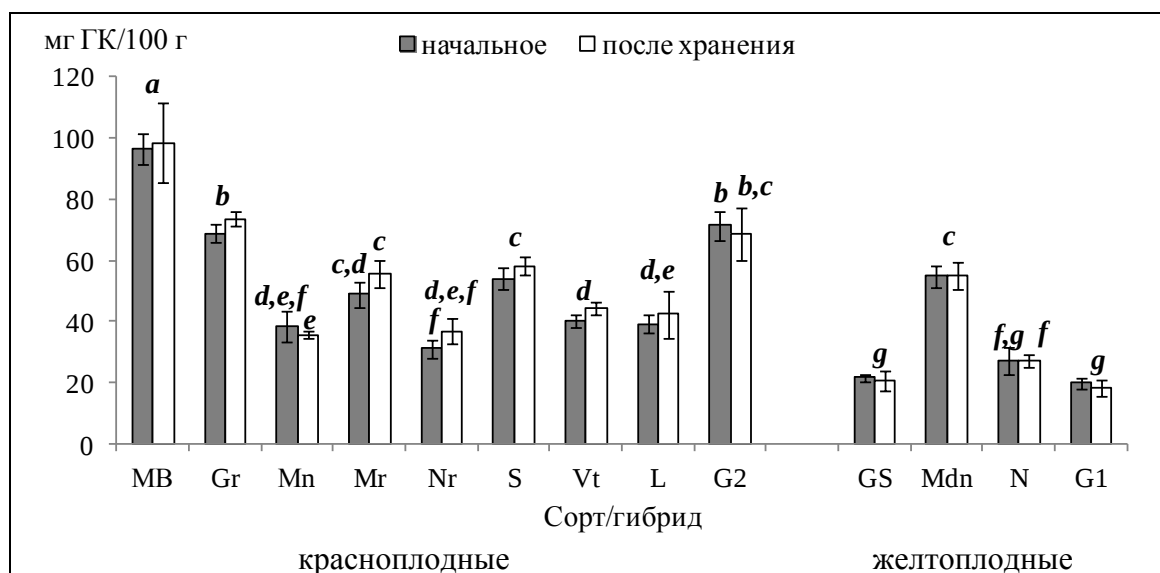
Рисунок 1. – Динамика АОА плодов черешни при их хранении в условиях заморозки

Согласно результатам метода *FRAP* АОА плодов исследованных сортов и гибридов черешни варьировала от 0,07 до 0,53 ммоль Fe²⁺/100 г и снижалась в последовательности: MB > G2 > Gr > Mr > S > Mdn > Vt > N > Nr > Mn ≈ L > GS > G1, а после хранения в последовательности: MB > G2 > Gr > S > Mr > Mdn > Vt > L ≈ Nr > Mn >

GS $\approx$ N > G1 (рисунок 1Б). Достоверные отличия АОА плодов после хранения от первоначальных были только у сорта N (снижение на 23,5 %).

Необходимо отметить, что полученные нами результаты согласуются с имеющимися литературными данными [18]. В.Л. Halvorsen с соавторами (2002) [18] отмечают среднюю антиоксидантную способность (по методу *FRAP*) плодов черешни. Однако по предложенной нами ранее градации растений по АОА их плодов [19] изученная черешня относится к растениям с низкой антиоксидантной способностью (менее 2 единиц *FRAP*). Тем не менее, по данному параметру черешня превышает хурму (*Diospyros kaki* L.f.), манго (*Mangifera indica* L.), яблоню (*Malus pumila* Miller.), банан (*Musa $\times$ paradisiaca* L.), грушу (*Pyrus communis* L.), дыню (*Cucumis melo* L.), арбуз (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) и соответствует абрикосу (*Prunus armeniaca* L.).

Содержание фенольных соединений в плодах черешни составило 18,41–98,44 мг ГК/100 г (рисунок 2). Наибольшее значение параметра отмечено для образца MB. Сорта и гибриды черешни белорусской селекции можно расположить в порядке снижения параметра в следующей последовательности: G2 > Gr > Mdn > S > Mr > Vt $\approx$ L > Mn > Nr > N > GS > G1. После хранения плодов последовательность незначительно изменилась: Gr > G2 > S > Mr $\approx$ Mdn > Vt > L > Nr > Mn > N > GS > G1.



MB – Местная черешня, Gr – Гронковская, Mn – Минчанка, Nr – Народная, S – Сюбаровская, Mr – Мария, Vt – Витязь, G2 – гибрид 15-126, L – гибрид, GS – Гасцинец, Mdn – Медуница, N – Наслаждение, G1 – гибрид 11-31; ТЭ – тролокс эквивалент;
a, b, c, d, e, f, g – статистические различия (Tukey-тест при $p < 0,05$)

Рисунок 2. – Динамика общего содержания фенольных соединений в плодах черешни при их хранении в условиях заморозки

Необходимо отметить, что сорта с повышенным ОСФС характерны как для красноплодных сортов (Gr, S, Mr) и гибридов (G2), так и для желтоплодных сортов (Mdn) черешни.

Проведенный статистический анализ выявил положительную корреляцию между ОКФС и АОА (0,877 и 0,839 между ОКФС и *ABTS*, *FRAP* соответственно; 0,827 между методами АОА), что подтверждает сведения других авторов [16–17; 20–21], а также данные предыдущих наших исследований [19; 22]. Кроме того, установлена положительная корреляционная связь для параметров при хранении плодов черешни (таблица).

Отметим, что для красноплодной черешни коэффициенты корреляции между ОСФС и методом *ABTS* были достоверно выше, чем для желтоплодной (0,878 и 0,639 соответственно). При этом коэффициенты между ОКФС и методом *FRAP*, а также между методами АОА для красноплодной и желтоплодной черешни различались незначительно (0,765 и 0,797, 0,785 и 0,714 соответственно). Это подтверждает сортоспецифичность АОА и вклад их фенольных соединений в общую АОА плодов черешни.

Таблица. – Коэффициенты корреляции (*r*-Pearson) между общим количеством фенольных соединений (ОКФС) и антиоксидантной активностью (методы *ABTS* и *FRAP*) плодов черешни при их хранении

	<i>ABTS</i> -нач.	<i>FRAP</i> -нач.	ОКФС-хр.	<i>ABTS</i> -хр.	<i>FRAP</i> -хр.
ОКФС-нач.	0,876***	0,827***	0,923***	–	–
<i>ABTS</i> -нач.	–	0,831***	–	0,939***	–
<i>FRAP</i> -нач.	0,831***	–	–	–	0,868***

Примечание – нач. – начальное, хр. – после хранения; *** – достоверно при уровне значимости *p* менее 0,001; «–» – коэффициент не рассчитывался.

Заключение

Среди красноплодных сортов и гибридов наивысшие значения параметров (антиоксидантная активность и содержание фенольных соединений) характерны для МВ, сорта Gr и гибрида G–2, среди желтоплодных – Mdn. Отмеченные сорта могут быть рекомендованы в качестве исходных форм для создания новых сортов и гибридов с повышенным содержанием фенольных соединений и высокой антиоксидантной активностью.

Сорта с повышенным ОСФС характерны как для красноплодной, так и для желтоплодной черешни.

Хранение плодов черешни в условиях заморозки возможно в течение 5 месяцев без потери общего количества фенольных соединений и без снижения антиоксидантной активности (исключение – сорт N).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Frankel, E. N. Food antioxidants and phytochemicals: present and future perspectives / E. N. Frankel // *Fett/Lipid*. – 1999. – Vol. 101, № 12. – P. 450–455.
2. Характеристика сортов черешни, выращенной в ЦЧР России, по химическому составу плодов / М. А. Макаркина [и др.] // *Современное садоводство : электрон. журн.* – 2013. – № 1. – С. 1–7. – Режим доступа: <http://journal.vni-ispk.ru/pdf/2013/1/63.pdf>. – Дата доступа: 16.03.2017.
3. Arts, I. C. W. Catechin Contents of Foods Commonly Consumed in the Netherlands. 1. Fruits, Vegetables, Staple Foods, and Processed Foods / I. C. W. Arts, B. van de Putte, P. C. H. Hollman // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2000. – Vol. 48, № 5. – P. 1746–1751.
4. Pascual-Teresa, S. de. Quantitative analysis of flavan-3-ols in Spanish foodstuffs and beverages / S. de Pascual-Teresa, C. Santos-Buelga, J. C. Rivas-Gonzalo // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2000. – Vol. 48, № 11. – P. 5331–5337.
5. Gao, L. Characterization, quantitation, and distribution of anthocyanins and colorless phenolics in sweet cherries / L. Gao, G. Mazza // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 1995. – Vol. 43. – P. 343–346.

6. Mozetic, B. Determination and quantitation of anthocyanins and hydroxycinnamic acids in different cultivars of sweet cherries (*Prunus avium* L.) from Nova Gorica region (Slovenia) / B. Mozetic, P. Trebse, J. Hribar // Food Technology and Biotechnology. – 2002. – Vol. 40. – P. 207–212.
7. Moeller, B. Quinic acid esters of hydroxycinnamic acids in stone and pome fruit / B. Moeller, K. Herrmann // Phytochemistry. – 1983. – Vol. 22. – P. 477–481.
8. Колбас, Н. Ю. Спектрофотометрическая характеристика антоцианов плодов черешни белорусской селекции / Н. Ю. Колбас, В. А. Троянчук, D. Prvulović // Состояние и перспективы разработки, использования биологически активных соединений в научной и практической деятельности : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 4–5 окт. 2018 г. / Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина ; под ред. С. М. Ленивко. – Брест, 2018. – С. 138–142.
9. FAOstat. Crop data. Cherries. 2018 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.fao.org/faostat>. – Date of access: 20.12.2018.
10. Государственный реестр сортов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sorttest.by/d/306784/d/gosudarstvennyy_reyestr_2018.pdf. – Дата доступа: 10.02.2018.
11. Вышинская, М. И. Новый сорт черешни Минчанка / М. И. Вышинская, А. А. Таранов // Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2013. – Т. 25. – С. 206–211.
12. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re [et al.] // Free Rad. Biology and Medicine. – 1999. – Vol. 26, № 9/10. – P. 1231–1237.
13. Benzie, I. F. F. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of «antioxidant power»: the FRAP assay / I. F. F. Benzie, J. J. Strain // Journal Analytical Biochemistry. – 1996. – № 23. – P. 70–76.
14. Waterhouse, A. L. Determination of Total Phenolics / A. L. Waterhousein // Current Protocols in Food Analytical Chemistry. – 2002. – P. I1.1.1–I1.1.8.
15. Antioxidant capacity and phenolic content of grapes four typical bordeaux cultivars / N. Kolbas [et al.] // Oeno2011. Actes de colloques du 9^{em} symposium international d'oenologie de Bordeaux, France. – Faculté d'oenologie de Bordeaux, 2011. – P. 143–145.
16. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: Evaluation of different extraction methods / V. M. Burin [et al.] // Microchemical Journal. – 2014. – Vol. 114. – P. 155–163.
17. Characterization of Anthocyanins and Proanthocyanidins in Some Cultivars of Ribes, Aronia, and Sambucus and Their Antioxidant Capacity / X. Wu [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – Vol. 52, № 26. – P. 7846–7856.
18. A Systematic Screening of Total Antioxidants in Dietary Plants / B. L. Halvorsen [et al.] // Journal of Nutrition. – 2002. – № 132. – P. 461–471.
19. Колбас, Н. Ю. Антиоксидантный потенциал некоторых представителей семейства Rosaceae флоры Брестского Полесья / Н. Ю. Колбас, А. П. Колбас // Новые подходы экологической оптимизации хозяйственных угодий и приграничных территорий Белорусского Полесья : сб. науч. ст. регион. науч.-практ. конф., Брест, 16–17 июня 2011 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. С. Шика. – Брест, 2011. – С. 24–27.
20. Phenolic Content and Antioxidant Activity of Raspberry and Blackberry Cultivars / E. Sariburun [et al.] // Journal of Food Science. – 2010. – Vol. 75, № 4. – P. 328–335.
21. Comparative Study of Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of 30 Plant Extracts of Industrial Interest Using DPPH, ABTS, FRAP, SOD and ORAC Assays / S. Dudonné [et al.] // J. Agric. Food Chem. – 2009. – Vol. 57, № 5. – P. 1768–1774.

22. Wine by-Products: Phenolic Characterization and Antioxidant Activity Evaluation of Grapes and Grape Pomaces from Six Different French Grape Varieties / I. Ky [et al.] // *Molecules*. – 2014. – Vol. 19. – P. 482–506.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 21.01.2019

Kolbas N.Y., Trayanchuk V.A. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of the Sweet Cherries Fruits Belarusian Selection

The data of dynamic of antioxidant activity and changes of polyphenols content of sweet cherries varieties are presented in this article. Antioxidant activity was evaluated by two methods and showed 0.05–0.4 mmol of trolox equivalents per 100 g of FW fruit by the ABTS and 0.07–0.53 mmol of Fe²⁺ per 100 g of FW fruit by the FRAP method. The total phenolic content varied from 18.41 to 98.44 mg of gallic acid per 100 g of FW fruit. Fruit storage under freezing conditions can be prolonged up to 5 months without losing the total amount of phenolic compounds and without reducing antioxidant activity.

УДК 612.176

Н.К. Саваневский¹, Г.Е. Хомич², Е.Н. Саваневская³¹канд. биол. наук, доц. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина²канд. биол. наук, доц. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина³аспирант каф. физиологии человека и животных

Белорусского государственного университета

e-mail: medicine@brsu.brest.by

**МЕДЛЕННОВОЛНОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ
НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ
У ДЕВУШЕК С НИЗКИМ ТОНУСОМ
МИКРОСОСУДОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**

Представлены результаты анализа медленных колебаний тонуса мелких и крупных кровеносных сосудов ног, частоты сердечных сокращений и систолического артериального давления у девушек, имевших слегка повышенный тонус крупных и низкий тонус мелких кровеносных сосудов нижних конечностей. Установлено, что среди колебаний этих показателей выявляются низкочастотные волны, обусловленные изменением уровня гуморальной и метаболической активности.

Введение

Медленноволновые колебания показателей функционирования органов и систем, в том числе и сердечно-сосудистой, в последнее время являются актуальным направлением научных исследований [1–4]. Считается, что низкочастотные колебания гемодинамики отражают активность основных механизмов регуляции системы кровообращения: нейрогенного, нейрогуморального, метаболического, дыхательного, миогенного и эндотелиального [5–7].

Согласно принятым в 1996 г. стандартам, медленноволновые колебания физиологических параметров в диапазоне от 0,003 до 0,04 Гц получили название очень низких частот (Very Low Frequency – VLF). Более быстрыми являются волны низкой частоты (Low Frequency – LF) с периодичностью от 0,04 до 0,15 Гц, которые обычно называют среднечастотными. Наиболее быстрыми из медленноволновых колебаний являются высокие частоты (High Frequency – HF), формирующиеся дыхательными волнами в диапазоне 0,15–0,45 Гц.

Выявлено [8–10], что вариабельность каждого параметра кровообращения характеризуется специфическим соотношением медленных колебаний разных частот, что отражает особенности регуляции данного параметра. В спектре вариабельности ритма сердца, ударного объема, фракции выброса и амплитуды пульсации аорты, как правило, отмечается доминирование HF-колебаний, связанных с дыханием. В спектре вариабельности амплитуды пульсации микрососудов большого пальца ноги чаще преобладают VLF-колебания, являющиеся маркером гуморальной регуляции. В спектре вариабельности артериального давления чаще всего проявляется LF-составляющая спектра, отражающая активность барорефлекса.

Механизм возникновения VLF-колебаний до сих пор окончательно не изучен. Предполагают надсегментарное их происхождение с высших вегетативных центров. При этом иногда диапазон VLF-колебаний разделяют на два – UVLF с частотой колебаний от 0 до 0,025 Гц и VLF с частотой от 0,025 до 0,075 Гц. Следует отметить, что среди причин вариабельности периферического кровообращения существенная роль отво-

дится вегетативным и местным факторам регуляции, а также колебаниям уровня обмена веществ [11].

Низкочастотные колебания гемодинамических показателей могут зависеть от фонового тонуса периферических кровеносных сосудов, о чем мы не обнаружили сведений в доступной литературе. В нашей работе [12] были представлены результаты изучения низкочастотных колебаниях нескольких показателей кровообращения у девушек с повышенным тонусом кровеносных сосудов нижних конечностей. В связи с этим представлялось закономерным выяснить параметры низкочастотных колебаний таких же показателей кровообращения при ином тонусе кровеносных сосудов нижних конечностей. Это и явилось целью данной работы.

Объект и методика исследований

Колебания показателей сердечно-сосудистой системы у девушек-студенток регистрировались с помощью неинвазивной биоимпедансной методики по А.А. Астахову [13] на полифункциональном мониторе кровенаполнения «Кентавр». Электроды накладывались на спину, грудь, плечевые и бедренные отделы конечностей, на голень и большой палец правой ноги. Электрическое сопротивление тканей между электродами измерялось с помощью реографа Р4-02. С четырех каналов реографа сигналы поступали в монитор кровенаполнения «Кентавр», где производилась их компьютерная обработка. С каждым ударом пульса монитор измерял амплитуду реоволны большого пальца ноги (АРП), амплитуду реоволны голени (АРГ), частоту сердечных сокращений (ЧСС) и систолическое артериальное давление (САД).

В обследуемую группу (15 человек) были отобраны девушки 19–22 лет без жалоб на состояние сердечно-сосудистой системы, имевшие на момент обследования слегка повышенный тонус крупных и низкий тонус мелких кровеносных сосудов нижних конечностей. Мониторинг исследуемых показателей проводился в режиме реального времени в течение 10 мин. в горизонтальном положении обследуемой девушки.

Фоновый тонус мелких кровеносных сосудов (микрососудов) нижних конечностей для отбора в исследуемую группу осуществляли по показателям АРП, а крупных кровеносных сосудов (макрососудов) ног – по значениям АРГ. При нормальном тонусе и, соответственно, диаметре кровеносных сосудов у взрослого человека АРП составляет 80–150 мОм, а АРГ – 80–130 мОм. В случае вазодилатации и гипотонии АРП равняется 160 мОм и более, АРГ – 140–300 мОм. При высоком тонусе и сужении сосудов величины АРП и АРГ падают ниже 30 мОм [14].

Полученные результаты исследований были подвергнуты статистической обработке общепринятыми методами вариационной статистики с определением средней арифметической вариационного ряда, ошибки среднего арифметического. При статистической обработке были использованы компьютерные программы по обработке результатов Microsoft Excel XP и STATISTICA [15; 16].

Результаты исследований и их обсуждение

Тонус мелких и крупных сосудов нижних конечностей определялся с каждым сокращением сердца, соответственно, по АРП и АРГ, и регистрировался монитором кровенаполнения «Кентавр-1». Также с каждым ударом пульса в течение 10 мин. автоматически измерялись ЧСС и САД.

Типичные количественные показатели АРП, АРГ, САД и ЧСС у одной испытуемой из обследованной группы представлены в таблице 1.

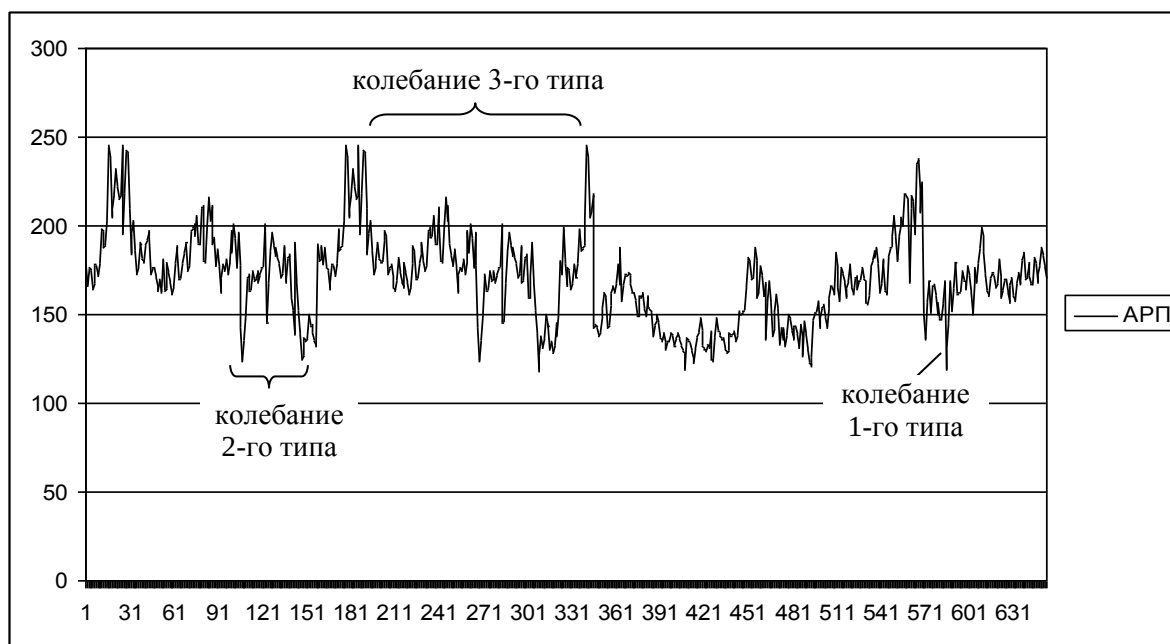
Было установлено, что у испытуемой средняя АРП равнялась $170,68 \pm 0,97$ мОм, а АРГ – $39,13 \pm 0,15$ мОм, что согласно данным литературы [14] соответствует низкому тонусу мелких и слегка повышенному тонусу крупных кровеносных сосудов нижних

конечностей. Показатели САД и ЧСС находились в диапазоне нормальных величин для взрослых людей, находящихся в покое.

Таблица 1. – Средние значения АРП, АРГ, ЧСС и САД у испытуемой

Исследуемый показатель	Количество измерений	$\bar{x} \pm \bar{Sx}$
Амплитуда реоволны пальца	654	$170,68 \pm 0,97$
Амплитуда реоволны голени	654	$39,13 \pm 0,15$
Систолическое артериальное давление	654	$108,5 \pm 0,31$
Частота сердечных сокращений	654	$79,46 \pm 0,26$

Колебания АРП и тонуса микрососудов ног за 10-минутный отрезок времени представлены на графике (рисунок 1).



по оси ординат – значения АРП в мОм; по оси абсцисс – сокращения сердца

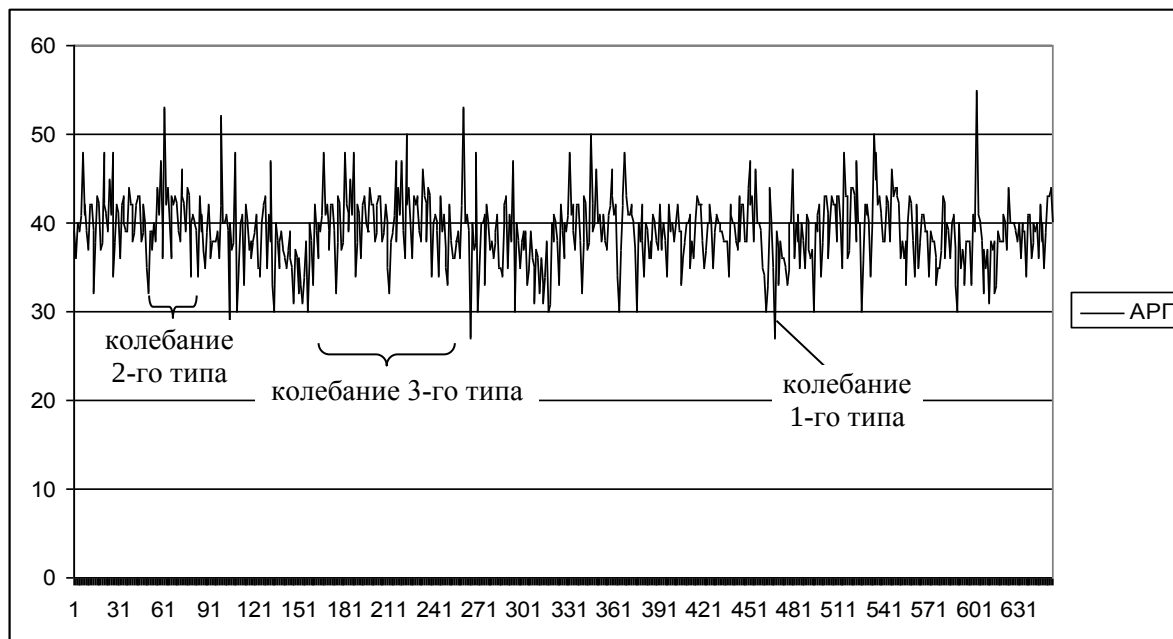
Рисунок 1. – Изменения тонуса микрососудов по показателям АРП

На графике хорошо заметны колебания АРП, обусловленные изменениями тонуса мелких кровеносных сосудов ног, которые по частоте разделяются на три типа. Первый тип – это наиболее частые колебания, обусловленные неодинаковым растяжением мелких кровеносных сосудов порциями крови, выбрасываемых сердцем при каждой систоле желудочков. Они происходят с частотой 0,6–0,9 Гц.

Более редкие колебания составляют второй тип. Они возникают регулярно с периодом в 40–65 сердечных сокращений и имеют частоту 0,02–0,03 Гц. По-видимому, эти волны связаны с дыханием.

Наиболее медленные волны можно выделить как третий тип изменения тонуса микрососудов. Они длятся от 2,5 до 3,5 мин., и частота их составляет всего 0,005 Гц. Не исключено, что эти низкочастотные колебания тонуса мелких кровеносных сосудов ног обусловлены изменениями в гуморальном составе крови.

Флуктуации АРГ, обусловленные вариативностью тонуса магистральных кровеносных сосудов нижних конечностей, отображены на рисунке 2.



по оси ординат – значения АРГ в мОм; по оси абсцисс – сокращения сердца

Рисуніок 2. – Ізменення тону мацросасудав па паказатэлях АРГ

Как и в колебаниях тону микрососудов, так и в изменениях тону крупных сосудов ног, отражающихся в пульсации АРГ, выделяются три типа волн разной частоты. Наиболее частые колебания, обусловленные неодинаковым растяжением мацрососудов поступающей кровью при каждой систоле сэрца, составляют первый тип. Они по времени совпадают с колебаниями АРП, так как вызваны сэрчными сокращениями и происходят с частотой 0,6–0,9 Гц.

Волны второго типа колеблются с меньшей частотой. Они соответствуют примерно 20–30 сэрчным систолам и имеют частоту 0,03–0,05 Гц.

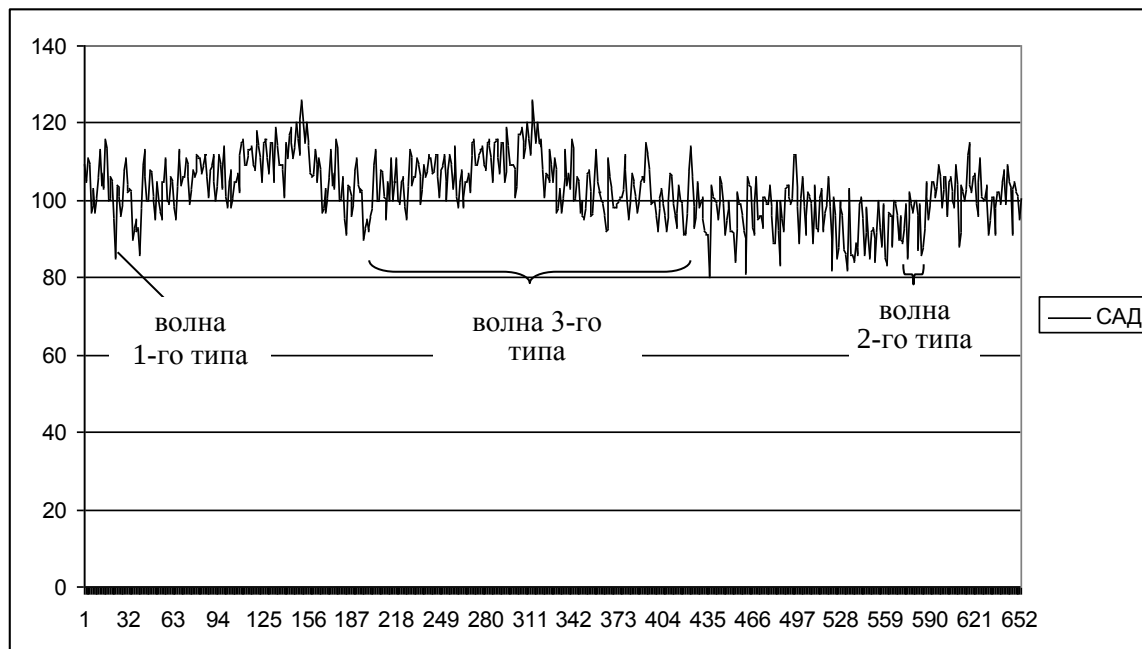
На графике изменений АРГ заметны наиболее медленные колебания третьего типа, которые длятся около 2 мин. Частота таких колебаний составляет 0,007–0,009 Гц. Эти колебания тону крупных кровеносных сосудов нижних конечностей, как и медленно-волновые колебания АРП, по-видимому, обусловлены изменениями уровня нейругуморальной и метаболической регуляции.

