



Веснік

Брэсцкага ўніверсітэта

Галоўны рэдактар:
А.М. Сэндзер

Намеснік галоўнага рэдактара:
С.А. Марзан

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
М.П. Ярчак

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»

№ 2 / 2017

У адпаведнасці з Дадаткам да загада
Вышэйшай атэстацыйнай камісіі Рэспублікі Беларусь
ад 01.04.2014 г. № 94 (у рэдакцыі загада Вышэйшай атэстацыйнай камісіі
Рэспублікі Беларусь ад 13.01.2017 № 6) 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, геаграфічных і геалага-мінералагічных навуках

ЗМЕСТ

БІЯЛОГІЯ

Абрамова И.В., Гайдук В.Е.

Динамика видового состава и численность населения водоплавающих птиц
водохранилища Орхово в летний период 5

Артемук Е.Г., Корзюк О.В., Мариневич А.А.

Рострегулирующее и антистрессовое действие брассиностероидов на бобовые культуры
в условиях влияния ионов свинца 13

Блоцкая Е.С., Абрамова И.В.

Динамика населения мелких млекопитающих
в ходе вторичной сукцессии елового леса в юго-западной Беларуси 18

Галиновский Н.Г., Потапов Д.В., Аверин В.С.

Карабидокомплексы окрестностей скважин судовицкого нефтяного месторождения
(Республика Беларусь) 25

Карабын В.В.

Органическое загрязнение вод верхней части реки Западный Буг 33

Левковская М.В.

Особенности формирования живого напочвенного покрова сосняков мшистых
под влиянием проходных рубок 44

Лобков В.Ю., Беоглу А.П., Фролов А.И.

Изменения воспроизводительных и продуктивных показателей коров
при скормливании функциональной кормовой фитодобавки с биоплексами микроэлементов 51

Матусевич Н.М., Жигар М.П.

Анатомическое строение наружных чешуй вегетативных почек некоторых видов клена 56

Окоронко И.В.

Оценка эколого-хозяйственного баланса административных районов Брестской области 60

Саваневский Н.К., Хомич Г.Е., Саваневская Е.Н.

Артериальное давление и скорость распространения пульсовой волны
при постуральных воздействиях 69

Санелина Е.А., Рой Ю.Ф.

Возделывание малины ремонтантной в условиях капельного орошения
на почвах юго-запада Беларуси 75

Тюлькова Е.Г., Авдашкова Л.П.

Адаптивный потенциал растительности урбанизированных территорий (на примере г. Гомеля) 82

Шкуратова Н.В.

Анатомические особенности строения коры однолетних стеблей древесных экзотов
семейства *Fabaceae* Lindl., культивируемых в Беларуси 93

НАВУКІ АБ ЗЬМЛІ

Богдасаров М.А., Гречаник Н.Ф., Кожанов Ю.Д., Кухарик Е.А.

Геологическое строение и особенности формирования неогеновых отложений
территории Подляско-Брестской впадины 99

Вертюх А.Н., Филиппов В.И.

Катагенез органического вещества и распределение залежей углеводов
в Днепровско-Донецкой впадине (по палинологическим данным) 105

Гаврильчик И.М.

Комплексная оценка ресурсного потенциала
туристско-рекреационной деятельности Витебской области 114

Никитюк Д.В.

Пространственные закономерности формирования регионального туристского кластера 121



Vesnik

of Brest University

Editor-in-chief:

A.N. Sender

Deputy Editor-in-chief:

S.A. Marzan

International Board:

A.A. Afonin (Russia)

V.A. Nestyarovski (Ukraine)

A. Juvka (Poland)

Editorial Board:

N.S. Stupen

(managing editor)

S.V. Artsemenka

M.A. Bagdasarav

A.M. Vitchanka

A.A. Volchek

V.E. Gajduk

A.L. Gulevich

M.P. Zhigar

A.A. Mahnach

A.V. Matveev

V.V. Saltanav

Y.K. Yalovichava

M.P. Yarchak

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»

№ 2 / 2017

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 13, 2017 № 6 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., Gaiduk V.E. Dynamics of Species and Numbers Population of Water Birds at the Reservoir Orhovo in the Summer Period	5
Artsiamuk A.G., Karziuk A.V., Maryneovich A.A. Growth Regulating Activity and Anti-Stress Effect of Brassinosteroids on Legumes Under the Influence of Lead Ions.....	13
Blockaja E.S., Abramova I.V. Population Dynamics of Small Mammals' Communities in the Secondary Succession of Fir Forests in the South-West of Belarus	18
Halinouski M.H., Potapov D.V., Averin V.S. Carabid Communities around Wells of Oil Field «Sudovitskoye» (the Republic of Belarus)	25
Karabyn V.V. Organic Pollution of the Upper Part of the Western Bug.....	33
Levkovskaya M.V. Features of Living Mossy Ground-Cover Formation in Pine Moss Forests under Mechanized Thinning Influence	44
Lobkov V.Y., Beoglu A.P., Frolov A.I. The Changes of Reproductive and Productive Parameters of Cows Fed with the Functional Fodder Phytonutrients Withbiopleksof Micronutrients.....	51
Matusevich N.M., Zhigar M.P. Anatomical Structure of External Scales of Vegetative Buds of Some Species of Maple	56
Okoronko I.V. Assessment of the Ecological and Economic Balance of the Administrative Districts of the Brest Region.....	60
Savaneuski M.K., Khomich H.E., Savaneuskaya A.N. Arterial Pressure and Pulse Transit Speed by Postural Tests	69
Sanelina E.A., Roy Yu.F. Raspberry Remontant Repair in Conditions of Dross Irrigation on Southwest Soils of Belarus	75
Tyulkova E.G., Avdashkova L.P. Vegetation Adaptive Capacity of the Urbanized Territories (on Gomel City Example).....	82
Shkuratova N.V. Anatomical Structure of the Bark of Annual Stems the Woody Exotics of the Family Fabaceae Lindl. Cultivated in Belarus.....	93

SCIENES ON EARTH

Bogdasarov M.A., Grechanik N.F., Kozhanov Yu.D., Kukharik Ye.A. Geological Structure and Peculiarities of Formation of Neogene Deposits of the Territory of the Podlass-Brest Depression.....	99
Vertyukh A.N., Filippov V.I. Catagenesis of Organic Matter by Palinological Data and Distribution of Hydrocarbon Fields in Dnieper-Donets Basin	105
Haurylchyk I. Comprehensive Assessment of Resource Potential of Touristic-Recreational Activity of Vitebsk Region	114
Nikityuk D.V. Spatial Regularities of Formation of Regional Tourism Cluster	121

УДК 574.42 (476.7)

И.В. Абрамова¹, В.Е. Гайдук²

¹канд. биол. наук, декан географического факультета
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
²д-р биол. наук, проф. каф. зоологии и генетики
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
e-mail: iva.abramova@gmail.com

ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА И ЧИСЛЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ВОДОПЛАВАЮЩИХ ПТИЦ ВОДОХРАНИЛИЩА ОРХОВО В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

*Изложены результаты многолетних исследований (1989–2016 гг.) населения водоплавающих птиц (*Podiceps cristatus* L., *Fulica atra* L., *Anas platyrhynchos* L.) водохранилища Орхово (Брестский район). По ходу сукцессии параллельно с увеличением площади зарослей тростника, рогоза и осок на мелководьях водоема происходит рост количества гнездящихся пар чомги и лысухи.*

Введение

Изменение структуры орнитоценоза и численности отдельных видов птиц искусственных водоемов обусловлены последовательной сукцессией растительных сообществ, главной причиной которой являются антропогенные факторы. По мере того как на мелководьях и в прибрежной полосе развивается высокостебельная травянистая растительность, кустарники и деревья, происходит заселение водоема птицами, численность гнездящихся пар которых увеличивается по ходу сукцессии в зависимости от наличия и площади пригодных к размножению мест обитания.

Восстановительные сукцессии наиболее полно изучены на примере орнитоценозов лесных экосистем [1]. Сукцессии водных и прибрежных мест обитания птиц в Беларуси изучены недостаточно. Исследование изменения орнитофауны в результате сукцессии на вторично заболоченных территориях Полесского государственного радиационно-экологического заповедника показало, что в течение 1995–1999 гг. на территории «Погонное» сообщество птиц изменялось в сторону доминирования околотоводно-болотного и водно-прибрежного комплексов [2]. Сукцессии сообществ водно-болотных птиц крупных водохранилищ рассматриваются в ряде работ российских и украинских исследователей. В.П. Денисов и В.В. Фролов [3] изучили влияние Сурского водохранилища на формирование орнитофауны в лесостепной зоне Поволжья. Была прослежена динамика видового состава и численности птиц водоема в 1974–1981 гг. В процессе формирования орнитоценоза водохранилища эти показатели у многих водных и околоводных птиц увеличились, возникли колониальные гнездования чомг, черношейной поганки, чаек, крачек и др. видов. Прослежено изменение численности водно-болотных птиц на Запорожском и Днепропетровском водохранилищах в 1966–1975 гг. [4], Куйбышевском водохранилище [5], Днепродзержинском [6] и Киевском водохранилищах [7]. Отметим, что за 35-летний период (1936–1965 гг.) существования Ленинского водохранилища (площадь около 30 тыс. га) на р. Днепр, произошли существенные изменения в гидробиологическом режиме и в становлении авифауны. Во многих местах водохранилища образовались плесы, заросшие тростником, рогозом, камышом и другими водными растениями, благодаря этому создались благоприятные условия для гнездования и откорма на перелетах птиц.

В конце периода наблюдений было зарегистрировано 60 видов охотничьих птиц, в том числе 26 гнездящихся (кряква, лысуха, 2 вида поганок и др.) и 34 пролетных (серый гусь, гуменник, серошекая поганка и др.) [8]. После образования Кременчугского водохранилища (1960 г., площадь 2 250 м²) на р. Днепр видовой состав охотничьей орнитофауны по существу не подвергся изменению, поскольку сохранились основные типы водно-болотных биотопов, однако соотношение отдельных видов птиц заметно изменилось. Наиболее многочисленными видами стали кряква, чирок-трескунок, лысуха и др. В осенний период количество птиц на водоеме значительно возрастает за счет мигрантов [9]. В.А. Мельничук [10] рассмотрела закономерности формирования орнитофауны водохранилищ на равнинных реках. Ею отмечено, что в процессе сукцессий на водохранилищах происходят изменения видового состава гнездящихся птиц и их населения. А.М. Кудрин [11] изучил динамику и структуру сообществ водоплавающей дичи под воздействием сукцессионных изменений мелководных водохранилищ на примере Воронежского водохранилища. Он показал, что видовой состав охотничьей орнитофауны на водохранилище типичен для крупных водоемов Центральной лесостепи и включает 16 видов, из них 5 гнездящихся и 5 пролетных. При сукцессии зарослей водно-болотных растений происходят изменения видового и количественного состава гнездового населения водоплавающих птиц.

Краткая характеристика водоема, материал и методы

Водохранилище Орхово построено в 1989 г. на месте заболоченного ольшаника и кустарниковых зарослей. Расположено рядом с деревнями Орхово и Томашовка Брестского района. Водохранилище наливное, сезонного регулирования, наполнение осуществляется при помощи насосной станции за счет стока р. Зап. Буг в марте–мае. Площадь зеркала – 0,56 км², длина – 1,4 км, максимальная ширина – 0,65 км, средняя ширина – 0,4 км, средняя глубина – 2,66 м. Полный объем составляет 1,48 млн м³. Водоем окружен земляной дамбой длиной 1 460 м, ловчим и водоподводящим каналами.

Водохранилище подвергается сильной рекреационной нагрузке. В летний период практически ежегодно ловят рыбу рыболовы-любители, их количество в некоторые дни достигает до 20 человек. На берегах водоема отдыхают местные жители и приезжие. На мелководьях, в основном в восточной и южной частях водоема, произрастают куртины тростника, рогоза, осок, кустарники и деревья. Эти участки менее доступны отдыхающим. Здесь гнездятся водоплавающие (чомга, лысуха, кряква) и другие птицы тростниковых зарослей. Прослежена динамика гнездящихся видов и птиц, которые используют водохранилища в качестве кормовой станции и отдыха.

Пространственное распределение и численность водоплавающих птиц водохранилища и его прибрежной полосы изучали ежегодно с момента его образования с использованием общепринятых методик. Учеты проводили в июне–июле 1989–2016 гг., в отдельные годы наблюдения проводились в апреле, мае и августе. Количество гнездящихся пар крякв, чомги, лысухи определяли по найденным гнездам, выводкам пуховичков (juv) и молодых (im). Обследования водоема (в том числе прибрежной полосы высокостебельной растительности, а также каналов) проводили ежегодно 8–16 раз за сезон.

В исследованиях принимали участие студенты биологического и географического факультетов БрГУ имени А.С. Пушкина во время учебных практик по зоологии позвоночных, биологии охотничье-промысловых животных и другим дисциплинам под руководством авторов работы. Ежегодно от четырех до восьми студентов выполняли индивидуальные задания по биологии водоплавающих птиц.

Результаты исследования и их обсуждение

Авторы работы проследили динамику численности трех гнездящихся видов птиц по ходу сукцессии прибрежной растительности малого водохранилища Орхово.

В юго-западной Беларуси чомга (*Podiceps cristatus* L.) является гнездящимся перелетным и транзитно-мигрирующим видом [12]. В регион птицы прилетают во второй декаде марта – второй декаде апреля, отлетают – во второй половине сентября – середине ноября. К откладке яиц птицы приступают во второй декаде мая – первой декаде июня и позже при повторных кладках. Чомга обычно гнездится отдельными парами. Птицы прибегают к групповым поселениям в тех местообитаниях, в которых наблюдается дефицит пригодных мест для построения гнезд, но имеется богатая кормовая база. В период гнездования чомги придерживаются четкой территориальности в отношении гнездовых и кормовых участков. По нашим наблюдениям, кормовые участки значительно превышают гнездовые, которые более активно охраняются. На водохранилище Орхово птицы образуют рыхлые колонии по 3–4 пары, при этом расстояние между гнездами в некоторые годы не превышает 2 м. В юго-западной Беларуси (озеро Селяхи, водохранилище Луково, пруды рыбхоза «Страдочь» и др.) колонии птиц состояли из 3–8 пар [12]. Колониальные поселения чомг в различных частях ареала вида в Европе обычно не превышают 10–20 пар, но в некоторых случаях достигают 100 пар [13].

Впервые на водохранилище Орхово чомга отмечена в июне 1990 г., когда были зарегистрированы 2 особи. В 1991–1999 гг. практически ежегодно встречали 1–3 особи. По-видимому, это были кочующие особи, которые еще не достигли половой зрелости или не приступили к гнездованию. Половая зрелость у данного вида у одной части птиц наступает на первом году жизни, у другой части – на втором [14]. Впервые гнездование 1 пары птиц отмечено в июне 2000 г. Кладка состояла из 4 яиц, выводок – из 3 пуховичков. В последующие годы (таблица) с увеличением площади зарослей высокостебельной растительности количество гнездящихся пар постепенно увеличивалось и достигло максимума (5–6 пар) в 2013–2016 гг. За весь период наблюдений нами было обследовано 16 гнезд с кладками, количество яиц в которых варьировало от 1 до 5 (в среднем 3,5). Отметим, что количество яиц в кладках чомги в регионе варьировало от 1 до 7 (в среднем 3,8) [12]. Количество выявленных кладок в три раза меньше, чем количество зарегистрированных выводков чомги. Это объясняется тем, что выводки легко обнаруживаются, т.к. взрослые с птенцами часто появляются на открытой воде. Средние размеры выводков пуховичков составляли 2,4 птенца, молодых – 2,0 птенца. Уменьшение средних размеров выводков большего возраста объясняется гибелью части птенцов (влияние хищников: американская норка, щука и др. – и деятельности человека). Часть молодых в конце июля приобретает способность к полету и начинает совершать предмиграционные кочевки.

На 1 км² общей площади водохранилища в среднем приходится 5,4 гнездящихся пар, 4,3 пуховичка и 3,6 молодых птиц. Плотность гнездования чомги в различных частях ареала существенно различается на водоемах различного типа: от менее одной или нескольких пар до 100 и более пар на 1 км². Очень высокой плотности чомга достигает на озерах Северного Казахстана – 0,2–1,5 пары на 1 га заросли надводной растительности [14].

Лысуха (*Fulica atra* L.) в юго-западной Беларуси является гнездящимся перелетным и транзитно мигрирующим видом. Птицы прилетают в регион в различные годы во второй декаде марта – второй декаде апреля. Осенний отлет и пролет лысух происходит в сентябре–октябре (в последнее десятилетие позже), часть птиц зимует [12]. В гнездовой период птицы заселяют разнообразные водоемы, заросшие водной растительностью: тростником, рогозом, камышом, осоками и полузатопленными кустарниками. В регионе приступают к размножению обычно в апреле – второй декаде мая.

В году бывает один выводок. Откладка яиц происходит в третьей декаде апреля – второй декаде мая. Сроки откладки яиц в одном и том же году растянуты на 2–3 недели. Насиживание продолжается ($n = 5$) 21–24 дня.

Летом в 1989–1999 гг. на водоеме встречали лысух без признаков гнездования в количестве 1–5 особей. Это были кочующие птицы, которые по ряду причин не принимали участия в размножении. Лысуха гнездится на водохранилище Орхово с 2000 г. К этому времени на мелководье в восточной и юго-восточной частях водоема сформировались благоприятные условия для гнездования птиц: появились небольшие заросли тростника и рогоза, полузатопленные кустарники.

Размер гнездового участка ($n = 12$) на водохранилище составлял 0,4–0,8 га и определялся ремизными, кормовыми условиями и плотностью гнездящихся птиц. Гнезда лысух в начальный период заселения водоема располагались в 30–50 м друг от друга. В некоторые годы при увеличении гнездящихся пар до 5–8 гнезда располагались на расстоянии 8–12 м друг от друга. Это были небольшие групповые поселения птиц. На водоемах юго-западной Беларуси лысухи иногда образуют колониальные поселения из 6–18 гнездящихся пар.

Гнезда птиц располагались на мелководье в прибрежной полосе водохранилища среди относительно редкой прошлогодней высокостебельной растительности. В таких местообитаниях гнезда опирались на дно (50 %), реже (20 %) встречались плавучие гнезда. В глубоких местах водоема птицы строили гнезда на зарослях тростника и рогоза. У плавучих гнезд основная часть находилась под водой. Такие гнезда птицы прикрепляли к стоящим рядом стеблям тростника и рогоза. Гнезда обычно располагались в зарослях растений на расстоянии 0,5–5 м от открытой воды. В июне–июле 2016 г. в связи с продолжительной засухой уровень воды в водохранилище понизился на 1–1,5 м. Некоторые гнезда лысух ($n = 3$) и чомг ($n = 2$) оказались на суше.

В сезон размножения лысухи охраняют гнездовую территорию от особей своего вида и особей других видов, проявляя агрессию [15]. Отметим, что в ряде случаев ($n = 6$) гнезда лысух и чомг располагались в 3–6 м друг от друга.

В 2001–2016 гг. количество гнездящихся пар варьировало от 1 до 10 (таблица). В году один цикл размножения. Кладки яиц ($n = 26$) разной степени насиженности были выявлены в мае–июне ($n = 18$) и июле ($n = 8$). Последние, по-видимому, были повторными или поздними. В полных кладках было от 4 до 12 яиц (в среднем 7,1). Интервал между кладкой яиц составляет 1 сутки ($n = 8$), реже ($n = 3$) – 3 суток. Насиживание ($n = 10$) продолжается 21–24 дня. В выводках с пуховичками отмечали 2–9 птенцов (среднем 5,2), с молодыми – 2–8 птенцов (в среднем 4,1). Начиная с середины июля молодые объединяются со взрослыми в группы по 15–40 особей, которые плавают на открытой воде водохранилища. Такие большие группы были отмечены с 2008 по 2016 г. На 1 км² общей площади водохранилища в среднем приходится 6,7 гнездящихся пар, 9,3 пуховичка и 7,3 молодых птиц.

Плотность гнездования лысухи на различных водоемах в юго-западной Беларуси составляет 4–70 пар на 100 га [12]. На водоемах в различных частях ареала плотность гнездящихся пар колеблется от 4–5 до 130 пар на 100 га [15].

Кряква (*Anas platyrhynchos* L.) в регионе является перелетным гнездящимся и частично зимующим видом. Начало прилета и пролета птиц приходится на март – первую половину апреля (в среднем на 18.03). Отлет и пролет происходит в конце сентября – ноябре и позже до полного замерзания водоемов. Во второй половине XX в. отмечены зимовки небольших стаек крякв в различных регионах Брестской области. В последнее десятилетие значительное количество птиц зимует [12].

В Брестской области кряква населяет реки и их поймы, берега озер и водохранилищ, рыбхозы, каналы и канавы, травянистые болота и луга.

Таблица. – Динамика численности водоплавающих птиц водохранилища Орхово в 2000–2016 гг.

Группа по возрасту	Численность взрослых и молодых по годам																	n	x	P
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Лысуха																				
Пар, ad	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	7	8	10	70	4,1	6,7
juv	5	7	10	6	9	13	10	15	22	26	18	25	24	31	41	48	54	364	21,4	9,3
im	4	5	7	8	9	12	12	10	14	16	17	19	21	34	37	36	50	311	18,3	7,3
Чомга																				
Пар, ad	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	54	3,2	5,4
juv	3	2	2	4	5	4	4	7	8	7	9	12	10	13	10	14	15	129	7,6	4,3
im	2	1	2	3	4	4	5	6	7	6	8	9	8	10	9	12	13	109	6,4	3,6
Кряква																				
Самки, ad	1	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1	1	2	2	4	29	1,7	
Juv	7	—	6	7	—	11	10	—	11	—	8	9	9	—	11	14	28	131	10,9	
Im	6	10	6	7	7	11	10	10	12	11	6	8	7	6	9	13	25	164	9,6	

Примечание: n – общее количество пар (особей); x – среднее количество пар (особей); P – плотность населения, пар/км² или ос./км².

К размножению кряква приступает в марте–апреле, к кладке яиц – в первой–второй декадах апреля; в некоторые годы отдельные зимующие самки – во второй декаде марта [12]. На водохранилище Орхово и в его окрестностях гнезда строят недалеко от воды в куртинах, в густых зарослях тростника, рогоза и под кустарниками. Гнезда находили на расстоянии 1–20 м от воды. В прибрежной зоне водохранилища на водоеме, водоподводящем и ловчем каналах встречали с 1990 г. Кладки ($n = 8$) разной степени насиженности регистрировали в мае–июне 2000–2016 гг. Свежие кладки ($n = 4$), обнаруженные в первой половине мая–июне, по-видимому, были поздние или повторные. Количество яиц в кладках варьировало от 6 до 11 яиц (в среднем 7,8). По нашим данным [12], в юго-западной Беларуси полная кладка у кряквы состоит из 6–13 яиц (в среднем 8,3). Самка насиживает кладку ($n = 5$) в течение 26–28 дней. Количество птенцов в выводках пуховичков варьировало от 3 до 11 (в среднем 6,4); количество молодых в выводках – от 3 до 9 птенцов (в среднем 5,6) (таблица). Во второй–третьей декадах июня примерно в двухмесячном возрасте большая часть молодых птиц начинает летать.

С началом гнездования лысух и чомг и постепенным увеличением количества гнездящихся пар этих видов кряква перестала гнездиться в прибрежной полосе водохранилища, только в некоторые годы (4 случая) выводки крякв регистрировались на водоеме. Птицы стали гнездиться на берегах водоподводящего и ловчего каналов. По-видимому, агрессивное поведение лысух по отношению к другим видам в период размножения, стимулировало крякв гнездиться на берегах каналов. Нами отмечены случаи нападения на водохранилище лысух на крякв, лебедей и чомг. Отметим, что в литературе [15] описаны случаи как агрессии лысух по отношению к крякве и другим водоплавающим птицам, так и успешного гнездования поганок и уток под защитой лысухи.

Некоторые водно-болотные птицы используют водохранилища в летний период в качестве кормовой станции и места отдыха. Одним из таких видов является лебедь-шипун (*Cygnus olor Gmel.*), численность которого с 1990 по 2016 гг. прогрессивно увеличивалась от 3–5 особей в 1998 г. до 20–30 особей в 2010–2016 гг. Это были холостые или неполовозрелые особи. Нами отмечено, что кряква отрицательно реагирует на присутствие лебедей на водоеме.

Летом 2002 г. было зарегистрировано пребывание белолобого гуся (*Anser albifrons Scop.*). Одна особь держалась на водоеме с 27.05.2002 по 04.06.2002. За период наблюдений 4 раза регистрировался большой баклан (*Phalacrocorax carbo L.*). В июле 2016 г. одна птица находилась 8 суток, подолгу сидела на шесте посередине водохранилища. В 2009 г. на водохранилище Орхово нами зарегистрирован очень редкий для Беларуси вид – короткохвостый поморник (*Stercorarius parasiticus L.*). Первые 15 особей этого вида были отмечены 13.07.2009. В течение последующих 9 дней птицы регистрировались в основном в 18–20 часов. Больше всего (130 особей) их было 14.07.2009. Птицы прилетали со стороны Зап. Буга, кормились на водоеме, а затем улетали в сторону оз. Пулемец (Украина), которое расположено примерно в 10 км от водохранилища; утром птицы возвращались. Последний раз 7 особей видели 22.07.2009 [16].

Во второй половине июля в 1998–2007 гг. нами периодически регистрировались на водоеме послегнездовые кочевки хохотуны (*Larus cachinnans Pall.*). Стаи из 18–50 молодых особей прилетали со стороны Зап. Буга, садились на воду, кормились, отдыхали, а затем улетали в сторону Шацких озер; рано утром птицы возвращались.

В разные годы за весь период исследований нами было зарегистрировано кратковременное пребывание ряда видов: серой цапли (*Ardea cinerea L.*), большой белой цапли (*Egretta alba L.*), черного аиста (*Ciconia nigra L.*), белого аиста (*Ciconia ciconia L.*), черного коршуна (*Milvus migrans Bodd.*), озерной чайки (*Larus ridibundus L.*), черной (*Chlidonias niger L.*), белокрылой (*Chlidonias leucopterus Temm.*) и речной (*Sterna hirsundo L.*) крачек, зимородка (*Alcedo atthis L.*) и др.

Заклучение

Таким образом, по ходу сукцессии и по мере зарастания все новых участков мелководий водохранилища высокостебельной растительностью и кустарниками количество гнездящихся пар чомг и лысух увеличивалось и достигло своего пика в 2009–2016 гг., когда гнездились до 4–6 пар чомги и 4–10 пар лысухи. Всего было выявлено за период наблюдений 70 пар лысухи и 48 пар чомги. Количество пуховичков у лысухи варьировало в пределах 3–8 птенцов (в среднем 5,2); у чомги – 1–3 (в среднем 2,4). Молодых у лысухи в среднем было 4,1 особи, а у чомги – 2,0 особи.

Динамика гнездящихся крякв и прибылых особей не имеет четкого тренда. На некоторых крупных водохранилищах России и Украины видовой состав гнездящихся водно-болотных птиц более разнообразен и численность более высокая. Тренд этих параметров по ходу сукцессий положительный.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, И. В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси / И. В. Абрамова. – Брест : БрГУ, 2007. – 208 с.
2. Журавлев, Д. В. Изменение орнитофауны в результате сукцессии на вторично заболоченных территориях ПГРЭЗ / Д. В. Журавлев // Беловежская пуца на рубеже третьего тысячелетия : материалы науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию со дня образования гос. заповедника «Беловежская пуца», п. Каменюки, 22–24 дек. 1999 г. / отв. ред. А. И. Лучков. – Минск, 1999. – С. 290–293.
3. Денисов, В. П. Влияние крупных водохранилищ на формирование орнитофауны в лесостепной зоне Поволжья / В. П. Денисов, В. В. Фролов // Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население позвоночных животных : тез. Всесоюз. совещ. – М., 1987. – Ч. 2. – С. 137–138.
4. Булахов, В. Л. Изменение численности водоплавающих птиц на Запорожском и Днепропетровском водохранилищах с 1966 по 1975 гг. / В. Л. Булахов, О. М. Мясоедова // Ресурсы водоплавающих птиц СССР, их воспроизводство и использование. – М. : Наука, 1977. – С. 33–35.
5. Воложанская, Т. И. Материалы по изменению фауны птиц Куйбышевского водохранилища / Т. И. Воложанская // Всесоюз. совещание по проблеме кадастра и учета животного мира. – М., 1986. – Т. 2. – С. 299–350.
6. Клестов, Н. Л. Особенности формирования и современное состояние населения птиц Днепродзержинского водохранилища / Н. Л. Клестов, А. В. Лепешков // Орнитология. – 1985. – Вып. 20. – С. 113–119.
7. Мельничук, В. А. Изменения условий жизни и численности водоплавающих птиц при образовании Киевского водохранилища / В. А. Мельничук // Вестн. зоологии. – 1967. – № 1. – С. 40–46.
8. Стаховский, В. В. Об изменениях в фауне охотничьих птиц Ленинского водохранилища на реке Днепр за 35 лет / В. В. Стаховский, О. М. Мясоедова // Первая науч. конф. по развитию охотничьего хозяйства Украинской ССР. : тез. докл. – Киев, 1968. – Ч. 1. – С. 221–225.
9. Самарский, С. Л. Пути обогащения охотничьей орнитофауны на Кременчугском водохранилище / С. Л. Самарский, П. П. Рева // Первая науч. конф. по развитию охотничьего хозяйства Украинской ССР : тез. докл. – Киев, 1968. – Ч. 1. – С. 205–207.
10. Мельничук, В. А. О закономерностях формирования орнитофауны водохранилищ на равнинных реках / В. А. Мельничук // Материалы VI Всесоюз. орнитолог. конф. – М., 1974. – Ч. 2. – С. 341–342.

11. Кудрин, А. М. Динамика и структура сообществ водоплавающей дичи под воздействием сукцессионных изменений мелководных водохранилищ: на примере Воронежского водохранилища : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. М. Кудрин. – Воронеж, 2000. – 17 с.
12. Гайдук, В. Е. Экология птиц юго-запада Беларуси. Неворобынообразные / В. Е. Гайдук, И. В. Абрамова. – Брест : БрГУ, 2009. – 300 с.
13. Cramp, S. The birds of the Western Palearctic / S. Cramp, K. E. Simmons. – Oxford University Press, 1977. – Vol. 2. – 724 p.
14. Курочкин, Е. Н. Чомга / Е. Н. Курочкин // Птицы СССР. История изучения. Гагары, поганки, трубконосые. – М. : Наука, 1982. – С. 333–351.
15. Курочкин, Е. Н. Лысуха / Е. Н. Курочкин, А. И. Кошелев // Птицы СССР. Куropyобразные, журавлеобразные. – Л. : Наука, 1987. – С. 439–464.
16. Кадастр позвоночных животных биосферного резервата «Прибужское Полесье» (Белорусский сектор трансграничного биосферного резервата «Западное Полесье») / В. Е. Гайдук [и др.]. – Брест : Альтернатива, 2014. – 80 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 05.07.2017

Abramova I.V., Gaiduk V.E. Dynamics of Species and Numbers Population of Water Birds at the Reservoir Orhovo in the Summer Period

The papers contain the results of many years of research (1967-2015) of the population of water birds (Podiceps cristatus L., Fulica atra L., Anas platyrhynchos L.) in the Orhovo reservoir (Brest district). In the process of succession, in parallel with the increase in the area of thickets of reeds, cattails and sedges in the shallows of the reservoir, there is an increase in the number of nesting pairs of great crested grebe and coot.

УДК 577.175.1

Е.Г. Артемук¹, О.В. Корзюк², А.А. Мариневич³¹канд. биол. наук, доц. каф. химии*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина,
зав. сектором качества кормов лаборатории биохимии**Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси*²старший преподаватель каф. химии*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина,*³магистрант каф. химии*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина**e-mail: chem@brsu.brest.by*

РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЕ И АНТИСТРЕССОВОЕ ДЕЙСТВИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА БОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ СВИНЦА

Изучено влияние brassinosteroidов (гомобрассинолида и эпикастостерона) на рост люпина узколистного и гороха посевного в условиях воздействия ионов свинца. Показано, что гомобрассинолид и эпикастостерон обладают антистрессовым действием в условиях токсического действия свинца на бобовые культуры, что выражается в снижении активности ферментов антиоксидантной системы. Сделан вывод, что изменения биохимических процессов в клетках, происходящие под влиянием ионов свинца, в определенной степени могут быть нивелированы действием brassinosteroidов.

Введение

К настоящему времени накоплен большой объем информации о фитотоксическом действии ионов свинца. В связи с широким распространением ионов свинца в результате естественных природных процессов и антропогенной деятельности актуален поиск средств, уменьшающих как негативное действие свинца на рост культурных растений, так и его накопление в растениеводческой продукции. Следует отметить значительный рост в последние годы количества публикаций, в которых обсуждается возможность модификации действия свинца на культурные растения при применении регуляторов роста, в частности, brassinosteroidов.

Брассиностероиды – это гормоны растений, играющие важную роль в регуляции роста, развития и ряда ключевых физиологических функций. Брассиностероиды проявляют свое биологическое действие в очень низких концентрациях. Регуляторная роль brassinosteroidов проявляется в растениях в стимуляции процессов роста, интенсивности фотосинтеза, изменении белкового метаболизма, поступления ионов и многих других сторон обмена веществ. Открытие у brassinosteroidов антистрессовых свойств к абиотическим факторам (высоким и низким температурам, засухе, засолению и действию тяжелых металлов) служит основанием для расширения сфер их применения [1].

Основные функции в регуляторной деятельности клетки выполняют ферменты антиоксидантной защиты (пероксидаза и каталаза), обеспечивающие нормальный ход окислительных процессов при различного рода неблагоприятных воздействиях. Одно из проявлений защитных реакций растений в условиях стресс-факторов – возрастание активности пероксидазы и каталазы. Обнаружение способности brassinosteroidов понижать активность антиоксидантных ферментов может быть использовано для разработки способа повышения устойчивости культурных растений к стресс-факторам [2].

Целью данной работы является изучение влияния brassinosteroidов (гомобрассинолида и эпикастостерона) на рост и антистрессовую устойчивость растений бобовых культур в условиях воздействия ионов свинца.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны бобовые культуры – люпин узколистный сорта «Першацвет» и горох посевной сорта «Стартер».

Для оценки влияния брассиностероидов (эпикастостерона и гомобрассинолида) на рост растений и активность ферментов (каталазы и пероксидазы) у люпина узколистного в условиях воздействия ионов свинца были использованы следующие варианты опыта:

- 1) дистиллированная вода (контроль);
- 2) эпикастостерон с концентрацией $10^{-6}\%$;
- 3) гомобрассинолид с концентрацией $10^{-6}\%$;
- 4) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с пороговой концентрацией 10^{-4} М;
- 5) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-4} М + эпикастостерон с концентрацией $10^{-6}\%$;
- 6) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-4} М + гомобрассинолид с концентрацией $10^{-6}\%$.

Для оценки влияния брассиностероидов (эпикастостерона и гомобрассинолида) на рост растений и активность ферментов (каталазы и пероксидазы) у гороха посевного в условиях воздействия ионов свинца были использованы следующие варианты опыта:

- 1) дистиллированная вода (контроль);
- 2) эпикастостерон с концентрацией $10^{-7}\%$;
- 3) гомобрассинолид с концентрацией $10^{-7}\%$;
- 4) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с пороговой концентрацией 10^{-4} М;
- 5) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-4} М + эпикастостерон с концентрацией $10^{-7}\%$;
- 6) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 10^{-4} М + гомобрассинолид с концентрацией $10^{-7}\%$.

На 10-е сутки было проведено исследование активности ферментов каталазы и пероксидазы в корешках и побегах проростков люпина и гороха использованных вариантов опыта. Определение активности пероксидазы в корешках и побегах проростков проводили по методу А.Н. Бояркина [3], основанному на определении скорости реакции окисления бензидина под действием пероксидазы, содержащейся в растениях, до образования продукта окисления синего цвета определенной концентрации.

Определение активности каталазы в корешках и побегах исследуемых растений проводили по методу М.А. Королюк [4], основанному на способности перекиси водорода образовывать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что при использовании свинца в концентрации 10^{-4} М наблюдалось ингибирование роста корешков и побегов у растений люпина узколистного. Длина корешков уменьшалась на 34,8 %, а побегов – на 19,1 % (таблица 1). Соответственно, наблюдалось и снижение средней массы 20 корней и побегов.