Феномен вариабельности артериального давления, т.е. его изменения с течением времени, известен с 1970-х гг. При этом вариабельность можно оценивать на протяжении минут, дней, недель и даже месяцев [17]. Причины вариабельности артериального давления достаточно многообразны. Некоторые из них отражают состояние механизмов, отвечающих за его регуляцию и, возможно, имеют значение в прогнозировании сэречно-сосудистых осложнений.

В нашем эксперименте систолическое артериальное давление измерялось с каждым ударом пульса и дало следующие результаты. Среднее значение САД равнялось $108,5 \pm 0,31$ мм рт. ст. (таблица 1), что соответствует норме. С каждой систолой сэрца величина САД менялась. Диапазон колебаний составил от 80 до 126 мм рт. ст.

Колебания САД в течение 10 мин. проведения эксперимента представлены на графике (рисунок 3). На нем выделяются три типа колебаний. Первый тип представляет собой пульсовые волны систолического артериального давления, что вызывается неодинаковой силой сэрчных сокращений.

Второй тип колебаний имеет период в 20–26 сердечных сокращений, что соответствует 0,04–0,05 Гц. Это дыхательные волны. Они обусловлены изменениями давления в грудной полости во время вдоха и выдоха девушки, что передается на кровеносные сосуды и изменяет САД.



по оси ординат – величина САД в мм рт. ст.; по оси абсцисс – сокращения сердца

Рисунок 3. – Колебания систолического артериального давления

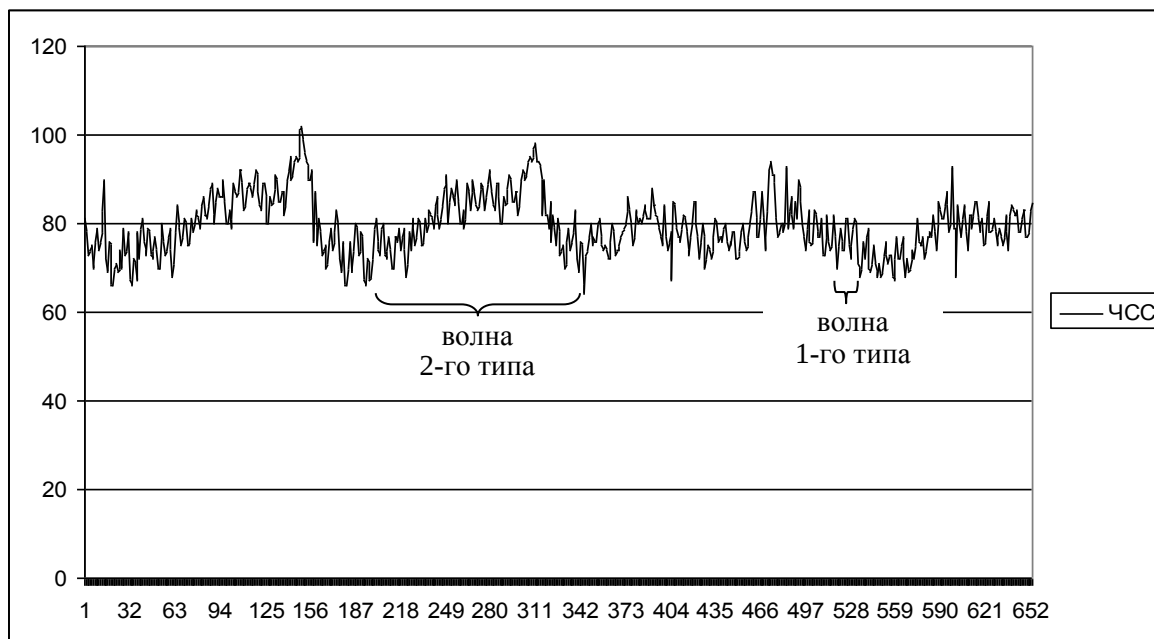
Третий тип колебаний с периодом примерно 170–230 сокращений сердца повторяется с частотой 0,003–0,004 Гц и обусловлен изменениями нейрогуморального фона в организме.

Известно, что оценка вариабельности ритма сердца позволяет изучать индивидуальные особенности регуляции деятельности сердца, оценивать функциональное состояние организма и прогнозировать его устойчивость к различным видам нагрузки. В связи с этим данный метод широко применяется в медицинской практике, спортивной медицине и в научных исследованиях [2–3; 5–8; 18–19].

В нашем исследовании были выявлены медленноволновые колебания частоты сердечных сокращений. Средняя ЧСС у испытуемой равнялась $79,46 \pm 0,26$ ударов в мин. (таблица 1), что соответствует нормальным значениям для взрослого человека. Однако межсистолические интервалы различались между собой, и эти колебания ЧСС за 10-минутный отрезок времени графически представлены на рисунке 4.

На графике прослеживаются два типа волн. Более быстрый первый тип волн имеет период, соответствующий 15–20 сокращениям сердца, частота их составляет 0,06–0,07 Гц. Возможно, они отражают влияние дыхания на сердечный ритм.

Более медленные волны образуют второй тип колебаний. Пик их наблюдается с частотой 0,005–0,007 Гц через каждые 150–200 сердечных сокращений. Вполне вероятно, что второй тип волн связан с изменениями в нейрогуморальной регуляции сердечной деятельности.



по оси ординат число сокращений в 1 минуту; по оси абсцисс – сокращения сердца

Рисунок 4. – Колебания частоты сердечных сокращений

Заключение

В покое в положении лежа у девушек, имеющих низкий тонус микрососудов и повышенный тонус макрососудов, наблюдаются медленноволновые изменения тонуса мелких и крупных кровеносных сосудов нижних конечностей, частоты сердечных сокращений и систолического артериального давления, что согласуется с данными [12], полученными для испытуемых с повышенным тонусом микрососудов ног.

В вариабельности колебаний АРП, АРГ, ЧСС и САД четко прослеживаются низкочастотные (от 0,009 до 0,07 Гц) волны, являющиеся отражением влияния на гемодинамику со стороны дыхания, эндокринной системы и обмена веществ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астахов, А. А. Медленноволновые процессы гемодинамики / А. А. Астахов // Инжиниринг в медицине. Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы : сб. науч. тр. II науч.-практ. конф. и I Всерос. симпозиума. – Челябинск, 2000. – С. 50–63.
2. В помощь практикующему врачу: анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Р. М. Баевский [и др.] // Вестн. аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–84.
3. Akselrod, S. D. Components of heart rate variability / S. D. Akselrod // Heart Rate Variability. – 1995. – Vol. 12. – P. 146–164.
4. Сабирьянов, А. Р. Особенности медленноволновых колебаний артериального давления и периферического кровообращения у детей / А. Р. Сабирьянов // Клиническая физиология системного кровообращения. – 2007. – № 3. – С. 39–43.
5. Никулина, А. В. Изменчивость вариабельности сердечного ритма как отражение реализации физиологических механизмов адаптации организма / А. В. Никулина, В. А. Козлов, А. А. Шуканов // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 14–20.

6. Вариабельность сердечного ритма у студентов с разной двигательной активностью / Ф. Б. Литвин [и др.] // Учен. зап. ун-та им. П. Ф. Лесгафта. – 2015. – № 7 (125). – С. 123–129.
7. Шлык, Н. И. Нормативы показателей вариабельности сердечного ритма у исследуемых 16–21 года с разными преобладающими типами вегетативной регуляции / Н. И. Шлык, Э. И. Зуфарова // Вестн. Удмурт. ун-та. Сер. «Биология. Науки о Земле». – 2013. – № 4. – С. 96–105.
8. McCraty, R. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk / R. McCraty, F. Shaffer // Global Advances in Health and Medicine. – 2015. – Vol. 4 (1). – P. 46–61.
9. The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: a review with emphasis on a reanalysis of previous studies / G. A. Reyes del Paso [et al.] // Psychophysiology. – 2013. – Vol. 50 (5). – P. 477–487.
10. Наумова, В. В. Медленные колебания гемодинамики у юношей и девушек в условиях покоя / В. В. Наумова, Е. С. Земцова // Бюл. СО РАМН. – 2008. – № 6 (134). – С. 174–179.
11. Астахов, А. А. Адаптационные процессы гемодинамики при различных вариантах анестезии и интенсивной терапии у пациентов отделений реанимации : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 14.01.20 / А. А. Астахов. – Екатеринбург, 2012. – 50 с.
12. Саваневский, Н. К. Низкочастотные колебания параметров кровообращения у девушек с повышенным тонусом кровеносных сосудов нижних конечностей / Н. К. Саваневский, Е. Н. Саваневская, Г. Е. Хомич // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2018. – № 1. – С. 58–65.
13. Астахов, А. А. Многофункциональный импедансный мониторинг сердечно-сосудистой системы и легких / А. А. Астахов. – Челябинск, 1989. – 18 с.
14. Виноградова, Т. С. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы / Т. С. Виноградова. – М. : Медицина, 1986. – 416 с.
15. Реброва, О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О. Ю. Реброва. – М. : МедиаСфера, 2002. – 312 с.
16. Пашкевич, О. И. Использование многомерных статистических методов в системе STATISTICA 5.5 / О. И. Пашкевич. – Минск : РИПО, 2008. – 66 с.
17. Rothwell, P. M. Limitations of usual pressure hypothesis and the importance of variability, instability and episodic hypertension / P. M. Rothwell // Lancet. – 2010. – Vol. 375, № 9718. – P. 938–948.
18. Черникова, А. Г. Оценка функционального состояния человека в условиях космического полета на основе анализа вариабельности сердечного ритма : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. Г. Черникова. – М., 2010. – 24 с.
19. Флейшман, А. Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике / А. Н. Флейшман. – Новосибирск : Изд-во Сиб. отд-ния РАН, 2009. – 194 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.12.2018

Savaneuski M.K., Khomich H.E., Savaneuskaya A.N. Slow Wave Changes for Certain Indicators of Hemodynamics at Girls with Low Tone Microscows of the Lower Extremities

The article presents the results of the analysis of slow fluctuations in the tone of small and large blood vessels of the legs, heart rate and systolic blood pressure in girls who had a slightly increased large tone and low tone of small blood vessels in the lower limbs. It has been established that among the fluctuations of these indicators low-frequency waves are detected, caused by changes in the level of humoral and metabolic activity.

УДК 581.1:574.24

Е.Г. Тюлькова*канд. биол. наук, доц., доц. каф. товароведения**Белорусского торгово-экономического университета потребительской кооперации**e-mail: tut-3@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

*Представленные в статье результаты определения содержания фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений различных возрастных групп, произрастающих в техногенных и фоновых условиях (на примере города Гомеля), свидетельствуют о том, что содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях березы повислой *Betula pendula* Roth. и клена остролистного *Acer platanoides* L. в фоновых условиях меньше по сравнению с техногенной зоной. Тополь пирамидальный *Populus pyramidalis* Roz. и липа мелколистная *Tilia cordata* Mill. характеризуются неустойчивой тенденцией изменения концентрации фотосинтетических пигментов в зависимости от условий произрастания, что требует более глубоких исследований в этом направлении. В результате эксперимента с вытяжками хлорофилла при добавлении половины, одной и пяти доз ПДК свинца, меди, никеля и хрома выявлено не только снижение оптической плотности вытяжек в ряде случаев, но и ее увеличение, что в дальнейшем влияет на концентрацию фотосинтетических пигментов растений при их произрастании в техногенных условиях.*

Введение

Процесс фотосинтеза и его интенсивность на протяжении многих лет привлекает внимание исследователей по многим причинам. Это связано с тем, что фотосинтетическая деятельность растений обеспечивает накопление биомассы, запасание солнечной энергии, адаптивные свойства растения при произрастании в неблагоприятных условиях среды и т.д. [1–3].

В стрессовых условиях растениями используется большое количество органических веществ, в накоплении которых значительная роль принадлежит фотосинтетической системе, которая компенсирует стрессовое состояние растений, при этом увеличивая общую концентрацию пигментов фотосинтеза [4]. Однако интенсивное воздействие антропогенных факторов на растительный покров также может привести к снижению интенсивности фотосинтеза растений, так как токсическое действие техногенных элементов в растениях связано с нарушениями большинства физиологических и биохимических процессов, сдвигами в структуре мембран хлоропластов [5–8]. Поэтому изучение состояния пигментной системы листьев древесных растений актуально для оценки степени техногенного влияния выбросов промышленных предприятий на рост и развитие растений с учетом их возраста, понимания механизмов защитной адаптации растений к действию химических загрязнителей, выбора наиболее устойчивых средообразующих пород древесных растений в качестве городских зеленых насаждений, а также нормирования и прогнозирования техногенных нагрузок в условиях промышленных мегаполисов и их окружении. Такие исследования важны также и по причине накопления данных о реакции растительных организмов в условиях снижения объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, что в последние годы наблюдается в Республике Беларусь [9].

В связи с этим целью исследований явилось изучение содержания фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений различных возрастных групп, произрастающих в условиях техногенного воздействия, а также оценка влияния отдельных техногенных элементов на пигментный состав древесных растений в условиях эксперимента.

Материал и методы исследований

В качестве объектов для определения концентрации хлорофилла и каротиноидов были выбраны листья ряда видов местных древесных растений: береза повислая *Betula pendula* Roth., клен остролистный *Acer platanoides* L., тополь пирамидальный *Populus pyramidalis* Roz. и липа мелколистная *Tilia cordata* Mill.

Пробы листьев отбирали в окружении наиболее крупных промышленных предприятий г. Гомеля – ОАО «Гомельский химический завод» и ОАО «Гомельстекло». Основной областью деятельности химического завода является производство удобрений и отдельных химических соединений. ОАО «Гомельстекло» – крупнейшее предприятие в Республике Беларусь по производству стекла, которое осуществляет выпуск современного листового термополированного стекла большого формата для производства строительных светопрозрачных конструкций, стекла с покрытием, низкоэмиссионных и солнцезащитных стекол, автомобильного и безопасного стекла, изделий из стекла для мебели, стеклопакетов и многих других видов специального стекла.

Фоновым условием стала часть территории Национального парка Припятский (Хобненское лесничество), максимально приближенная к г. Гомелю и свободная от влияния промышленной деятельности и интенсивного транспорта.

Отбор листьев проводили в течение вегетационного периода (июль 2018 г.) с отдельно стоящих деревьев (не менее 3–5 в каждой точке), находящихся в примерно сходных климатических условиях произрастания, с высоты 1,5 м.

Возраст исследуемых деревьев оценивали путем определения диаметра ствола, который делили на среднегодовой прирост.

Для определения концентрации хлорофилла *a*, *b*, каротиноидов листовых пластинок древесных растений использовали спектрофотометр *Cary Eclipse*. С этой целью были приготовлены вытяжки из навески сырых листьев массой 100–150 мг в 100 %-м ацетоне [4–5].

Среднюю концентрацию хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов (использовали по три параллельных определения) вычисляли по формулам 1–4:

$$C_a = 9,784D_{662} - 0,99D_{644} \quad (1)$$

$$C_b = 21,426D_{644} - 4,650D_{662} \quad (2)$$

$$C_a + C_b = 5,134D_{662} + 20,436D_{644} \quad (3)$$

$$C_k = 4,695D_{440,5} - 0,268C_{a+b} \quad (4)$$

где C_a , C_b , C_k – средняя концентрация хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов в вытяжке сырых листьев объектов исследования (мг/дм³); $D_{440,5}$, D_{644} , D_{662} – оптическая плотность при длинах волн 440,5, 644 и 662 нм.

С целью выявления влияния техногенных элементов на изменение оптической плотности растворов пигментов древесных растений в условиях эксперимента в вытяжки хлорофилла вводили соли свинца, меди, никеля и хрома. Эти техногенные элементы были выбраны потому, что по результатам предварительно проведенного почвенного анализа на территории г. Гомеля по ним было установлено превышение ПДК.

В качестве экспериментальных вытяжек хлорофилла были использованы вытяжки, приготовленные из листьев древесных растений, произрастающих в фоновых условиях (березы повислой *Betula pendula* Roth., клена остролистного *Acer platanoides* L., тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz.).

Техногенные элементы вводились в растворы хлорофилла в виде следующих солей: свинец – $PbCl_2$, медь – $CuSO_4 \times 5H_2O$, никель – $NiCl_2 \times 2H_2O$, хром – $Cr(NO_3)_3$.

Количество вводимых солей рассчитывалось исходя из величин ПДК этих техногенных элементов в почве: свинца – 32 мг/кг, меди – 33 мг/кг, никеля – 20 мг/кг, хрома – 100 мг/кг [10]. Для выявления влияния техногенных элементов на изменение оптической плотности растворов пигментов древесных растений в условиях эксперимента вводили 0,5 ПДК, одну и пять доз ПДК свинца, меди, никеля и хрома.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты определения содержания фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений исследуемых возрастных групп, произрастающих в техногенных и фоновых условиях, представлены в таблице 1.

Характер и уровень содержания хлорофилла и каротиноидов в пробах листьев древесных растений, как показано в таблице 1, находится в определенной зависимости от их возраста. Кроме того, неравномерно распределенные по территории, имеющие различный характер и интенсивность источники техногенных элементов в виде промышленных предприятий создают достаточно пеструю картину загрязнения окружающей среды как по составу загрязнителей, так и по их концентрации. Это порождает ряд научных проблем, среди которых главными являются выяснение влияния тяжелых металлов в окружающей среде на пигментный состав растений, возможности использования живых организмов для целей биоиндикации, а также оценка последствий токсического воздействия, возможных критических и летальных доз техногенных элементов.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что концентрация хлорофилла и каротиноидов в пробах листьев березы повислой *Betula pendula* Roth. и клена остролистного *Acer platanoides* L. в фоновых условиях меньше по сравнению с пробами деревьев, произрастающих в окружении ОАО «Гомельский химический завод» и ОАО «Гомельстекло». В данном случае техногенное влияние выбросов промышленных предприятий способствует тому, что адаптивная реакция древесных растений проявляется в форме компенсации фотосинтетической системой стрессового воздействия путем увеличения концентрации пигментов фотосинтеза.

Липа мелколистная *Tilia cordata* Mill. в возрасте более 30 лет демонстрирует противоположный результат отрицательного влияния выбросов техногенных элементов в виде снижения концентрации хлорофилла и каротиноидов в пробах из промышленных зон по сравнению с фоновыми условиями. Что касается остальных исследуемых возрастных групп липы мелколистной *Tilia cordata* Mill., то в пробах, отобранных в окрестностях ОАО «Гомельстекло», содержание пигментов фотосинтеза выше, чем в фоновых условиях, а вблизи ОАО «Гомельский химический завод» – ниже по сравнению с фоновой территорией. Возможно, это связано с тем, что только очень сильное стрессовое влияние способствует снижению концентрации фотосинтетических пигментов, а небольшое токсическое воздействие не оказывает такого эффекта. Также, вероятно, на эффективность функционирования ассимиляционного аппарата могут влиять индивидуальные особенности организма.

Тополь пирамидальный *Populus pyramidalis* Roz. с учетом места отбора проб аналогично липе мелколистной *Tilia cordata* Mill. характеризуется неоднозначной тенденцией изменения содержания хлорофилла и каротиноидов.

Представители более возрастной группы (более 30 лет) отмечались повышенным содержанием пигментов в пробах с территории ОАО «Гомельский химический завод» и пониженным – с территории ОАО «Гомельстекло», тогда как в пробах растений возраста 20–30 лет концентрация пигментов была пониженной по сравнению с фоновыми условиями.

Таблица 1. – Содержание фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений, произрастающих в техногенных и фоновых условиях

Исследуемые древесные растения	Возраст, лет	Место отбора проб														
		Гомельский химический завод					Гомельскестекло									
		концентрация фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы														
		Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл (<i>a+b</i>)	<i>Car</i>	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл (<i>a+b</i>)	<i>Car</i>	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл (<i>a+b</i>)	<i>Car</i>			
Береза повислая <i>Betula pendula</i> <i>Roth.</i>	более 30	0,924 ± 0,0003	0,226 ± 0,0001	1,150 ± 0,0007	0,600 ± 0,0001	1,076 ± 0,0002	0,401 ± 0,0001	1,477 ± 0,0008	0,627 ± 0,0005	0,775 ± 0,0005	0,146 ± 0,0002	0,921 ± 0,0005	0,741 ± 0,0005			
	20–30	0,878 ± 0,0002	0,198 ± 0,0001	1,076 ± 0,0001	0,623 ± 0,0002	1,326 ± 0,0002	0,536 ± 0,0002	1,862 ± 0,0009	0,771 ± 0,0006	0,456 ± 0,0004	0,070 ± 0,0003	0,526 ± 0,0004	0,481 ± 0,0003			
	до 20	0,534 ± 0,0001	0,113 ± 0,0002	0,647 ± 0,0003	0,476 ± 0,0001	1,060 ± 0,0004	0,321 ± 0,0001	1,382 ± 0,0007	0,595 ± 0,0002	0,345 ± 0,0003	0,078 ± 0,0004	0,423 ± 0,0006	0,375 ± 0,0002			
Клен остролистный <i>Acer platanoides L.</i>	более 30	1,406 ± 0,0005	0,428 ± 0,0004	1,834 ± 0,0005	0,762 ± 0,0003	1,666 ± 0,0001	0,668 ± 0,0002	2,335 ± 0,0009	1,056 ± 0,0001	0,924 ± 0,0007	0,295 ± 0,0005	1,218 ± 0,0002	0,598 ± 0,0004			
	20–30	1,872 ± 0,0002	0,787 ± 0,0005	2,659 ± 0,0006	1,041 ± 0,0001	2,324 ± 0,0005	0,927 ± 0,0005	3,252 ± 0,0009	1,484 ± 0,0001	1,046 ± 0,0008	0,271 ± 0,0006	1,317 ± 0,0001	0,720 ± 0,0002			
	до 20	1,977 ± 0,0001	0,796 ± 0,0004	2,773 ± 0,0001	1,037 ± 0,0002	2,458 ± 0,0004	1,001 ± 0,0008	3,459 ± 0,0008	1,424 ± 0,0002	1,290 ± 0,0008	0,526 ± 0,0004	1,816 ± 0,0002	0,772 ± 0,0002			
Тополь пирамидальный <i>Populus pyramidalis</i> <i>Roz.</i>	более 30	0,391 ± 0,0002	0,134 ± 0,0001	0,525 ± 0,0003	0,319 ± 0,0004	0,164 ± 0,0001	0,073 ± 0,0001	0,237 ± 0,0001	0,114 ± 0,0002	0,346 ± 0,0001	0,102 ± 0,0001	0,448 ± 0,0003	0,312 ± 0,0001			
	20–30	0,293 ± 0,0002	0,106 ± 0,0004	0,399 ± 0,0005	0,207 ± 0,0002	образцы отсутствуют							0,338 ± 0,0004	0,121 ± 0,0001	0,459 ± 0,0001	0,276 ± 0,0003
	до 20	образцы отсутствуют												0,292 ± 0,0001	0,112 ± 0,0002	0,405 ± 0,0001
Липа мелколистная <i>Tilia cordata Mill.</i>	более 30	0,718 ± 0,0003	0,220 ± 0,0005	0,938 ± 0,0006	0,387 ± 0,0001	1,538 ± 0,0008	0,752 ± 0,0002	2,290 ± 0,0009	0,848 ± 0,0002	1,861 ± 0,0007	2,530 ± 0,0008	4,391 ± 0,0005	0,890 ± 0,0002			
	20–30	0,327 ± 0,0004	0,126 ± 0,0006	0,453 ± 0,0001	0,227 ± 0,0002	1,520 ± 0,0007	0,705 ± 0,0003	2,225 ± 0,0008	0,775 ± 0,0005	0,621 ± 0,0004	0,174 ± 0,0001	0,795 ± 0,0004	0,364 ± 0,0001			
	до 20	0,688 ± 0,0004	0,186 ± 0,0003	0,874 ± 0,0007	0,349 ± 0,0001	1,218 ± 0,0008	0,568 ± 0,0004	1,786 ± 0,0007	0,619 ± 0,0006	1,287 ± 0,0008	0,496 ± 0,0002	1,783 ± 0,0001	0,650 ± 0,0003			

При этом следует отметить, что в наших исследованиях пробы тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz. удалось отобрать не в полном объеме, поэтому применительно к этому объекту, вероятно, требуются дальнейшие более детальные исследования применительно к другим промышленным предприятия Гомельского Полесья.

Результаты исследований свидетельствуют, что содержание фотосинтетических пигментов у представителей различных возрастных групп несколько различается как в фоновых условиях, так и при произрастании в окружении промышленных предприятий. При этом все исследуемые представители древесных растений, за исключением клена остролистного *Acer platanoides* L., в большинстве случаев демонстрируют тенденцию роста концентрации хлорофилла и каротиноидов по мере увеличения возраста растения. Возможно, это связано с формированием более выраженных и интенсивных защитных механизмов у растений с возрастом.

Что касается клена остролистного *Acer platanoides* L., то можно предположить, что в результате наличия крупной листовой пластинки молодые растения отличаются повышенным содержанием фотосинтетических пигментов.

Достоверность различий между содержанием фотосинтетических пигментов в листовых пластинках древесных растений, произрастающих вблизи промышленных предприятий и фоновых условиях, оценивалась с помощью дисперсионного анализа.

Результаты анализа дисперсионных комплексов, включающих концентрацию хлорофилла и каротиноидов проб древесных растений, произрастающих на территориях с техногенной нагрузкой и фоновых условиях, свидетельствуют о том, что значение F-критерия превышают F-критическое для всех исследованных образцов во всех случаях (для березы повислой *Betula pendula* Roth. $F_{\text{факт.}} = 15,23$; для клена остролистного *Acer platanoides* L. – 18,99; для тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz. – 34,06; для липы мелколистной *Tilia cordata* Mill. – 2,76; $F_{\text{крит.}}(11, 24) = 2,22$ при $p \leq 0,05$).