При добавлении в среду с ионами свинца гомобрассинолида в концентрации $10^{-6}\%$ длина корешков и побегов у растений люпина узколистного увеличивалась на 23,7 и 9,5 % соответственно. При добавлении в среду с ионами свинца эпикастостерона в концентрации $10^{-6}\%$ длина корешков и побегов у растений люпина узколистного также увеличивалась на 8,3 и 1,8 % соответственно. Таким образом, гомобрассинолид в большей степени повышал устойчивость растений люпина узколистного при воздействии ионов свинца.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что ионы свинца в концентрации 10^{-4} М приводили к увеличению активности пероксидазы в проростках люпина узколистного: корни на 30,9 %, а побеги – 46,3 % (таблица 2). Присутствие эпикастостерона в концентрации $10^{-6}\%$ в среде, содержащей ионы свинца, приводило к снижению активности пероксидазы в корнях на 10,8 %, а в побегах – на 26,3 %. Присутствие гомо-

брасинолида в концентрации $10^{-6}\%$ в среде, содержащей ионы свинца, приводило к снижению активности пероксидазы в корнях на 1,8 %, а в побегах – на 33,6 %.

Таблица 1. – Влияние гомобрасинолида (ГБ) и эпикастостерона (ЭК) на длину корней, побегов и массу растений люпина узколистного сорта «Першацвет» при воздействии ионов свинца (10-е сутки)

Вариант опыта	Корни		Побеги	
	длина	масса (20 шт.)	длина	масса (20 шт.)
Контроль	$50,72 \pm 0,84$	$2,82 \pm 0,26$	$101,68 \pm 2,02$	$7,00 \pm 0,43$
Pb^{2+} , 10^{-4} М	$33,08 \pm 1,45$	$2,07 \pm 0,08$	$82,28 \pm 2,52$	$6,34 \pm 0,22$
ГБ, $10^{-6}\%$	$55,37 \pm 1,31$	$3,48 \pm 0,18$	$108,97 \pm 2,24$	$7,51 \pm 0,34$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ГБ, $10^{-6}\%$	$40,93 \pm 1,46$	$2,49 \pm 0,18$	$90,08 \pm 3,20$	$7,13 \pm 0,20$
ЭК, $10^{-6}\%$	$54,02 \pm 0,93$	$3,49 \pm 0,20$	$111,68 \pm 2,49$	$7,47 \pm 0,31$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ЭК, $10^{-6}\%$	$35,83 \pm 1,02$	$2,46 \pm 0,04$	$83,75 \pm 2,45$	$7,03 \pm 0,15$

Таблица 2. – Активность пероксидазы в проростках люпина узколистного сорта «Першацвет» в различных вариантах опыта

Вариант опыта	Активность пероксидазы, у.е./ г сырой массы	
	корни	побеги
Контроль	$2,13 \pm 0,06$	$1,77 \pm 0,05$
Pb^{2+} , 10^{-4} М	$2,79 \pm 0,02$	$2,59 \pm 0,16$
ГБ, $10^{-6}\%$	$3,19 \pm 0,01$	$1,61 \pm 0,03$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ГБ, $10^{-6}\%$	$2,74 \pm 0,10$	$1,72 \pm 0,15$
ЭК, $10^{-6}\%$	$2,32 \pm 0,08$	$2,06 \pm 0,03$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ЭК, $10^{-6}\%$	$2,49 \pm 0,05$	$1,91 \pm 0,01$

Исследование активности каталазы в проростках люпина узколистного показало, что ионы свинца приводят к увеличению активности каталазы в корнях (на 34,7 %) и побегах (на 9,4 %) по сравнению с контролем (таблица 3).

Таблица 3. – Активность каталазы в проростках люпина узколистного сорта «Першацвет» в различных вариантах опыта

Вариант опыта	Активность каталазы, мкат/л	
	корни	побеги
Контроль	$325,0 \pm 1,54$	$823,18 \pm 1,77$
Pb^{2+} , 10^{-4} М	$437,92 \pm 1,73$	$900,74 \pm 1,05$
ГБ, $10^{-6}\%$	$433,79 \pm 9,01$	$823,31 \pm 2,60$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ГБ, $10^{-6}\%$	$401,95 \pm 6,42$	$860,47 \pm 0,77$
ЭК, $10^{-6}\%$	$444,0 \pm 3,47$	$822,42 \pm 1,83$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ЭК, $10^{-6}\%$	$482,63 \pm 4,24$	$810,88 \pm 7,76$

Присутствие гомобрасинолида (в концентрации $10^{-6}\%$) в среде, содержащей ионы свинца, приводило к снижению активности каталазы в корнях на 8,2 %, в побегах – на 4,5 %. Присутствие эпикастостерона в концентрации $10^{-6}\%$ в среде, содержащей ионы свинца, приводило к снижению активности каталазы только в побегах на 9,9 % (таблица 3).

У гороха посевного при использовании свинца в концентрации 10^{-4} М наблюдалось более сильное ингибирование роста корешков и побегов. Длина корешков уменьшалась на 46,9 %, а побегов – на 46,6 % (таблица 4). Соответственно, наблюдалось и снижение средней массы 20 корней и побегов. Добавление в среду с ионами свинца гомобрасинолида в концентрации $10^{-7}\%$ приводило к увеличению длины корней и по-

бегов, а также массы. Так, длина корешков и побегов у растений гороха увеличивалась соответственно на 3,5 и 15,8 %. При добавлении в среду с ионами свинца эпикастостерона в концентрации $10^{-7}\%$ длина корешков и побегов у растений гороха посевного также увеличивалась на 2,1 и 9,6 % соответственно.

Таблица 4. – Влияние гомобрассинолида (ГБ) и эпикастостерона (ЭК) на длину корней, побегов и массу растений гороха посевного сорта «Стартер» при воздействии ионов свинца (10-е сутки)

Вариант опыта	Корни		Побеги	
	длина	масса (20 шт)	длина	масса (20 шт)
Контроль	$54,20 \pm 1,62$	$2,23 \pm 0,14$	$28,63 \pm 1,25$	$1,74 \pm 0,22$
Pb^{2+} , 10^{-4} М	$28,75 \pm 0,75$	$1,13 \pm 0,05$	$15,28 \pm 0,52$	$1,22 \pm 0,06$
ГБ, $10^{-7}\%$	$55,88 \pm 2,03$	$3,13 \pm 0,04$	$29,23 \pm 1,09$	$1,96 \pm 0,18$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ГБ, $10^{-7}\%$	$29,75 \pm 0,75$	$1,14 \pm 0,02$	$17,70 \pm 0,80$	$1,34 \pm 0,05$
ЭК, $10^{-7}\%$	$62,55 \pm 1,30$	$2,61 \pm 0,16$	$30,50 \pm 1,37$	$1,85 \pm 0,14$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ЭК, $10^{-7}\%$	$29,35 \pm 0,69$	$1,15 \pm 0,02$	$16,75 \pm 0,78$	$1,38 \pm 0,04$

В опытах с горохом посевным ионы свинца в концентрации 10^{-4} М также приводили к увеличению активности пероксидазы. Так, активность пероксидазы в корнях увеличивалась на 35,5, а в побегах – на 138 % (таблица 5). Присутствие гомобрассинолида в концентрации $10^{-7}\%$ в среде, содержащей ионы свинца, приводило к снижению активности пероксидазы в корнях на 27,0, а в побегах – на 56,1 %. Присутствие эпикастостерона в концентрации $10^{-7}\%$ в среде, содержащей ионы свинца, приводило к снижению активности пероксидазы в корнях на 17,6, а в побегах – на 48,6 %.

Таблица 5. – Активность пероксидазы в проростках гороха посевного сорта «Стартер» в различных вариантах опыта

Вариант опыта	Активность пероксидазы, у.е./ г сырой массы	
	корни	побеги
Контроль	$17,77 \pm 0,62$	$5,82 \pm 0,24$
Pb^{2+} , 10^{-4} М	$24,08 \pm 0,69$	$13,88 \pm 0,45$
ГБ, $10^{-7}\%$	$26,44 \pm 0,68$	$6,75 \pm 0,18$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ГБ, $10^{-7}\%$	$17,58 \pm 0,73$	$6,10 \pm 0,33$
ЭК, $10^{-7}\%$	$27,47 \pm 0,17$	$9,34 \pm 0,06$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ЭК, $10^{-7}\%$	$19,85 \pm 0,36$	$7,13 \pm 0,05$

Исследование активности каталазы в проростках гороха посевного показало, что ионы свинца приводят к увеличению активности каталазы в корнях на 3,5 %, а присутствие гомобрассинолида в среде с ионами свинца приводит к снижению активности каталазы в корнях на 0,9 %, присутствие эпикастостерона снижает активность этого фермента в корнях на 6,3 % (таблица 6).

Таблица 6. – Активность каталазы в проростках гороха посевного сорта «Стартер» в различных вариантах опыта

Вариант опыта	Активность каталазы, мкат/л	
	корни	побеги
Контроль	$741,79 \pm 4,16$	$845,24 \pm 2,43$
Pb^{2+} , 10^{-4} М	$767,59 \pm 6,46$	$838,72 \pm 3,11$
ГБ, $10^{-7}\%$	$738,51 \pm 3,98$	$819,49 \pm 5,08$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ГБ, $10^{-7}\%$	$761,02 \pm 2,70$	$835,30 \pm 0,89$
ЭК, $10^{-7}\%$	$744,01 \pm 5,90$	$819,93 \pm 1,92$
Pb^{2+} , 10^{-4} М + ЭК, $10^{-7}\%$	$719,28 \pm 2,77$	$814,74 \pm 2,35$

Заключение

Использование brassinosteroids (homobrassinolide and epicastasterone) в оптимальных концентрациях позволяет повысить устойчивость люпина узколистного и гороха посевного к действию ионов свинца.

Под воздействием ионов свинца увеличивается активность пероксидазы и каталазы, которые являются одним из важнейших механизмов защиты в условиях токсичного действия ионов тяжелых металлов. В результате активации ферментов антиоксидантной защиты (каталазы и пероксидазы) подавляется образование избыточных активных форм кислорода и снижается гибель клеток под действием ионов тяжелых металлов.

Гомобрассинолид и эпикастостерон обладает антистрессовым действием в условиях токсического действия свинца на бобовые культуры, что выражается в снижении активности ферментов антиоксидантной системы. Показано, что изменения биохимических процессов в клетках, происходящие под влиянием ионов свинца, в определенной степени могут быть нивелированы действием brassinosteroids.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрипач, В. А. Брассиностероиды / В. А. Хрипач, Ф. А. Лахвич, В. Н. Жабинский. – Минск : Наука и техника, 1993. – 287 с.
2. Агеева, Л. Ф. Влияние brassinosteroids на формирование стеблей и содержание ионов кальция и калия в растениях ярового ячменя / Л. Ф. Агеева, Л. Д. Прусакова, С. И. Чинова // Агрохимия. – 2001. – № 6. – С. 49–55.
3. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по физиологии растений / В. Ф. Гавриленко, М. Е. Ладыгина, Л. М. Хандобина. – М. : Высш. шк., 1975. – С. 207–209.
4. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк [и др.] // Лабораторное дело. – 1988. – № 1. – С. 16–19.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 29.06.2017

Artsiamuk A.G., Karziuk A.V., Marynevich A.A. Growth Regulating Activity and Anti-Stress Effect of Brassinosteroids on Legumes Under the Influence of Lead Ions

The effect of brassinosteroids (homobrassinolide and epicastasterone) on the growth of lupine and Pisum sativum under the influence of lead ions was studied. It was revealed that homobrassinolide and epicastasterone have anti-stress effect under conditions of toxic action of lead on legumes, resulting in reduced activity of antioxidant enzymes. It was shown that changes in biochemical processes in cells that occur under the influence of lead ions to some extent can be offset by the effect of brassinosteroids.

УДК 591.553 (476.7)

Е.С. Блоцкая¹, И.В. Абрамова²¹канд. биол. наук, доц. каф. анатомии, физиологии и безопасности человека
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина²канд. биол. наук, декан географического факультета
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
e-mail: iva.abramova@gmail.com**ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ
В ХОДЕ ВТОРИЧНОЙ СУКЦЕССИИ ЕЛОВОГО ЛЕСА
В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ**

*На основе многолетних исследований изучена сукцессия мелких млекопитающих на месте вырубленного елового леса юго-западной Беларуси (от вырубки до формирования спелого древостоя). Выделено 6 стадий сукцессий. Смена доминирующих видов мелких млекопитающих: *Microtus arvalis*, *Apodemus agrarius*, *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, млекопитающие и другие животные – второстепенную. Основной причиной смены растительных сообществ в настоящее время является антропогенный фактор: лесохозяйственная и рекреационная деятельность, мелиорация прилегающих к лесам сельхозугодий и др.

Общие закономерности смен териокомплексов на вырубках сходны. Вместе с тем характер воздействия рубок леса на млекопитающих имеет и региональную специфику. Это обстоятельство определяет необходимость изучения сукцессионных смен в каждом регионе, отличающемся природными условиями.

Общие закономерности смен сукцессий в большей мере изучены на примере сукцессий растений, птиц и млекопитающих, по которым имеется относительно много работ, обобщенных в монографиях [1–4], учебниках и учебных пособиях [5–7]. В последние десятилетия был опубликован ряд специальных работ, посвященных сукцессиям млекопитающих [8–13]. М.Н. Керзина [8] выяснила характер динамики численности некоторых видов мелких млекопитающих и их приуроченность к определенным рядам и стадиям сукцессионных смен елового леса. Исследования проводились на территории Костромского таежного стационара ИМЭЖ АН СССР. М.Н. Керзина показала, что в годы пика и депрессии наиболее стабильной была численность у обыкновенной бурозубки и рыжей полевки на стадии климакса.

Исследования сообщества мелких млекопитающих в ходе послерубочной сукцессии неморальных ельников на территории Центрально-лесного биосферного заповедника и его охранной зоны показало, что сообщества грызунов большинства исследуемых стадий достоверно отличаются друг от друга по составу и структуре. Для населения землеройковых отмечено увеличение численности видов и показателей общего видового разнообразия, отсутствие резких отличий в показателях выровненности между отдельными стадиями и снижение коэффициента достоверности. Всего было зарегистрировано 5 видов землероек и 11 видов грызунов [11].

И.Ю. Попов [14] прослеживал изменения видового состава грызунов в процессе сукцессий от вырубки елового леса до стадии спелого леса в Шарьинском районе Костромской области. А.В. Истомин [15] установил, что активная сукцессионная динамика

лесов приводит к усложнению популяционных систем пионерных видов грызунов, которые формируют на ранних стадиях демутаций довольно многочисленные эфемерные группировки. Цикл колонизации полевки-экономки реализуется в течение 5–7 лет. Популяционная динамика отдельных группировок достаточно независима, а фенетическая структура специфична.

Ю.П. Курхинен и Э.В. Ивантер проследили ход вторичной сукцессии биоценологических группировок мелких млекопитающих после рубки сосновых лесов Восточной Финноскандии за 120 лет. Было установлено, что в течение первых 7–8 лет после сплошной рубки сосновых лесов доминирует обыкновенная бурозубка и темная полевка. Рыжая полевка абсолютно доминирует в составе уловов мышевидных грызунов, темная – на вырубке [10]. В работе Л.Е. Лукьяновой [11] рассмотрены результаты изучения пространственно-временной структуры населения лесных полевок на территории Висемского заповедника Среднего Урала в ходе катастрофических сукцессий, вызванных воздействием ветровала и пожара. Выявлены особенности динамики структуры населения полевок, которые обусловлены различиями в реакции экологически близких видов на естественную дестабилизацию среды.

Нами [16] была изучена динамика населения мелких млекопитающих в ходе вторичной сукцессии широколиственно-соснового леса в юго-западной Беларуси. Выделено 6 стадий сукцессий. Показано, что смена доминирующих видов (обыкновенная полевка, полевая мышь, желтогорлая мышь, рыжая полевка, обыкновенная бурозубка и др.) протекает параллельно с закономерной сменой доминирующих видов растений.

Методы исследования

Основной материал для данной работы был собран авторами в июне–августе 1992–2015 гг. в экосистемах, находящихся на различных стадиях сукцессий, в Брестском лесхозе (Томашовское, Домачевское и Меднянское лесничества), в Ивацевичском лесхозе (Ивацевичское и Бронногорское лесничества) и Национальном парке «Беловежская пуца» (1972–1981 гг.). В каждой серии сукцессионного ряда исследования проводились не менее 5 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 50 тыс. лс, общее количество добытых мелких млекопитающих при помощи ловушек Геро превышает 4 тыс. особей. Определение типов леса производилось по геоботанической классификации [17]. В статье использованы некоторые сведения из монографии [18].

Сходство видового состава сообществ оценивали с помощью коэффициента Жаккара [19]:

$$K_i = \frac{c}{a + b - c} \times 100\%,$$

где a и b – количество видов, обнаруженных в каждой из сравниваемых экосистем, c – количество общих для них видов.

При изучении вторичной сукцессии на месте вырубленного елового леса нами, как и другими исследователями [1–3; 6], принято, что ход сукцессии могут отражать ряды сообществ, существующие в настоящее время, но соответствующие разным периодам времени, прошедших с ее начала. В последние десятилетия ход сукцессии прослежен непосредственно в процессе наблюдений от вырубки до 35-летнего возраста.

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). Еловые и широколиственно-еловые леса занимают 3,2 % лесопокрытой площади. По территории Брестской области проходит южная граница сплошного распространения ели (по линии Бушмичи – Каменец – Щерчово – Козище – Детковичи – Спорово – Мотоль – Логишин – Лунинец – Велута). К югу от этой линии ельники произрастают в островных местообитаниях.

Исследования проводились в ельниках мшистых и кисличных, которые имеют наибольшее распространение в регионе (около 60 % еловых лесов). Возрастная структура лесов Брестского ГЛХО следующая: молодняки – 11 тыс. га, средневозрастные – 9,5, приспевающие – 6,8 тыс. га, спелые и перестойные – 0,7 тыс. га [20]. Средний возраст еловых лесов составляет 52,5 года.

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 многих млекопитающих. В Беларуси и регионе на месте сплошных рубок в последние десятилетия обычно производятся посадки той лесной культуры, которая была преобладающей до сведения леса.

Всего на разных стадиях сукцессии елового леса было зарегистрировано 11 видов мелких млекопитающих, относящихся к двум отрядам. В уловы попали 3 вида отряда насекомоядные и 8 видов отряда грызуны (таблица 1).

Первые 1–3 года на месте сведенного леса развивается травянистая растительность и поросль кустарников. Одновременно формируется связанное с лугово-кустарниковой растительностью сообщество животных, включающее различных насекомых с высокой численностью, которые являются кормом для микромамманий и других видов животных. Свежую вырубку в первые три года заселяют виды, характерные для открытых территорий. В состав зооценоза входит 5 видов мелких млекопитающих отряда грызуны, относящиеся к двум семействам: мышинные и полевки. На этой стадии сукцессии доминируют обыкновенная полевка и полевая мышь. В различные годы индекс отлова первого вида варьировал в пределах 0,8–6,6 ос./100 лс (в среднем 3,0); второго – в пределах 0,4–5,0 ос./100 лс (в среднем 3,6) (таблица 1, рисунок). Средняя численность других видов мелких млекопитающих (обыкновенная и малая бурозубка, желтогорлая мышь, рыжая полевка) не превышала 1 ос./100 лс (таблица 1). Обитатели прилегающих лесных массивов (желтогорлая мышь, рыжая полевка) используют вырубки в качестве кормовых стадий.

Постепенно в течение 4–9 лет травянистая растительность сменяется зарослями кустарников и подростом светолюбивых пород деревьев (осина, береза бородавчатая и др.). Видовое разнообразие сообщества микромамманий в этот период возрастает, в уловы попадали представители 9 видов мелких млекопитающих, относящихся к двум отрядам. Отряд насекомоядные представляют 2 вида семейства землеройковых, отряд грызуны – 7 видов семейств мышинные, мышовковые и полевки. В группу доминирующих видов входят полевая мышь (численность составляет в среднем 3,3 ос./100 лс), обыкновенная полевка (2,2 ос./100 лс) и рыжая полевка (3,0 ос./100 лс) (таблица 1, рисунок).

В молодых посадках (10–18 лет) видовое разнообразие зооценоза поддерживается на высоком уровне (9 видов, относящиеся к четырем семействам двух отрядов), териокомплекс обогащается новым видом – средняя бурозубка. Происходят изменения в группе доминирующих видов. Наиболее высокая численность характерна для рыжей

полевки (в среднем 3,4 ос./100 лс) и желтогорлой мыши (1,6 ос./100 лс). Виды, которые отличались высокой численностью на предыдущих стадиях: полевая мышь и обыкновенная полевка – попадают в ловушки редко, их средняя численность не превышает 0,5 ос./100 лс.

Таблица 1. – Динамика населения (ос./100 лс) мелких млекопитающих в ходе вторичной сукцессии елового леса

Вид		Доминирующая растительность					
		Разно- травье	Молодые посадки ели	Посадки ели	Жерд- няки	Лес из ели	Спелый лес из ели
		Возраст сукцессии, лет					
		1–3	4–9	10–18	20–25	60–80	90–150
Обыкновенная бурозубка <i>Sorex araneus</i>	<i>M</i>		0,5	0,6	0,5	1,4	2,3
	<i>lim</i>		0–1,0	0,1–1,1	0,1–1,2	0,2–2,0	0,2–3,0
Средняя бурозубка <i>Sorex caecutiens</i>	<i>M</i>			0,2	0,1	0,2	0,3
	<i>lim</i>			0–1,0	0–0,8	0–1,0	0–1,1
Малая бурозубка <i>Sorex minutus</i>	<i>M</i>	0,4	0,6	0,7	0,6	1,2	1,3
	<i>lim</i>	0–0,8	0–1,1	0–1,0	0,1–1,4	0,2–2,0	0,1–2,2
Лесная мышовка <i>Sicista betulina</i>	<i>M</i>	0,1	0,3	0,5	0,4	0,9	1,2
	<i>lim</i>	0–0,4	0–0,8	0,1–1,0	0,1–0,9	0–1,8	0–1,8
Лесная мышь <i>Apodemus sylvaticus</i>	<i>M</i>		0,1	0,8	0,7	1,6	1,8
	<i>lim</i>		0–0,7	0–1,1	0,2–1,0	0,2–2,2	0,1–2,8
Желтогорлая мышь <i>Apodemus flavicollis</i>	<i>M</i>	0,7	1,0	1,6	1,4	2,1	3,6
	<i>lim</i>	0–1,1	0–2,1	0,3–2,4	0–2,2	0,4–3,7	0,5–6,4
Полевая мышь <i>Apodemus agrarius</i>	<i>M</i>	3,6	3,3	0,5			
	<i>lim</i>	0,4–5,0	0,5–6,4	0–0,9			
Рыжая полевка <i>Clethrionomys glareolus</i>	<i>M</i>	0,5	3,0	3,4	3,2	6,7	7,1
	<i>lim</i>	0–1,5	0,5–6,0	0,7–5,4	0,4–4,1	0,8–8,5	0,6–9,6
Обыкновенная полевка <i>Microtus arvalis</i>	<i>M</i>	3,0	2,2	0,2			
	<i>lim</i>	0,8–6,6	0,5–3,8	0–0,7			
Подземная полевка <i>Microtus subterraneus</i>	<i>M</i>					0,1	0,2
	<i>lim</i>					0–0,5	0–1,1
Темная полевка <i>Microtus agrestis</i>	<i>M</i>	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,4
	<i>lim</i>	0–1,2	0–1,0	0–1,2	0–0,7	0–0,8	0–1,5

Постепенно подрастающие деревья вытесняют светолюбивые виды кустарников и трав. Формируется молодой лес с несомкнутыми кронами – жердняки. На стадии возраста 20–25 лет видовое разнообразие сообщества мелких млекопитающих снижается примерно на 30 %. Обыкновенная полевка и полевая мышь, жизнедеятельность которых связана с открытыми территориями, кустарниками и богатым лесным разнотравьем, выпадают из зооценоза. Доминируют рыжая полевка (в среднем 3,2 ос./100 лс) и желтогорлая мышь (1,4 ос./100 лс). Численность лесной мыши, обыкновенной и малой бурозубок находится примерно на том же уровне, как и в предыдущих стадиях сукцессии и в среднем достигает 0,5–0,7 ос./100 лс.

Через 60–80 лет после рубок ель входит в первый ярус, дорастая по высоте до берез и осин, лес становится смешанным. Видовое разнообразие сообщества мелких млекопитающих несколько возрастает, териокомплекс к этому времени обогащается

новыми видами: темная и подземная полевки. Численность доминирующего вида – рыжей полевки – возрастает в 1,7 раза (составляет в среднем 6,7 ос./100 лс).

В спелом лесу из ели видовое разнообразие поддерживается на уровне предыдущей стадии, суммарная численность микромаммалей достигает максимальных значений (таблица 1, рисунок). В группу доминирующих видов входит рыжая полевка (ее численность составляет 7,1 ос./100 лс) и желтогорлая мышь (3,6 ос./100 лс).

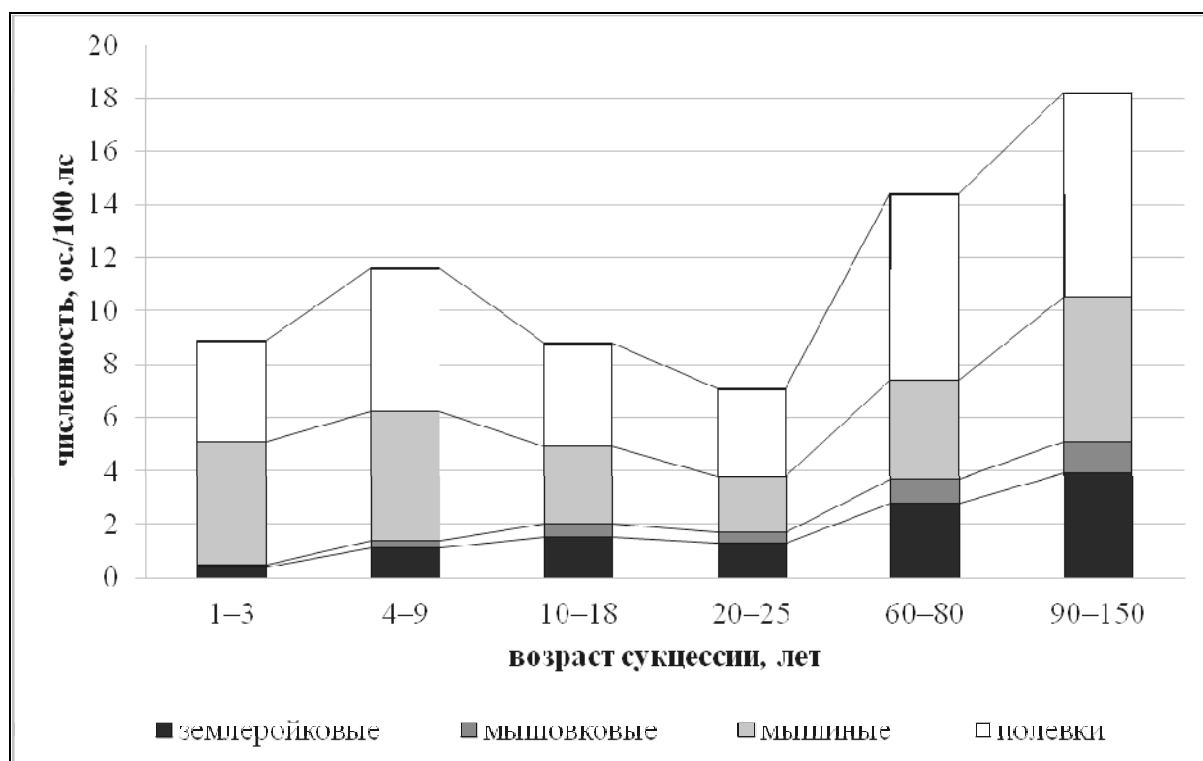


Рисунок. – Динамика численности мелких млекопитающих в ходе вторичной сукцессии елового леса

Высокая численность характерна для обыкновенной бурозубки (2,3) и лесной мыши (1,8 ос./100 лс). Редки в уловах средняя бурозубка, подземная и темная полевки.

Оценка сходства видового состава сообществ микромаммалей на разных стадиях вторичной сукцессии показала наличие отличий между ними (таблица 2).

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

Возраст сукцессии, лет	1-3	4-9	10-18	20-25	60-80	90-150
1-3		80,0	70,0	62,5	55,5	55,5
4-9			81,8	63,5	58,3	58,3
10-18				80,0	72,7	72,7
20-25					88,9	88,9
60-80						100,0

Наибольшие отличия наблюдаются между сообществом, формирующимся на первой стадии сукцессии, и сообществами с доминированием древесной растительности. Высокий уровень сходства (88,9–100 %) характерен для трех последних стадий, а также для пар «4–9 лет» и «10–18 лет» (81,8 %), «10–18 лет» и «20–25 лет» (80 %).

Полностью совпадает видовой состав сообщества микромаммалий (100 %) на пятой и шестой стадиях сукцессии.

Заключение

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

Смена видов микромаммалий при вторичных сукцессионных процессах связана с изменением растительности, на поздних стадиях сукцессии, прежде всего, с ростом основного лесообразующего вида – ели, появлением или исчезновением экологических ниш определённых видов. Видовое разнообразие населения мелких млекопитающих по мере развития сукцессии в еловых лесах на протяжении первых трех стадий возрастает, на стадии жердняков (20–25 лет) отмечено некоторое снижение данного показателя. Для последующих двух стадий характерно высокое разнообразие и наиболее высокая суммарная численность. В процессе сукцессии этой экосистемы от стадии свежей вырубки до спелого леса возраста 90–100 лет происходит увеличение количества видов и суммарной численности сообщества микромаммалий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М. : Мир, 1975. – 740 с.
2. Новиков, Г. А. Экология зверей и птиц лесостепных дубрав / Г. А. Новиков. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1959. – 350 с.
3. Иноземцев, А. А. Птицы и лес / А. А. Иноземцев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 302 с.
4. Абрамова, И. В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси / И. В. Абрамова. – Брест : Изд-во БрГУ, 2007. – 208 с.
5. Шилов, И. А. Экология : учеб. для биол. и мед. специальностей вузов / И. А. Шилов. – 2-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2000. – 512 с.
6. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества : в 2 т. : пер. с англ. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М. : Мир, 1989. – Т. 2. – 477 с.
7. Новиков, Г. А. Основы общей экологии и охраны природы : учеб. пособие / Г. А. Новиков. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1979. – 349 с.
8. Керзина, М. Н. Влияние рубок и гарей на формирование лесной фауны / М. Н. Керзина // Роль животных в жизни леса : сб. ст. / под ред. А. А. Насимовича. – М., 1956. – С. 217–304.
9. Ельшин, С. В. Сукцессии лесных млекопитающих на рубках южной тайги / С. В. Ельшин, А. Б. Каратаев // V съезд ВГО. – 1990. – Т. 2. – С. 275–276.
10. Курхинен, Ю. П. Сукцессия биоценотических группировок мелких млекопитающих после рубки сосновых лесов Восточной Финляндии / Ю. П. Курхинен, Э. В. Ивантер // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. – 2013. – № 12. – С. 151–155.
11. Лукьянова, Л. Е. Пространственно-временная структура населения лесных полевков в ходе катастрофических сукцессий / Л. Е. Лукьянова // Вестн. ОГУ. – 2011. – № 12. – С. 210–212.
12. Истомин, А. В. Сообщества мелких млекопитающих в ходе послерубочной сукцессии неморальных ельников / А. В. Истомин // Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных : тез. Всесоюз. совещ. – М., 1987. – Ч. 2. – С. 63–64.

13. Истомин, А. В. Сообщества мышевидных грызунов в ходе вторичной антропогенной сукцессии ельников южной тайги – количественное сравнение / А. В. Истомин // Фауна и экология животных лесной зоны : сб. науч. тр. – Тверь, 1992. – С. 99–108.

14. Попов, И. Ю. Материалы по динамике численности и стацiальному распределению некоторых видов мелких млекопитающих в связи с сукцессиями растительности на территории Костромской таежной станции / И. Ю. Попов, В. М. Софронов // IV съезд Всесоюз. териол. о-ва, Москва, 27–31 янв. 1986 г. : тез. докл. – М., 1986. – Т. 1. – С. 319–320.

15. Истомин, А. В. Динамика популяций и сообществ мелких млекопитающих как показатель состояния лесных экосистем (на примере Каспийско-Балтийского водораздела) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.16 / А. В. Истомин. – М., 2009. – 41 с.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

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

20. Состояние природной среды Беларуси : экол. бюл. 2004 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Минсктиппроект, 2005. – 285 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 27.05.2017

Blockaja E.S., Abramova I.V. Population Dynamics of Small Mammals' Communities in the Secondary Succession of Fir 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 fir forests to the stage of formation of mature forests). 6 succession stages are revealed. Changing the population of small mammal: *Microtus arvalis*, *Apodemus agrarius*, *Clethrionomys glareolus*, *Apodemus flavicollis* etc. takes place in parallel with the natural change of the dominant species of plants.*

УДК 574.1:595.762.12:553.982(476.2-37Речица)

Н.Г. Галиновский¹, Д.В. Потапов², В.С. Аверин³

¹канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии, физиологии и генетики
Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины,
действ. член Белорусского географического общества

²старший преподаватель каф. зоологии, физиологии и генетики
Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины

³д-р биол. наук, проф., декан биологического факультета
Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины
e-mail: carabus@tut.by

КАРАБИДОКОМПЛЕКСЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ СКВАЖИН СУДОВИЦКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)

Рассматриваются исследования карабидокомплексов, сформировавшихся вблизи нефтяных скважин Судовицкого нефтяного месторождения в Светлогорском районе Гомельской области (Республика Беларусь). В результате проведенных исследований в сообществах жуужелиц нефтяных скважин зафиксировано 25 видов имаго жуков. Видовое богатство и численность имаго жуужелиц было наибольшим вблизи скважины, начавшей активно зарастать травой. Было выявлено достоверное влияние нарушения почвенного и растительного покрова вблизи скважин на численность ряда доминировавших видов. По мере увеличения проективного покрытия вблизи скважин наблюдается смена доминантного состава жуужелиц, а также экологическая перестройка сообществ, связанная с увеличением разнообразия экологических ниш, активно заполняемых мигрантами, и увеличением доли средних и мелких луговых ксерофильных и мезоксерофильных видов.

Введение

Достаточно известный факт, что как добыча нефти, так и сама непосредственно нефть и нефтепродукты могут отрицательно влиять на окружающую среду, воздействуя на состав почвы, а также загрязняя поверхностные и подземные воды, атмосферу [1].

Последствия антропогенного воздействия на природные комплексы при освоении запасов нефтеносного региона могут отличаться в зависимости от этапа освоения нефтяных запасов [2]. Строительство объектов приводит к уничтожению мест обитания и убежищ типичных видов животных местности. Кроме того, беспокойство животных вызывают и значительные шумы при строительстве и эксплуатации объектов добычи и транспортировки нефти [3]. В целом фактор беспокойства достаточно явно проявляется в 500-метровой зоне вокруг кустовой площадки при постоянном присутствии на ней людей и в 100-метровой полосе вдоль автодорог [4].

В достаточной мере было изучено негативное воздействие на биоту, связанное с аварийными разливами нефти. Судовицкое месторождение характеризуется наружным проведением нефтепродуктов к наполнителю, которое сопровождается быстрой локализацией аварии и ее ликвидацией, что делает более актуальным изучение влияния на биоту на данном месторождении не аварийных разливов, а мероприятий, связанных с организацией и проведением нефтедобычи.

Целью нашего исследования являлось изучение видового состава и экологических особенностей сообществ жуужелиц, сформированных вблизи нефтяных скважин различного возраста Судовицкого нефтяного месторождения Светлогорского района Гомельской области.

Данное исследование служит отправной точкой в изучении сукцессионных процессов, действующих при восстановлении естественной биоты по мере вывода скважин из эксплуатации на данном нефтяном месторождении.

Место и методы исследований

Сбор материала проводился в период с апреля по сентябрь 2016 г. на следующих стационарных участках:

1) Стационар 1 – квартал № 37 заказника «Выдрица» (контрольный участок, не подверженный техногенному воздействию; координаты: 52°40'08" с.ш.; 29°41'49" в.д.) – опушка смешанного леса (6С2Д2К). Подлесок – крушина, лещина, рябина; травостой – мятлик, ландыш, купена, лютик едкий, ослинник двудомный, плевроциум. Площадь проективного покрытия – 70 %. Почва дерново-подзолистая супесчаная.