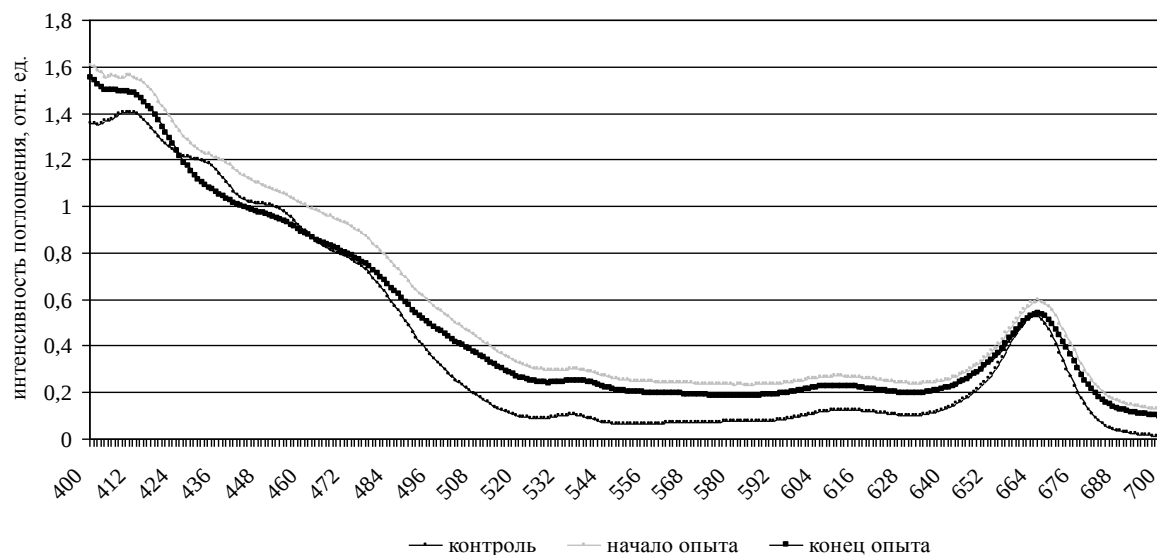
Таким образом, концентрация пигментов фотосинтеза древесных растений статистически достоверно различается при действии техногенного загрязнения и в фоновых условиях.

На современном уровне развития экспериментальной техники представляется возможным исследование состояние молекул фотосинтетических пигментов и тех превращений, которые они претерпевают при поглощении кванта света или влиянии техногенных элементов. Это способствует более глубокому пониманию механизма фотосинтеза, накоплению данных о спектральных изменениях фотосинтетических пигментов в различных областях спектра, которые происходят в результате воздействия на них каких-либо внешних факторов.

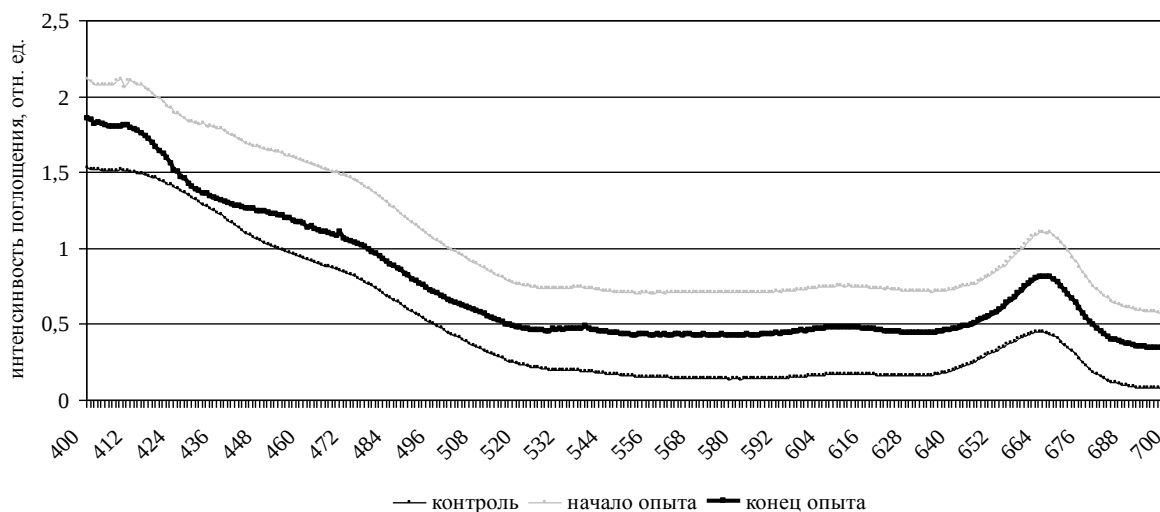
В этой связи для интерпретации данных по изменению содержания хлорофилла и каротиноидов, полученных в сравнительном аспекте от древесных растений трех возрастных групп из различных условий произрастания, и изучения природы пигментных превращений актуально исследовать их поведение в модельной системе. С этой целью в вытяжки пигментов, выделенных из проб древесных растений фоновых условий, вводили растворы техногенных элементов в количестве половины, одной и пяти ПДК этих элементов в почве. Далее проводили анализ изменения спектров поглощения и величины оптической плотности вытяжек хлорофилла и каротиноидов в течение 30 мин. после введения свинца, меди, никеля и хрома в сравнении с контрольным раствором (вытяжка без добавления техногенного элемента). Спектры поглощения регистрировались в диапазоне от 400 до 700 нм.

Результаты изменения величины оптической плотности вытяжек хлорофилла и каротиноидов и отдельные спектры поглощения в модельном эксперименте при введении свинца, меди, никеля и хрома представлены на рисунке 1 и в таблицах 2 и 3.

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что снижение оптической плотности вытяжки пигментов фотосинтеза в течение 30 мин. наблюдалось в случае введения свинца в количестве одной и пяти доз ПДК у всех исследуемых представителей, за исключением тополя пирамидального *Populus pyramidalis* Roz. с одной дозой ПДК элемента; меди – в количестве одной и пяти доз ПДК в пробах хлорофилла и каротиноидов березы повислой *Betula pendula* Roth.; никеля и хрома – в количестве пяти доз ПДК в пробах пигментов березы повислой *Betula pendula* Roth. (рисунок 1, таблица 1).



а) снижение оптической плотности вытяжки хлорофилла при введении 5 ПДК свинца



б) снижение оптической плотности вытяжки хлорофилла при введении 5 ПДК хрома

Рисунок 1. – Спектры поглощения образцов хлорофилла березы повислой *Betula pendula* Roth. в эксперименте по введению свинца и хрома

Снижение величины оптической плотности вытяжки под влиянием техногенных элементов обуславливает впоследствии уменьшение концентрации пигмента, что может негативно сказываться на эффективности функционирования процесса фотосинтеза растений при произрастании в техногенных условиях.

Что касается характера спектров поглощения, то данные рисунка 1 свидетельствуют о наличии одного пика в красной области 650–680 нм, причем такая форма сохра-

нялась после введения в вытяжку техногенного элемента. На начальных этапах эксперимента происходил рост оптической плотности исследуемых вытяжек. Далее добавление пяти доз ПДК хрома приводило к более резкому снижению оптической плотности по сравнению со свинцом; в сине-фиолетовом диапазоне 420–460 нм для обоих элементов и в красной области 650–680 нм для свинца оптическая плотность экспериментальных вытяжек пигментов наиболее приближалась к контрольному раствору, а в случае со свинцом была даже ниже контрольного значения. Можно предположить, что с течением времени уменьшение оптической плотности будет прогрессировать, что в итоге будет обуславливать падение концентрации фотосинтетических пигментов под влиянием таких техногенных элементов, как свинец и хром.

Таблица 2. – Снижение оптической плотности вытяжки хлорофилла древесных растений в эксперименте по введению свинца и меди

Длина волн, нм	Исследуемые пигменты	Величина оптической плотности в процессе эксперимента							
		контроль	начало	через 5 мин.	через 10 мин.	через 15 мин.	через 20 мин.	через 25 мин.	через 30 мин.
Вытяжка хлорофилла клена остролистного <i>Acer platanoides</i> L. с добавлением 5 ПДК свинца									
440,5	Car	1,0714	1,1919	1,1926	1,1933	1,1921	1,1917	1,1895	1,1378
644	Хл b	0,3151	0,3737	0,3732	0,3710	0,3702	0,3697	0,3598	0,3458
662	Хл a	0,8239	0,8283	0,8252	0,8178	0,8154	0,8012	0,7911	0,7801
Вытяжка хлорофилла тополя пирамидального <i>Populus pyramidalis</i> Roz. с добавлением 5 ПДК свинца									
440,5	Car	0,4034	0,4426	0,4413	0,4394	0,4322	0,4337	0,4292	0,4283
644	Хл b	0,0845	0,1117	0,1130	0,1118	0,1082	0,1098	0,1081	0,1089
662	Хл a	0,2197	0,2273	0,2277	0,2256	0,2226	0,2226	0,2213	0,2103
Вытяжка хлорофилла березы повислой <i>Betula pendula</i> Roth. с добавлением 5 ПДК меди									
440,5	Car	0,8594	1,1667	1,1562	1,1431	1,1331	1,1243	1,1162	1,1063
644	Хл b	0,1356	0,3297	0,3514	0,3629	0,3684	0,3729	0,3797	0,3783
662	Хл a	0,4416	0,4677	0,4667	0,4647	0,4609	0,4583	0,4533	0,4518

В остальных случаях аналогично добавлению половины дозы ПДК свинца, меди, никеля и хрома наблюдалось увеличение оптической плотности вытяжек хлорофилла исследуемых древесных растений. Вероятно, это связано с возможным хелатированием элементов молекулами хлорофилла, что является следствием роста величины оптической плотности вытяжек (таблица 3).

Таблица 3. – Увеличение оптической плотности вытяжки хлорофилла древесных растений в эксперименте по введению меди и никеля

Длина волны, нм	Исследуемые пигменты	Величина оптической плотности в процессе эксперимента							
		контроль	начало	через 5 мин.	через 10 мин.	через 15 мин.	через 20 мин.	через 25 мин.	через 30 мин.
Вытяжка хлорофилла клена остролистного <i>Acer platanoides</i> L. с добавлением 5 ПДК меди									
440,5	Car	1,106	1,2414	1,2833	1,3131	1,3344	1,3562	1,3665	1,3851
644	Хл b	0,3334	0,3609	0,4927	0,5589	0,5974	0,6326	0,6396	0,6516
662	Хл a	0,8334	0,8084	0,8294	0,8329	0,8351	0,8364	0,8334	0,8337
Вытяжка хлорофилла клена остролистного <i>Acer platanoides</i> L. с добавлением 5 ПДК никеля									
440,5	Car	1,0899	1,2060	1,2156	1,2339	1,2506	1,2527	1,2525	1,2547
644	Хл b	0,3261	0,3362	0,3430	0,3539	0,3651	0,3714	0,3750	0,3802
662	Хл a	0,8237	0,8273	0,8365	0,8431	0,8503	0,8521	0,8574	0,8585
Вытяжка хлорофилла березы повислой <i>Betula pendula</i> Roth. с добавлением 1 ПДК меди									
440,5	Car	1,0016	1,0947	1,1231	1,0661	1,0586	1,062	1,0787	1,0581
644	Хл b	0,1441	0,1701	0,2712	0,2926	0,314	0,3333	0,3547	0,3714
662	Хл a	0,4322	0,4568	0,4999	0,4925	0,5026	0,5064	0,5151	0,5223

Увеличение оптической плотности вытяжек хлорофилла и каротиноидов при расчете их концентраций в итоге приводит к возрастанию содержания фотосинтетических пигментов в пробах, отобранных при произрастании в условиях влияния техногенных элементов. Так, полученные в ходе эксперимента результаты могут быть использованы для интерпретации наших данных натуральных наблюдений, когда концентрация хлорофилла и каротиноидов в пробах листьев березы повислой *Betula pendula Roth.* и клена остролистного *Acer platanoides L.* в фоновых условиях оказалась меньше по сравнению с пробами деревьев, произрастающих в окрестностях ОАО «Гомельский химический завод» и ОАО «Гомельстекло». Однако численное увеличение концентрации фотосинтетических пигментов под влиянием техногенных условий не всегда однозначно свидетельствует о том, что процесс фотосинтеза протекает более интенсивно.

Предварительные собственные данные по изучению флуориметрических показателей молекул пигментов в пробах из окружения промышленных предприятий указывают на пониженные значения показателя фотохимического тушения и более высокие нефотохимическое тушение и флуоресценцию молекул хлорофилла, что в комплексе с исследованием сезонной динамики содержания хлорофилла и каротиноидов в пробах древесных растений найдет отражение в наших дальнейших исследованиях.

Заключение

Результаты определения содержания фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений исследуемых возрастных групп, произрастающих в техногенных и фоновых условиях, свидетельствуют о том, что концентрация хлорофилла и каротиноидов в пробах листьев березы повислой *Betula pendula Roth.* и клена остролистного *Acer platanoides L.* в фоновых условиях достоверно меньше по сравнению с пробами деревьев, произрастающих вблизи ОАО «Гомельский химический завод» и ОАО «Гомельстекло». В данном случае адаптивная реакция древесных растений проявляется в форме компенсации фотосинтетической системой стрессового воздействия путем увеличения концентрации пигментов фотосинтеза.

С другой стороны, в условиях эксперимента по введению свинца, меди, никеля и хрома в вытяжки пигментов получено увеличение оптической плотности вытяжек хлорофилла и каротиноидов, что, возможно, происходит за счет хелатирования молекулами пигментов этих элементов. Такой результат при расчете концентраций фотосинтетических пигментов в итоге приводит к возрастанию их содержания в пробах, отобранных при произрастании в условиях влияния техногенных элементов.

Тополь пирамидальный *Populus pyramidalis Roz.* с учетом места отбора проб аналогично липе мелколистной *Tilia cordata Mill.* характеризуется неоднозначной тенденцией изменения содержания хлорофилла и каротиноидов, что требует более масштабных исследований и большего количества образцов.

Возрастные особенности исследуемых представителей древесных растений, за исключением клена остролистного *Acer platanoides L.*, проявляются в тенденции роста концентрации хлорофилла и каротиноидов по мере увеличения возраста растения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабашникова, Л. Ф. Фотосинтетический аппарат и потенциал продуктивности хлебных злаков / Л. Ф. Кабашникова. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 327 с.
2. Оценка действия хлористого натрия, азотнокислого свинца, азотнокислого кадмия и удобрения «Геопродин» на синтез хлорофиллов в листьях пшеницы (*Triticum aestivum L.*) / С. Р. Аллахвердиев [и др.] // Успехи соврем. естествознания. – 2015. – № 1. – С. 436–438.

3. Харитонцев, Б. С. Влияние накопления тяжелых металлов на содержание пигментов фотосинтеза и фертильность пыльцевых зерен [Электронный ресурс] / Б. С. Харитонцев, А. А. Чемагин, Е. И. Попова // Современ. проблемы науки и образования : электрон. науч. журн. – 2016. – № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25527>.

4. Еськова, Е. Н. Влияние свинца на содержание хлорофилла в листьях ярового ячменя [Электронный ресурс] / Е. Н. Еськова. – Режим доступа: <http://www.kgau.ru>.

5. Калимова, И. Б. Токсическое действие тяжелых металлов и устойчивость к ним проростков злаков : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / И. Б. Калимова ; Ботан. ин-т РАН им. В. Л. Комарова. – СПб., 2009. – 17 с.

6. Коротченко, И. С. Влияние тяжелых металлов на содержание фотосинтетических пигментов в листьях моркови / И. С. Коротченко // Вестн. КрасГАУ. – 2011. – № 4. – С. 86–91.

7. Легощина, О. М. Адаптивные реакции и фитоиндикационная способность древесных растений в условиях техногенного загрязнения : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.16 / О. М. Легощина ; Алтайс. гос. ун-т. – Томск, 2018. – 24 с.

8. Investigation of subcellular distribution, physiological, and biochemical changes in *Spirodela polyrhiza* as a function of cadmium exposure / Chunlei Su [et. al.] // Environmental and Experimental Botany. – 2017. – Vol. 142. – P. 24–33.

9. Охрана окружающей среды : стат. сб. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2018. – 228 с.

10. Гигиенические нормативы «Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.newsby.org>.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 29.09.2018

Tyulkova E.G. The Technogenic Conditions Influence on the Photosynthetic Pigments Content of Woody Plants Different Age Groups

*The results of photosynthetic pigments content determining in woody plants leaves of different age groups growing in technogenic and background conditions (on Gomel city example), presented in the article, indicate that the chlorophyll and carotenoids content in the of birch hanging *Betula pendula* Roth. and the maple *platanoides* *Acer platanoides* L. leaves in the background is less in comparison with the man-made zone; topol pyramidal *Populus pyramidalis* Roz. and small-leaved linden *Tilia cordata* Mill. they are characterized by an unstable tendency to change the photosynthetic pigments concentration of depending on the growing conditions, which requires more in-depth research in this direction. As a result of the experiment with chlorophyll extracts with the addition of 0,5; 1 and 5 doses permissible concentration of lead, copper, nickel and chromium not only a decrease in the optical density of extracts in some cases was revealed, but also its increase which further affects the plants photosynthetic pigments concentration during their growth in technogenic conditions.*

УДК: 550.8:553.98 (476)

**С.Е. Бобров¹, Н.В. Танинская², И.С. Низяева³, В.Н. Зельцер⁴,
Н.Н. Колпенская⁵, М.Н. Грислина⁶, О.Н. Грибовская⁷, И.А. Яшин⁸**
¹нач. отдела петрофизики АО «Центральная геофизическая экспедиция» (Россия)
²д-р геол.-минерал. наук, зав. отделом нефтяной геологии АО «Геологоразведка» (Россия)
³зав. лаб. исследований керна АО «Геологоразведка» (Россия)
⁴ст. науч. сотрудник отдела нефтяной геологии АО «Геологоразведка» (Россия)
⁵зам. зав. отдела стратиграфии АО «Геологоразведка» (Россия)
⁶ст. науч. сотрудник отдела нефтяной геологии АО «Геологоразведка» (Россия)
⁷ведущий. геолог отдела поисков и разведки залежей углеводородов БелНИПИнефть
Государственного производственного объединения «Белоруснефть»
⁸канд. геол.-минерал. наук, нач. отдела литологии и стратиграфии БелНИПИнефть
Государственного производственного объединения «Белоруснефть»
e-mail: sebobrov@cge.ru

ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ СТАРООСКОЛЬСКОГО ГОРИЗОНТА РЕЧИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Обосновывается целесообразность проведения детализационных лито-фациальных работ на примере исследований старооскольских образований Речицкого месторождения нефти, которые направлены на выделение и локализацию участков развития пород-коллекторов, картирование границ их выклинивания и замещения. Полученные результаты являются основой прогноза новых зон развития ловушек комбинированного типа, а также используются при ранжировании объектов, перспективных на постановку дальнейших нефтепоисковых геологоразведочных работ.

Введение

В 2015 г. в отложениях ланско-старооскольского возраста Речицкого месторождения открыты две новые залежи нефти (восточный и северный блоки). Это свидетельствует о недостаточной геологической изученности территории, связанной, в первую очередь, с отсутствием детальных литолого-фациальных работ.

Материалы и методы исследований

В практике геологоразведочных работ РУП «ПО «Белоруснефть» применяется унифицированная модель-схема расчленения продуктивных частей разреза Припятского прогиба с элементами кодификации. Технология составления этой модели для Припятского прогиба была разработана В.Н. Бескопыльным в 1996 г. в Тематической партии. Она базируется на выделении в продуктивной части разреза литопластов-компонентов, группирующих гидродинамически связанные пласты-коллекторы, обозначенные по ГИС, и присвоении им наименований-кодов. Граница компонента определяется кровлей первого и подошвой последнего пласта в установленном стратиграфическом срезе. В свою очередь, это позволяет идентифицировать ту или иную часть разреза в соседних скважинах и проследить площадное распространение пород-коллекторов в пределах месторождения.

Результаты исследований и их обсуждение

В отложениях старооскольского горизонта исследуемой территории выделено восемь компонент: 4.7.0.1–4.7.0.8, три в кровельной части, три в средней и два в подош-

венной частях (рисунок 1). Пласты-коллекторы характеризуются неоднородностью распространения как по разрезу, так и по площади простираения.

При практически выдержанных толщинах отложений горизонта на небольших расстояниях происходит изменение литологического состава, заглинизированность алеврито-песчаных разностей, наложение катагенетических изменений, что влияет на ухудшение коллекторских свойств пород и определяет неоднородность распространения компонентов по площади [1].

В этой связи возникает необходимость рассмотреть особенности строения и фациальные характеристики пластов-коллекторов. Реконструкция обстановок осадконакопления, выделение литофаций и построение фациальной карты проводилось на основе методики седиментационного моделирования [2].

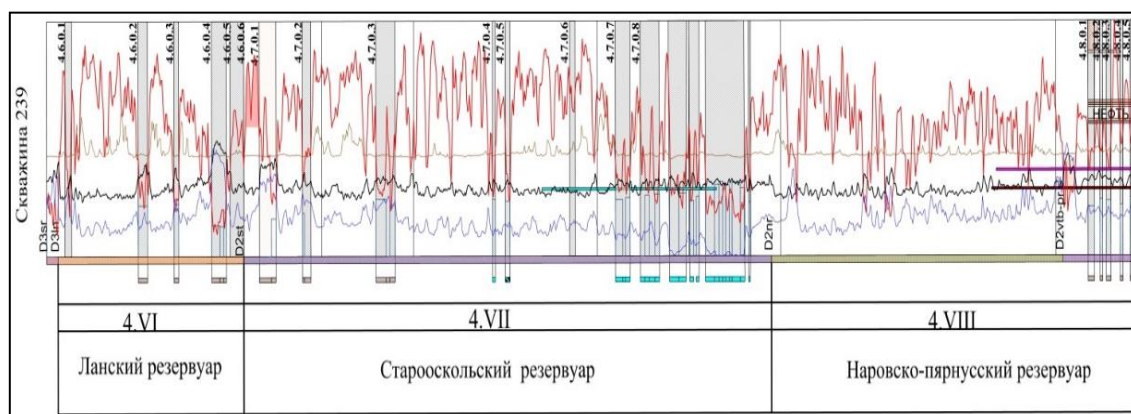


Рисунок 1. – Модель-схема стратиграфического расчленения разреза ланско-старооскольских отложений с выделением пластов-коллекторов и их кодификацией на примере скв. № 239 Речицкая

По результатам фациальной интерпретации керн, ГИС и анализа карты мощностей определена седиментологическая модель на время накопления песчаных регрессивных пластов старооскольского горизонта Речицкого месторождения. Осадконакопление в старооскольское время происходило в прибрежно-морских условиях по модели дельты с преимущественным влиянием приливно-отливных процессов.

Седиментация осуществлялась в зоне морского края дельты, представленного приливно-отливной отмелью, прорезанной серией разветвленных приливно-отливных дельтовых каналов, формирующих песчаные гряды, отмели и приморские болота. Снос терригенного материала, вероятно, осуществлялся с северо-востока.

Керном охарактеризованы фации дельтового канала, приливно-отливного канала, приливно-отливных отмелей, дистального конуса выноса дельты и мелководно-морского шельфа.

В подводной части дельтовой равнины, расположенной преимущественно на юге и юго-востоке, формировались конусы выноса дельты с проксимальной, средней и дистальной частями. В результате трансгрессий территория временами затоплялась мелководным морем и дельта отступала на северо-восток.

Проградация дельты происходила в ранне-старооскольское, средне-старооскольское и в начале поздне-старооскольского времени, где отмечается алеврито-песчаная седиментация. В периоды кратковременных трансгрессий на исследуемой территории наблюдалась глинистая седиментация.

Распространение пластов-коллекторов, приуроченных к компоненте 4.7.0.8, отмечается повсеместно и выходит далеко за пределы границ рассматриваемой площади. По данным литолого-седиментологического описания керна, разрез отложений сформирован в условиях *дельтового комплекса фаций*. Керном охарактеризована фация дельтового канала, которая представлена песчаниками серыми, светло-серыми, красновато-серыми, массивными, тонкозернистыми, ожелезненными, с редкими интракластами аргиллита, с глинистым цементом.

Отложения пластов-коллекторов в пределах Речицкого месторождения, по-видимому, сформировались в условиях накопления *фации дельтового канала*. Мощность фации варьирует от 2 до 10 метров, при этом максимальная ее мощность отмечается в разрезе отложений скважин № 244 и № 175 Речицкая. Отложения представлены песчаниками тонко- и мелкозернистыми, преимущественно слабосцементированными с глинистым составом цемента. Цвет песчаников от светло-серых с желтоватым оттенком, бежевых, светло-коричневых до темно-коричневых за счет разной степени нефтенасыщения пород с заметным запахом углеводородов. Реже отмечаются красноцветные, пестро-цветные песчаники.

Текстуры пород преимущественно массивные, что обуславливает высокую скорость седиментации осадка. Также наблюдается перекрестная косая, троговая и горизонтальная слоистости, мелкая косая слойчатость ряби течения, волнистая слоистость. Характерно присутствие эрозионных поверхностей (врезов), подчеркнутых незначительным увеличением зернистости, сменой текстурных особенностей пород, интракластами глинистых разностей.

Для отложений фации характерна резкая нижняя граница и постепенная верхняя, с уменьшением зернистости вверх по разрезу и появлением прослоев алевролита глинистого в кровле песчаных пачек. Встречаются интракласты глинистых пород уплощенной формы, ориентированные по напластованию, фито-детритовые импульсы, образующие горизонтальную слоистость. На плоскостях напластования наблюдается большое количество слюдистого и углисто-слюдистого материала.

По данным анализа вещественного состава (результаты петрографического анализа), установлено, что породы фации дельтового канала относятся к мономиктовым кварцевым, кремнекласитово-кварцевым и реже к полевошпатово-кварцевым песчаникам [3]. Распределение фигуративных точек на графиках дифференциальных кривых (на примере образцов керна из скв. № 240 Речицкая) формирует одномодальную картину их конфигурации – преимущественно крутые остроконечные формы с одним пиком свидетельствуют о хорошей сортировке исследуемых пород (преобладает фракция 0,25–0,1 мм) [4].

Анализ средних значений пористости и глинистости по скважинам показал, что отложения пласта-коллектора (компонента 4.7.0.8) характеризуются пористостью 18 %, проницаемостью – 127 мД, поля с минимальной глинистостью (менее 25 %) отложений практически совпадают с зонами улучшенных фильтрационных характеристик пород по пористости. По своим фильтрационно-емкостным свойствам породы фации могут быть отнесены к II, III, IV, реже V классу коллекторов по классификации А.А. Ханина [5].

Выше по разрезу через глинисто-алевритистый слабопроницаемый пласт мощностью 7–10 м выделены пласты-коллекторы, приуроченные к компоненте 4.7.0.7. Породы описываемого продуктивного пласта сформированы в сходных условиях с подстилающими породами-коллекторами, однако разрез отложений характеризуется повышенной глинистостью пород, что может свидетельствовать о преобладании относительно спокойных условий осадконакопления. Породам присущи пониженные значения пористости, в пределах развития пласта лишь в восточной части месторождения

выделен локальный участок с пористостью отложений выше 8 %, а минимальные значения глинистости пород (менее 35 %) отмечены также в центральной его части.

В пределах Речицкого месторождения исследуемые пласты-коллекторы (компоненты 4.7.0.7–4.7.0.8) в нефтепоисковом плане интереса не представляют, поскольку повсеместно обводнены.

Выше по разрезу залегает мощная (20–30 м) преимущественно глинисто-алевролитовая толща, в объеме которой локально выделяются маломощные (до 5 м) линзовидные и разрозненные в площадном плане пласты-коллекторы, соответствующие компонентам 4.7.0.6–4.7.0.4.

Анализ особенностей накопления указанных пластов-коллекторов свидетельствует о снижении интенсивности поступления обломочного материала в бассейн седиментации. Последнее в сравнении с ниже залегающими породами-коллекторами характеризуется увеличенными значениями глинистости отложений, которые варьируют от 30 до 55 %. Кроме того, описываемые пласты характеризуются наличием маломощных карбонатных прослоев в керне скважин исследуемой территории. По данным литолого-седиментологического описания керна разрез отложений сформирован в условиях накопления **группы фаций подводной части дельты**.

В пределах исследуемой части разреза месторождения керном охарактеризована фация *дистального конуса выноса дельты*. Отложения диагностируются в единичных скважинах – № 207 и № 274п Речицкая. Мощность отложений по керну достигает 2,3 м.

Фация представлена алевролитами глинистыми, аргиллитами алевритистыми темно-серыми с тонкими прослоями и линзами алевро-песчаного материала, образованного волновой деятельностью. Отмечается маломощный прослой песчаника (23 см) тонко-мелкозернистого кварцевого с высокой степенью нефтенасыщения, характеризующийся текстурами бугорчатой кривой слоистости, образованной, по-видимому, штормовыми волнами. В отложениях фации также отмечены мелкие трещины синерезиса, образующиеся в результате смешения пресных и соленых вод, отпечатки створок мелких двустворчатых моллюсков.