2) Стационар 2 – скважина № 36 (гидроразрыв пласта не осуществлялся, запущена в эксплуатацию в 2009 г.). Координаты: 52°44'45" с.ш.; 29°29'34" в.д. Участок сопряжен со скважиной добычи нефти (зона обваловки 100×100 м, отчуждения – 200×200 м). Зона обваловки лишена биоты; в зоне отчуждения встречаются травы (ослиник, икотник, ястребинка, пырей, мятлик, подорожник), проективное покрытие – 15 %. Почва у зоны обваловки песчаная, на расстоянии 10–15 м от зоны обваловки –тяжелая супесь (площадь проективного покрытия увеличивается до 70 %). За полосой отчуждения с северной стороны начинается лесной массив.

3) Стационар 3 – скважина № 32 (осуществлялся гидроразрыв пласта в 2011 г.; координаты: 52°44'12" с.ш.; 29°33'19" в.д.). Участок сопряжен со скважиной добычи нефти (зона обваловки 100×100 м, отчуждения – 200×200 м). Зона обваловки лишена биоты, в зоне отчуждения отмечены травы (ослиник, очиток, ястребинка, пырей, овсяница, овсюг) с площадью проективного покрытия 30 %. Почва песчаная. Ниже полосы отчуждения начинается пойма реки Березина со сплошным покрытием влаголюбивыми видами растений, почва сменяется на пойменно-аллювиальную.

4) Стационар 4 – скважина № 47 (осуществлялся гидроразрыв пласта в 2014 г.; координаты: 52°44'46" с.ш.; 29°29'35" в.д.). Участок сопряжен с новой скважиной добычи нефти, на которой активно ведется добыча (зона обваловки 100×100 м, отчуждения – 200×200 м). Зона обваловки характеризуется отсутствием биоты. В начале зоны отчуждения (15–20 м) проективное покрытие составляет 5 %: встречаются немногочисленные травы (пырей, ястребинка). Через 30–40 м проективное покрытие резко увеличивается до 85%, появляются мятлик, полынь, мышиный горошек и др. Почвы песчаные. Вокруг зоны отчуждения преобладают открытые станции – пойменные луга, сопряженные со старицей р. Березина.

Сбор имаго жуужелиц проводился почвенными ловушками (фиксатор – формалин), которые выставлялись из расчета 20 почвенных ловушек на один стационар. На участках с нефтяными скважинами ловушки выставлялись в линию по мере удаления от края отваловки скважины.

Первичная база данных, включающая в себя данные о таксономической принадлежности, биопререферендуме, гигропререферендуме и численности, составлялась с использованием «MS Excel». Для анализа распределений, средних, ошибок и верификации гипотез об их различиях и связях использовался пакет «Statistica 7.0». Показатели α -разнообразия в сообществах [5] были рассчитаны с использованием программного пакета «BioDiversity Pro». Расчет индекса разнообразия Шеннона, моделей распределения проводился с использованием натурального основания логарифма. Доминирование в сообществах определялось по шкале Ренконена [6]. Жизненные формы имаго жуужелиц определялись по номенклатуре И.Х. Шаровой [7].

Результаты исследований

В результате проведенных исследований нами было коллектировано 1 018 особей жуужелиц, относящихся к 36 видам из 15 родов (таблица 1). Следует сказать, что, несмотря на довольно большое представительство родов, только на 4 из них приходит-

ся около двух третей всех обнаруженных видов жуужелиц: *Harpalus* (11 видов), *Amara* (5), *Carabus* (4) и *Calathus* (3). В карабидокомплексах непосредственно скважин было отмечено 25 видов жуужелиц из 11 родов, среди которых наибольшим видовым богатством отмечались роды *Harpalus* (10 видов) и *Amara* (4).

Таблица 1. – Видовой состав и обилие имаго жуужелиц в карабидокомплексах вблизи нефтяных скважин Судовицкого нефтяного месторождения, %

Вид	Скважины			Контроль
	32	36	47	
<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	0	1,4	1,9	2,6
<i>Amara communis</i> (Panzer, 1797)	0	0,4	0	2,6
<i>Amara consularis</i> (Duftschmid, 1812)	0	0,2	0	0
<i>Amara fulva</i> (De Geer, 1774)	0	0	0	2,6
<i>Amara majuscula</i> Chaudoir, 1850	0	1,6	0	0
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787)	0	1,4	0	0
<i>Brosicus cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	2,8	0	5,8	0
<i>Calathus erratus</i> (Sahlberg, 1827)	1,4	19,1	32,4	21,7
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	2,1	38,3	29,4	0
<i>Calathus micropterus</i> (Duftschmid, 1812)	0	0	0	1,3
<i>Calosoma inquisitor</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	1,3
<i>Carabus arcensis</i> Herbst, 1784	0	0	0	3,8
<i>Carabus glabratus</i> Paykull, 1790	0	0	0	1,3
<i>Carabus granulatus</i> Linnaeus, 1758	0	0	0,8	0
<i>Carabus hortensis</i> Linnaeus, 1758	0	0	0	1,3
<i>Cicindela sylvatica</i> Linnaeus, 1758	11,9	0,8	2,7	0
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	0	7,7	1,9	0
<i>Harpalus anxius</i> (Duftschmid, 1812)	2,1	0,4	1,6	0
<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid, 1812)	0,7	2,6	0,8	1,3
<i>Harpalus flavescens</i> (Piller et Mitterpacher, 1783)	58,0	9,2	18,4	3,8
<i>Harpalus griseus</i> (Duftschmid, 1812)	2,8	1,4	0	2,6
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)	0	2,0	0,8	0
<i>Harpalus luteicornis</i> (Duftschmid, 1812)	0	0	0	1,3
<i>Harpalus rubripes</i> (Duftschmid, 1812)	0	0,4	0	0
<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	3,5	3,6	1,6	17,8
<i>Harpalus smaragdinus</i> (Duftschmid, 1812)	0	2,2	0,3	0
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer, 1797)	9,1	5,9	1,6	0
<i>Leistus rufescens</i> (Fabricius, 1775)	0	0	0	2,6
<i>Licinus depressus</i> (Paykull, 1790)	0	0	0	2,6
<i>Oodes helopioides</i> (Fabricius, 1792)	1,4	0	0	0
<i>Oxypselaphus obscurus</i> (Herbst, 1784)	1,4	0	0	1,3
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0,2	0	0
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	2,8	0,6	0	19,2
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	0	0	0	1,3
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	0	0,6	0	0
<i>Synuchus vivalis</i> (Illiger, 1798)	0	0	0	7,7
Всего экземпляров	143	507	368	78
Всего видов	13	21	14	20
Информационное разнообразие, H'	1,58	2,08	1,78	2,42
Концентрация доминирования, D	0,36	0,2	0,23	0,12
Выравненность по Пielу, J	0,62	0,68	0,67	0,81

Видовое богатство жужелиц в исследованных карабидокомплексах довольно значительно варьирует. Так, наименьшее число видов было зарегистрировано вблизи достаточно новых скважин, которым не более 5 лет (№ 32 и № 47), – 13 и 14 видов соответственно. Около более старой скважины (№ 36) и на контрольном участке видовое богатство также было близко: 21 и 20 видов соответственно. В то же время численность коллектированных жужелиц не имеет четкой зависимости от места сбора и значительно колеблется от 78 экземпляров на контрольном участке до 507 особей на старой, начинающей активно зарастать скважине (таблица 1).

Среди всего количества видов только четыре из них были обнаружены во всех исследованных карабидокомплексах: *C. erratus*, *H. distinguendus*, *H. flavescens* и *H. rufipes*. Ряд видов (15) был зафиксирован только в карабидокомплексах поймы реки вблизи скважин: *A. majuscula*, *A. binotatus*, *B. cephalotes*, *C. fuscipes*, *C. granulatus*, *C. sylvatica*, *H. affinis*, *H. anxius*, *H. latus*, *H. rubripes*, *H. smaragdinus*, *H. tardus*, *O. helopioides*, *P. cupreus* и *P. niger*. Это преимущественно виды, тяготеющие к открытым местам либо с песчаным (*C. sylvatica*, *B. cephalotes*), либо с травянистым (*C. fuscipes*, *H. affinis*, *H. latus*, *H. smaragdinus*, *H. tardus* и др.) покрытием. Наряду с этим следует отметить также виды жужелиц (10), которые были характерны только для контрольного участка: *A. fulva*, *C. micropterus*, *C. inquisitor*, *C. arcensis*, *C. glabratus*, *C. hortensis*, *H. luteicornis*, *L. rufescens*, *L. depressus*, *P. melanarius*. Большинство из этих видов тяготеет к местам с древесной растительностью и кустарникам, и их присутствие объясняется близостью от стационарного участка лесного массива заказника.

При анализе доминирования следует отметить тот факт, что общих доминантов, преобладавших по численности во всех исследованных карабидокомплексах, не было зафиксировано. В то же время *H. flavescens* доминировал на всех участках вблизи нефтяных скважин, а в карабидокомплексе около заказника выступал качестве субдоминанта. То же можно сказать и о жужелице *C. erratus*, которая субдоминировала около скважины № 32, а на остальных участках была в числе доминантов. В карабидокомплексе скважины № 32 кроме уже упомянутого *H. flavescens* в числе доминантов выступали *C. sylvatica* и *H. tardus* (таблица 1). В карабидокомплексе самой новой скважины (№ 47) было всего зафиксировано 4 доминирующих вида жужелиц: наряду с указанными выше *C. fuscipes* и *H. flavescens* это были типичный обитатель открытых песчаных пространств *B. cephalotes* и трав – *C. erratus*. В карабидокомплексе наиболее возрастной и заросшей скважины в числе доминантов выступали также характерные обитатели луговых экосистем – *C. erratus*, *H. affinis* и *H. tardus*. На контрольном участке кроме общего указанного выше доминанта *C. erratus* среди преобладающих по численности видов были отмечены предпочитающие луга и поля *H. rufipes* и *P. versicolor*, а также древесную растительность *S. vivalis*.

В рамках поставленной цели нами был проведен анализ возможного влияния удаленности от нефтяной скважины на численность доминантных видов. Так, на самой молодой скважине (№ 47), где достаточно четко выделяется голый участок без растительности вблизи зоны отваловки из всех четырех доминантов три проявляют подобную зависимость: *B. cephalotes* и *H. flavescens* достоверно предпочитают места вблизи зоны отваловки с отсутствием растительности или с небольшим проективным покрытием ($F = 2,23$; $p < 0,05$ и $F = 3,02$; $p < 0,001$ соответственно), а *C. fuscipes*, наоборот, увеличивает численность там, где высокое проективное покрытие травянистой растительности ($F = 3,81$; $p < 0,0001$). По мере зарастания участков отваловки на более возрастных скважинах исчезают доминантные виды, предпочитающие слабо заросшие участки в окрестностях скважин. Так, *H. tardus* на скважине № 32 и *C. fuscipes* на скважине № 36 достоверно наращивают свою численность на довольно значительном удалении от зоны отваловки, где растительность наиболее густая ($F = 2,08$; $p < 0,05$ и $F = 2,75$;

$p < 0,001$ соответственно). Остальные доминанты не проявили на этих скважинах сколько-нибудь существенной зависимости и имели примерно равную численность по всей длине трансекты.

Нами также был проведён анализ распределения имаго жужелиц в исследованных карабидокомплексах для выявления основных экологических условий существования видов в них (рисунок). Так, распределение видов и особей в сообществе жужелиц около самой молодой скважины соответствует модели логарифмически нормального распределения, что подтверждается как достаточно высоким общим информационным разнообразием и низкой концентрацией доминирования при достаточно незначительной выравненности (таблица 1). Это свидетельствует о ситуации, в которой виды занимают достаточно полно отведённые им экологические ниши и практически не конкурируют. По мере зарастания скважин вблизи зоны отваловки (скважина № 32) распределение в большей степени соответствует модели разломанного стержня Макарута при низком информационном разнообразии, сопровождающемся самой высокой концентрацией доминирования жужелиц. Это может говорить о появлении новых экологических ниш и активном заселении их видами, мигрирующими из соседних участков. Подобное распределение при крайне высоких показателях выравненности также характерно и для карабидокомплекса контрольного участка, расположенного, по сути, в экотоне, который также изобилует различными экологическими нишами. На наиболее заросшей скважине (№ 36) распределение видов в карабидокомплексе соответствует модели логарифмического ряда, что сопровождается высоким информационным разнообразием при наиболее низкой концентрации доминирования и незначительной выравненности (таблица 1). Данная особенность может говорить об устоявшейся структуре сообщества с редким включением мигрантов.

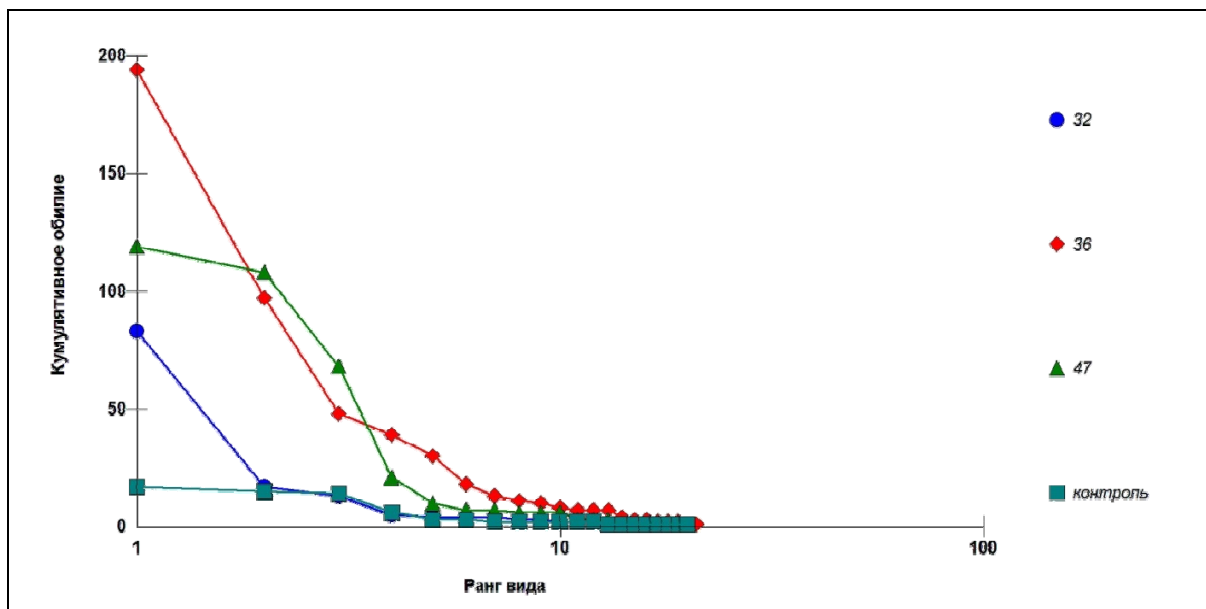


Рисунок. – Распределение «ранг – обилие» имаго жужелиц в карабидокомплексах вблизи нефтяных скважин Судовицкого нефтяного месторождения

В рамках оценки экологической структуры изученных карабидокомплексов был исследован спектр гигропреферендумов имаго жужелиц. Было выявлено, что в сообществах жужелиц, обитающих вблизи скважин, присутствует достаточно полный спектр гигропреферендумов – от ксерофилов до гигрофилов, а на контрольном участке мезо-

гигрофилы не были обнаружены (таблица 2). В целом карабидокомплекс заказника характеризовался высоким видовым богатством и численностью мезофилов. Численность мезоксерофилов была незначительно ниже, но по видовому богатству они уступали мезофилам практически вдвое. Что же касается ксерофилов, то по числу видов они были практически равны мезоксерофилам, но по численности они резко уступали как мезоксерофилам, так и мезофилам. Присутствие гигрофилов (*L. rufescens*, *O. obscurus*) объясняется тем, что данные виды тяготеют к сырому пологу лесной растительности.

Таблица 2. – Экологические группы имаго жуžелиц в карабидокомплексах вблизи нефтяных скважин Судовицкого нефтяного месторождения

Экологические группы	Скважины						Контроль	
	32		36		47			
	S*	N	S	N	S	N	S	N
Гигропреферендум								
Гигрофилы	2	2,8	0	0	0	0	2	3,8
Мезогигрофилы	0	0	1	1,4	1	0,8	0	0
Мезофилы	3	8,4	8	47,1	3	31,8	9	47,4
Мезоксерофилы	3	68,5	6	42,8	4	54,3	5	39,8
Ксерофилы	5	20,3	6	8,7	6	13,1	4	9,0
Биопреферендум								
Береговой	0	0	0	0	1	0,8	0	0
Болотный	1	1,4	0	0	0	0	0	0
Лесной	1	1,4	3	4,7	2	1,1	8	15,4
Луговой	3	69,2	8	57,6	3	49,5	5	16,7
Полевой	8	28,0	10	37,7	8	48,6	7	67,9
Жизненная форма								
Геобионты бегающе-роющие	1	2,6	0	0	1	5,5	0	0
Эпигеобионты бегающие-взлетающие	1	11,7	1	0,8	1	2,5	0	0
Эпигеобионты ходящие	0	0	0	0	1	0,8	4	7,7
Геохортобионты гарпалоидные	5	70,7	13	35,5	9	30,1	6	14,1
Стратохортобионты	2	6,3	2	4,9	1	1,6	2	20,5
Стратобионты скважиники подстилочные	2	3,5	2	57,4	2	59,5	4	33,3
Стратобионты скважиники поверхностно-подстилочные	2	2,6	0	0	0	0	2	3,9
Стратобионты зарывающиеся подстильно-почвенные	1	2,6	3	1,4	0	0	2	20,5
Всего видов	13		21		14		20	
Всего экземпляров		143		507		368		78

Примечание: S – количество видов; N – относительное обилие особей, %

В сообществах жуžелиц нефтяных скважин наблюдается достаточно устойчивое видовое богатство ксерофильных жуžелиц вне зависимости от степени увеличения проективного покрытия растительности, но численность их достаточно резко сокращается (практически вдвое) по мере зарастания зоны отваловки (таблица 2).

Колебание видового богатства при сохранении стабильной численности в этих карабидокомплексах в большей степени характерно для мезоксерофильных видов, которые увеличивают свое видовое представительство вдвое (с 3 видов до 6). Наиболее широко представленные на контрольном участке мезофилы в сообществах нефтяных скважин по мере увеличения проективного покрытия наращивают как видовое богатство, так и численность.

При рассмотрении спектра биопреферендумов необходимо отметить, что карабидокомплексы нефтяных скважин также обладают более широким представительством этих экологических групп (таблица 2). В сообществе жуужелиц контрольного участка были зафиксированы представители лесных, полевых и луговых видов. При этом видовое богатство незначительно колебалось от 5 видов, тяготеющих к лугам, до 8 видов, предпочитающих лесную растительность. Численность полевых видов, приуроченных к территориям достаточно сухим, с небольшим набором видов растений, представлена 2/3 всех коллектированных экземпляров жуужелиц на данном участке.