Подожвенная линия фации в отложениях скв. № 274п Речицкая подчеркнута эрозионной поверхностью, а также интенсивной минерализацией (пиритизация и ожелезнение). Эта поверхность могла сформироваться в результате колебания уровня моря. Выделенная поверхность несогласия говорит о перерыве и резкой смене обстановок осадконакопления и, как следствие, образовании отложений разного генезиса.

Породы на 50 % сложены мелкозернистой песчаной фракцией пород с размерностью частиц 0,25–0,1 мм и на 30 % мелкозернистой алевритовой фракцией <0,07 мм. Средние значения пористости не превышают 7 %, при этом значения проницаемости едва достигают 1 мД. По фильтрационно-емкостным свойствам породы фации отнесены к V–VI классам коллектора. Пласты-коллекторы Речицкого месторождения, приуроченные к компонентам 4.7.0.4–4.7.0.6, обводнены и в нефтепоисковом плане интереса не представляют.

Как уже было отмечено выше, в пределах Речицкого месторождения пласты-коллекторы, соответствующие компонентам 4.7.0.1–4.7.0.3, являются одним из основных объектов разработки в отложениях ланско-старооскольского возраста. В период формирования указанных пластов-коллекторов отмечается увеличение объема поступления терригенного материала.

В пределах Речицкой площади наряду с обширным появлением сульфатно-карбонатных прослоев в описываемом разрезе отложений отмечается обильное поступление терригенного материала, что выразилось в формировании преимущественно песчано-алевритисто-глинистого типа разреза отложений. По данным литолого-седиментологического описания керна, разрез отложений сформирован в условиях накопления

группы фаций морского края дельты, которая представлена фациями: *приливно-отливного канала* и *приливно-отливной отмели (песчаная, смешанная, глинистая)*.

На территории Речицкого месторождения наибольшее распространение получили отложения *фации приливно-отливного канала*. Мощность отложений фации составляет от 0,3 до 6,0 м, максимальная мощность отложений установлена в разрезе скважины № 305 Речицкая.

Фация сложена песчаниками от мелкозернистых до тонкозернистых с маломощными прослоями алевролитов глинистых (до 25–30 см). Цвет песчаника от светло-серого с желтоватым оттенком до серо-коричневого за счет нефтенасыщения от слабой до средней степени интенсивности. Цемент в основном глинистый, часто отмечаются слаболитифицированные прослои. Текстуры: мелкая косая слойчатость восходящей ряби течения, как однонаправленная, так и разнонаправленная, реже массивная, волнистая слоистость, волновая рябь. В строении косослоистых и прерывисто-слоистых песчаников наблюдаются сдвоенные глинистые слойки, обусловленные воздействием приливно-отливных процессов. В приливно-отливных каналах встречаются небольшое количество мелких углефицированных, чаще полых корешков растений, интракласты глинистого состава (до 2 см) зеленого цвета (размокают в воде). Намывы углефицированного растительного детрита и сидерита на плоскостях напластования. Характерным является наличие в отложениях следов биотурбации, а также трещин синерезиса в прослоях алевролита глинистого.

В разрезе отложений скв. № 275 Речицкая породы участками сильно пористо-кавернозные; каверны неправильной изогнутой и овально-округлой формы размером до 3 см. По результатам петрографического анализа породы фации представлены кремнекlastито-кварцевым песчаником. Для исследуемых образцов, по данным анализа графиков дифференциальных кривых, присущи остроконечные формы с одним пиком, что свидетельствует о хорошей сортировке исследуемых пород.

Разрез отложений преимущественно сложен мелкозернистой песчаной фракцией 0,25–0,1 мм, здесь иногда встречаются прослои, состоящие из крупнозернистой алевроитовой фракции 0,1–0,07 мм. Концентрация крупнозернистых фракций не превышает 10 %, и кривые в областях их значений пологие, без скачков, что позволяет относить исследуемые породы к мелко- и тонкозернистым пескам. Величина среднего диаметра зерен (0,14 мм) слабо меняется в разрезе отложений скважин, вскрывших описываемый интервал (от 0,06 до 0,2 мм), что говорит о малой изменчивости силы и скорости течения на исследуемой территории.

В образцах керна скважин № 174 и № 203 зафиксированы преимущественно отрицательные значения асимметрии, свидетельствующие о преобладании пород с большей размерностью частиц, что можно объяснить увеличенным привносом обломочного вещества.

В образцах керна остальных скважин (№ 208, № 212, № 294, № 299) показатели асимметрии имеют положительное значение, что указывает на преобладание тонкозернистых фракций в исследуемых образцах. Положительные значения эксцесса свидетельствуют о стабильности переработки и пересортировки терригенного материала на относительном уровне, определяющимся средним размером диаметра зерен.

Средние значения пористости варьируют в пределах 12–14 %, проницаемости – 44 мД. По своим фильтрационно-емкостным свойствам породы фации могут быть отнесены к III–IV, реже к V, единично VI классу.

Отложения фации *приливно-отливных отмелей* также довольно широко распространены. Мощность фации изменяется от 0,3 до ~6,55 м, а максимальные значения отмечены в скв. № 240 Речицкая. По соотношению глинистого и песчаного материала

в отложениях фации можно выделить *песчаную, глинистую и смешанную приливно-отливную отмели*.

Отложения *глинистой приливно-отливной отмели* представлены алевролитом глинистым с прослоями песчаника тонкозернистого и аргиллита. Отложения *смешанной приливно-отливной отмели* представлены равномерным чередованием прослоев песчаника тонкозернистого, алевролита глинистого и аргиллита. Отложения *песчаной приливно-отливной отмели* представлены песчаниками от мелкозернистых до тонкозернистых с ритмичными прослоями алевролита глинистого и аргиллита.

В целом набор отложений этих фаций характеризуется неравномерным волнистым, линзовидно-волнистым переслаиванием (в разных процентных соотношениях) алевролитов глинистых и песчаников тонкозернистых, прослоями до аргиллитов тонколинзовидно-слоистых. В приливно-отливных отмелях, приближенных к морю, отмечается волновое влияние, выраженное в появлении таких текстур, как волновая рябь, рябь течения в песчаных прослоях, сдвоенные глинистые слойки, встречается градационная слоистость.

Характерны четкие (не размытые) границы с песчаными слойками – «жидкие илы». Биотурбация развита спорадически, интенсивность от единичных ходов до высокой степени. Отмечаются мелкие трещины синерезиса. Из растительных остатков встречаются мелкие углефицированные и пиритизированные корни растений, на плоскостях напластования мелкий углисто-слюдястый материал. Из фаунистических остатков встречаются отпечатки мелких (до 1–1,5 см) створок раковин двустворчатых моллюсков, мелкий ихтиодетрит на плоскостях напластования. В глинистых разностях отмечаются многочисленные зеркала скольжения.

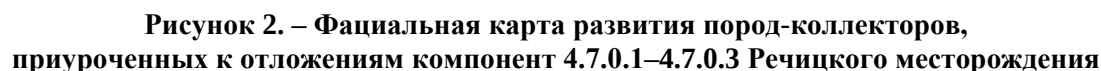
Часто породы подвергнуты интенсивным вторичным преобразованиям (гематитизация отмечена в скважине № 240 Речицкая в интервале 2 762,7–2 765,1 м; гематитизация и пиритизация выявлены в скважине № 276 Речицкая в интервалах 2 749,57–2 750,7, 2 752,0–2 752,65, 2 761,1–2 761,3 м и в скважине № 294 Речицкая в интервалах 2 698,0–2 699,8, 2 700,17–2 700,88, 2 705,0–2 706,5 м).

По данным петрографического анализа, породы фации приливно-отливной отмели песчаного и смешанного типов могут быть отнесены в основном к кремнекластито-кварцевым породам. Более 60 % пород фации приливно-отливной отмели песчаного типа сложено мелкозернистой песчаной фракцией 0,25–0,1 мм; для приливно-отливной отмели смешанного типа этот показатель составляет около 55 %; для приливно-отливной отмели глинистого типа – 70 %.

По фильтрационно-емкостным свойствам породы фации приливно-отливной отмели в целом могут быть отнесены к IV, V, VI классам. Средние значения пористости пород составляют около 11 %, проницаемости – 11 мД.

Проведенные комплексные исследования показали, что отложения старооскольского горизонта в пределах Речицкого месторождения имеют полифациальную природу. В их составе широко распространены отложения, отвечающие переходным и морским (в основном прибрежно-морским) обстановкам осадконакопления, которые находятся в сложных вертикальном и латеральном взаимоотношениях.

Нижняя часть горизонта повсеместно представлена прибрежно-морскими образованиями, которые вверх по разрезу сменяются дельтовыми (рисунок 2).



Выполненные построения в пределах Речицкого месторождения позволяют дать характеристику неоднородности пород-коллекторов и должны лечь в основу схем оптимизации размещения эксплуатационных скважин, технологических схем, проектов разработки залежей и их частей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Познякевич, З. Л. Геологические особенности подсолевых терригенных отложений девона Припятской впадины и оценка перспектив их нефтеносности : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / З. Л. Познякевич ; Всесоюз. науч.-исслед. геол. нефтяной ин-т. – М., 1978.
2. Седиментационное моделирование при прогнозе и поисках неструктурных ловушек / В. В. Шиманский [и др.] // Геология нефти и газа. – 2016. – №3. – С. 55–65.
3. Бенсман, Ф. Я. К методике изучения терригенных пород в шлифах / Ф. Я. Бенсман // V науч. конф. молодых геологов Белоруссии : тез. докл. и сообщений. – Минск, 1973. – С. 119–121.
4. Бенсман, Ф. Я. Закономерности изменения гранулометрического состава пород терригенного комплекса девона на локальных структурах Припятского прогиба / Ф. Я. Бенсман, Л. А. Демидович // Математические методы решения геолого-геофизических задач Белоруссии. – Минск, 1974. – С. 153–166.
5. Ханин, А. А. Породы коллекторы нефти и газа и их изучение / А. А. Ханин. – М. : Недра, 1969. – 368 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 10.02.2019

Bobrov S., Taninskaya N., Niziaeva I., Zeltser V., Kolpenskaia N., Grislina M., Gribovskaya O., Yashin I. Conditions of Sedimentation of the Deposits of the Staryoskol Horizon of the Rechitskoe Oil Field of the Pripyat Trough

The article substantiates the expediency of carrying out detailed works on the example of studies of the staryoskol formations of the Rechitskoe oil field, which are aimed at identifying and localizing areas of reservoir development, mapping the boundaries of their wedging and replacement. The obtained results are the basis for the forecast of new development zones for traps of the combined type, and are also used when ranking objects that are promising for putting further oil exploration prospecting.

УДК 551.43(476)

М.А. Богдасаров¹, Н.Ф. Гречаник², Ю.Д. Кожанов³, Е.А. Кухарик⁴¹д-р геол.-минерал. наук, проф., чл.-корр. НАН Беларуси,
зав. каф. географии и природопользования*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*²канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и природопользования*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*³магистр геогр. наук, аспирант каф. географии и природопользования*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*⁴магистр геогр. наук, аспирант лаб. геодинамики и палеогеографии*Института природопользования НАН Беларуси*e-mail: geobel@brsu.brest.by

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ ПОДЛЯССКО-БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ

Работа посвящена установлению особенностей геологического строения и формирования палеогеновых отложений, распространенных в пределах территории восточной (белорусской) части Подляско-Брестской впадины как минерагенической толици, обладающей практическим потенциалом для освоения, детализации состава и генезиса отложений.

Введение

Подляско-Брестская впадина расположена на территории Республики Польша и Республики Беларусь. На тектонической карте СССР, изданной в 1956 г., белорусская часть этой единой тектонической структуры носила название Брестский прогиб, но в более поздних работах [1; 2] она именуется Брестской впадиной, в то время как польская ее часть известна под названием Подлясской впадины [3; 4].

Подляско-Брестская впадина вытянута в субширотном направлении и имеет вид структурного залива, центриклинально замыкающегося на востоке и открывающегося к западу [5; 6]. На севере она граничит с Белорусской антеклизой, от которой отделяется Свислочским разломом, на юге – с Луковско-Ратновским горстом, от которого отделяется Северо-Ратновским разломом. Восточная граница впадины условная и проведена по изогипсе – 0,5 км. Восточнее этой условной границы расположена Полесская седловина. Длина впадины в пределах Беларуси составляет 160 км, ширина – от 80 до 130 км. Поверхность кристаллического фундамента впадины погружается в западном направлении от –0,5 до –1,8 км.

Подляско-Брестская впадина как самостоятельная структура сформировалась в силуре и раннем девоне; от среднего девона до раннепермской эпохи здесь происходили процессы денудации. В позднепермское время начался новый этап опускания, проявились интенсивные движения по субширотным разломам, и впадина приобрела современные границы [6]. Затем опускание территории продолжалось с перерывами в мезозое, палеогене и неогене, что обусловило накопление значительной толщи мезозойско-кайнозойских пород.

Материалы и методы исследования

Информационную базу исследования составили данные описания скважин, пробуренных в пределах рассматриваемой территории в разное время специалистами РУП «Белгеология». В связи с этим получена информация о вещественном составе отложений и их принадлежности к определенным стратиграфическим подразделениям. Авто-

рами также использовались литературные источники и серии опубликованных карт (тектонические, геологические, дочетвертичных отложений).

Результаты и их обсуждение

Палеогеновые отложения в пределах данной территории занимают значительные площади, залегая на меловых отложениях и подстилая неогеновые, а в некоторых случаях – непосредственно четвертичные. Однако на границе мела и палеогена существует значительный стратиграфический перерыв, охватывающий верхний маастрихт, палеоцен, нижний эоцен и нижнюю часть среднего эоцена. На основании данных спорово-пыльцевого анализа в палеогеновой толще здесь выделены лишь отложения верхней части среднего эоцена, верхнего эоцена и олигоцена (таблица).

Таблица. – Стратиграфическая схема палеогеновых отложений Беларуси (2010) [7]

Международная стратиграфическая шкала				Региональные стратиграфические подразделения		Возраст, млн лет
Система	Отдел	Подотдел	Ярус	Надгоризонт, горизонт		
Палеогеновая	Олигоцен	Верхний	Хаттский	Бриневский (нижняя часть) (E ₃ -N ₁ br)	Крупейский (E ₃ kpr)	23,03
				Страдубский (E ₃ st)		28,4
		Нижний	Рюпельский	Харьковский (E ₂₋₃ hr)		33,9
	Эоцен	Верхний	Приабонский			37,2
		Средний	Бартонский	Киевский (E ₂ kv)	40,4	
			Лютетский		Бучакский (E ₂ bč)	48,6
		Нижний	Ипрский	Каневский (E ₂ kn)		55,8
		Палеоцен	Верхний	Танетский	Сумской (E ₁ sm)	58,7
	Зеландский			61,7		
	Нижний		Датский	65,6		

Отложения **киевского горизонта** в пределах впадины имеют повсеместное распространение, они не обнаружены лишь в районе г. Малориты, возможно, это связано с размывом и экзарацией на неотектоническом этапе. Киевские отложения представлены зеленовато-серыми мелкозернистыми глауконитово-кварцевыми песками, бескар-

бонатными зеленовато-серыми алевроитами, светло-серыми мергелями. Отложения киевского горизонта подстилают четвертичную толщу на юге впадины – у деревень Повитье, Леликово, Новоселки, Меленково Кобринского р-на, на юге Жабинковского р-на и южнее г. Бреста. В западной части впадины эти аккумуляции подстилают четвертичные отложения в виде узких, линейно вытянутых полос в направлении городов Высокое – Каменец – Брест; г. Каменец – д. Линово – г. Пружаны – г. п. Шерешево – д. Тиховоля.

Среднеэоценовый возраст киевского горизонта определен на основании изучения палинокомплексов и альгофлоры. Кроме того, в нем установлено достаточно представительное сообщество фораминифер [8–10], которое по систематическому составу соответствует зонам P 12 (*Acarinina rotundimarginata*) и P 14 (*Globigerina turcmunica*).

В отложениях киевского горизонта обнаружен многочисленный и разнообразный (более 100 видов) известковый нанопланктон, в составе которого также найдены ключевые таксоны, позволяющие отнести эти отложения к нанопланктонным зонам *Chiphragmalithus alatus* и *Discoaster tani nodifer* (NP 15–NP 16). Совместное перекрытие стратиграфических диапазонов зон P 12–P 14 и NP 15–NP 16 свидетельствует о среднеэоценовом (вторая половина лютета – бартон) возрасте отложений киевского горизонта, который подтвержден калий-аргоновым методом по аутигенному глаукониту и составляет 38,5–45,0 млн лет [11]. Состав микрофауны отложений, развитых в нижней части киевского горизонта, позволил при независимом определении их возраста [12] отнести их к позднему лютету, что подтвердили и исследования нанопланктона, результаты которых указали на зону M.IN. 16, и исследования динофлагеллят, результаты которых указали на зону D 9. Средняя мощность отложений киевского горизонта около 15 м [7].

В киевское время впервые в палеогене произошло соединение водоемов, располагавшихся в Припятско-Днепровском регионе и на западе Беларуси. Северная береговая линия морского бассейна достигала широты г. Минска, на юге берег далеко зашел на склоны Украинского щита, оставив полуостровом свободный от воды участок Овручского кряжа [13]. Большая часть этой территории хотя и была покрыта морем, но оставалась относительно приподнятой, о чем говорит мощность отложений киевского горизонта. В столь значительном по величине бассейне четко проявилась площадная дифференциация материала (пески – пески глинистые – алевроиты – мергели), отражающая переход от береговых областей и участков сингенетических поднятий к наиболее углубленным частям шельфа. Этот порядок нарушался морскими течениями, которые, вероятно, носили циркуляционный характер, подобный современным вдольбереговым течениям внутренних морей, а также палеореками. Например, дельтовые песчано-галечные отложения крупной палеореки, текущей с Украинского щита, вытеснили из разреза морские мергели и алевроиты на северном склоне Ратновского выступа [14].

Следует отметить, что киевское море было достаточно глубоким. На наиболее опущенных участках при глубинах до 300 м [15] накапливались мергели, глинистые глауконитово-кварцевые известковистые алевроиты. Но все же основная часть моря была значительно мелководнее (100–150 м). Здесь отлагались в основном песчаные алевроиты и алевроитистые пески, глауконитово-кварцевые, слюдистые, некарбонатные. По периферии моря накапливались мелководные отложения – разноразмерные мономинальные кварцевые пески. В наиболее полных разрезах киевский горизонт представлен всеми группами фаций: трансгрессивной, инундационной, регрессивной. Суша, окружавшая киевское море, представляла собой, скорее всего, низменную равнину, незначительно приподнятую над его уровнем и слабо расчлененную.

Отложения **харьковского горизонта**, представленные толщей мелкозернистых глауконитово-кварцевых песков, местами глинистых, ожелезненных, иногда слабосце-

ментированных глинисто-кремнистым цементом, также широко распространены в пределах впадины. Несмотря на широкое распространение харьковского горизонта в пределах впадины, в основании четвертичной толщи они встречаются на ограниченных участках. Наиболее крупный из них находится возле деревень Городец – Большой и Малый Рудец – Онисковичи – Стародубцы Кобринского р-на.

Возраст харьковского горизонта определен на основании изучения спор и пыльцы, альгофлоры, фауны моллюсков, губок и подтвержден данными изотопной геохронометрии. В отложениях установлено два палинокомплекса. Первый из них характерен для нижней части горизонта и по своему таксономическому составу весьма близок к обуховскому горизонту Украины. Позднеэоценовый (приабонский) возраст отложенной нижней части харьковского горизонта подтвержден составом микрофитопланктона, диатомей и силикофлагеллят [10], губок. Изотопный возраст по аутигенному глаукониту – 37,0; 37,5; 38 ± 2 млн лет [11].

Второй палинокомплекс по систематическому составу пыльцы покрыто- и голосеменных растений близок к комплексам межигорского горизонта Украины. Таким образом, палеонтологические данные позволяют обозначить возраст харьковского горизонта как поздний эоцен – ранний олигоцен (приабон – рюпель). Средняя мощность харьковского горизонта составляет 20–25 м, уменьшаясь к краевым частям области распространения до 5–10 м [7]. На юго-восточной окраине рассматриваемой нами территории на кристаллических породах Украинского щита развиты лишь отложения межигорского горизонта (рюпель), по биостратиграфическим данным относящиеся к диноцистовой зоне D 13 [12]. Эти образования представлены зелеными алевритами и алевритовыми глинами с глауконитом и большим количеством янтаря и залегают непосредственно на выветрелых магматических породах, перекрываясь тонким слоем четвертичных отложений.

В харьковское время рассматриваемая территория была охвачена последним и самым обширным из палеогеновых харьковским морем, появлению которого предшествовал непродолжительный перерыв в осадконакоплении. О последнем свидетельствует характер контакта между породами киевского и харьковского горизонтов – резкая ровная слегка волнистая плоскость между алевритами киевского горизонта и разнотекстурным, кварцево-глауконитовым песчаником харьковского горизонта. Отсутствие углов несогласий, следов значительного размыва и абразии позволяет говорить о развитии характерной для платформенных территорий с равнинным низменным рельефом ингрессии. Харьковское море представляло крупный «пролив», связывающий бассейны Днепровско-Донецкой впадины и Западной Европы. Морской бассейн имел максимальную площадь в позднем эоцене. На юге харьковское море заходило далеко в пределы Украинского щита. В конце эоцена море сильно обмелело, но не ушло с территории Беларуси. В раннем олигоцене (рюпеле) оно стало значительно мелководнее. Его площадь постепенно сокращалась. Процесс этот прерывался во время кратковременных ингрессий, что подтверждается формированием в ряде случаев ритмически-переслоенной песчано-алевритовой толщи осадков (районы у городов Кобрин и Каменец) [16]. Несмотря на это, связь между бассейнами Днепровско-Донецкой впадины и Балтийской синеклизы через Полесскую седловину и Подляско-Брестскую впадину не нарушалась вплоть до конца раннего олигоцена.

Харьковское море, занимая большую площадь, чем киевское, было значительно мелководнее (средняя глубина бассейна составляла 60–100 м) [15]. На смену морской карбонатной относительно глубоководной формации среднего эоцена в нем начали формироваться мелководные отложения терригенно-регрессивной формации. Акватория харьковского моря изобиловала отмелями и банками. Над уровнем моря в районе Луковско-Ратновского горста выступал крупный остров. Мелкие острова и подводные

поднятия с превышением 40–50 м возникли в местах развития локальных структур. В рельефе поверхности дна харьковского моря отсутствовали какие-либо значительные переуглубления, столь характерные для среднеэоценового киевского водоема, что может быть связано с тем, что на рубеже среднего – позднего эоцена эти районы испытали определенное поднятие. Постепенное обмеление и сокращение площади моря в раннем олигоцене, прерываемое ингрессиями, обусловило непрерывную миграцию береговой линии. Ее многочисленные подвижки привели к активизации деятельности глубинных течений, русла которых наследовали опущенные зоны сочленения тектонических структур. О принадлежности раннеолигоценового моря на территории Беларуси зоне мелководного шельфа свидетельствуют не только мощность и состав пород, но и характер палеоальгофлоры, включающей виды, способные существовать на небольшой глубине [10].

Отложения верхнего олигоцена формировались в восточной и северо-западной части впадины и представлены лиманно-дельтовыми песками и глинами *страдубского горизонта* и аллювиальными угленосными отложениями *крупейского горизонта* [17]. В позднем олигоцене существовали условия для развития карстовых процессов, связанных с подземным выщелачиванием карбонатной толщи мела. Образовавшиеся при этом котловины и западины заполнялись песчано-алевритовым материалом, а в возникших заболоченных водоемах происходило накопление бурого угля [18]. В разрезах скважин, пробуренных в районе г. Кобрин и г. п. Антополя, в основании угленосных неогеновых отложений вскрыты зеленовато-серые разнотекстурированные глауконитово-кварцевые пески с включением углистого материала. Мощность подугленосной толщи составляет 12–14 м, изменяясь от двух до нескольких десятков метров. Максимальные значения установлены в скважинах, которые пронизывают карстовые полости. На основании данных спорово-пыльцевого анализа вышеописанные отложения отнесены к верхнеолигоцену [19]. Верхнеолигоценные комплексы подстилают четвертичные образования в центральной части Пружанского р-на.

Палеогеографический рубеж между эпохами морского и континентального осадконакопления на территории Беларуси проявился во всех процессах и явлениях природной среды того переходного времени. Под воздействием комплекса экзогенных и эндогенных факторов произошли кардинальные изменения в рельефе, составе отложений, климате, растительности, в обновлении ландшафтов в целом. В конце раннего олигоцена море, которое покрывало огромные пространства на юге Восточно-Европейской платформы, достигавшие на востоке через Тургайский прогиб Западной Сибири и соединявшиеся через Припятский прогиб с морем Западной Европы, окончательно регрессировало с территории Беларуси. На оставленной морем низменности еще длительное время существовали реликтовые солоноватоводные озерные водоемы, которые располагались в прибрежных частях Подляско-Брестской впадины, вдоль границ сочленения положительных и отрицательных тектонических структур. В позднем олигоцене активизация тектонических процессов вызвала значительный подъем южной части территории Беларуси. Постепенно воздымались и осушались площади, некогда покрывавшиеся харьковским морем. На их месте формировались озерно-аллювиальные равнины с плоским рельефом и малыми амплитудами высот. Поверхность суши была слегка наклонена от Белорусского массива и Полесской седловины, по которым проходил основной водораздел, в сторону Подляско-Брестской впадины. В этом направлении вытягивались формировавшиеся долины крупнейших рек [14].

Заключение

Морские отложения палеогена в пределах Подляско-Брестской впадины представлены зеленовато-серыми мелкозернистыми глауконитово-кварцевыми песками,

бескарбонатными зеленовато-серыми алевроитами, светло-серыми мергелями киевского горизонта и мелкозернистыми глауконитово-кварцевыми песками, местами глинистыми, ожелезненными, иногда слабосцементированными глинисто-кремнистым цементом харьковского горизонта. Континентальные отложения палеогена представлены лиманно-дельтовыми песками и глинами страдубского горизонта и аллювиальными угленосными отложениями крупейского горизонта.

Основными палеогеографическими событиями, произошедшими в палеогене на рассматриваемой территории были регрессия последнего морского бассейна и окончательное повсеместное установление геократической обстановки, похолодание климата от тропического до умеренного и изменение его от морского до континентального. Наиболее резкое похолодание, связанное с глобальными климатическими процессами, совпало с началом олигоцена и отразилось в смене характера как наземной растительности, так и морских биоценозов, а также прекращении глауконитообразования в морской среде.

Следует отметить определенную независимость климатической ситуации палеогена от существования и регрессии морей ввиду их мелководности, малой массы вод, быстрой прогреваемости, а следовательно, и близости их физических характеристик с таковыми окружающей суши. В середине олигоцена на месте обширной и довольно однообразной области морской седиментации возникли значительно меньшие по площади и гораздо более дифференцированные по типам осадконакопления континентальные бассейны, продолжившие свое развитие в неогене.

С отложениями палеогеновой системы связан ряд полезных ископаемых, многие из которых еще недостаточно освоены, по достоинству оценены и требуют дальнейшего изучения: глауконит, фосфориты, янтарь (морские глауконитово-кварцевые пески и алевроиты), бурый уголь (угленосные континентальные отложения).

Авторы благодарят Л.И. Мурашко, Т.Б. Рылову и Т.В. Якубовскую за предоставленные материалы и научные консультации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко, Б. В. Основные черты тектонического строения Брестской впадины / Б. В. Бондаренко, Ж. В. Хотько // Тр. ИГН АН БССР. – 1961. – Вып. 3. – С. 93–107.
2. Тектоника Белоруссии / под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск, 1976. – С. 117–126.
3. Pożaryski, W. Południowo-zachodnia krawędź Fenno-Sarmacji / W. Pożaryski // Kwar. Geol. – 1957. – № 3–4. – S. 386.
4. Pożaryski, W. Jednostki geologiczne Polski / W. Pożaryski // Przegl. Geol. – 1963. – № 1. – S. 5.
5. Кустинская опорная скважина Брестской впадины / А. М. Синичка [и др.]. – М. : Недра, 1970. – 144 с.
6. Зиновенко, Г. В. Подляско-Брестская впадина: строение, история развития и полезные ископаемые / Г. В. Зиновенко, Р. Г. Гарецкий. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 142 с.
7. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / С. А. Кручек [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с.
8. Фурсенко, А. В. О палеогеографическом и стратиграфическом значении находок фораминифер в верхнеэоценовых отложениях Белоруссии и Литвы / А. В. Фурсенко, К. Б. Фурсенко // Науч. сообщ. Ин-та геологии и географии АН ЛитССР. – 1960. – Т. 12. – С. 17–32.