В сообществах жуужелиц скважин наиболее широко были представлены полевые и луговые виды. Наряду с ними присутствовали лесные виды (благодаря редким кустарникам и невысоким соснам, присутствующим на окраине зоны отчуждения), а также крайне незначительно присутствующим (как по видовому богатству, так и по численности) береговым и болотным видам. При этом наблюдается особенность, выражающаяся в том, что по мере увеличения проективного покрытия видовое богатство растет крайне незначительно у полевых видов, но численность их падает в полтора раза; что же касается луговых видов, то в целом растёт видовое богатство (в два с половиной раза), а численность хоть и увеличивается, но незначительно. Это может быть связано с тем, что вблизи скважины, запущенной в эксплуатацию в 2009 г., достаточно высока доля лесных видов, которые вытесняют полевых, сокращая их общую численность.

При анализе распределения жизненных форм имаго жуужелиц в целом был зафиксирован достаточно широкий спектр. На контрольном участке, предлагавшем достаточно большой выбор экологических ниш, за исключением песчаного открытого пространства не были отмечены только тяготеющие к подобным местообитаниям геобионты бегающе-роющие и эпигеобионты бегающе-взлетающие. Так, на данном участке с обильной травянистой растительностью и кустарником по видовому богатству преобладали геохортобионты гарпалоидные (в основном обитатели лугов и полей представители рода *Harpalus*), предпочитающие местообитания, обильно снабженные листовым и травянистым опадом стратобионты скважники подстилочные и обитатели лесных экосистем эпигеобионты ходящие (таблица 2). По численности же наиболее обильными были уже упомянутые стратобионты скважники подстилочные, а также стратохортобионты и стратобионты зарывающиеся подстилично-почвенные.

В карабидокомплексах вблизи нефтяных скважин наиболее богатыми как по числу видов, так и довольно стабильными по численности были геохортобионты гарпалоидные. По мере увеличения площади проективного покрытия трав, появления большего числа укрытий среди корней и трещин в почве наблюдается рост количества видов и численности геохортобионтов, а также стратобионтов скважников, появляются стратобионты зарывающиеся подстилично почвенные (таблица 2).

Заклучение

Таким образом, в результате проведенных исследований по эколого-фаунистической оценке состояния карабидокомплексов нефтяных скважин Судовицкого нефтяного месторождения можно отметить следующее:

1. Карабидокомплексы вокруг скважин характеризуются наличием 25 видов жуужелиц, среди которых преобладают виды из родов *Harpalus* и *Amara*.
2. Структура доминирования в карабидокомплексах вокруг скважин нестабильна и варьирует в зависимости от площади проективного покрытия травянистой растительности.
3. Наличие зоны отваловки, практически лишенной растительности, достоверно сказывается на численности доминантных видов, среди которых преобладают лишь те,

которые приурочены к открытым сухим местам или песчаным грунтам (*B. cephalotes*, *H. flavescens*).

4. По мере увеличения проективного покрытия вокруг скважин в карабидокомплексах наблюдается стабилизация сообщества с исключением случайных мигрантов.

5. Карабидокомплексы вокруг нефтяных скважин сложены преимущественно средними и мелкими по размерам луговыми и полевыми ксерофилами и мезоксерофилами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хабилов, И. К. Устойчивость почвенных процессов / И. К. Хабилов, И. М. Габбасова, Ф. Х. Хазиев. – Уфа : БГАУ, 2001. – 327 с.
2. Соромотин, А. В. Постадийный разбор. Экологические последствия различных этапов освоения недр на примере ХМАО / А. В. Соромотин // Нефть и капитал. – 2006. – № 8. – С. 76–79.
3. Ефимов, В. А. Функциональная характеристика экологической безопасности нефтегазопроводов / В. А. Ефимов // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. – 2000. – № 4–5. – С. 25–29.
4. Соромотин, А. В. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири / А. В. Соромотин. – Тюмень : ТГУ, 2010. – 320 с.
5. Magurran, A. Ecological diversity and its measurement / A. Magurran. – London ; Sydney : Croom Helm, 1983. – 184 p.
6. Renkonnen, O. Statistish-Okologiske Untersuchungen uber die terrestrische Kaferwelt der finnischen Bruchmoore / O. Renkonnen // Ann. Zool. – Bot. Soc. Fennicae – 1938. – № 6. – P. 1–30.
7. Шарова, И. Х. Жизненные формы жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) / И. Х. Шарова. – М. : Наука, 1981. – 360 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 21.03.2017

Halinouski M.H., Potapov D.V., Averin V.S. Carabid Communities around Wells of Oil Field «Sudovitskoye» (the Repablic of Belarus)

The article discusses carabid beetles communities research formed near an oil-wells of oil field «Sudovitskoye» in the Svetlogorsk district, Gomel region (The Republic of Belarus). As a result of research in the communities of ground beetles oil wells recorded 25 species of beetle imago. Species richness and abundance of ground beetles imago was the most-shim near the well, began to actively overgrown grass. There was a significant influence of soil and vegetation damage near the wells in the number of number of dominating species. With the increase of cover near the wells there is a change of the dominant composition of ground beetles, as well as the ecological restructuring of the communities associated with the increasing diversity of ecological niches, actively filled by migrants, and increasing the share of medium and small meadow xerophilous and mesoxerophilous species.

УДК 550.4:547+504.5:547(282.247.2)

В.В. Карабын

канд. геол. наук, доц., зав. каф. экологической безопасности
Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности
e-mail: [vasyl.karabyn@gmail.com](mailto:vasyi.karabyn@gmail.com)

ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ

Проанализирована вариативность показателей органического загрязнения вод (биохимическое потребление кислорода, химическое потребление кислорода и концентрация растворенного кислорода) в двух пунктах государственного мониторинга верхней части реки Западный Буг: г. Каменка-Бугская и п. Добротвор. 98,1 % проб воды содержат кислород в концентрациях ниже ПДК, более 92 % проб превышают ПДК биохимического потребления кислорода и 63 % – ПДК химического потребления кислорода. Установлены эмпирические зависимости изменения показателя БПК от содержания растворенного кислорода и БПК₅ от ХПК. Статистически достоверные связи между ХПК и температурой воды, БПК₅ и температурой воды, а также между ХПК и количеством растворенного кислорода отсутствуют. На экологическое состояние поверхностных вод бассейна р. Зап. Буг наиболее негативно влияют сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод, нарушение природоохранных режимов в прибрежных полосах, водоохранных зонах и зонах наводнения.

Введение

Концентрация органических веществ в поверхностных водах является определяющим фактором кислородного режима водоема, поэтому существенно влияет на развитие живых организмов. Одними из показателей органического загрязнения водоемов являются концентрация растворенного кислорода, биологическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК). Содержание кислорода в большой степени определяет качество воды из-за интенсификации процессов самоочищения, физико-химической трансформации и гидробиологического круговорота веществ. Концентрация растворенного в воде кислорода является интегральной величиной, которая определяется соотношением разнонаправленных физико-химических, гидробиологических и гидродинамических процессов, происходящих в водной среде и на границе раздела фаз «вода – атмосфера». В то же время на содержание кислорода в воде влияет ряд антропогенных факторов, оценить которые можно косвенно, путем определения БПК и ХПК.

Особое значение для контроля экологического состояния поверхностных вод имеет изучение закономерностей изменения концентрации загрязняющих веществ в водоемах международного значения, в частности, в реке Западный Буг.

Объектом исследований является органическое загрязнение вод верхней части р. Зап. Буг. Река Зап. Буг – правый приток р. Висла – берет свое начало из источников Колтивской котловины в с. Верхобуж на высоте 320 м над уровнем моря. Общая длина реки – 815 км (в пределах Украины – 401 км). Площадь бассейна – 73,5 тыс. км². Густота речной сети в бассейне Зап. Буга составляет 0,3–0,5 км/км². Река относится к равнинному типу, питание ее смешанное: метеогенное и подземное. Ширина небольшая – 1–10 м, русло умеренно извилистое [1]. Под верхней частью р. Зап. Буг мы понимаем реку от ее истоков до впадения в нее р. Рата. В административном отношении верхняя часть Зап. Буга течет в основном через территорию Золочевского, Бугского, Каменко-Бугского районов Львовской области. В тектоническом аспекте территория исследований относится к Волыно-Подольской плите Восточноевропейской платформы [2]. Согласно физико-географическому районированию [3] верховье р. Зап. Буг относится к физико-географическому району (ландшафту) Восточноевропейской равнины. От г. Буск и ниже

р. Зап. Буг является границей между Восточно-Европейской и Западно-Европейской равнинами. Ландшафтные местности территории бассейна верхней части р. Зап. Буг относятся к Полесскому типу [3].

В верхней части р. Зап. Буг Западно-Бугским бассейновым управлением ведется государственный гидрохимический мониторинг в двух пунктах: в г. Каменка-Бугская и пос. Добротвор. В г. Каменка-Бугская река имеет ширину 4–6 м, в п. Добротвор на реке сооружено водохранилище шириной 0,75 км и длиной 13 км. Водоохранилище используется Добротворской ТЭЦ главным образом в системах охлаждения.

Предмет исследований – изменчивость показателей органического загрязнения вод: биохимического потребления кислорода, химического потребления кислорода и концентрации растворенного кислорода.

Цель работы заключалась в анализе изменчивости показателей органического загрязнения вод, установлении гидрохимических закономерностей и важнейших факторов экологической опасности вод верхней части р. Западный Буг по данным многолетнего мониторинга.

Материалом для написания статьи послужили данные государственного мониторинга и результаты собственных исследований.

Методы исследований

Отбор и химический анализ проб воды осуществлялся Львовской гидрогеолого-мелиоративной экспедицией по заказу Западно-Бугского бассейнового управления. Нами были использованы результаты анализов воды в течение 1994–2016 гг. Пробы воды отбирали и анализировали 4 раза в год. Определение содержания растворенного кислорода базируется на йодометрическом определении высших по степени окисления соединений марганца [4]. Показатель химического потребления кислорода (ХПК) установлен бихроматным методом, т.е. с использованием калия двуххромовокислого в кислой среде при кипячении. Методика измерения показателя ХПК регламентируется КНД 211.1.4.021-95 [5]. Значение показателя биохимического потребления кислорода (БПК) соответствует количеству кислорода, которое используется в определенный отрезок времени (в нашем случае 5 дней) на аэробное биохимическое разложение органических веществ, содержащихся в исследуемой пробе воды. Биохимическое потребление кислорода определяют по разнице между содержанием кислорода до и после инкубации в течение 5 суток, при 20 °С без доступа воздуха и света [4]. Данные лабораторных исследований сравнивались с ПДК для вод санитарно-бытового назначения (таблица 1) и предельными значениями классов качества вод – источников централизованного питьевого водоснабжения по ДСТУ 4808: 2007 [6] (таблица 2).

Таблица 1. – Значение ПДК отдельных показателей органического загрязнения вод

Параметр	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Растворенный кислород, мг/дм ³	ХПК, мгО ₂ /дм ³
ГДК	3,0	4,0	15,0

Таблица 2. – Отдельные показатели классификации качества поверхностных вод – источников централизованного питьевого водоснабжения [6]

Параметр	Класс качества воды			
	1	2	3	4
ХПК (бихромат.), мгО ₂ /дм ³	< 9,0	9,0 – 30,0	31,0 – 40,0	> 40
БПК, мгО ₂ /дм ³	< 1,3	1,3 – 3,0	3,1 – 7,0	> 7,0
Растворенный кислород, мг/дм ³	> 8,0	8,0 – 7,1	7,0 – 5,0	< 5,0
Насыщенность кислородом, %	96–105	$\frac{95-81}{106-120}$	$\frac{80-60}{121-140}$	$\frac{<60}{>140}$

Для построения диаграмм использовали программу Microsoft Excel 10. Показатель R^2 , который характеризует достоверность аппроксимации (построения линии тренда), рассчитан по формуле

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2},$$

где y – фактическое значение, $\hat{y}$ – значение аппроксимирующей функции, $\bar{y}$ – среднее арифметическое. Показатель R^2 используется для оценки достоверности построенной линии тренда. Для этого необходимо сравнить фактическое значение F-критерия Фишера с его критическим значением. Фактическое значение критерия Фишера рассчитывается по формуле

$$F = \frac{R^2}{(1 - R^2)} \times \frac{n - k}{k - 1},$$

где n – размер выборки, k – число степеней свободы (в нашем случае количество параметров, которые используют для построения линии тренда, т.е. 2).

Исходя из количества проб 80, вероятности 0,95, числа степеней свободы 2, минимальное достоверное значение показателя R^2 будет равно 0,04. Т.е. если мы получим линию тренда с R^2 более 0,04, то такая линия регрессии (линия тренда) будет статистически достоверной. Связь между переменными мы также определяли с помощью корреляционного анализа в программе Statistica. Критическое значение коэффициента корреляции Пирсона r для выборки объемом 80 составляет 0,22 [7; 8].

Результаты исследований и их обсуждение

Экологическое состояние р. Зап. Буг и ее основных притоков характеризуется высокой степенью напряженности. Это обусловлено поступлением в водотоки недостаточно очищенных и неочищенных коммунальных, бытовых и промышленных сточных вод, поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий, насыщенного компонентами удобрений, отходами животноводства и земледелия и т.д. [9].

Характеристика макрокомпонентного состава воды. Интегральным показателем макрокомпонентного состава воды является минерализация. По данным Западно-Бугского бассейнового управления, минерализация воды в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская меняется от 384 мг/дм³ (первый квартал 2011 г.) до 826 мг/дм³ (первый квартал 1994 г.). Среднее арифметическое – 556,5, мода – 546. Максимальные показатели сухого остатка в водах зафиксированы в течение 2003 и 2010 гг., минимальные – в 2011 г. В водохранилище п. Добротвор минерализация колеблется от 384 мг/дм³ (первый квартал 2011 г.) до 810 мг/дм³ (четвертый квартал 2007 г.) при среднем арифметическом 521,8, моде 514, медиане 516,6. Макрокомпонентный состав вод изменяется от сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого (2001–2004, 2007 гг.) к гидрокарбонатному кальциевому (2006, 2008–2015 гг.). Т.е. в течение 2001–2016 гг. в водах верхней части р. Зап. Буг относительное количество сульфатов уменьшилось. В то же время в 2003 и 2006 гг. в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская зафиксирована вода сульфатно-гидрокарбонатного магниево-кальциевого состава.

Кислородный режим. Поверхностные воды содержат значительное количество водорастворимых газов. Одним из важнейших для экосистемы газов является кислород. Количественное содержание кислорода в растворе определяется его парциальным давлением в воздухе и описывается законом Генри. При парциальном давлении 1 атм. содержание кислорода будет определяться величиной его растворимости, которая тесно связана с температурой воды. Эта концентрация называется нормальной и соответству-

ет 100 % насыщения. Основными источниками поступления кислорода в воду является атмосфера, а также фотосинтетическая деятельность фитопланктона. Обогащение воды кислородом также может происходить вследствие турбулентности потока, выпадения дождя и т.п. [10]. Отклонение действительной концентрации кислорода от равновесной вызывается:

1) физическими воздействиями, например, резким изменением барометрического давления, изменением температуры воды, аэрацией воды в плотинах и т. п.;

2) физико-химическими воздействиями, например, поглощением кислорода при электрохимической коррозии металлов и потреблением его на химическое окисление веществ, содержащихся в воде или соприкасающихся с ней;

3) биохимическими влияниями, которые в естественных условиях преобладают, как, например, потреблением кислорода при аэробном разложении органических веществ или, наоборот, выделением кислорода при поглощении CO_2 организмами [4].

Содержание кислорода в большой степени определяет качество воды благодаря интенсификации процессов самоочищения, физико-химической трансформации и гидробиологического круговорота веществ. Наличие кислорода в воде также определяет возможность поддержания онтогенеза гидробионтов. Для нормального развития рыб необходимо минимум 5 мг/дм^3 кислорода, а снижение его концентрации до 2 мг/дм^3 приводит к массовой гибели рыбы [11].

Экспериментальные работы, выполненные в нижней части р. Днепр, показали, что в условиях зарегулированного стока в целом за год преобладает инвазия кислорода из атмосферы, количественные характеристики которой превышают 100 г/м^2 в год [12]. Окисление веществ и дыхание водных организмов – основные факторы расходной части баланса кислорода в водных объектах. Наибольшее количество кислорода содержится в поверхностно-склоновых водах, а наименьшее – в грунтовых [13].

Дефицит растворенного кислорода возникает, если его поступление при аэрации меньше интенсивности потребления гидробионтами и окисления донных отложений и растворенного органического вещества. И.В. Гриб [14] для условий прудов выделяет следующие факторы снижения количества растворенного кислорода: 1) интенсивное развитие плавающей высшей водной растительности (ряски, спироделлы многокорневой); 2) полное перекрытие водного зеркала и нарушение газового режима (полный штиль); 3) фотосинтез в темное время суток при значительном зарастании водного зеркала (поглощение растворенного кислорода в темное время и выделения углекислого газа); 4) потребление растворенного кислорода для окисления растворенного органического вещества при поступлении загрязнений антропогенного характера и болотного стока.

Мы проанализировали данные Западно-Бугского бассейнового управления и выяснили, что концентрация растворенного кислорода в Каменка-Бугском пункте государственного мониторинга колеблется от 0,1 до $11,4 \text{ мг/дм}^3$ при среднем арифметическом $7,56 \text{ мг/дм}^3$, медиане 7,8, моде 6,4 и стандартном отклонении 2,1 (рисунок 1).

По сравнению с ПДК 98 % проб воды содержат кислород в концентрациях ниже минимального уровня. В пункте мониторинга г. Каменка-Бугская трижды зафиксировано катастрофически низкие концентрации растворенного кислорода – менее 2 мг/дм^3 , которые предположительно привели к гибели рыбы. Все три пробы с аномально низким содержанием кислорода отобраны во втором–четвертом кварталах 2011 г.: наименьшая концентрация кислорода ($0,12 \text{ мг/дм}^3$) зафиксирована во втором квартале, в третьем квартале содержание кислорода составляло $1,34 \text{ мг/дм}^3$, а в четвертом вновь снизилось до уровня $0,38 \text{ мг/дм}^3$. В первом квартале 2012 г. содержание кислорода составляло $8,64 \text{ мг/дм}^3$, что выше среднего значения. По данным [15], в 2011 г. в р. Зап. Буг и ее притоки попало 4,4 млн м^3 загрязненных сточных вод, что и привело к аномально низкому содержанию растворенного кислорода.