9. Фурсенко, А. В. Фораминиферы верхнего эоцена Белоруссии и их стратиграфическое значение / А. В. Фурсенко, К. Б. Фурсенко // Палеонтология и стратиграфия БССР : сборник. – Минск, 1961. – Вып. 3. – С. 246–347.
10. Новые данные по стратиграфии и палеогеографии палеогеновых отложений запада европейской части СССР / А. А. Григалис [и др.] // Совет. геология. – 1988. – № 12. – С. 43–54.
11. Мурашко, Л. И. Изотопный возраст глауконитово-кварцевых пород палеогена Беларуси / Л. И. Мурашко // Літасфера. – 1994. – № 1. – С. 183–184.
12. Проблемные вопросы стратиграфии янтареносных отложений Украинского Полесья / В. Ю. Зосимович [и др.] // Український бурштиновий світ : I міжнар. конф., Київ, 17–21 жовт. 2007 р. : тез. доп. / редкол.: П. Ф. Гожик [та ін.]. – Київ, 2007. – С. 20–23.
13. Палеотектоника Белоруссии / под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск : Наука и техника, 1983. – 182 с.
14. Палеогеография кайнозоя Беларуси / под ред. А. В. Матвеева. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2002. – 228 с.
15. Катинас, В. И. Янтареносная терригенно-глауконитовая формация палеогена Прибалтики и Белоруссии / В. И. Катинас // Тектоника, фации и формации запада Восточно-Европейской платформы / под ред. Р. Г. Гарецкого. – Минск, 1987. – С. 184–189.
16. Богомолова, Л. Н., Условия образования отложений киевской свиты Белоруссии / Л. Н. Богомолова, Р. А. Зинова, З. М. Клименко // Геологическое строение и развитие платформенного чехла Белоруссии : сб. науч. тр. / редкол.: А. М. Синичка (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 1992. – С. 127–133.
17. Мурашко, Л. И. Поздний олигоцен Беларуси / Л. И. Мурашко, Т. Б. Рылова, Т. В. Якубовская // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 1998. – Т. 6, № 4. – С. 67–80.
18. Геология Беларуси / под ред. А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
19. Бурлак, А. Ф. Новые литологические данные к стратиграфии и корреляции палеогеновых отложений запада СССР / А. Ф. Бурлак // Флора и фауна кайнозоя Беларуси. – Минск, 1992. – С. 105–107.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 23.11.2017

Bogdasarov M.A., Grechanik N.F., Kozhanov Y.D., Kukharik Ye.A. Geological Structure and Peculiarities of Formation of Paleogene Deposits of the Territory of the Podlass-Brest Depression

The work is devoted to the establishment of features of the geological structure and features of the formation of Paleogene deposits, distributed within the territory of the eastern (Belorussian) part of the Podlasie-Brest depression as a mineragenic sequence, which has practical potential for mastering, detailing the composition and genesis of sediments.

УДК 551.55 (476-14)

А.А. Волчек¹, А.В. Гречаник²¹*д-р геогр. наук, проф., декан факультета инженерных систем и экологии
Брестского государственного технического университета*²*магистр геогр. наук, аспирант каф. географии и природопользования
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
e-mail: Volchak@tyt.by; GrachanikA@tut.by*

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СРЕДНЕГОДОВОЙ СКОРОСТИ ВЕТРА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Приведены результаты анализа временных рядов среднегодовой скорости ветра на территории Беларуси по данным 49 метеорологических станций за период инструментальных наблюдений. Дана оценка пространственной однородности с помощью пространственно-корреляционных функций.

Введение

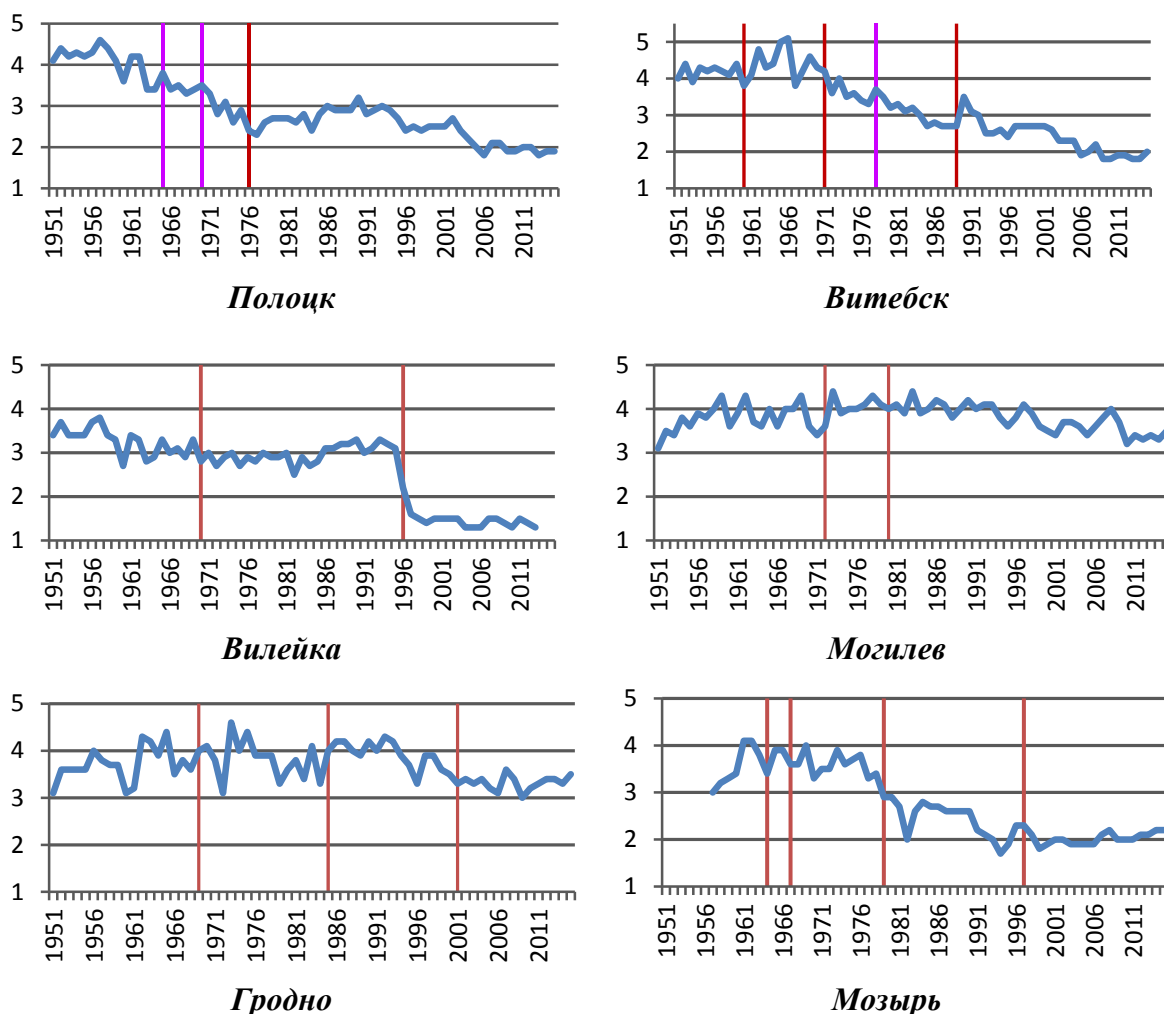
В связи с изменениями климата, происходящими в последние десятилетия, возросли требования к данным гидрометеорологических наблюдений, ведь именно качественные и однородные массивы данных являются необходимым условием для изучения причин и механизмов происходящих изменений. Главными требованиями к данным являются длительность и непрерывность наблюдений, однородность временных рядов метеорологических элементов. Установлено, что существенное влияние на однородность рядов скорости ветра оказывают такие факторы, как смена высоты установки ветроизмерительного прибора, изменение местоположения метеорологической площадки, изменение микроклимата метеоплощадки вследствие изменения характера окружающей местности (урбанизация, вырубка и насаждение леса и т.п.).

Вопросы выявления статистической неоднородности играют важную роль при оценке колебания климата, а также в различных прикладных метеорологических дисциплинах, в том числе при расчете прогноза погоды.

За время наблюдений за ветром на метеорологических станциях Беларуси происходили определенные изменения. Так, в 70-е гг. XX в. на станциях произошла смена ветроизмерительных приборов. На смену флюгерам Вильда пришли новые анеморумбометры. Ученые проводились исследования по сопоставимости результатов наблюдений, полученных с помощью флюгера и анеморумбометра. В работе Мещерской [1] показано, что результаты приведения разными методиками практически не отличаются для скоростей ветра до 14 м/с. Поскольку для территории Беларуси такие скорости ветра характерны только для сотых долей процентов и отмечаются только на отдельных метеорологических станциях, вопрос приведения скоростей флюгер – анеморумбометр теряет свою актуальность.

На протяжении многолетних наблюдений метеорологические станции и площадки неоднократно меняли свое местоположение (рисунок 1). Перенос станции в другое место фактически обрывает ряд наблюдений и начинает новый. Переносы пунктов наблюдений могут быть вызваны различными причинами, например, плотная городская застройка вблизи метеорологической площадки либо перенос в более характерный для данного региона пункт наблюдения. Перенос метеорологических наблюдений в сходную среду может не сказаться на однородности ряда, но при смене условий вероятность больших изменений существует [2].

Кроме того, одной из причин неоднородности ряда может служить и изменение степени защищенности метеорологической площадки вследствие урбанизации либо подрастания/спиливания близлежащих деревьев.



(вертикальная линия – год переноса метеорологической площадки)

Рисунок 1. – Хронологический ход среднегодовой скорости ветра по выборочным метеорологическим станциям Беларуси

Поля гидрометеорологических элементов являются крайне изменчивыми как в пространстве, так и во времени. При статистическом подходе поле скорости ветра можно рассматривать как случайное. При статистическом подходе рассматривается не индивидуальные свойства поля, а лишь его статистические характеристики, которые позволяют установить общие особенности, характерные для всего набора реализаций. Именно эти особенности называют статистической структурой случайного поля. Это позволяет по достаточно небольшому количеству данных судить о свойствах изучаемого элемента в пределах большой территории.

Целью данной работы является анализ однородности временных рядов скорости ветра осредненных за год за период инструментальных наблюдений на территории Республики Беларусь и его статистической структуры.

Материалы и методы исследования

Исходным материалом для проведения исследования явились данные многолетних инструментальных наблюдений за скоростью ветра на 49 метеорологических станциях Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды за период 1966–2015 гг. Данные метеорологические станции работают по программе станций II разряда, измерения скорости ветра осуществляется по стандартной методике. Также в работе использованы данные Справочников по климату СССР за период 1951–1965 гг. [3; 4].

Для гидрометеорологических исследований недостаточность выборок является наиболее серьезным моментом, сдерживающим исследования статистической структуры случайного поля.

Для анализа однородности рядов скорости ветра нами использован способ объединения значений конкретных среднегодовых значений в одну выборку. В настоящей работе использован один из методов проверки однородности – метод годопунктов. Суть метода состоит в построении эмпирической кривой обеспеченности по совокупности, полученной при объединении статистически однородных независимых временных рядов скорости ветра V во множестве пунктов наблюдений $V_{n1}, V_{n2}, \dots, V_{nm}$ в единый пространственно-временной ряд $V_1, V_2, \dots, V_N$ ($N = n_1 + n_2 + \dots + n_m$), где $n_1, n_2, \dots, n_m$ – продолжительность периодов наблюдений на множестве метеорологических станций m .

Используемый метод позволяет привлечь к статистической обработке значительный по объему исходный материал. Полученные предлагаемым методом кривые распределения и их статистические моменты должны быть репрезентативными для значительных по размерам территорий во времени.

Первый этап анализа – исследование отобранных рядов скорости ветра. В статистическом смысле подобная задача адекватна задаче проверки «нуль-гипотезы» и сводится к доказательству принадлежности отдельных выборок к одной генеральной совокупности объединенных рядов. Положительный исход проверки «нуль-гипотезы» для объединяемых выборок позволяет формировать одну квазистационарно однородную совокупность, являющуюся отражением физического существа процесса формирования поля скорости ветра и обладающую большей информативностью, чем каждый из объединенных рядов [5].

Если на изучаемой территории расположено j ($j = 1, \dots, k$) метеорологических станций, имеющих продолжительность наблюдений за режимом ветра i ($i = 1, \dots, N$) лет, то совокупность всех средних многолетних значений скорости ветра j -х лет есть матрица $\|V_{nk}\|$ и соответствующие ей матрицы дисперсий S_{ij}^2 и степеней свободы $f_{ij} = n_{ij} - 1$, где n_{ij} – объем соответствующей выборки: $\|S_k^2\|$ и $\|f_k\|$.

Второй этап проверки однородности объединяемых рядов заключается в использовании критерия Колмогорова на базе предложенного Г.А. Алексеевым приема сравнения частных кривых обеспеченности с объединенной кривой. В данном случае в качестве заданного (теоретического) закона распределения выступает кривая обеспеченности объединенного ряда, построенная без участия параметров, определенных по сравниваемой с ней выборке. Это значит, что мера расхождения между указанными кривыми подчиняется теоретическому распределению критерия [6].

Алгоритм проверки однородности рядов следующий:

1) единый пространственно-временной ряд ранжируется в убывающем порядке и определяется обеспеченность S -го элемента истинной кривой обеспеченности;

2) сравнивается обеспеченность каждого элемента индивидуальных выборок P_{ϑ} с теоретической обеспеченностью P_T , которые рассчитываются так:

$$P_{\vartheta} = \frac{j}{n_j + 1}, \quad P_T = \frac{S}{m + 1},$$

где j – порядковый номер элемента эмпирической кривой; S – порядковый номер элемента в ранжированной выборке объединенного ряда; m – общий объем выборки;

3) определяется наибольшая мера расхождения между теоретической и эмпирической обеспеченностями $D_{\max} = |P_{\vartheta} - P_T|$;

4) рассчитывается критерий расхождений $\lambda = D_{\max} \sqrt{n_i}$ и сравнивается с критическим значением $\lambda_{кр}$, найденным предварительно по теоретическому распределению критерия $P(\lambda)$ для уровня значимости $\alpha_{кр} = 5\%$;

5) после проверки всех индивидуальных рядов отбракованные выборки исключаются из объединенной совокупности и процедура проверки повторяется до исключения всех неоднородных выборок;

6) полученная совокупность считается однородной и методом моментов оцениваются ее параметры.

Использование данного метода позволяет решить задачу сравнения выборочных средних и тем самым выделять статистически однородные (на некотором уровне значимости) ряды характеристик скорости ветра рассматриваемой территории при статистически обоснованных параметрах масштабности явления. Преимущество этого подхода заключается в использовании несинхронных рядов наблюдений с различным числом лет.

Для исследования пространственно-временных колебаний необходимо наличие однородного и изотропного поля. Исходя из этого проводится предварительное районирование территории и оценивается статистическая структура поля. Поле скорости ветра, как правило, не является однородным и изотропным.

Для обеспечения условия изотропности поля наряду с равенством дисперсий рядов наблюдений следует доказать зависимость корреляций только от расстояний. При густой метеорологической сети это условие можно проверить путем сравнения пространственных корреляционных функций, построенных по данным наблюдений на станциях, имеющих взаимное расположение.

При оценке изотропности поля можно использовать приемы, связанные с анализом пространственной корреляционной функции, построенной по данным всего поля.

Оценка статистической однородности пространственно-корреляционной функции осуществлялась по методу Г.А. Алексеева [7]. Эмпирические зависимости $R = f(\rho)$ обычно получаются при осреднении коэффициентов корреляции по принятым градациям расстояний. Этот прием справедлив для однородной и изотропной пространственной корреляционной функции, когда отклонения парных коэффициентов корреляции от средних $R = f(\rho)$ объясняется случайными флуктуациями выборочных коэффициентов корреляции. При вычислении корреляционной функции по выборочным данным получают не истинное значение корреляционной функции, а лишь ее оценку R . Эта оценка может характеризовать генеральное значение корреляционной функции в некотором доверительном интервале, величина которого зависит от вида эмпирического закона распределения коэффициентов корреляции.

Аппроксимация пространственной корреляционной функции осуществляется зависимостью:

$$R(\rho) = R(0) + \alpha \cdot \rho. \quad (1)$$

Довольно сложной задачей является установление закона распределения эмпирических коэффициентов корреляции, поэтому обычно используют преобразование Фишера:

$$Z_{jk} = \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{1 + \bar{R}(\rho_{jk})}{1 - \bar{R}(\rho_{jk})} \right) + \frac{\bar{R}(\rho_{jk})}{2 \cdot (N_{jk} - 1)}, \quad (2)$$

где $\bar{R}(\rho_{jk})$ – коэффициенты корреляции, снятые с теоретической (откорректированной) корреляционной функции; N_{jk} – число пар наблюдений, по которым вычислены коэффициенты корреляций.

В этом случае распределение Z даже при небольшом числе совместных лет наблюдений и высоких коэффициентах корреляции дает хорошие результаты. Поскольку величина Z в результате преобразования R по (2) распределена по нормальному закону, то с доверительной вероятностью $(1 - p)$ для нас справедлива оценка:

$$\bar{Z}(\rho_{jk}) - t_{1-p} \cdot \sigma_{Zjk} < \bar{Z}_{jk} < \bar{Z}(\rho_{jk}) + t_{1-p} \cdot \sigma_{Zjk}, \quad (3)$$

где $t_{1-p} = (Z_{jk} - \bar{Z}(\rho_{jk})) / \sigma_{Zjk}$ – квантиль нормального распределения при заданной доверительной вероятности $1-p$; $\sigma_{Zjk} = 1 / \sqrt{N_{jk} - 1}$ – средние квадратические отклонения вспомогательных величин Z_{jk} от их условных средних значений.

Необходимым и практически достаточным условием однородности корреляционной функции в пределах рассматриваемого района является выполнение неравенства $|Z_{jk} - \bar{Z}(\rho_{jk})| \geq \sigma_{Zjk} \approx 31,7\%$ или $2 \cdot \sigma_{Zjk} \approx 4,6\%$ (где 31,7 и 4,6 % – соответственно число случаев от общего числа эмпирических значений). При больших расхождениях между теоретическими и эмпирическими вероятностями «нулевая» гипотеза отвергается и признается альтернативная гипотеза «неоднородности» эмпирической пространственной корреляционной функции. В этом случае исходное поле рассматриваемого элемента должно быть уменьшено. Проверка однородности при этом повторяется.

Результаты их обсуждение

Анализ однородности статистической структуры поля скорости ветра на территории Беларуси выполнен по данным 49 метеорологических станций, работающих по программе станций II разряда.

Проведенный по вышеописанной методике анализ показал, что 15 метеорологических станций (Брест, Ганцевичи, Ивацевичи, Василевичи, Житковичи, Березино, Вилейка, Колодищи, Нарочь, Столбцы, Кличев, Березинский заповедник, Верхнедвинск, Лепель, Лынтупы) выпадают из общей статистической структуры поля ветра на территории Беларуси (таблица 1). Эти метеостанции не вписываются по тем или иным причинам в общую структуру формирования ветрового режима на рассматриваемой территории и их необходимо исключить из рассматриваемой совокупности данных. После выбраковки отмеченных временных рядов статистическую структуру поля среднегодовой скорости ветра можно признать однородной.

Таблица 1. – Результаты статистического анализа временных рядов среднегодовой скорости ветра на территории Беларуси

№ п/п	Метеорологическая станция	Годы наблюдений	P_{Σ}	P_T	$D_{\max}$	λ	$P(\lambda)$	$\lambda_{кр}$
1	Барановичи	1951–2015	0,0152	0,0127	0,0025	0,0202	–	–
2	Брест	1951–2015	0,0152	0,1916	0,1764	1,4222	0,9650	0,0350
3	Высокое	1952–2015	0,0154	0,0302	0,0148	0,1184	–	–
4	Ганцевичи	1951–2013	0,0156	0,2752	0,2596	2,0605	0,9993	0,0007
5	Ивацевичи	1951–2013	0,0156	0,1550	0,1394	1,1065	0,8273	0,1727
6	Пинск	1951–2015	0,0152	0,0027	0,0125	0,1008	–	–
7	Полесская, болотная	1951–1965; 1977–2015	0,0182	0,0312	0,013	0,0955	–	–
8	Пружаны	1951–2013	0,0156	0,0698	0,0542	0,4302	0,0074	0,9926
9	Брагин	1951–2013	0,0156	0,0701	0,0545	0,4326	0,0080	0,9920
10	Василевичи	1951–2015	0,0152	0,2373	0,2221	1,7906	0,9967	0,0033
11	Гомель	1951–2015	0,0152	0,0007	0,0145	0,1169	–	–
12	Житковичи	1951–2015	0,0152	0,2805	0,2653	2,1389	0,9997	0,0003
13	Жлобин	1951–2015	0,0154	0,0450	0,0296	0,2368	–	–
14	Лельчицы	1951–2013	0,0159	0,0309	0,015	0,1181	–	–
15	Мозырь	1957–2015	0,0167	0,0711	0,0544	0,4179	0,0052	0,9948
16	Октябрь	1985–2015	0,0170	0,0960	0,076	0,5788	0,1090	0,8910
17	Чечерск	1951–2003; 2003–2013	0,0196	0,0718	0,0522	0,3691	0,0008	0,9992
18	Волковыск	1951–2015	0,0152	0,0188	0,0036	0,0290	–	–
19	Гродно	1951–2015	0,0152	0,0074	0,0078	0,0629	–	–
20	Лида	1951–2015	0,0152	0,0201	0,0049	0,0395	–	–
21	Новогрудок	1953–2015	0,0156	0,0047	0,0109	0,0865	–	–
22	Ошмяны	1963–2015	0,0185	0,0215	0,003	0,0218	–	–
23	Березино	1951–2015	0,0152	0,1785	0,1633	1,3166	0,9310	0,0690
24	Борисов	1951–2015	0,0152	0,0812	0,066	0,5321	0,0604	0,9396
25	Вилейка	1951–2013	0,0156	0,1805	0,1649	1,3089	0,9350	0,065
26	Воложин	1951–2015	0,0152	0,0154	0,0002	0,0016	–	–
27	Колодищи	1982–2012	0,0357	0,4003	0,3646	1,8945	0,9984	0,0016
28	Марьино Горка	1951–2015	0,0152	0,0037	0,0115	0,0927	–	–
29	Минск	1951–2015	0,0152	0,0101	0,0051	0,0411	–	–
30	Нарочь, озерная	1961–1968; 1976–1986; 2000–2015	0,0303	0,4617	0,4314	2,4407	0,9999	0,0001
31	Слуцк	1951–2015	0,0152	0,0161	0,0009	0,0073	–	–
32	Столбцы	1968–2015	0,0208	0,1480	0,1272	0,8720	0,56750	0,4325
33	Бобруйск	1951–2015	0,0152	0,0144	0,0008	0,0065	–	–
34	Горки	1951–2015	0,0152	0,0010	0,0142	0,1145	–	–
35	Кличев	1959–2015	0,0172	0,1738	0,1566	1,1823	0,8779	0,1221
36	Костюковичи	1951–2015	0,0152	0,0151	0,0001	0,0008	–	–
37	Могилев	1951–2015	0,0152	0,0225	0,0073	0,0589	–	–
38	Славгород	1951–2015	0,0159	0,0232	0,0073	0,0575	–	–
39	Березинский заповедник	1979–2015	0,0263	0,1852	0,1589	0,9666	0,6924	0,3076
40	Верхнедвинск	1951–2015	0,0156	0,2651	0,2495	1,9803	0,9992	0,0008
41	Витебск	1951–2015	0,0152	0,0003	0,0149	0,1201	–	–
42	Докшицы	1951–2013	0,0159	0,0017	0,0142	0,1118	–	–
43	Езерище	1956–2015	0,0164	0,0614	0,045	0,3486	0,0003	0,9997

Окончание таблицы

44	Лепель	1951–2015	0,0152	0,3594	0,3442	2,7750	0,9999	0,0001
45	Лынтупы	1951–2015	0,0152	0,2275	0,2123	1,7116	0,9943	0,0057
46	Орша	1951–2015	0,0152	0,0396	0,0244	0,1967	–	–
47	Полоцк	1951–2015	0,0152	0,0114	0,0038	0,0306	–	–
48	Сенно	1951–2015	0,0152	0,0117	0,0035	0,0282	–	–
49	Шарковщина	1951–2015	0,0152	0,0024	0,0128	0,1032	–	–

В связи с тем, что временные ряды имеют ограниченную длину, а различия критического значения $\lambda_{кр}$ находятся в пределах ошибки, то, приняв уровень значимости согласно рекомендациям [8], можно принять $\lambda_{кр}=1,36$ при $\alpha_{кр}=5\%$. В этом случае в концепцию однородности статистической структуры поля среднегодовой скорости ветра вписываются еще 6 метеостанций: Ивацевичи, Березино, Вилейка, Столбцы, Кличев, Березинский заповедник.

Как показал анализ, статистическая структура поля среднегодовой скорости ветра при исключении выше отмеченных метеостанций является однородной. Исключенные временные ряды, как правило, отличаются невысокими среднегодовыми скоростями ветра и расположены не в типичных местах и т.д.

С учетом того, что скорость ветра – динамическая характеристика, исходные выборки, являющиеся количественным отражением конкретного поля ветра, статистически однородны лишь на некотором временном интервале и для ограниченной по размерам территории.

Далее приведены результаты анализа статистической структуры поля скорости ветра, выполненного по единой методике с учетом общности территории, интервала осреднения и расчетного периода.

Анализ пространственно-корреляционных функций (ПКФ) поля скорости ветра выполнен как для территории республики в целом, так и для отдельных физико-географических провинций, выделяемых согласно европейской десятичной системе районирования. Проведенный анализ показал, что в целом для территории Беларуси поле скорости ветра описывается линейной моделью, а именно:

$$R(\rho) = 0,777 - 0,0004 \cdot \rho.$$

Коэффициент корреляции полученного уравнения $r = 0,193$, что больше критического при $\alpha = 5\%$ равного $r_{кр} = 0,062$. Как показал анализ, статистическая структура поля среднегодовой скорости ветра для территории Беларуси в целом является неоднородной (рисунок 2).

При дифференциации территории ПКФ являются однородными для Восточно-Белорусской провинции, а также для Белорусской Поозерской провинции при исключении данных метеорологической станции Лынтупы. Как было отмечено выше, метеостанция Лынтупы также не вписывается в статистическую структуру поля скоростей ветра. Однородность статистической структуры поля среднегодовой скорости ветра на данных территориях обусловлена сравнительно небольшими размерами и однородностью ландшафтов, господствующим переносом воздушных масс. Западно-Белорусская, Предполеская и Полеская провинции характеризуются неоднородным полем, что связано с большой протяженностью территории и ее физико-географическими особенностями. Так, для Западно-Белорусской провинции характерна большая расчлененность рельефа (возвышенности Белорусской гряды чередуются с долинами рек). Предполеская и Полеская провинции протянулись с запада на восток через всю Беларусь. Однородность поля ветра данных провинций увеличивается, если исключить данные

метеорологических станций, расположенных на западе: для Полесья – Высокое и Брест, для Предполесья – Ивацевичи и Пружаны. Как отмечалось ранее, метеостанции Брест и Ивацевичи также не вписываются в статистическую структуру поля скоростей ветра.

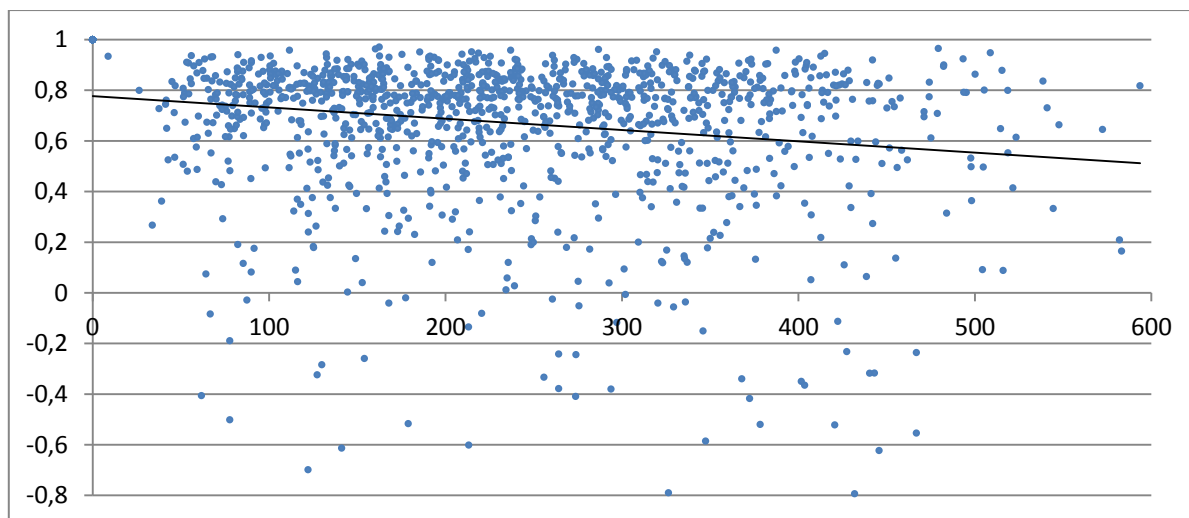


Рисунок 2. – Пространственно-корреляционная функция среднегодовой скорости ветра на территории Беларуси

Заключение

Анализ общей статистической структуры поля ветра на территории Беларуси показал, что 15 метеорологических станций не вписываются по тем или иным причинам в общую структуру формирования ветрового режима на рассматриваемой территории и их необходимо исключить из рассматриваемой совокупности данных.

Анализ пространственно-корреляционных функций показал, что статистическая структура поля среднегодовой скорости ветра для территории Беларуси в целом является неоднородной. При дифференцированном анализе выделены две однородные физико-географические провинции: Восточно-Белорусская и Белорусское Поозерье, – отличающиеся небольшими размерами и однородным ландшафтом. Западно-Белорусская, Предполесская и Полесская провинции имеют неоднородную статистическую структуру поля среднегодовой скорости ветра.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменение скорости ветра на севере России во второй половине XX века по приземным и аэрологическим данным / А. В. Мещерская [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 9. – С. 46–58.
2. Селютин, В. С. Построение однородных рядов данных основных метеорологических величин для территории Брянской области / В. С. Селютин // Вестн. Брянск. гос. ун-та. – 2012. – № 4 (2). – С. 213–219.
3. Справочник по климату СССР : в 34 вып. / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – М. : Гидрометеоиздат, Моск. отд-ние. – 1975. – Вып. 7 : Белорусская ССР : в 6 ч. – Ч. 3 : Метеорологические данные за отдельные годы в 2 т. – Т. 2 : Скорость ветра. – 473 с.
4. Справочник по климату СССР : в 34 вып. / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – М. : Гидрометеоиздат, Моск. отд-ние. – 1975. – Вып. 7 :

Белорусская ССР : в 6 ч. – Ч. 3 : Метеорологические данные за отдельные годы : в 2 т. – Т. 1 : Направление ветра. – 593 с.

5. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Минск : Топник, 2006. – 160 с.

6. Исследование и расчеты речного стока / под ред. В. Д. Быкова. – М. : МГУ, 1981. – 228 с.

7. Алексеев, Г. А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей / Г. А. Алексеев. – Л. : Гидрометеиздат, 1971. – 363 с.

8. Егорова, Ю. Б. Проверка гипотезы о нормальном законе распределения : метод. указания к практ. занятиям по дисциплине «Математическая статистика» / Ю. Б. Егорова, И. М. Мамонов. – М. : МАТИ, 2008. – 20 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 25.01.2019

Volchak A.A., Grechanik A.V. Spatio-Temporal Fluctuations and Assessment of the Homogeneity of the Time Series of the Average Annual Wind Speed for the Territory of Belarus

The results of the analysis of the time series of the average annual wind speed on the territory of Belarus based on data from 49 meteorological stations for the period of instrumental observations are given, as well as an assessment of spatial homogeneity using spatial correlation functions.

УДК 551.438.5(476-15):626.80

Е.А. Кухарик

магистр геогр. наук,
аспирант лаб. геодинамики и палеогеографии
Института природопользования НАН Беларуси
e-mail: shzhk@mail.ru

ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕЛЬЕФА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Приведены краткие сведения по истории проведения мелиоративных работ и изученности вопросов техногенного преобразования ландшафтов. Рассмотрены конструктивные особенности сооружаемых в процессе гидромелиоративного строительства каналов, определены параметры этих техноморф. С использованием сведений из опубликованных источников и фондовых материалов дана оценка измененности рельефа юго-запада Беларуси по параметрам объемов техногенно-перемещенных грунтов и интенсивности трансформации земной поверхности. Так, средние значения этих показателей составляют $3\,619\text{ м}^3/\text{км}^2$ и $24,9\text{ м}^3/\text{км}^2/\text{год}$ соответственно. Полученные сведения позволили сделать вывод о том, что темпы трансформации земной поверхности региона за последние 145 лет значительно превысили суммарное воздействие всех природных процессов.

Введение

Впервые мелиоративные работы на территории западной части Белорусского Полесья начали проводиться в XVI в., когда королева Бона Сфорца организовала осушение болот в пределах своих владений в окрестностях городов Пинск, Кобрин, Малорита и др. [1; 2]. В дальнейшем вплоть до конца XIX в. мелиоративное освоение болот проводилось на землях крупных магнатов и помещиков. Первые масштабные гидромелиоративные мероприятия в юго-западной Беларуси были выполнены во время работы Западной экспедиции (1873–1898 гг.) под руководством И.И. Жилинского. Строились мелиоративные системы, включавшие в себя магистральные и регулирующие каналы и другие сооружения. Однако наиболее активно мелиоративное строительство на территории Полесья осуществлялось с 1954 до конца 1980-х гг. [1; 3; 4]. Этот процесс сопровождался интенсивным воздействием на земную поверхность региона.

Вопросы преобразования рельефа в результате мелиоративного освоения земель юго-запада Беларуси в разное время рассматривались В.С. Аношко [5], Н.Н. Бамбало-вым [6], А.Н. Галкиным [7], Н.Ф. Гречаником [8], В.Н. Карнауховым [9], И.И. Лиштваном [10], И.С. Лупиновичем [11], А.В. Матвеевым [12], С.Ф. Савчиком [13], С.Г. Ско-ропановым [14] и др.

В процессе гидромелиоративного строительства на территории исследуемого региона была создана протяженная сеть каналов-осушителей различных классов, построено большое количество гидротехнических сооружений, канализированы участки многих рек. Совокупность инженерно-геологических объектов, созданных в процессе мелиоративного освоения болот Полесья, А.Н. Галкин [7] рассматривает в качестве *водо-хозяйственной литотехнической системы (ЛТС) регионального уровня*. В данном типе выделены два вида литотехнических систем (*водная и гидротехническая*), которые рассматриваются в данной работе.

Материалы и методы исследований

Материалами для исследования послужили полевые работы, среднемасштабные топографические карты разных годов, а также мелкомасштабные карты из Национального атласа Беларуси [15], Общегеографического атласа Брестской области [16], технические нормативные документы и научные публикации.

На первом этапе производились картографические измерения в пределах квадратов 4 км^2 . Целью работ было определение протяженности мелиоративных каналов и канализованных участков рек в пределах каждого из квадратов километровой сетки на всех листах топографических карт, охватывающих район исследований, и создание базы данных. На втором этапе выполнялась генерализация полученных материалов и сведение их к единой схеме в масштабе $1 : 500\,000$. Для этого была составлена прозрачная основа с сетью квадратов площадью 100 км^2 . Вся изучаемая территория на схеме в масштабе $1 : 500\,000$ была разбита на 322 участка, для которых рассчитывалась протяженность мелиоративных каналов различных классов и канализованных участков рек. На третьем этапе осуществлялись расчеты для определения объемов перемещенных грунтов при строительстве гидромелиоративных сооружений. Для этого с использованием технической документации, а также опубликованных научных работ по данной тематике был вычислен объем одного погонного метра выемки для исследуемых групп объектов (таблица).

Таблица. – Усредненные параметры каналов и канализованных участков рек [17; 18]

Тип сооружения	Ширина, м	Глубина, м	Объем грунтов, извлекаемых при проходке 1 погонного метра, м^3
Судоходный канал	40	2	80
Магистральный	6	2	12
Открытый осушитель	3	1,2	3,6
Канализованный участок реки	10	2	20

Имеющиеся показатели протяженности различных типов каналов в пределах каждого из 322 участков умножались на значение объема извлекаемого грунта в процессе прокладки одного погонного метра выемки. В итоге были получены данные по суммарному объему сооруженных в процессе гидромелиоративного строительства выемок (в м^3). Все полученные значения были приведены к единице площади (км^2). Это послужило источником информации для построения схемы распределения перемещенных грунтов на территории юго-запада Беларуси. При выполнении картографических работ автор воспользовался рекомендациями С.В. Ракетъ.

Единственным судоходным каналом на юго-западе Беларуси является Днепровско-Бугский водный путь. Также крупным гидротехническим сооружением является Огинский канал. В основном же сеть каналов региона представлена мелиоративными системами.

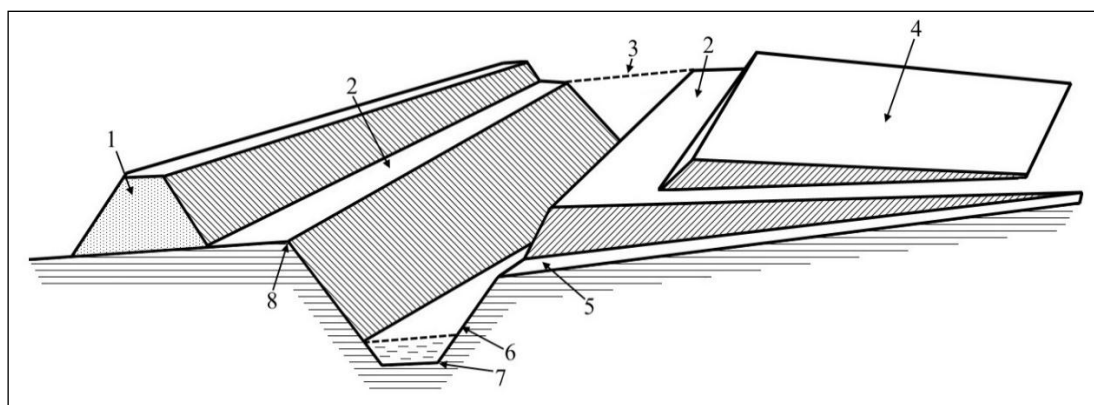
Осушительная мелиоративная система представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств, обеспечивающих создание оптимального водного режима на переувлажненных землях, и включает в себя осушаемую территорию, регулирующую, оградительную и проводящую сеть, водоприемник, гидротехнические объекты, дорожную сеть и другие элементы. Проектируется на основе материалов геодезических, инженерно-геологических, геоморфологических, гидрогеологических, гидрологических, гидрометеорологических, почвенных изысканий [19–21]. На территории Белорусского Полесья применяются в основном осушительные системы открытого типа, регулирующая сеть которых представлена каналами и канавами.

Строительство открытой осушительной сети является наиболее сложным и трудоемким процессом в комплексе мелиоративного строительства. Осушение болот и заболоченных земель начинается с регулирования рек-водоприемников, способных одновременно принимать и отводить воду, поступающую с водосбора. Позднее проводится подготовка территории к прокладке магистральных, коллекторных, нагорно-ловчих и регулирующих каналов и начинается строительство [17].

Осушительные каналы прокладываются в выемках. При этом выполняется разработка грунта, перемещение его в кавальер, проводится планировка откосов и дна канала, разравнивание кавальеров и их профилирование, планирование бермы, в понижениях рельефа сооружаются воронки для сброса поверхностных вод. При необходимости прокладки вдоль канала дорог сооружаются дамбы и насыпи из местных минеральных грунтов [17]. Форма поперечного сечения каналов открытой осушительной сети обычно принимается трапецеидальной [23] (рисунок 1).

Расстояние между каналами открытой осушительной сети рассчитывается по различным формулам (в зависимости от природно-геологических и других условий). Глубина каналов назначается из условий обеспечения необходимой нормы осушения: минимальная для минеральных почв – 1 м, для торфяных – 1,2 м после осадки торфа; максимальная для мелких каналов-осушителей – 1,4–1,5 м [22].

Кроме открытой осушительной сети, на изучаемой территории большие площади заняты дренажными системами. При прокладке дрен проводится выемка грунтов, но затем созданные техноморфы засыпаются, и земная поверхность приобретает первоначальный облик, т.е. формально трансформация земной поверхности является минимальной. Также при строительстве мелиоративных систем сооружаются водохранилища. Всего в юго-западной Беларуси насчитывается 44 водохранилища. Изучение влияния водохранилищ на изменение рельефа является предметом отдельного исследования, поэтому в данной работе эти вопросы не рассматриваются.



1 – неразровненный кавальер; 2 – берма; 3 – ширина канала сверху;
4 – разровненный кавальер; 5 – воронка для стока воды; 6 – откос; 7 – дно; 8 – бровка

Рисунок 1. – Элементы поперечного сечения осушительного канала

Основным нормативным документом, который регламентирует параметры мелиоративных систем и сооружений, на данный момент является технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.03-163-2009 (02250) «Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования» [18].

Результаты и их обсуждение

Направленное воздействие на земную поверхность в процессе осушения болот и заболоченных пространств начинается на первом этапе гидромелиоративного строительства. Во время прокладки выемок и отсыпки кавальера значительно видоизменяются природные, возникают новые формы рельефа – мелиоративные техноморфы, происходит нарушение естественного залегания и перемещение значительных объемов грунтов. Так, в процессе сооружения выемки мелиоративного канала образуется кавальер – земляной вал, сложенный изъятными грунтами. При разравнивании кавальера на терри-

тории осушительной системы распределяется слой грунта мощностью 0,15–0,5 м [17]. В случае если кавальер не разравнивается, слагающие его грунты могут быть использованы для сооружения насыпей дорог.

Значительное изменение рельефа региона происходит во время работ по канализации русел рек-водоприемников. Спрямяются продольные очертания берегов, прибрежные пространства обваловываются или перекрываются железобетонными конструкциями. Примером такой трансформации могут служить претерпевшие значительные изменения в процессе канализации участки русел рек Пина, Ясельда, Бобрик и др. При сооружении шлюзов, дамб и плотин, польдерных систем возникают системы положительных линейных техноморф, что приводит к значительному изменению общего рельефного фона местности.

Позднее в процессе эксплуатации мелиоративных систем широкое развитие получают эрозионные и гравитационные процессы. Значительное количество продуктов плоскостной эрозии, которая проявляется на территории осушительной системы, поступает в открытую сеть, отлагается на дне и откосах каналов. В русле мелиоративного канала протекает линейная (русловая) эрозия, которая приводит к размыву участков дна и берегов. По данным В.Н. Карнаухова [9], при переходе от полей к каналам, а далее к рекам-водоприемникам отмечается затухание удельного транспорта продуктов эрозии. Эродируемый материал в значительной степени накапливается в руслах мелиоративных каналов, что приводит к их обмелению и зарастанию. Это создает риск подтопления осушаемых пространств и приводит к выходу мелиоративных систем из строя. В связи с этим А.Н. Галкин [7] обосновал целесообразность проведения инженерно-геологического мониторинга водохозяйственных литотехнических систем с целью обеспечения управления ими и предупреждения развития геологических опасностей на мелиорируемых землях, построения наиболее оптимальных стратегий природопользования на всех этапах строительства и эксплуатации каналов и гидротехнических сооружений.

В результате гидромелиоративного строительства происходит перемещение огромных масс грунтов, что в значительной степени предопределяет характер трансформации рельефа. Чтобы количественно охарактеризовать этот процесс, автором использованы два показателя – суммарные объемы перемещенного материала и показатель интенсивности преобразования земной поверхности, выраженные в $\text{м}^3/\text{км}^2$ и $\text{м}^3/\text{км}^2/\text{год}$ соответственно.

Расчет этих показателей проводился с учетом того, что на территории изученного региона каналы имеют разные классы. Так, крупнейшее гидротехническое сооружение на территории исследуемого региона – Днепроовско-Бугский канал – протянулся с запада на восток на 243,2 км, соединив реки Мухавец и Пина. Канализация участков рек Полесья осуществляется в результате проведения крупных гидротехнических мероприятий или в том случае, если водоток используется в качестве водоприемника избыточных вод, поступающих из осушительных систем. Наиболее крупные мелиоративные каналы, имеющие ширину от 10 до 20 м, прокладываются в наиболее пониженных местах дневной поверхности и впадают в реки-водоприемники или водохранилища. Однако наиболее распространенными являются каналы шириной до 10 м, которые становятся наименьшими звеньями мелиоративной системы, обеспечивают прием и отвод избыточных поверхностных и грунтовых вод и образуют на осушаемых землях густую сеть. В некоторых районах (севернее городов Пинск и Иваново, западнее г. Каменец, окрестности городов Столин и Малорита) сеть мелиоративных каналов развита слабо. Эти участки совпадают с развитием краевых ледниковых образований, водно-ледниковых и моренных равнин (Высоковской, Логишинской, Загородье, Столинской, Малоритской и др.), что исключало необходимость проведения обширных мелиоративных работ на этих территориях из-за отсутствия больших по площади болотных массивов.

С учетом распространения перечисленных классов каналов и канализированных участков рек и данных таблицы была построена схема объемов перемещенных грунтов (рисунок 2), по которой можно судить о трансформации земной поверхности юго-запада Беларуси.

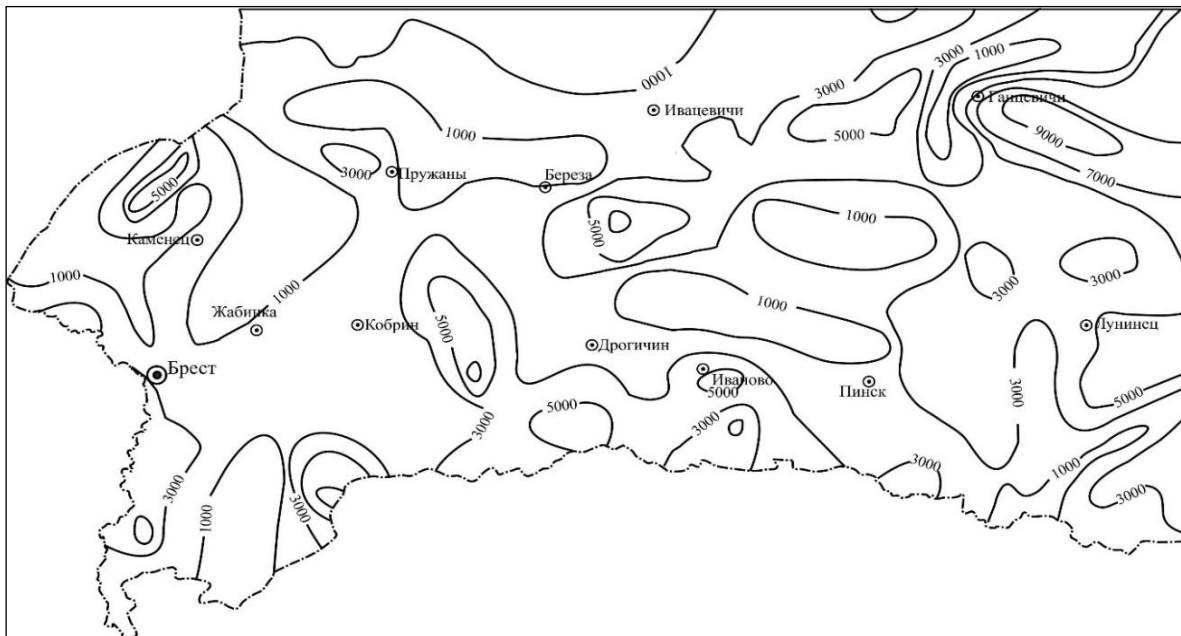


Рисунок 2. – Объемы перемещенных грунтов на юго-западе Беларуси в результате гидромелиоративного строительства, $\text{м}^3/\text{км}^2$

Как следует из схемы, значения объемов перемещенных пород распределены неравномерно. Среднее значение показателя, характеризующего этот процесс, составляет $3\,619 \text{ м}^3/\text{км}^2$, что соответствует слою на земной поверхности, равному 3,6 мм. Максимальные значения объемов перемещенного материала наблюдаются в районах распространения наиболее крупных гидротехнических сооружений и мелиоративных систем. Так, в районе г. Ганцевичи объем перемещенных грунтов достигает $7\,000\text{--}9\,000 \text{ м}^3/\text{км}^2$ (на отдельных участках до $12\,948 \text{ м}^3/\text{км}^2$), несколько меньшие значения характерны для окрестностей городов Иваново, Лунинец, Каменец, восточнее г. Кобрин, южнее городов Дрогичин и Брест – до $5\,000\text{--}7\,000 \text{ м}^3/\text{км}^2$. На нескольких локальных участках мелиоративная сеть развита слабо, и значения объемов перемещенных грунтов здесь не превышают $1\,000 \text{ м}^3/\text{км}^2$ (районы городов Высокое, Пружаны, Береза, Столин, Малорита, севернее г. Пинск).

Учитывая, что основное техногенное воздействие на земную поверхность в процессе проведения мелиоративных работ и строительства гидротехнических сооружений началось в 1873 г., можно рассчитать интенсивность трансформации земной поверхности. Так, среднее значение этого показателя за период 1873–2018 гг. составило $24,8 \text{ м}^3/\text{км}^2/\text{год}$, что равно слою пород мощностью 0,025 мм/год. Если учесть, что средняя величина природной денудации для территории Восточно-Европейской платформы не превышает 0,005–0,025 мм/год [24], можно сделать вывод, что интенсивность трансформации земной поверхности в процессе мелиоративного и гидротехнического строительства равны суммарному воздействию всех природных геоморфологических агентов или превышают интенсивность их воздействия в 5 раз.

Заклучение

1. Показано, что в процессе гидромелиоративного строительства происходит значительная трансформация рельефа западной части территории Белорусского Полесья. Она проявляется в возникновении новых форм рельефа – мелиоративных техноморф, а также в изменении существующих природных форм. Трансформация земной поверхности происходит как на этапе строительства, так и в процессе эксплуатации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений.

2. Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения, которые представляют собой сложные техноприродные инженерно-геологические системы (литотехнические системы), являются зонами потенциального риска развития неблагоприятных геологических процессов. В результате воздействия экзогенных и техногенных агентов на водосборах и в руслах каналов активизируются эрозионные и гравитационные процессы. Это приводит к обмелению и зарастанию созданных технических сооружений, возникновению риска подтопления территорий и выхода из строя мелиоративных систем и сооружений.

3. С использованием показателей суммарных объемов техногенно-перемещенных пород и интенсивности трансформации земной поверхности, выраженных в $\text{м}^3/\text{км}^2$ и $\text{м}^3/\text{км}^2/\text{год}$ соответственно, было показано, что среднее значение объема перемещенных пород в результате гидромелиоративного строительства составило $3\,619\text{ м}^3/\text{км}^2$. Средний показатель интенсивности трансформации земной поверхности составил $24,8\text{ м}^3/\text{км}^2/\text{год}$.

4. Темпы преобразования земной поверхности региона в процессе гидромелиоративного строительства за последние 145 лет значительно превысили суммарное воздействие на рельеф всех природных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аношко, В. С. История мелиорации Белорусского Полесья / В. С. Аношко // Географія. – 2013. – № 6. – С. 3–11.
2. 95 лет истории развития мелиоративной науки в Беларуси / А. П. Лихацевич [и др.] ; под общ. ред. А. П. Лихацевича. – Минск : Ин-т мелиорации и луговодства, 2005. – 256 с.
3. История аграрной науки Беларуси (XIX – начало XXI в.) : в 2 ч. / В. Г. Гусаков [и др.] ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2017. – Ч. 1. – 310 с.
4. Сучков, К. П. Мелиорация земель Беларуси: очерки истории : в 2 ч. / К. П. Сучков, П. У. Равовой, Л. К. Стычинский. – Горки : БГСХА, 2010. – 2 ч.
5. Аношко, В. С. Географические основы мелиорации / В. С. Аношко. – Минск : Выш. шк., 1974. – 176 с.
6. Бамбалов, Н. Н. Геоэкологическое обоснование восстановления природных и хозяйственных функций нарушенных болот / Н. Н. Бамбалов, В. А. Ракович // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2007. – № 1. – С. 28–38.
7. Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / А. Н. Галкин [и др.] ; под ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ им. М. П. Машерова, 2016–2018. – 3 ч.
8. Гречаник, Н. Ф. Рельеф территории Подляско-Брестской впадины / Н. Ф. Гречаник, А. В. Матвеев, М. А. Богдасаров ; под ред. А. В. Матвеева. – Брест : БрГУ им. А. С. Пушкина, 2013. – 154 с.
9. Карнаухов, В. Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы на открытой сети мелиоративных систем / В. Н. Карнаухов ; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 346 с.

10. Лиштван, И. И. Охрана окружающей среды в связи с мелиорацией Полесской низменности / И. И. Лиштван, Г. Д. Горбутович, Л. М. Ярошевич // Проблемы Полесья. – 1987. – Вып. 11. – С. 3–10.
11. Лупинович, И. С. Преобразование природы Полесской низменности / И. С. Лупинович, С. Г. Скоропанов, З. Н. Денисов. – М. : Изд-во АН СССР, 1953. – 77 с.
12. Матвеев, А. В. История формирования рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев ; под ред. О. Ф. Якушко. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 144 с.
13. Савчик, С. Ф. Антропогенный морфогенез на территории Беларуси : автореф. ... дис. канд. геогр. наук : 22.00.25 / С. Ф. Савчик. – Минск, 2002. – 21 с.
14. Скоропанов, С. Г. Избранные труды / С. Г. Скоропанов ; под ред. В. Г. Гусаква. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 468 с.
15. Нацыянальны атлас Беларусі [Карты] / складз. і падрыхт. да друку РУП «Белкартаграфія» ў 2000–2002 гг. – [Маштабы розныя]. – Мінск : Белкартаграфія, 2002. – 292 с.
16. Брестская область. Общегеографический атлас [Карты] / сост. и подг. к печати РУП «Белкартография» в 2003 г. – Обнов. и доп. в 2013 г. – [Масштабы разные]. – Минск : Белкартография, 2013. – 48 с.
17. Мелиорация : энцикл. справ. / редкол.: И. П. Шамякин (гл. ред.) [и др.] ; под общ. ред. А. И. Мурашко. – Минск : Белорус. Совет. Энцикл., 1984. – 567 с.
18. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования = Меліярацыйныя сістэмы і збудаванні. Нормы праектавання : ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Введ. 01.07.06. – Минск : Минстройархитектуры, 2006. – 105 с.
19. Маслов, Б. С. Справочник по мелиорации / Б. С. Маслов, И. В. Минаев, К. В. Губер. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 384 с.
20. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв : учебник / Ф. Р. Зайдельман. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : МГУ, 2003. – 448 с.
21. Мелиорация и водное хозяйство : справочник : в 7 ч. / редкол.: Н. Ф. Васильев (гл. ред.) [и др.]. – М. : Колос : Агропромиздат, 1984–1992. – Ч. 3 : Осушение / Б. С. Маслов [и др.] ; редкол.: Б. С. Маслов (гл. ред.) [и др.]. – 1984. – 447 с.
22. Лагун, Т. Д. Мелиорация и рекультивация земель : учебник / Т. Д. Лагун. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 376 с.
23. Голченко, М. Г. Мелиорация и эксплуатация гидромелиоративных систем / М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов, П. У. Равовой. – Минск : Выш. шк., 1985. – 302 с.
24. Эрозионные процессы (географическая наука практике) / М. Ю. Белоцерковский [и др.] ; под ред. Н. И. Маккавеева, Р. С. Чалова. – М. : Мысль, 1984. – 256 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 19.11.2018

Kukharik Ye.A. Transformation of the Relief of the Western Part of the Territory of the Belarusian Polesie as a Result of Irrigation and Drainage Construction

The article is devoted to the assessment of the transformation of the earth's surface in the western part of the territory of the Belarusian Polesie in the process of land reclamation. Brief information on the history of land reclamation works and the study of the issues of technogenic transformation of landscapes are given. The design features of the channels constructed in the process of irrigation and drainage canal construction are considered, the parameters of these technomorphs are determined. Using information from published sources and stock materials, an assessment was made of the variation in the relief of the south-west of Belarus in terms of the parameters of technogenically displaced soils and the intensity of transformation of the earth's surface. Thus, the average values of these indicators are 3,619 m³/km² and 24,9 m³/km²/year, respectively. The obtained data allowed to conclude that the rate of transformation of the earth's surface of the region over the past 145 years has significantly exceeded the total impact of all natural processes.