Содержание растворимого кислорода в водохранилище п. Добротвор меняется от 4,7 до 12,3 мг/дм³ при среднем арифметическом и медиане 8,5 мг/дм³, моде 8,0 мг/дм³ и стандартном отклонения 1,6. Все пробы воды содержат кислород в концентрациях ниже ПДК.

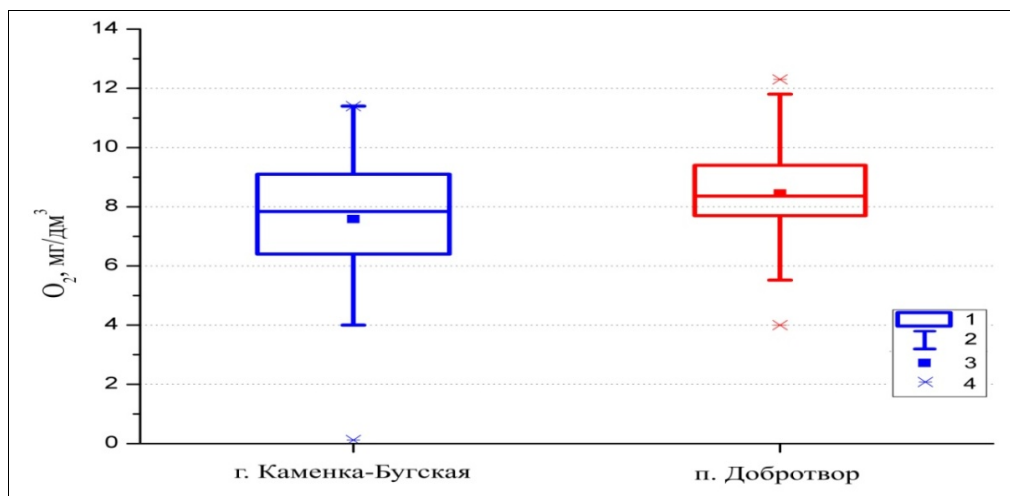


Рисунок 1. – Характеристика распределения концентраций растворенного кислорода (мг/дм³) по данным многолетнего мониторинга в воде р. Зап. Буг в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская (диаграмма слева) и п. Добротвор (диаграмма справа):

1 – медиана, 2– 25–75 %, 3 – min-max, 4 – выбросы

Нами предпринята попытка выявить связь между температурой воды и концентрацией кислорода в воде р. Зап. Буг в пунктах мониторинга г. Каменка-Бугская, п. Добротвор (рисунок 2). Эмпирические зависимости являются достоверными, поскольку значения R^2 выше минимального значимого.

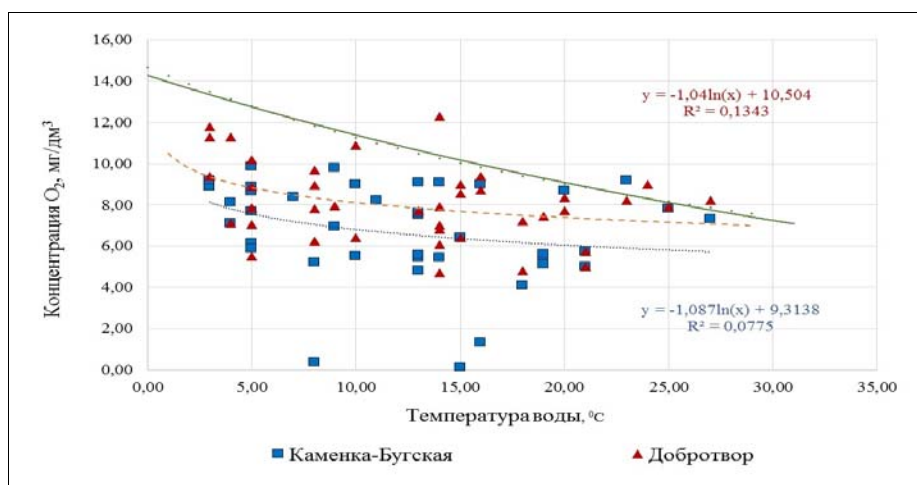


Рисунок 2. – Эмпирическая зависимость содержания растворенного кислорода в воде верхней части р. Зап. Буг от температуры

Большинство проб воды (95 %) содержат меньшее чем равновесная концентрация, количество растворенного кислорода. Только 4 пробы (4,7 %): 3 из водохранилища п. Добротвор и 1 из г. Каменка-Бугская – содержат растворенный кислород в перенасыщенном количестве. Поскольку концентрация растворенного кислорода существенно

зависит от температуры, то для нормализации концентрации кислорода по температуре целесообразно рассматривать процент насыщения воды в реке от теоретического содержания кислорода (таблица 3).

Таблица 3. – Насыщенность кислородом воды р. Зап. Буг, %

	г. Каменка-Бугская	п. Добротвор	Вместе
Минимум	1,2	44,1	1,2
Максимум	109,2	119,8	119,8
Среднее арифметическое	63,6	76,2	69,8
Медиана	64,6	76,5	69,4
Мода	72,4		71,0
Стандартное отклонение	22,7	18,0	21,4

Биохимическое потребление кислорода. Показатель БПК₅ широко используется не только в Украине, но и в странах ЕС [16]. Значение показателя БПК₅ в Каменко-Бугском пункте государственного мониторинга колеблется от 0,8 до 12,1 мгО₂/дм³ при среднем арифметическом 5,64 мгО₂/дм³, медиане 5,2, моде 6,7 и стандартном отклонения 2,2. В Добротворском водохранилище БСК меньше: минимум 1,8 мгО₂/дм³, максимум 10,1 мгО₂/дм³, среднее арифметическое 5,02 мгО₂/дм³, медиана 4,08, мода 4,1, стандартное отклонение 1,6 (рисунок 3).

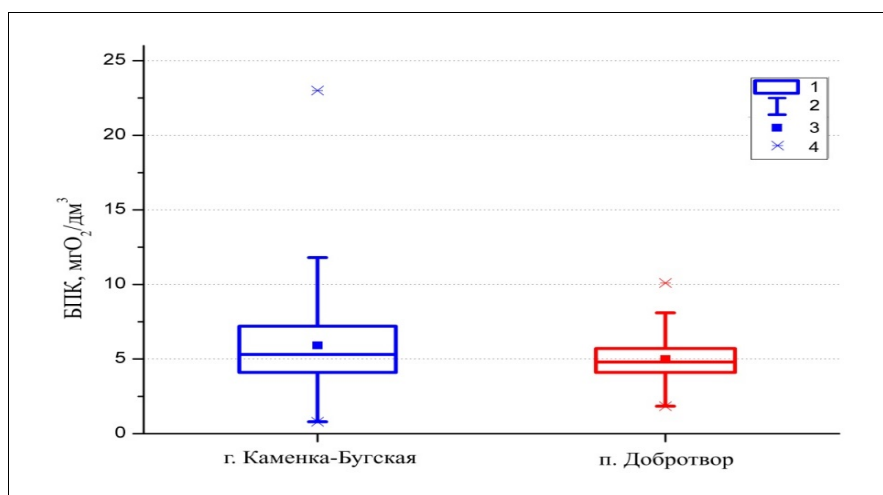


Рисунок 3. – Характеристика распределения показателя БПК₅ по данным многолетнего мониторинга р. Зап. Буг в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская (диаграмма слева) и п. Добротвор (диаграмма справа):
1 – медиана, 2 – 25–75 %, 3 – min-max, 4 – выбросы

Следует обратить внимание на то, что более 92 % проб в обоих пунктах наблюдения превышают ПДК биохимического потребления кислорода. Согласно классификации качества вод – источников централизованного питьевого водоснабжения только 1 проба воды (1,3 %) из пункта мониторинга г. Каменка-Бугская соответствуют 1 классу качества. Ни одна проба воды из водохранилища п. Добротвор не соответствует 1 классу качества вод по БПК₅. Ко второму классу качества вод принадлежат 5 проб (6 %) из пункта мониторинга г. Каменка-Бугская и 6 проб (7 %) из водохранилища п. Добротвор. Третий класс качества вод – 54 пробы (68 %) из пункта мониторинга г. Каменка-Бугская и 61 проба (74 %) с п. Добротвор; четвертый класс – 1 проба (1,3 %) из пункта мониторинга г. Каменка-Бугская и 7 проб (8,3 %) из п. Добротвор.

В природных незагрязненных водах можно было бы ожидать увеличения БПК₅ с увеличением температуры воды, поскольку в теплое время года должно расти количество микроорганизмов в поверхностных водах. Однако нам не удалось установить надежной связи между температурой воды и показателем БПК. Из этого можно сделать вывод о доминировании техногенных процессов над естественными (рисунок 4).

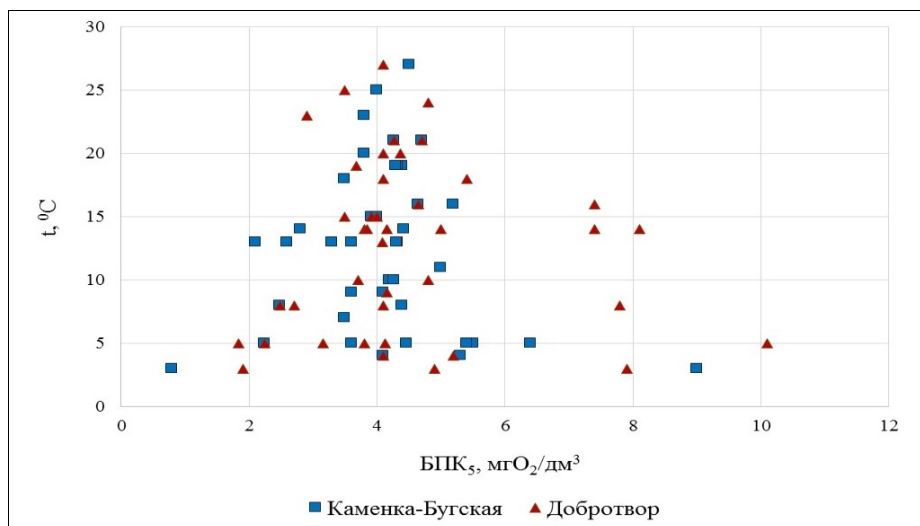


Рисунок 4. – Распределение показателя БПК₅ при разной температуре воды верхней части р. Зап. Буг

Можно было бы ожидать уменьшения количества растворенного кислорода с ростом показателя БПК (рисунок 5). Эта гипотеза хорошо подтвердилась в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская и менее надежно в п. Добротвор.

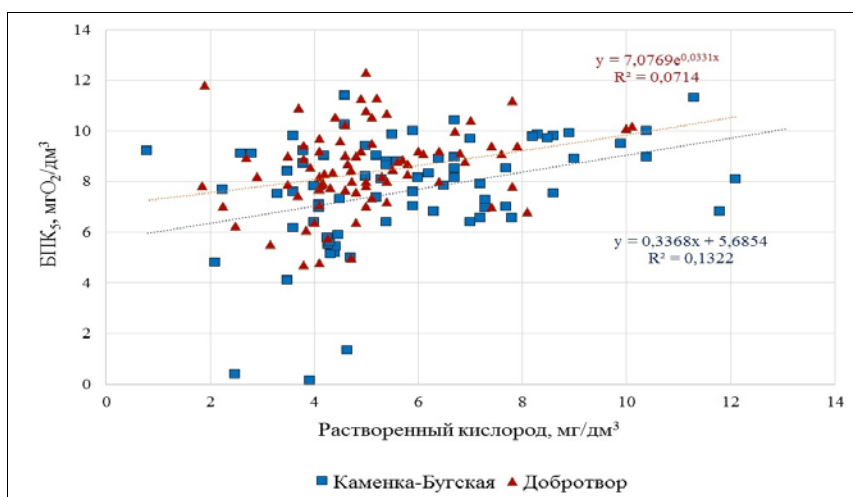


Рисунок 5. – Эмпирическая зависимость показателя БПК₅ от содержания растворенного кислорода в воде р. Зап. Буг

Снижение содержания растворенного кислорода происходит там, где активно происходят процессы окисления, вызванные природными и антропогенными процессами. БСК₅ – это разница между количеством растворенного кислорода в момент отбора пробы и через 5 суток. Существенное снижение кислорода через 5 суток происходит при наличии в пробе воды значительных количеств органических веществ, прежде всего микроорганизмов, способных к поглощению кислорода. Пробы, в которых зафиксиро-

рованы низкая концентрация растворенного кислорода и низкий показатель БПК, могут, по нашему мнению, свидетельствовать о том, что основные процессы окисления уже произошли, и, скорее всего, вызваны они органическими веществами небиологического происхождения. Пробы, в которых концентрация растворенного кислорода высока, а количество БСК низкое свидетельствует о незагрязненных природных водах, отобранных в зоне активного насыщения кислородом. Пробы с высокой концентрацией растворенного кислорода и высоким показателем БПК будут указывать на активное насыщение кислородом водоемов, лишенных небиологических органических веществ и одновременно обогащенных биологическими компонентами.

Химическое потребление кислорода. ХПК – популярный среди исследователей показатель органического загрязнения вод [17–20]. Это обусловлено относительной дешевизной его определения и высокой информативностью этого показателя. В отличие от определения концентрации нефтепродуктов, фенолов или других органических загрязнителей определение ХПК не требует дорогостоящей аппаратуры.

Показатель ХПК в г. Каменка-Бугская, пункте государственного мониторинга колеблется от 2,0 до 34,7 мгО₂/дм³ при среднем арифметическом 14,6 мгО₂/дм³, медиане 15,9, моде 16,5, стандартном отклонении 5,5. В водохранилище п. Добротвор среднее арифметическое значение ХПК чуть больше – 16,6 (5,0–34,7) мгО₂/дм³, медиана 15,8, мода 15,4 (рисунок 6).

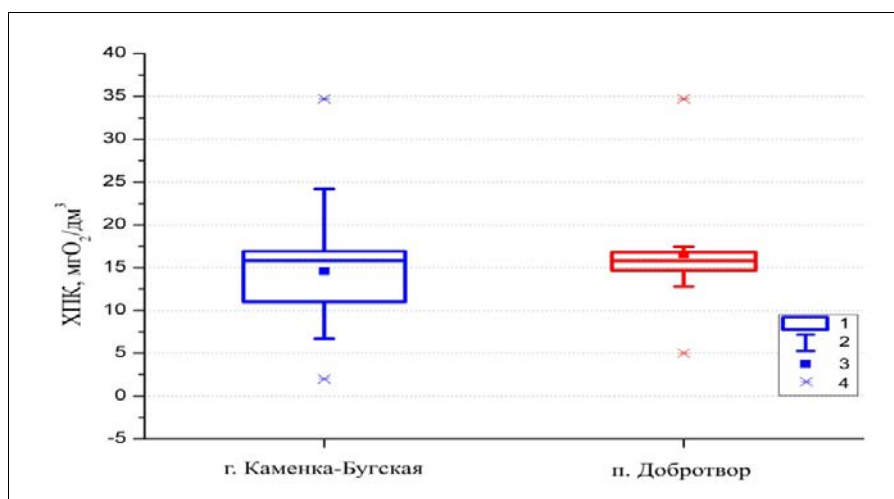


Рисунок 6. – Характеристика распределения показателя ХПК (мгО₂/л) по данным многолетнего мониторинга р. Зап. Буг в пункте мониторинга г. Каменка-Бугская (диаграмма слева) и п. Добротвор (диаграмма справа): 1 – медиана, 2 – 25–75 %, 3 – min-max, 4 – выбросы

В г. Каменка-Бугская 55 % проб и 71 % проб в п. Добротвор превышают ПДК по показателю ХПК. В соответствии с принятой в Украине классификацией источников питьевого водопотребления [6] большая часть проанализированных нами проб воды относится ко 2 классу качества.

Нам не удалось установить статистически достоверной связи между показателем химического потребления кислорода и температурой воды и между ХПК и концентрацией растворенного кислорода.

Установлена корреляционная связь между количествами БПК и ХПК (коэффициент корреляции $r = 0,44$). Это закономерная связь, поскольку как БПК, так и ХПК свидетельствуют о наличии веществ, которые окисляются. Эта тенденция более характерна для пункта мониторинга г. Каменка-Бугская, и меньше для пункта мониторинга

п. Добротвор. Это объясняется значительно меньшей скоростью течения в водохранилище, что способствует лучшему размножению живых организмов. Вместе с тем невысокая плотность корреляционной связи указывает на различные аспекты органического загрязнения вод. БПК косвенно характеризует количество биологических объектов, способных к окислению, а ХПК является более интегральным показателем органического загрязнения.

Основные источники и факторы органического загрязнения вод верхней части р. Зап. Буг и меры по его минимизации. Бассейн реки загрязняется из-за сброса недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод коммунальными предприятиями Львовщины. К наиболее значительным объектам техногенной нагрузки на водоносную систему бассейна относятся такие предприятия, как КП «Львовводоканал» (КОС-1), ГКП «Каменка-Бугская ВКХ», КП «Жовкивский ПУВКХ», Бугское ПОУГ (без очистки), КП «Рава-Русское СУ № 2», Добротворская ТЭС [15].

На экологическое состояние поверхностных вод бассейна р. Зап. Буг влияют различные факторы, которые тесно взаимосвязаны:

1. Сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод. Значительная часть частного сектора районных центров и поселков городского типа не охвачены полностью централизованной системой канализации и сбрасывают сточные воды без очистки непосредственно в водные объекты – малые реки. В городах, где есть системы канализации, водоотведения и очистки, часто являются устаревшими и требуют модернизации.

2. Нарушение природоохранных режимов в прибрежных полосах и водоохраных зонах. Источниками загрязнения поверхностных вод часто является неорганизованные отходы и свалки на берегах рек. Границы прибрежных защитных полос должным образом не обустроены.

3. Наводнения. Вследствие наводнений и паводков загрязнители с надпойменных террас попадают в реку, размываются берега, нарушаются или разрушаются береговые укрепления.

Основными природоохранными мероприятиями, выполнение которых позволит снизить уровень опасности в бассейне верхней части р. Зап. Буг являются:

- 1) канализирование городов и поселков, прекращение сброса неочищенных стоков в реки, модернизация существующих и строительство новых очистных сооружений, обустройство прибрежных защитных полос водоемов и водосборных территорий;

- 2) создание на отдельных участках реки искусственных водопадов с целью дополнительной аэрации воды, совершенствование системы управления водными ресурсами и дальнейшее внедрение бассейнового принципа управления [21–23] и Директивы Европейской Комиссии по очистке бытовых сточных вод [16].