УДК 551.1/.4+504.54 (476.7)

А.В. Матвеев¹, В.П. Зерницкая²

¹д-р геол.-минерал. наук, проф., акад. НАН Беларуси,
гл. науч. сотрудник лаб. геодинамики и палеогеографии
Института природопользования НАН Беларуси

²канд. геогр. наук, ведущий науч. сотрудник лаб. геодинамики и палеогеографии
Института природопользования НАН Беларуси
[e-mail: matveyev@ecology.basnet.by](mailto:matveyev@ecology.basnet.by)

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ ДЛЯ ОБИТАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Установлено, что наиболее заметное воздействие на степень комфортности природных условий для населения оказывают экстремальные виды геодинамики, распространение болот и заболоченных земель. Влияние каждого из этих факторов оценено в баллах, величины которых варьируют от 4–6 до 16. При минимальных значениях рассматриваемого показателя природные комплексы являются благоприятными для проживания и деятельности человека. На площадях с максимальными балльными оценками происходит существенная трансформация естественной среды, что может сопровождаться ростом заболеваний населения, существенными ограничениями в размещении новых инженерных сооружений, повышением материальных затрат, необходимых для минимизации неблагоприятных последствий проявления природных условий.

Введение

В связи с постоянно возрастающими техническими возможностями человека природные комплексы испытывают все более заметную трансформацию, которая выражается в загрязнении покровных отложений, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, появлении новых типов рельефа и отложений, активизации комплекса экзогенных и некоторых эндогенных процессов и т.д. Нередко изменения окружающей среды достигают такого уровня, при котором наносится существенный материальный ущерб, а иногда возникают угрозы здоровью населения. В связи с этим актуальными становятся исследования по оценке качества среды для проживания и трудовой деятельности населения, что может быть использовано для разработки мер, направленных на минимизацию неблагоприятных последствий проявления техногенных и природно-техногенных опасностей литосферного класса.

Первым этапом подобных работ является выбор (обоснование) критериев оценки качества среды обитания населения. Особенно важно определить подобные критерии для территорий, которые испытывают значительный техногенный пресс. Одной из таких территорий является западная часть Белорусского Полесья. Именно поэтому для данного региона выполнены исследования влияния некоторых особенностей геологического строения и экстремальных форм современной геодинамики на геоэкологическую обстановку.

Работы осуществлялись в рамках задания 1.02 «Исследование эволюции ландшафтов территории Брестского Полесья» ГПНИ «Природопользование и экология», а отдельные положения по факторам, влияющим на природную среду, уточнялись при выполнении проекта БРФФИ № X18МС–007 «Исследование эволюции природных обстановок и экологических условий на территории Белорусского и Литовского Поозерий в голоценовое время, оценка качества окружающей среды для проживания населения».

Результаты и их обсуждение

Выполненные исследования и опубликованные данные [1–4] свидетельствуют, что на территории западной части Белорусского Полесья довольно разнообразно проявляются три класса современных геологических процессов: эндогенный, экзогенный и техногенный. Судя по многочисленным данным [5–7], среди этих процессов наибольшее влияние на среду обитания человека из эндогенных процессов оказывают сейсмичность, другие геодинамические процессы в зонах активных разломов и наиболее протяженных топо-космолинеаментов; из экзогенного класса – овражная эрозия, плоскостная эрозия временных водотоков с интенсивностью смыва более 2 мм/год, экстремальные формы ветровой эрозии (пыльные бури), гравитационных, карстовых процессов, подтопление территории (геологические аспекты этого процесса); из техногенного класса – измененность земной поверхности (общий объем грунтов, перемещенных в ходе добычи полезных ископаемых, при строительных работах и др.), накопление промышленных отходов, формирование геохимических аномалий и т.д. Кроме того, несомненно, на среду обитания человека влияют некоторые обобщенные характеристики, отражающие результаты проявления комплекса геологических процессов.

Последствия развития перечисленных процессов и их комплексов сводятся к следующему. Эндогенные процессы могут сопровождаться сотрясаемостью земной поверхности, повышением скоростей вертикальных и горизонтальных движений земной коры, формированием геофизических и геохимических аномалий, смещением поверхностей и слоев, деформациями зданий и других сооружений, активизацией ряда экзогенных процессов (обвалы, осыпи, оползни и др.), увеличением числа различного типа аварий и сбоями в работе электронной аппаратуры [7].

Экзогенные процессы вызывают смещение, смыв, размыв, растворение и накопление отложений, формирование комплекса просадочных и других форм на земной поверхности, подтопление населенных пунктов, образование крайне неустойчивых грунтов – плывунов, заиливание водотоков и водоемов, запыление атмосферного воздуха, разрушение сельскохозяйственных угодий, природных комплексов, снижение плодородия почв.

Техногенные процессы обуславливают формирование особых форм рельефа, геохимических аномалий, иногда вызывают разрушение сельскохозяйственных угодий, природных комплексов вплоть до появления бэдленда, могут инициировать вторичное заболачивание, повышение интенсивности почти всего комплекса экзогенных процессов, активизировать проявление сейсмичности.

Из других геологических факторов, которые заметно воздействуют на условия жизни человека на территории Белорусского Полесья, следует отметить распространение болот и заболоченных земель, которые ухудшают, удорожают или делают вообще невозможным строительство зданий, сооружений [5], ухудшают качество питьевых вод, сопровождаются формированием геохимических аномалий, усложняют проведение сельскохозяйственных работ и др. Наконец, при оценке среды обитания человека, естественно, следует учитывать рекреационный потенциал территорий, включающий условия для отдыха, оздоровления, возможность санаторно-курортного лечения, сбора ягод, грибов, охоты и др. Конкретно для западной части Белорусского Полесья этот потенциал в целом является благоприятным и мало изменяется по отдельным районам [8]. Поэтому при выделении основных факторов, определяющих условия жизни, населения, подобная характеристика специально не анализировалась.

Таким образом, перечисленные особенности геологического строения и проявления современной геодинамики могут создавать для населения на территории Полесья определенный дискомфорт. В обобщенном виде этот дискомфорт сводится к следующему: влияние на здоровье населения, ограничение в выборе мест строительства инженерных объектов, нарушения природных комплексов и сельскохозяйственных угодий,

материальные затраты, необходимые для минимизации неблагоприятных проявлений процессов и особенностей геологического строения.

Оценка последствий развития экстремальных видов геодинамики и некоторых особенностей геологического строения, учитывая опыт исследований на смежных территориях [9; 10] и в Беларуси [11; 12], проводилась в баллах, величина которых рассчитывалась в зависимости от повторяемости и интенсивности процессов, последствий их воздействия на среду обитания человека.

При этом необходимо особо подчеркнуть, что применяемые оценки могут варьировать в зависимости от региона, для которого они рассчитываются, так как геологическое строение, климат, степень хозяйственной освоенности, уровень изученности каждой более или менее крупной территории отличаются. Поэтому выполненные ранее оценки для Беларуси в целом [2] при характеристике западной части Белорусского Полесья были уточнены и сводятся к следующему. Повторяемость проявления факторов характеризовалась значениями от 1 до 3 (1 – раз в десятилетие и реже; 2 – сезонная, раз в несколько лет; 3 – постоянная). Неблагоприятные последствия проявлений рассчитывались по пятибалльной шкале – от 1 до 5 (1 – незначительные; 2 – слабые; 3 – умеренные; 4 – значительные; 5 – весьма значительные). При незначительном воздействии геологических условий происходят только локальные изменения природных и сельскохозяйственных комплексов, влияние на здоровье населения и загрязнение или ухудшение свойств грунтов маловероятны. Слабые последствия проявления факторов предполагают частичное изменение природных комплексов и сельскохозяйственных угодий, несколько вышекларковое загрязнение покровных отложений, незначительное (быстро проходящее) ухудшение здоровья населения, незначительные материальные затраты на минимизацию последствий. Умеренное влияние геологических условий на среду обитания проявляется в существенном изменении, ухудшении качества природных комплексов и сельскохозяйственных угодий, загрязнение до около предельно допустимых концентраций покровных отложений, вышефоновая заболеваемость населения, распространение «слабых» грунтов, для минимизации ущерба требуются определенные материальные затраты.

Площади, на которых процессы геодинамики и геологические условия значительно влияют на среду обитания населения, характеризуются деградацией и частичным разрушением природных комплексов и сельскохозяйственных угодий, загрязнением покровных отложений выше предельно допустимых концентраций, увеличением заболеваемости населения, повсеместным распространением «слабых» грунтов, что предполагает и повышенные материальные расходы для минимизации этих последствий. Наконец, на территориях с весьма значительными неблагоприятными последствиями проявления современных геологических процессов может происходить разрушение природных и природно-техногенных комплексов, формируются геофизические и геохимические аномалии, неблагоприятно влияющие на здоровье населения, возрастает число различного типа аварий. Что касается оценок среды для размещения промышленных объектов, то наиболее неблагоприятными являются зоны активных разломов и участки проявления карста. Слабой и умеренной степенями неблагоприятности отличаются площади с возможной сейсмичностью до 5 баллов, развитием овражной эрозии, гравитационных процессов, подтоплений, значительной преобразованностью земной поверхности (до 1 млн т/км² и более) и загрязненностью Cs-137 (до 5 Ки/км² и более).

С учетом описанных подходов была составлена таблица оценок степени комфортности среды обитания населения и размещения инженерных сооружений (таблица). Здесь наряду с балльными оценками иногда используются прочерки, они соответствуют отдельным факторам, которые по определенным направлениям не оказывают неблагоприятного воздействия на природные и техногенные комплексы.

Таблица. – Геологические факторы, влияющие на комфортность среды обитания населения

Факторы, влияющие на степень комфортности среды	Оценка последствий проявления факторов, балл				
	Повторяемость воздействия	Вызываемые нарушения природных комплексов и сельхозугодий	Влияние на здоровье населения	Влияние на размещение промышленных объектов	Материальные затраты, необходимые для минимизации неблагоприятных проявлений
1	2	3	4	5	6
1. Сейсмичность – 5 баллов	1	1	1	2	2
2. Геодинамические процесс в зонах активных разломов	3	1	4	5	3
3. Наиболее протяженные космо- и тополинеаменты	3	1	2	2	1
4. Овражная эрозия	2	1	–	2	1
5. Плоскостная эрозия 2 мм/год и более	2	1	–	–	1
6. Пыльные бури:					
умеренной интенсивности	2	1	–	–	1
повышенной интенсивности	2	1	1	–	1
высокой интенсивности	2	2	1	–	2
7. Подтопление территории	2	1	1	2	1
8. Смещение отложений					
гравитационными процессами	2	1	–	2	1
9. Карст:					
реальный	2	1	–	4	2
потенциальный	2	1	–	3	1
10. Распространение:					
болот	3	–	2	3	3
заболоченных земель	3	–	1	1	2
11. Общие объемы перемещенных покровных отложений комплексом техногенных процессов (техногенная преобразованность земной поверхности): до 350 тыс. м ³ /км ² около 1 млн м ³ /км ²					
	3	1	1	–	1
	3	3	1	3	2

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
12. Интегральная оценка интенсивности проявления техногенных процессов более 300 т/км ² /год					
13. Площади накопления промышленных отходов: до 100 тыс. т до 500 тыс. т	3	1	–	1	1
14. Радонные аномалии в покровных отложениях: потенциально радоноопасные территории на отдельных площадях на локальных участках	3	1	2	–	1
15. Природно-антропогенные геохимические аномалии покровных отложений (Cr, Co, V, Cu, Ni и др.)	3	1	1	–	1
16. Техногенные геохимические аномалии покровных отложений (Cs-137 до 5 Ки/км ²)	3	1	4	2	3

Суммируя данные таблицы, можно получить среднюю оценку последствий влияния каждого из факторов на среду жизнедеятельности человека. Эти величины составляют: для территории проявления сейсмичности – 7 баллов; для геодинамических процессов в зонах активных разломов – 16; для наиболее протяженных топо- и космолинеаментов – 9; для развития овражной эрозии – 6; для плоскостной эрозии – 4; для пыльных бурь – от 4 до 7 (в зависимости от интенсивности); для гравитационных процессов – 6; для подтопления – 7; для развития карста – 5–7; для заболоченных территорий – 7; для болот – 11; для участков с разной степенью техногенной преобразованности земной поверхности – 6 и 12; с интегральной оценкой интенсивности современных техногенных процессов более 300 т/км²/год – 6; с накоплением промышленных отходов до 100 тыс. т – 6, до 500 тыс. т – 7; на потенциально радоноопасных территориях – 6 и 7 (в зависимости от площади загрязнения), в пределах природно-антропогенных геохимических аномалий – 6; на участках техногенных аномалий Cs-137 – 5 Ки/км² – 13.

Выполненные оценки позволяют считать, что только зоны активных разрывных нарушений, в меньшей степени участки распространения болот, техногенных аномалий Cs-137, площади с максимальными объемами перемещенных грунтов являются достаточно неблагоприятными для жизнедеятельности населения.

Остальные виды экстремального проявления современных геологических процессов, хотя и влияют на качество геоэкологической обстановки в регионе, в целом чаще всего не представляют серьезной опасности. Однако при проявлении на определенной территории комплекса процессов ситуация может обостряться, что выражается и в недоборе урожая, и в нарушении природных комплексов, и временном нарушении здоровья населения.

Приведенные оценки влияния геологических факторов на состояние природной среды впоследствии могут уточняться при более детальных исследованиях, но и в представленном виде их можно использовать для выделения площадей с наиболее напряженной геоэкологической обстановкой, оценок степени благоприятности территории для размещения крупных инженерных сооружений.

Заключение

1. На территории западной части Белорусского Полесья комплекс современных геологических процессов и некоторые особенности геологического строения могут неблагоприятно воздействовать на среду обитания населения.

2. К числу основных факторов, которые заметно влияют на жизнедеятельность человека, относятся сейсмичность, процессы в зонах активных разломов и наиболее протяженных топо- и космолинеаментов, экстремальные формы проявления экзогенных и техногенных геологических процессов, распространение болот и заболоченных земель, природные и природно-техногенные геохимические аномалии.

3. Анализ возможных последствий проявления геодинамических факторов и некоторых особенностей геологического строения позволяет следующим образом оценить степень их неблагоприятного воздействия на среду обитания населения (в баллах): сейсмичность – 7, процессы в зонах активных разломов – 16, в зонах топо- и космолинеаментов – 9, экстремальные формы различных экзогенных процессов – 4–9, экстремальные формы техногенных процессов – 6–12, распространение заболоченных земель и болот – 7–11, природные и природно-техногенные аномалии – 6–7, аномалии Cs-137 – 13.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современная динамика рельефа Белоруссии / под ред. Б. Н. Гурского, А. В. Матвеева. – Минск, 1991. – 102 с.
2. Матвеев, А. В. Особенности современного морфогенеза на территории Беларуси / А. В. Матвеев // *Вопр. географии*. – М. : Наука, 2015. – Сб. 140 : Актуальная геоморфология. – С. 380–385.
3. Савчик, С. Ф. Антропогенный морфогенез на территории Беларуси : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.25 / С. Ф. Савчик. – Минск, 2002. – 20 с.
4. Гречаник, Н. Ф. Рельеф территории Подляско-Брестской впадины / Н. Ф. Гречаник, А. В. Матвеев, М. А. Богдасаров. – Брест, 2013. – 154 с.
5. Галкин, А. Н. Инженерная геология Беларуси / А. Н. Галкин, А. В. Матвеев, В. Г. Жогло. – Витебск, 2006. – 208 с.
6. Гарецкий, Р. Г. О постановке геолого-геофизических исследований в геопатогенных зонах / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев // *Літасфера*. – 2012. – № 2 (37). – С. 83–94.
7. Матвеев, А. В. Последствия проявления опасных геологических процессов на территории Беларуси / А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко // *Природопользование*. – 2016. – Вып. 29. – С. 30–37.
8. Сахарава, С. П. Рэкрэацыйны патэнцыял ландшафтаў [Карты] / С. П. Сахарава, І. І. Шчасная. – 1 : 3 000 000, 30 км в 1 см // *Нац. атлас Беларусі*. – Мінск, 2002. – С. 151.
9. Исследование опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Украине / Л. Г. Руденко [и др.] // *Природопользование*. – 2016. – Вып. 29. – С. 21–29.
10. Палієнко, В. П. Концептуальні засади оцінки еколого-неогеодинамічного ризику / В. П. Палієнко // *Мат. симп. «Геомоніторинг-99»*. – Моршин : Львів, 1999. – С. 70–73.
12. Матвеев, А. В. Геохимия четвертичных отложений Беларуси / А. В. Матвеев, В. Е. Бордон. – Минск, 2013. – 191 с.
13. Матвеев, А. В. Районирование территории Беларуси по возможным последствиям проявления природных и природно-антропогенных опасностей литосферного класса / А. В. Матвеев // *Докл. НАН Беларуси*. – 2018. – Т. 62, № 3. – С. 329–334.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 15.01.2019

Matveyev A.V., Zernitskaya V.P. Geological Criteria of the Environmental Qualitative Assessment for the Population Living in the Territory of the Western Part of Belarus Polesia

The extreme types geodynamics, spreading of bogs and wetlands have the most significant impact on the comfort level of the natural conditions for the population. The impact of these factors is estimated in points, which vary from 4–6 to 16. At the minimum values of these indicators the natural systems are favorable for living and human activity. On the areas with the maximum points, there is a significant transformation of the natural environment, which can be accompanied by an increase in diseases of the population, significant restrictions in the placement of new engineering structures, an increase in the material costs necessary to minimize of adverse natural conditions.

УДК 551.79

Г.И. Литвинюк¹, Н.Ф. Гречаник², А.Л. Стельмах³, А.И. Косяк⁴¹канд. геол.-минерал. наук, доц., доц. каф. географии и методики преподавания географии
Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка²канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и природопользования
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина^{3,4}магистрант географического факультета

Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

e-mail: geobel@brsu.brest.by

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ И СЕМЕННОЙ ФЛОРЕ РАЗРЕЗА ТИМОШКОВИЧИ-1 НА ТЕРРИТОРИИ НОВОГРУДСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Приводятся результаты палеокарпологического изучения перигляциальных отложений разреза Тимошкови́чи-1. Выявлена более богатая семенная флора, которая насчитывает 44 вида кустарниковых и травянистых растений. Приводится анализ состава ископаемой флоры и устанавливаются условия ее формирования.

Введение

Восстановление палеогеографических обстановок прошлых геологических эпох является одной из важнейших задач современной науки, а реконструкция истории развития растительности и палеоклимата последнего межледникового интервала времени является основой для прогноза развития климатических изменений в будущем.

Территория Беларуси является наиболее перспективной для решения данной задачи, так как здесь находится ряд геологических разрезов с органогенными отложениями муравинского межледникового, содержащими ископаемую семенную флору.

Самые первые этапы восстановления растительного покрова после деградации предпоследнего (припятского, сожского) ледникового покрова зафиксированы всего в нескольких точках на территории Беларуси. Одним из таких опорных стратиграфических разрезов является обнажение Тимошкови́чи, расположенное в одноименном овраге в западной части Новогрудской возвышенности.

Данный разрез изучался многими геологами и палеонтологами в течение более 100 лет. Первые сведения о геологическом строении Новогрудской возвышенности приводятся в работе А.Э. Гедройца, но начало детальному изучению рельефа и геологического строения данной территории было положено А.Б. Миссуной [1], которая в период с 1901 по 1904 г. проводила полевые исследования возвышенности. Наибольшее внимание она уделила изучению строения долины р. Невды и особенно оврагам в окрестностях деревень Барановичи, Тимошкови́чи, Рутковичи. Овраги в то время находились в стадии активного роста и имели крутые обнаженные склоны и большое количество отвершков.

Особое значение А.Б. Миссуна придавала исследованию обнажений в овраге у д. Тимошкови́чи, где она описала 25 разрезов по обоим бортам оврага, в которых вскрывается несколько слоев лессов, разделенных ископаемой почвой, а в нижней части залегает межледниковый торф и мергель с раковинами моллюсков.

Ископаемый торфяник по отобранным образцам исследовал В.Н. Сукачев, который определил в них семена граба, клена, ольхи, березы, сосны и много других травянистых растений и пришел к выводу о рисс-вюрмском возрасте отложений.

Значительный вклад в изучение разреза Тимошкови́чи внесли также польские исследователи Б. Галицки, Л. Савицки, С. Кульчински, М. Гавловска, З. Суйковски [2–4],

которые изучали геологическое строение территории, условия образования лессов, а также ископаемую флору и фауну из межледниковых торфов. Они также относили межледниковый торфяник к последнему интергляциалу.

Совершенно новый этап в изучении Новогрудской возвышенности начался с исследований советских геологов и палеонтологов. Большой вклад в изучение геологического строения данной территории, лессовых образований, возраста ископаемых почв и особенно условий залегания, ископаемой флоры и фауны из межледниковых осадков внесли такие ученые, как Л.Н. Вознячук, М.М. Цапенко, Н.А. Махнач, В.М. Мотуз, М.Е. Зусь, Ф.Ю. Величевич, Т.В. Якубовская, П.Ф. Калиновский, Я.К. Еловичева, Т.Б. Рылова и многие другие [5–9].

Детальное изучение геологического строения и состава ископаемой семенной флоры проводилось группой белорусских исследователей. Для осуществления детальных комплексных исследований было заложено большое количество расчисток по обоим бортам оврага, вскрывших всю толщу межледниковых отложений, из которых было отобрано большое количество образцов для проведения аналитических исследований.

Полученные результаты были опубликованы в монографии М.Е. Зуся [9], а также статьях, посвященных изучению рельефа, геологического строения и этапов формирования Новогрудской возвышенности [5–7].

В одной из расчисток под межледниковыми отложениями были вскрыты флороносные осадки более древнего возраста, относящиеся к самым начальным этапам формирования водоема [8]. Проведенное изучение ископаемой семенной флоры по небольшому количеству образцов (5 образцов) позволило установить ее интерстадиальный возраст по характерному присутствию видов аркто-бореального комплекса во главе с *Dryas octopetala*, *Betula humilis*, *Selaginella selaginoides* и многих других холодостойких форм.

Материалы и результаты исследований

С целью более детального изучения этапов восстановления растительного покрова нами при содействии Минского государственного туристско-экологического центра детей и молодежи было произведено повторное изучение интерстадиальных отложений в тимощковичском овраге. Для этого была заложена новая расчистка, которая вскрыла всю озерную толщу вплоть до моренного горизонта. Сверху вниз вскрываются следующие слои (таблица 1).

Из нижней флороносной толщи (слои 13–16) примерно через равные промежутки (20 см) было отобрано 13 образцов породы, общим объемом 36 полных ведер, промытых на месте, что более чем в два раза превышает прежний объем. В результате выявлена семенная флора, насчитывающая 44 вида кустарниковых и травянистых растений (таблица 2). По общему количеству форм она не уступает ранее выявленной, но впервые были обнаружены такие виды как *Selaginella tetraedra*, *Sparganium sp.*, *Potamogeton pectinatus*, *P. alpinus*, *Polygonum sp.*, *Alnus sp.*, *Salix sp.*, *Lemna trisulca*, *Rorippa islandica*, что значительно увеличивает информативность данной флоры.

В осадках, залегающих непосредственно на моренном горизонте (суглинок, слой 16), зафиксированы самые первые этапы заселения растительностью водоема после деградации предпоследнего припятского ледникового покрова сожской стадии. Семенная флора, происходящая из данных отложений, несмотря на большой объем промытой породы, содержит всего несколько видов из аркто-бореального комплекса, наиболее массовые остатки осок, преимущественно наземных форм местообитаний, также встречаются единичные плоды и семена *Arctostaphylos uvaursi*, *Juniperus communis*, *Polygonum sp.*, *Potentilla sp.*, *Potamogeton vaginatus*, *P. filiformis* и некоторые другие.

Таблица 1. – Расчистка отложений в Тимошковичском овраге

№	Слои	Мощность, м
1	Почва	0,30
2	Суглинок грязно-желтый, лессовидный	0,70
3	Гравийно-галечно-валунная смесь	0,17
4	Супесь светло-серая с зеленоватым оттенком, тонкая, в верхней части с гравием и галькой. Верхний контакт четкий, ровный	0,16
5	Суглинок темно-серый с зеленоватым оттенком, тонкий, пластичный, гумусированный. Верхний контакт четкий, ровный	0,05
6	Пески грязно-серые, разномзернистые, преимущественно среднезернистые с линзочками песка крупнозернистого, гравелистого, неслоистого. Верхний контакт четкий	0,32
7	Супесь темно-коричневая до буровато-коричневой, торфянистая, с обломками древесины. В нижней части с прослоями песка белесого, мелкозернистого. Слой падает вверх по оврагу под углом 5–10 °. Верхний контакт четкий, ровный	0,65
8	Торф черный, плотный с остатками древесины и линзами песка мелкозернистого, белесого. Верхний контакт не ровный, постепенный	0,25
9	Мергель светло-серый с сизоватым оттенком, не ясно слоистый, с большим количеством раковин моллюсков и семян растений (Najas). Слой падает вверх по оврагу под углом 15–20 °. Верхний контакт четкий, ровный	0,50
10	Мергель грязно-желтый с пятнами и линзами, более светлый, рыхлый, с многочисленными раковинами моллюсков. Слой падает вверх по оврагу под углом 10–15 °. Верхний контакт четкий, ровный	0,75
11	Супесь темно-серая с коричневатым (кофейным) оттенком, гумусированная, внизу темнеющая. Слой падает вверх по оврагу под углом 10–15 °. Верхний контакт четкий, неровный	0,20
12	Песок светло-серый, разномзернистый, в верхней части более крупнозернистый, неясно горизонтально слоистый. Нижний контакт четкий, ровный	0,50
13	Супесь ржаво-бурая, охристая, рыхлая, горизонтально слоистая, постепенно переходящая в нижележащий слой (образец 1)	0,20
14	Торф темно-коричневый до черного, травяной, плотный (образец 2)	0,30
15	Супесь буровато-серая, по сколам ожелезненная, с карманами и примазками песка светло-серого, мелкозернистого, с включениями пирита и гипса. Нижний контакт четкий, ровный (образцы 3–8)	1,20
16	Суглинок голубовато-синий, тонкий, вязкий, пластичный, книзу с линзочками песка светло-серого, крупнозернистого, в нижней части с включениями валунов кристаллических пород диаметром до 20 см. Слой постепенно переходит в зеленовато-серую морену (образцы 9–13)	0,85

В вышележащей супеси (слой 15) происходит постепенное обогащение состава флоры за счет увеличения количества уже ранее выявленных видов и появления некоторых новых форм. Здесь уже довольно массовы остатки *Betula humilis*, а также встречаются обрывки листочков *Salix* и *Dryas octopetala*. Подавляющая часть видов происходит из верхней, наиболее гумусированной части флороносной толщи (слои 12, 13) и представлена видами умеренных лесотундровых сообществ с редким участием сосны, ели, березы и большого количества остатков травянистых видов умеренных условий местообитания. Доминирующее положение занимают водные формы, а также появляется довольно большое количество других видов умеренных условий местообитания в незначительном количестве. Все это свидетельствует об изменении климатических условий в сторону потепления, но все равно это аркто-бореальный комплекс лоевского интерстадиала.

Интересным фактом является нахождение в толще позднеледниковых осадков мелких одиночных кристалликов и небольших розочек гипса аутигенного происхождения размером до 3 мм, наибольшее количество которых приходится на образец 4. Происхождение его связано, по-видимому, с постдиагенетическими процессами, происходившими в сожскую стадию припятского оледенения или во время поозерского оледенения [10].

Заключение

В результате изучения органогенных отложений в овраге у д. Тимошковицы было установлено, что формирование озерной котловины и заполнение ее осадками, содержащими ископаемую флору, началось непосредственно после деградации ледникового покрова, о чем свидетельствует выявленный аркто-бореальный комплекс видов, среди которых впервые установлены *Selaginella tetraedra*, *Potamogeton pectinatus*, *P. alpinus*, *Alnus sp.*, *Salix sp.*, *Lemna trisulca*, *Rorippa islandica* и некоторые другие.

Изучение отложений подобного типа, установленных всего в нескольких разрезах на территории Беларуси (Жукевичи, Черный Берег, Малое Уланово), позволяет судить об этапах восстановления растительного покрова в позднесожское (позднеприпятское) время, а также провести палеоклиматические реконструкции для данного отрезка времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миссуна, А. Б. Краткий очерк геологического строения Новогрудского уезда Минской губернии / А. Б. Миссуна // Зап. Минерал. о-ва. – 1915. – Т. 50, вып. 1. – С. 163–240.
2. Halicki, B. Less nowogródzki / B. Halicki, L. Sawicki // Posiedzenia Naukowe Panst. Inst. Geol. – 1932. – № 34. – S. 229–251.
3. Kulczyński, S. Flora miedzyłodowcowa Timoszkowich w Nowogródku / S. Kulczyński // Spraw. komis. fizjogr. Polsk. Acad. Umiejętności. – 1929. – № 63. – S. 241–252.
4. Gawłowska, M. Przyczynek do znajomości flory kopalnej w Cimoskowiczach / M. Gawłowska // Rocznik Polsk. Towarz. Geol. – 1934. – № 10. – S. 519–545.
5. Цапенко, М. М. Антропогенные отложения Белоруссии / М. М. Цапенко, Н. А. Махнач. – Минск, 1959. – 225 с.
6. Умовы залягання і палеабатанічная характарыстыка верхнецацвярцічных адкладаў каля в. Баранавічы (былыя Цімошкавічы) Карэліцкага раёна / М. Я. Зусь [і інш.] // Даследаванні антрапагену Беларусі. – Мінск, 1978. – С. 129–139.
7. Величкевич, Ф. Ю. Флоры д. Тимошковицы близ г. Кореличи / Ф. Ю. Величкевич, Г. И. Литвинюк // Докл. АН БССР. – 1977. – Т. 21, № 1. – С. 56–58.

8. Калиновский, П. Ф. Териофауна позднего антропогена и голоцена Белоруссии / П. Ф. Калиновский. – Минск, 1983. – 154 с.

9. Зусь, М. Е. Новогрудская возвышенность: геологическое строение, гляциотектоника, рельеф, этапы формирования / М. Е. Зусь. – Минск : Наука и техника, 1991. – 126 с.

10. Гипс в ледниковых отложениях венда и квартера Беларуси / А. А. Махнач [и др.] // Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. НАН Беларуси А. С. Махнач, Минск, 21–22 нояб. 2018 г. – Минск, 2018. – С. 122–126.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 28.01.2019

Litviniuk H.I., Hrachanik N.F., Stelmakh A.L., Kasiak A.I. New Data on the Geological Structure and Seed Flora of Timoskovichi-1 Cut in the Territory of the New Grudious Highland

In the article the results of paleocarpological study of the periglacia deposits of the Timoshkovichi-1 section are presented. Revealed a richer replaceable flora, which includes 45 species of shrubby and herbaceous plants. An analysis of the composition of the fossil flora is given and its age and conditions of formation.

УДК 91;91:504; 910.1/2

О.В. Токарчук¹, С.М. Токарчук²

^{1,2}канд. геогр. наук, доц., доц. каф. географии и природопользования
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
e-mail: geobel@brsu.brest.by

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ БАЗ ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОСБОРОВ ОЗЕРНО- БАССЕЙНОВЫХ СИСТЕМ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»*

Раскрыты направления изучения основных природных средообразующих факторов, факторов антропогенной нагрузки и создания в программной среде ArcGIS Online баз данных экологически значимых характеристик. В пределах Национального парка «Нарочанский» и прилегающей к ней территории выделена 171 малая структура бассейнового строения.

Введение

Научная идея проводимого исследования базируется на бассейновом принципе (подходе) управления использованием, охраной и возобновлением водных ресурсов, суть которого заключается в том, что водные объекты рассматриваются в тесной связи с их поверхностными водосборами. Это позволяет объяснять изменения, происходящие в водных объектах под влиянием хозяйственного освоения прилегающих к ним территорий, а также разрабатывать территориальные схемы их охраны с учетом специфики природных условий формирования поверхностных вод.

К настоящему времени в научной литературе сложилось общее представление об озерно-бассейновых системах как сложных геосистемах, объединяющих природный аквальный комплекс озера и природный (природно-антропогенный) комплекс поверхностного водосбора [1–11].

В Республике Беларусь большинство научных исследований в рамках бассейнового подхода направлено на изучение речных бассейнов, а бассейны озер включены в состав той или иной речной системы. Во многом это связано с тем, что данные исследования проводятся на региональном либо республиканском уровнях. Безусловно, выделение на таком уровне обособленных озерных бассейнов представляется достаточно схематичным, а зачастую в нем просто нет необходимости. В то же время очевидно, что именно водные объекты с замедленным водообменом наиболее подвержены негативным воздействиям в результате хозяйственного освоения их поверхностных водосборов, которые необходимо учитывать. При этом наибольшую практическую значимость имеет изучение сложноорганизованных озерных групп, дренируемых речными системами и испытывающих на себе комплекс разнонаправленных хозяйственных воздействий. Дополнительный импульс к изучению данных проблем обусловлен природоохранным и рекреационным статусом многих озерных систем Беларуси. Ввиду этого наибольший интерес в качестве модельных объектов для проведения подобных исследований представляет территория Национального парка (НП) «Нарочанский».

В ходе реализации предыдущего этапа исследований нами были обоснованы типологические единицы строения озерно-бассейновых систем – малые водосборы, приречья и приозерья [12]. Всего была выделена 171 малая структура бассейнового строения (МСБС), в том числе 83 малых водосбора, 49 малых приречий и 39 малых приозерий.

*Статья написана в рамках выполнения темы НИР «Комплексная геоэкологическая оценка современного состояния озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский»» (№ 2/p 20164315).

Каждой структуре был присвоен порядковый номер с точки зрения последовательности в формировании поверхностного стока с исследуемой территории. Структуры были сгруппированы в системы 1-го, 2-го и 3-го порядков. Это создало надежную и научно обоснованную базу для накопления оперативной информации о хозяйственном освоении территории водосборов озер и факторах риска для естественного развития их природных аквальных комплексов.

Конечной целью проводимых в рамках выполнения НИР исследований является комплексная геоэкологическая оценка современного состояния озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский».

Исследуемая территория включает в себя собственно территорию НП «Нарочанский» и прилегающую к ней территорию внешней охранной зоны.

Для достижения поставленной цели в ходе реализованного этапа исследования решался ряд частных задач:

1) изучение территориальной неоднородности природных средообразующих факторов в пределах НП «Нарочанский»;

2) создание электронной базы данных основных природных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский»;

3) изучение территориальной неоднородности факторов антропогенной нагрузки в пределах НП «Нарочанский»;

4) создание электронной базы данных основных антропогенных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский».

Проблематика и методы исследований

Кратко остановимся на особенностях географии отдельных природных средообразующих факторов и факторов антропогенной нагрузки, которые были проанализированы в разрезе выделенных МСБС.

Дочетвертичные отложения в пределах НП «Нарочанский» представлены широким спектром пород: в средней и северной частях доминируют отложения девонской системы (доломиты, известняки, мергели, глины, алевролиты), в южной части представлены отложения ордовикской системы (известняки и мергели).

Мощность четвертичных отложений в пределах МСБС парка колеблется в интервале 40–120 м. На большей его части (за исключением крайнего востока) доминируют отложения поозерского возраста: верхнюю гипсометрическую ступень здесь составляют конечно-моренные образования, среднюю – флювиогляциальные надморенные. Верхнюю гипсометрическую ступень в восточной части парка образуют конечно-моренные и моренные отложения припятского возраста. Нижнюю гипсометрическую ступень в пределах парка образуют болотные отложения голоцена.

Густота расчленения рельефа в пределах МСБС парка варьирует в интервале от менее чем 0,2 до более чем 0,6 км/км², в целом возрастающая с востока на запад. Глубина расчленения рельефа на большей части территории колеблется в интервале 5–10 м/км², в общем возрастающая в северном и северо-восточном направлениях.

Густота гидрографической сети в пределах МСБС парка в целом коррелирует с густотой расчленения рельефа и возрастает в восточном направлении. Данная закономерность нарушается мелиоративными системами, где наблюдается наибольшая густота гидрографической сети (более 2 км/км²). Озерность МСБС парка связана с особенностями расположения озерных групп (Нарочанской, Болдукской, Мядельской, Сви́рской, Швакштинской) и значительно больше в его восточной части. Наибольшая

заболоченность характерна для МСБС южной и центральной частей парка (водосборы рек Нарочь и Большой Перекоп).

В пределах парка территориально преобладают почвы автоморфного почвенного ряда (дерново-подзолистые на моренных и водно-ледниковых супесях, подстилаемых моренными суглинками или песками; дерново-подзолистые на песках; дерново-карбонатные суглинистые и супесчаные на карбонатных моренных отложениях и лессах), которые дополняются почвами полугидроморфного почвенного ряда (дерново-подзолистыми заболоченными, дерновыми заболоченными и дерново-карбонатными заболоченными, аллювиальными дерновыми заболоченными), характеризующимися разнообразным механическим составом. К нижнему гипсометрическому уровню рельефа приурочены торфяно-болотные низинные почвы.

Наибольшая лесистость характерна для МСБС северо-западной и юго-восточной частей парка. Преобладают сосновые (лишайниково-вересковые и зеленомошно-брусничные) и еловые (зеленомошно-брусничные в сочетании с зеленомошными) леса. В пределах МСБС парка сочетаются холмисто-моренно-озерные, холмисто-моренно-эрозионные, моренно-озерные, водно-ледниковые и озерно-болотные ландшафты, вместе обуславливающие значительную пестроту и разнообразие естественного растительного покрова.

Селитебное освоение земель парка и прилегающей к ним территории внешней охранной зоны характеризуется значительной территориальной неоднородностью. Общая численность населения составляет около 24 тыс. человек, в том числе городского – около 11 тыс. человек. На 01.01.2018 наибольшая селитебная освоенность рассматриваемой территории характерна для МСБС северной части (здесь расположены г. Мядель и курортный поселок Нарочь с населением 6 911 и 3 466 человек соответственно) и юго-западной части (здесь расположен г. п. Свирь с населением 906 человек).

Наибольшей сельскохозяйственной освоенностью характеризуются МСБС юго-западной и юго-восточной части рассматриваемой территории. В наибольшей степени она характерна для малых водосборов, приречий и приозерий, расположенных в пределах мелиоративных систем. Наибольшее количество таких структур характерно для бассейна р. Великий Перекоп (здесь располагаются шесть мелиоративных систем). Наибольшей долей пахотных земель характеризуются водосборы, расположенные в пределах бассейна оз. Свирь.

Промышленное освоение территории представлено главным образом пищевой промышленностью и узко локализовано по типологическим единицам строения озерно-бассейновых систем.

Транспортная освоенность рассматриваемой территории характеризуется достаточной территориальной однородностью. Автомобильные дороги республиканского значения (Р28, Р45, Р58, Р60, Р86, Р95) равномерно покрывают территорию и дополняются сетью дорог местного значения.

Для визуализации результатов исследования использовались возможности облачной платформы картографирования ArcGIS Online.

В качестве основы для визуализации разработанных баз данных была использована созданная ранее с использованием облачного вьювера серия карт (таблица 1), которые отображают выделенные в пределах НП «Нарочанский» структуры бассейнового строения, а также возможности создания тематических карт с использованием базовой карты структур бассейнового строения. В частности, были использованы карты с типом легенды «Уникальное значение», а также карта, отображающая классификацию выделенных бассейновых структур по площади.

В ходе реализации электронной базы данных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский» устанавливались следующие характеристики МСБС:

1) природные: (П1) длина главного водотока, (П2) суммарная длина русловой сети, (П3) коэффициент развития водораздельной линии, (П4) густота русловой сети, (П5) падение главного водотока, (П6) уклон главного водотока, (П7) средний уклон склонов, (П8) коэффициент озерности, (П9) коэффициент заболоченности, (П10) коэффициент лесистости;

2) антропогенные: (А1) коэффициент пашни, (А2) коэффициент городских территорий, (А3) численность городского населения, (А4) плотность городского населения в пределах городских территорий, (А5) коэффициент территорий сельских населенных пунктов, (А6) численность сельского населения, (А7) число сельских населенных пунктов, (А8) средняя величина сельских населенных пунктов, (А9) плотность сельского населения, (А10) густота транспортной сети.

Таблица 1. – Интерактивные электронные гидрографические карты, отражающие структуры гидрографической сети и бассейнового строения НП «Нарочанский»

Название карты	URL-адрес карты
Структуры бассейнового строения (базовая карта)	https://arcg.is/KG8KW
Структуры бассейнового строения (тип)	https://arcg.is/f09fa
Структуры бассейнового строения (площадь)	http://arcg.is/1zX9X4
Системы 1-го порядка	https://arcg.is/0LvH4e
Системы 2-го порядка	https://arcg.is/j1O8a
Системы 3-го порядка	http://arcg.is/1iLTfP0

Полученные результаты и их обсуждение

Описанные выше расчетные показатели электронных баз данных в результате исследования были преобразованы в оценочные картосхемы, которые были оформлены с учетом следующих нескольких подходов.

1. При составлении картосхем использовалась семиуровневая оценочная шкала. Данный выбор был обусловлен несколькими факторами. Во-первых, применение нечетной шкалы позволяет четко структурировать результаты исследования (в частности, 4 балла – это среднее значение, 1–3 – ниже среднего, 5–7 – выше среднего). Во-вторых, как уже отмечалось выше, объектом исследования выступали озерно-бассейновые системы НП «Нарочанский». Всего в ходе выполнения предыдущего этапа исследования была выделена 171 структура. Таким образом, именно семиуровневая оценочная шкала оптимально отобразит дифференциацию водосборов по рассматриваемым показателям.

2. При составлении картосхем использовалось нулевое значение (т.е. значение «явление отсутствует») для тех водосборов, в пределах которых рассматриваемые показатели (водоемы, болота, городские населенные пункты, дороги и т.д.) отсутствовали. Кроме того, нулевой балл необходим для дальнейших математических действий (расчета интегральных или комплексных показателей планируемой к проведению геоэкологической оценки). В целом необходимо отметить, что по абсолютному большинству расчетных характеристик присутствуют водосборы, в пределах которых рассматриваемые явления не отмечались. Также для ряда характеристик, в частности, «Коэффициент озерности», «Коэффициент городских территорий», значительная часть (в первом случае) либо почти все (во втором) водосборы характеризуются отсутствием оцениваемого явления.

3. При использовании балльной системы при составлении картосхем большое значение имело также решение задачи выбора интервалов оценочных шкал, которые

могут быть как равными, так и неравными. Оценочные шкалы с неравными интервалами нередко более правильно отражают закономерности перехода от измерения к оценке, потому что очень часто при равномерном изменении значения какого-либо показателя изменение его значимости для определенных целей оценки происходит неравномерно. В то же время при использовании неравных шкал недопустимым является выведение среднего балла, так как при этом результат обычно получается завышенным или заниженным по сравнению с истинным. Поэтому при проведении интегральных либо комплексных оценочных исследований предпочтение отдается равномерным шкалам.

Таким образом, при реализации представленных оценочных картосхем использовался метод классификации «Равный интервал». Однако необходимо подчеркнуть: при использовании равноинтервальных оценочных шкал в результате создания картосхем для некоторых показателей происходило неоднородное распределение территориальных оценочных единиц по оценочным группам (вплоть до того что несколько водосборов было отнесено к наивысшему баллу, а все остальные – к низшему). Также при использовании равноинтервальных оценочных шкал достаточно часто происходит пропуск одного либо нескольких оценочных уровней, что также хорошо заметно на многих составленных картосхемах.

По результатам завершеного этапа исследований с целью объединения выполненных картографических материалов, а также отдельных методических аспектов при помощи шаблона Map Series облачной платформы картографирования ArcGIS Online разработано веб-приложение «Основные экологически значимые характеристики поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский». Разработанная система содержит созданные на данном, а также частично предыдущем этапе исследований картосхемы и краткие аналитические либо пояснительные описания. Размещена она в свободном доступе в сети Интернет (<https://arcg.is/m5znG>).

Информационно-аналитическая система построена по принципу «систем в системе», т.е. в отдельные вкладки системы были встроены другие картографические веб-приложения, выполненные также с использованием шаблонов карт историй ArcGIS Online. В целом выполненная информационно-аналитическая система состоит из тематических разделов, которые посвящены отображению и аналитическому описанию выполненного в 2018 г. этапа исследования (таблица 2).

Таблица 2. – Структура и содержание картографического веб-приложения «Основные экологически значимые характеристики поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский»

Название раздела	Содержание основного окна
1. Национальный парк «Нарочанский»	Карта территории исследования, краткое описание НП «Нарочанский»
2. Структуры бассейнового строения	Картографическое веб-приложение, отображающее выделенные структуры бассейнового строения территории, а также их основные характеристики (тип, площадь и т.д.)
3. Природные экологически значимые характеристики структур бассейнового строения	Картографическое веб-приложение, которое включает созданные картосхемы природных экологически значимых характеристик, а также описание данных характеристик, единицы измерения, формулы для их расчета
4. Антропогенные экологически значимые характеристики структур бассейнового строения	Картографическое веб-приложение, которое включает созданные картосхемы антропогенных экологически значимых характеристик, а также описание данных характеристик, единицы измерения, формулы для их расчета
5. О проекте	Краткая характеристика проекта и годового этапа (этап 2018 г.)

Структура системы состоит из заданного набора вкладок и основного окна. Раскрывающаяся вкладка содержит название блока и краткое текстовое пояснительное сопровождение. Основное окно представлено в виде интерактивной карты либо другого картографического веб-приложения.

В целом в систему включены три другие системы, которые несут информационно-аналитический характер. Данные системы включают набор вкладок с интерактивными картами, выполненными на основании расчетных характеристик.

Карты выполнены с использованием слоев границ выделенных озерно-бассейновых систем и базовой подложки OpenStreetMap. Они сопровождаются легендами и имеют интерактивные всплывающие окна, в которых представлены точные описательные сведения (номер и название водосбора, положение водосбора по отношению к структурам 1-го, 2-го и 3-го порядков и др.) и рассчитанные характеристики в границах рассматриваемых единиц.

Заключение

В результате реализации поставленных в ходе исследования задач в программной среде ArcGIS (приложения ArcMap и ArcGIS Online) была создана серия картосхем и связанных с ними атрибутивных таблиц (интегрированная электронная база данных основных природных и антропогенных экологически значимых характеристик поверхностных водосборов озерно-бассейновых систем НП «Нарочанский»), которые отображают пространственную неоднородность условий формирования поверхностных вод в пределах НП «Нарочанский». Реализована потенциальная возможность создания на их основе аналитических тематических карт с использованием базовой карты структур бассейнового строения и полученных баз данных.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы в ходе оценки современного состояния и реализации мер по снижению уровня деградации водоемов, расположенных на территории Национального парка «Нарочанский», в том числе в качестве основы для решения ряда задач:

1) разработка (адаптации) методик комплексной геоэкологической оценки современного состояния озерно-бассейновых систем, основывающихся на характеристиках аквальных комплексов озер, а также результатах изучения природных средообразующих факторов и факторов антропогенной нагрузки их поверхностных водосборов;

2) проведение комплексной геоэкологической оценки современного состояния озерно-бассейновых систем и группировки озер по результатам исследований;

3) обоснование и картирование адресных предложений по снижению потенциальных рисков для аквальных комплексов озер;

4) разработка пространственно-временной модели озерно-бассейновых систем с целью прогноза их экологического состояния, направленного на учет и обобщение динамики характеристик природных средообразующих факторов и факторов антропогенной нагрузки их поверхностных водосборов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калесник, С. В. Ладожское озеро / С. В. Калесник. – Л. : Гидрометеиздат, 1968. – 160 с.
2. Калесник, С. В. О некоторых важных задачах современного озероведения / С. В. Калесник // Вод. ресурсы. – 1973. – № 1. – С. 36–42.
3. Дробкова, В. Г. Опыт изучения специфики внутренних процессов озер в связи с влиянием окружающего ландшафта / В. Г. Дробкова, Л. Ф. Форш // Изв. ВГО. – 1975. – № 2. – С. 105–113.

4. Драбкова, В. Г. Опыт изучения специфики внутренних процессов озер в связи с влиянием окружающего ландшафта / В. Г. Драбкова, Л. Ф. Форш // Изв. ВГО. – 1975. – № 2. – С. 105–113.

5. Великорецкая, И. И. Ландшафтная структура озерных водосборов / И. И. Великорецкая // Ландшафтный фактор в формировании гидрологии озер Южного Урала / под ред. Г. В. Назарова. – Л., 1978. – С. 8–26.

6. Изменения в системе «водосбор – озеро» под влиянием антропогенного фактора / отв. ред. И. Н. Сорокин. – Л. : Наука, 1983. – 240 с.

7. Реакция экосистем озер на хозяйственное преобразование их водосборов / отв. ред. В. Г. Драбкова. – Л. : Наука, 1983. – 240 с.

8. Власов, Б. П. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменения и прогноз / Б. П. Власов. – Минск : Белорус. гос. ун-т, 2004. – 205 с.

9. Моделирование абиотических процессов в системе водосбор – водоем (на примере Чудско-Псковского озера) / С. А. Кондратьев [и др.]. – СПб. : Нестор-История, 2010. – 116 с.

10. Ковальчук, И. П. Методология и опыт ландшафтно-лимнологических исследований озерно-бассейновых систем Украины / И. П. Ковальчук, В. А. Мартынюк // География и природ. ресурсы. – 2015. – № 3. – С. 182–190.

11. Мартынюк, В. А. Модель геоэкологического состояния озерно-бассейновой системы / В. А. Мартынюк // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2018. – № 2. – С. 108–116.

12. Токарчук, О. В. Картирование озерно-бассейновых систем территории Национального парка «Нарочанский» / О. В. Токарчук, С. М. Токарчук // Псков. регион. журн. – 2018. – № 4 (36). – С. 65–81.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 28.01.2019

Tokarchuk O.V, Tokarchuk S.M. Directions of Databases of Ecologically Significant Features of Surface Watersheds of Lake-Basin Systems of the National Park «Narochansky»

The article also considers the possibility of creating databases of environmentally significant characteristics in the ArcGIS Online program. The databases were created in the context of 171 small lake-basin systems of the basin structure (within the territory of Park and the surrounding area of the external protection zone).

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.;
- міжрадковы інтэрвал – адзінары;
- двукоссе парнае «...»;
- абзац: водступ першага радка 1,25 см;
- выраўноўванне тэксту па шырыні.

Максімальныя лінейныя памеры табліц і малюнкаў не павінны перавышаць 15×23 см або 23×15 см. Усе графічныя аб'екты, якія ўваходзяць у склад аднаго малюнка, павінны быць згрупаваны паміж сабой. Фатаграфіі ў друк не прымаюцца. Размернасць усіх велічынь, якія выкарыстоўваюцца ў тэксце, павінна адпавядаць Міжнароднай сістэме адзінак вымярэння (СВ). Пажадана пазбягаць скарачэнняў слоў, акрамя агульнапрынятых. Спіс літаратуры павінен быць аформлены паводле Узораў афармлення бібліяграфічнага апісання ў спісе крыніц, якія прыводзяцца ў дысертацыі і аўтарэфераце, зацверджаных загадам Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 25.06.2014 № 159 у рэдакцыі загада Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь ад 08.09.2016 № 206. Спасылкі на крыніцы ў артыкуле нумаруюцца адпаведна парадку цытавання. Парадкавыя нумары спасылак падаюцца ў квадратных дужках (напрыклад, [1, с. 32], [2, с. 52–54]). Не дапускаецца выкарыстанне канцавых зносак.

Матэрыял уключае наступныя элементы па парадку:

- індэкс УДК (выраўноўванне па левым краі);
- ініцыялы і прозвішча аўтара (аўтараў) (выдзяляюцца паўтлустым шрыфтам і курсівам; выраўноўванне па цэнтры);
- звесткі пра аўтара (навуковая ступень, званне, пасада);
- назва артыкула (друкуецца вялікімі літарамі без пераносаў; выраўноўванне па цэнтры);
- анатацыя ў аб'ёме ад 100 да 150 слоў на мове артыкула (курсіў, кегль – 10 pt.);
- звесткі аб навуковым кіраўніку (для аспірантаў і саіскальнікаў) указваюцца на першай старонцы артыкула ўнізе;
- асноўны тэкст, структураваны ў адпаведнасці з патрабаваннямі ВАКа да навуковых артыкулаў, якія друкуюцца ў выданнях, уключаных у Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў (Уводзіны з пастаўленымі мэтай і задачамі; Асноўная частка, тэкст якой структуруецца падзагалоўкамі (назва раздзела «Асноўная частка» не друкуецца); Заключэнне, у якім сцісла сфармуляваны асноўныя вынікі даследавання, указана іх навізна);
- спіс выкарыстанай літаратуры;
- рэзюмэ на англійскай мове (курсіў; да 10 радкоў, кегль – 10 pt.): назва артыкула, прозвішча і ініцыялы аўтара/аўтараў, тэзісны пераказ зместу артыкула; у выпадку калі аўтар падае матэрыял на англійскай мове, рэзюмэ – на рускай ці беларускай.

Да рукапісу артыкула абавязкова дадаюцца:

- звесткі пра аўтара на беларускай мове (прозвішча, імя, імя па бацьку поўнаасцю, вучоная ступень і званне, месца працы (вучобы) і пасада, паштовы і электронны адрасы для перапіскі і кантактныя тэлефоны);
- выпіска з пратакола пасяджэння кафедры, навуковай лабараторыі ці ўстановы адукацыі, дзе працуе/вучыцца аўтар, завераная пятчаткаю, з рэкамендацый артыкула да друку;
- рэцэнзія знешняга ў адносінах да аўтара профільнага спецыяліста з вучонай ступенню, завераная пятчаткаю;
- экспертнае заключэнне (для аспірантаў і дактарантаў).

Рукапісы, аформленыя не ў адпаведнасці з выкладзенымі правіламі, рэдкалегіяй не разглядаюцца.

Аўтары нясуць адказнасць за змест прадстаўленага матэрыялу.

Карэктары *С.Ф. Бут-Гусаім, Л.М. Калілец*

Камп'ютарнае макетаванне *С.М. Мініч, Г.Ю. Пархац*

Падпісана ў друк 17.06.2019. Фармат 60×84/8. Папера афсетная.

Гарнітура Таймс. Рызаграфія. Ум. друк. арк. 13,25. Ул.-выд. арк. 8,82.

Тыраж 100 экз. Заказ № 234.

Выдавец і паліграфічнае выкананне: УА «Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А.С. Пушкіна».

Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы,

распаўсюджвальніка друкаваных выданняў

№ 1/55 ад 14.10.2013.

ЛП № 02330/454 ад 30.12.2013.

224016, г. Брэст, вул. Міцкевіча, 28.