Заключение

1. Бассейн верхней части р. Зап. Буг принадлежит ландшафтным местностям Полесского типа, которые представлены плоско-волнистой водно-ледниковой равниной, значительно переработанной эоловыми процессами. Эти местности состоят из дубово-сосновых и сосновых лесов на дерново-подзолистых почвах, супесях и песках. В гидрологическом режиме р. Зап. Буг главную роль играют климатические и орографические условия. Регион отмечается нормальной увлажненностью. В среднем годовые суммы осадков колеблются от 597 до 1 070 мм.

2. Верхняя часть р. Зап. Буг катастрофически загрязнена органическими соединениями. В частности, 98,1 % проб воды содержат кислород в концентрациях ниже ПДК; в 92 % проб превышен ПДК биохимического потребления кислорода, а в 63 % проб – ПДК химического потребления кислорода.

3. Установлена эмпірическая зависимость изменения показателя БПК₅ от содержания растворенного кислорода и БПК₅ от ХПК в воде р. Зап. Буг.

4. На экологическое состояние поверхностных вод бассейна р. Зап. Буг наиболее негативно влияют сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод, нарушение природоохранных режимов в прибрежных полосах и водоохраных зонах, наводнения.

5. Основными природоохранными мероприятиями, выполнение которых позволит снизить уровень опасности в бассейне верхней части р. Зап. Буг, являются: канализование городов и поселков, прекращение сброса неочищенных стоков в реки, модернизация существующих и строительство новых очистных сооружений, обустройство прибрежных защитных полос водоемов и водосборных территорий; создание на отдельных участках реки искусственных водопадов с целью дополнительной аэрации воды, совершенствование системы управления водными ресурсами и дальнейшее внедрение бассейнового принципа управления.

Автор благодарен за плодотворные научные дискуссии, вследствие которых удалось улучшить данную статью, кандидату технических наук доценту А.Г. Рэнкасу, кандидату химических наук доценту Л.В. Сысе, кандидатам физико-математических наук доцентам О.В. Меньшиковой и О.О. Карабын.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Держводагенство України. Львівське обласне управління водних ресурсів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=83028>.
2. Атлас геологія і корисні копалини України / під ред. Л. С. Галецького. – Київ : Такі справи, 2001. – 168 с.
3. Природні ресурси Львівщини / Б. М. Матолич [та ін.]. – Львів : ПП Лукашук В. С., 2009. – 120 с.
4. Унифицированные методы анализа вод / под ред. Ю. Ю. Лурье. – М. : Химия, 1973. – 376 с.
5. КНД 211.1.4.021-95 Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в поверхневих і стічних водах. – Київ, 1995. – 15 с.
6. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правил відбирання : ДСТУ 4808:2007. – Прийнято та надано чинності 05.07.2007. – Київ. : Держспоживстандарт України, 2007. – 36 с.
7. Стасюк, М. Ф. Статистичний аналіз : навч. посібник / М. Ф. Стасюк, О. О. Карабин, М. І. Кусій. – Львів : Сполом, 2015. – 139 с.
8. Карабин, О. О. Викладання багатфакторного кореляційного аналізу з використанням інформаційно-комунікаційних технологій / О. О. Карабин, О. Ю. Чмир // Вісн. ЛДУБЖД. – 2016. – № 13. – С. 181–191.
9. Drogi wodne Europy Środkowo-Wschodniej = Waterways of Central and Eastern Europe : Studia Regionalne i Lokalne polski Południowo-Wschodniej / red. Z. Ziolo, G. Starodub, H. Połcik. – Dzierżówka ; Kraków : Progress, 2013. – Т. 11. – S. 79–90.
10. Дубняк, С. С. Вплив попусків ГЕС на кисневий режим мілководь річкових ділянок водосховищ / С. С. Дубняк, К. М. Цапліна, О. О. Кузько // Наук. зап. Сер. Біологія. – 2001. – № 4 (15). Спец. вип.: Гідроекологія. – С. 211–212.
11. Зенин, А. А. Гидрохимический словарь / А. А. Зенин, Н. В. Белоусова – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 239 с.

12. Самойленко, В. Н. Факторы, определяющие обмен кислородом между водоемами и атмосферой (на примере устьевой области Днепра) / В. Н. Самойленко // Гидробиол. журн. – 1988. – Т. 24, № 4. – С. 101–104.
13. Осадчий, В. І. Кисневий режим поверхневих вод України / В. І. Осадчий, Н. М. Осадча // Наук. праці УкрНДГМІ. – Київ, 2007. – Вип. 256. – С. 265–285.
14. Гриб, Й. В. Концептуальні основи відродження трансформованих екосистем малих річок рівнинної частини території України / Й. В. Гриб, Д. Й. Войтишина // Екол. вісн. – 2009. – № 5. – С. 62–64.
15. Екологічний паспорт Львівської області за 2012 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ekology.lviv.ua>.
16. European Commission. Directive 91/271/EEC concerning urban waste-water treatment, 1991 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/environment/water/waterurbanwaste/index_en.html.
17. Басов, М. В. Комплексна оцінка якості малих річок на прикладі лівих приток річки Рось / М. В. Басов, Л. В. Сиса // Вісн. ЛДУ БЖД. – 2015. – № 12. – С. 100–105.
18. Еколого-геохімічні умови будівництва глибоких свердловин на ділянках низькогірного рельєфу (на прикладі Південнобориславської площі) / Я. Г. Лазарук [та ін.] // Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., Львів, 4–6 лист. 2015 р. – Львів, 2015. – С. 373–374.
19. Карабин, В. Вплив буріння нафтових свердловин Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину на якість ґрунтових вод / В. Карабин, О. Яронтовський // Ресурси природних вод Карпатського регіону : зб. наук. ст. – Львів, 2003. – С. 22–26.
20. Карабин, В. В. Щодо динаміки забруднення ґрунтових вод Передкарпаття у зоні техногенезу родовищ нафти / В. Карабин [та ін.] // Пр. науков. тов-ва ім. Шевченка. – Т. XIX : Геол. зб. – Львів, 2007. – С. 182–190.
21. Павлюк, М. І. Геохімічні аспекти екологічної безпеки буріння нафтогазових свердловин на Південнобориславській площі Передкарпаття / М. Павлюк, Я. Лазарук, В. Карабин // Геологія та геохімія горючих копалин. – 2016. – № 1–2. – С. 5–16.
22. Камінська, Т. В. Особливості управління водними ресурсами за басейновим принципом / Т. В. Камінська, О. Л. Заброцький // Вісн. НУВГП. – 2007. – № 3 (21). – С. 17–23.
23. Наукові основи басейнового управління природними ресурсами (на прикладі річки Гнила Липа) : монографія / М. М. Приходько [та ін.] ; за ред. М. М. Приходька. – Івано-Франківськ : Галицька друкарня, 2006. – 270 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 20.03.2017

Karabyn V.V. Organic Pollution of the Upper Part of the Western Bug

Variability of organic pollution indexes – biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD) and dissolved oxygen concentration – was analyzed. Water samples were collected in two stations of state monitoring on the upper part of the Western Bug at Kamyanka-Buzka and Dobrotvir. Oxygen concentration in 98,1% of water samples doesn't exceed MPC. BOD exceeds MPC in more than 92 % samples, COD – in more than 92 % samples. Empirical dependence of BOD from dissolved oxygen concentration and BOD5 was defined. Statistically significant correlations between COD and water temperature, BOD5 and water temperature, COD and dissolved oxygen concentration don't exist. Uncontrolled waste disposal, coastal and water body buffer zone regime disturbance, floods make the most negative effect on the ecological state of surface water of the Western Bug.

УДК [582.475:630*243]+632.931

М.В. Левковская

*старший преподаватель каф. ботаники и экологии
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
e-mail: lemarivik@mail.ru*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СОСНЯКОВ МШИСТЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОХОДНЫХ РУБОК

Приведены результаты исследований живого напочвенного покрова чистых и смешанных сосняков мшистых, пройденных проходными рубками различной давности. В коридорах происходит смена подпологовой растительности на растительность открытых местообитаний. Возрастает участие светолюбивых злаков.

Введение

Напочвенный растительный покров является важным компонентом лесного биогеоценоза, которому при типологических исследованиях должно уделяться большое внимание, в частности, при изучении фитоценотической структуры и продуктивности кустарничково-моховой растительности как под пологом, так и на вырубках в различных типах леса [1].

Структурные изменения, происходящие в древостое под воздействием рубок ухода, ведут к изменениям в структуре живого напочвенного покрова, обеспечивая стабильность биокруговорота элементов питания и, таким образом, повышают устойчивость лесного фитоценоза. Сравнительный анализ напочвенной растительности дает возможность выявить закономерности в реакции лесной экосистемы на рубки ухода [2]. Наиболее полно сведения по динамике лесной растительности в этих условиях обобщены в работах Я. Фалиньского [3; 4].

При проведении рубок ухода с выборкой деревьев разреживание полога древостоя и изменение его состава и структуры влечет за собой изменение световых условий под пологом насаждений, что оказывает существенное влияние на динамику растительности травяного и кустарничкового ярусов [5; 6].

Цель работы – исследование видового разнообразия живого напочвенного покрова в сосняках мшистых после проведения проходных рубок на территории Брестского государственного производственного лесохозяйственного объединения (ГПЛХО).

Материалы (объекты) и методы исследования

Объектами исследований служили чистые и смешанные сосняки мшистые (*Pinetum pleuroziosum*) в возрасте проходных рубок, в которых в 2004–2012 гг. были проведены механизированные рубки ухода.

Изучаемые сосновые культуры созданы на различных категориях лесокультурной площади (вырубки, земли бывшего сельхозпользования и т.п.). Для анализа влияния рубок на состояние живого напочвенного покрова в сосняках мшистых в Барановичском, Ивацевичском и Малоритском лесхозах Брестского ГПЛХО в 2012 г. были заложены 4 пробные площади (ПП) размером 0,5 га. Напочвенный покров формируется под влиянием техногенного воздействия различной интенсивности и характеризуется наличием синантропных видов. Исследование лесной растительности осуществлялось на пробных площадях методом учетных площадок (раункиеров) с использованием морфолого-эколого-географического метода [1; 7].

Для получения полной фитоценотической характеристики живого напочвенного покрова фиксировался весь видовой состав. Встречаемость видов устанавливались ме-

тодом Раункиера, проективное покрытие как отдельных видов, так и яруса в целом, обилие в баллах – по шкале обилия по Друде, жизненность видов – по шкале А.Г. Воронова [7–9]. В полевых условиях описаны почвы с выделением почвенных горизонтов, определена твердость гумусового горизонта почв в зоне технологических коридоров и в пасеках.

Результаты и их обсуждение

Видовой состав, встречаемость, проективное покрытие, обилие и жизненность видов в составе напочвенного покрова представлены в таблице. Учет проективного покрытия и видового состава живого напочвенного покрова проводился летом 2012 г.

Пробная площадь 1 (Добромысльское лесничество, Барановичский лесхоз, квартал 104, выдел 4). Почва дерново-подзолистая, песчаная, сосняк мшистый, эдафотоп А₂. Состав древостоя: 10 С + Б, бонитет – I, возраст – 44 года. Средние таксационные показатели древостоя: высота 22,5 м; диаметр 23,1 см.

Проходная рубка была проведена в 2004 г. с интенсивностью 20 %. Лесосечные работы выполнялись с применением на трелевке форвардера Valtra X120.

Под пологом насаждения произрастают *Betula pendula* L., *Quercus robur* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Populus tremula* L. Подрост крупный со средней высотой 1,6 м. Подлесок представлен *Coryllus avellana* L., *Frangula alnus* L., *Juniperus communis* L., одиночными экземплярами *Pyrus communis* L., *Sorbus aucuparia* L., *Viburnum opulus* L. средней высотой 1,6 м, общим проективным покрытием 38 %.

Биологическое разнообразие растительности составляет 18 видов. В напочвенном покрове наблюдается разрастание и расселение следующих видов: *Rubus caesius* L., *Rubus idaeus* L., *Vaccinium myrtillus* L. (встречаемость до 50 %), *Vaccinium vitis-idaea* L. (до 55 %), *Calluna vulgaris* L. (25 %), *Maianthemum bifolium* L. Характерно значительное участие теневыносливых растений лесного фитоценоза: *Convallaria majalis* L. (53 %), *Peucedanum oreoselinum* (L.) Moench (53 %), *Melampyrum sylvaticum* L. (25 %), *Pyrola rotundifolia* L. (21 %), *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton (3 %).

В видовом составе встречаются в небольшом количестве или одиночными экземплярами *Festuca ovina* L., *Hypericum perforatum* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Lathyrus sylvestris* L.

Проективное покрытие мохового покрова составляет около 90 %, фон живого напочвенного покрова определяют зеленые мхи *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. (встречаемость – 90 %, обилие – 6 баллов), встречаются *Dicranum polysetum* Sw., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not. [10–12].

Пробная площадь 2 (Козикское лесничество, Ивацевичский лесхоз, квартал 61, выдел 17). Почва дерново-подзолистая, песчаная, сосняк мшистый, эдафотоп А₂. Состав древостоя: 10 С + Б, бонитет – II, полнота – 0,75, возраст – 55 лет. Средние таксационные показатели древостоя: высота 18,9 м; диаметр 17,7 см.

Проходная рубка проведена в 2005 г. с интенсивностью 10 %.

Жизнеспособный подрост *Betula pendula* L., *Quercus robur* L., *Picea abies* (L.) Karst. относится по высоте к среднему. Подлесок редкий, представлен *Coryllus avellana* L., *Frangula alnus* L., *Juniperus communis* L.

У большинства видов увеличилась встречаемость и повысилось проективное покрытие: *Melampyrum sylvaticum* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L. На открытых местах рубки возросло участие *Poa nemoralis* L.

Проективное покрытие мхами составляет около 80 %, однако полного восстановления мохового покрова не произошло. В его составе доминируют *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. (встречаемость – 75 %, обилие – 4 балла), *Dicranum polysetum* Sw.

Пробная площадь 3 (Добромысльское лесничество, Барановичский лесхоз, квартал 122 выдел 34). Почва дерново-подзолистая, глеевая, песчаная, эдафотоп А₂. Состав древостоя: 10 С, бонитет – I, полнота – 0,7. Возраст – 60 лет. Сосна имеет среднюю высоту 26,5 м, средний диаметр 24,4 см.

Проходная рубка была проведена в 2009 г. с интенсивностью 20 %. Лесосечные работы выполнялись с применением на трелевке форвардера Valtra X120.

Жизнеспособный подрост *Acer platanoides* L., *Betula pendula* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Quercus robur* L. относится по высоте к среднему (0,8 м).

В подлеске (средняя высота 1,3 м, общее проективное покрытие 17 %) встречаются *Corylus avellana* L., *Frangula alnus* L., *Juniperus communis* L., *Sorbus aucuparia* L.

В травяно-кустарничковом ярусе доминирует *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L. (встречаемость – 60 и 63 % соответственно с баллом обилия 5). Развито разнотравье: *Poa nemoralis* L., *Festuca ovina* L., *Peucedanum oreoselinum* L., *Hieracium sylvestre* L.

В составе живого напочвенного покрова встречаются мезофиты: *Convallaria majalis* L., *Geranium sylvaticum* L., *Trientalis europaea* L.

Видовой состав мхово-лишайникового яруса представлен 5 видами мхов, среди которых доминируют *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. (встречаемость – 85 %), *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not. (встречаемость – 85%) с баллом обилия 6, *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. in B.S.G., (встречаемость – 55 %, обилие – 4 балла). Лишайники представлены *Cladonia* sp., *Evernia furfuracea* Ach., *Hypogimnia physodes* Nyl. (встречаемость не превышает 5 %).

Пробная площадь 4 (Пожежинское лесничество, Малоритский лесхоз, квартал 28, выдел 9) заложена в сосняке мшистом. Почва дерново-подзолистая, песчаная, эдафотоп А₂. Состав древостоя: 10 С + Е + Д + Б, бонитет – II, полнота – 0,71, возраст 55 лет. Сосна имеет среднюю высоту 19,4 м, средний диаметр – 17,8 см.

Проходную рубку проводили в июне 2011 г. с интенсивностью проведения рубки 15 %. Транспортировку древесины выполняли погрузочно-транспортной машиной МПТ 461.1, изготовленной на базе МТЗ-82.

Под пологом насаждения произрастают *Betula pendula* L., *Quercus robur* L. со средней высотой 0,54 м.

Подлесок редкий, представлен *Frangula alnus* L., *Juniperus communis* L. (средняя высота 0,5 м, проективное покрытие 2 %).

В травяно-кустарничковом ярусе доминируют виды, характеризующиеся куртинным расположением: *Vaccinium myrtillus* L. (встречаемость – 60 %, балл обилия – 5), *Melampyrum sylvaticum* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. Среди злаков наблюдается разрастание *Festuca polesica* Zapal.

Видовой состав мхово-лишайникового яруса представлен 8 видами мхов, среди которых доминируют *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. in B.S.G., *Dicranum polysetum* Sw., *Leucobrium glaucum* (Hedw.) Aongstr., *Polypodium juniperinum* Hedw. В технологических коридорах через год после рубки отмечено присутствие лишь отдельных мозаичных пятен зеленых мхов.

Сравнительный анализ видового состава живого напочвенного покрова в сосняках мшистых на исследуемых пробных площадях показал, что появились виды растений, которые отсутствовали или находились в угнетенном состоянии.

В ряде работ отмечается, что применение лесозаготовительных механизмов вызывает уплотнение верхнего горизонта почвы и зарастание коридоров травянистой и кустарниковой растительностью [4; 5]. Под воздействием трелевки твердость почвы может возрасти до 17 кг/см². На волоках заметны небольшие колеи, нарушающие структуру растительного покрова.

Таблица. – Общая характеристика живого напочвенного покрова

Пробная площадь	1				2				3				4			
Вид растения	Проективное покрытие, %	Жизненность, балл	Встречаемость, %	Обилие, балл	Проективное покрытие, %	Жизненность, балл	Встречаемость, %	Обилие, балл	Проективное покрытие, %	Жизненность, балл	Встречаемость, %	Обилие, балл	Проективное покрытие, %	Жизненность, балл	Встречаемость, %	Обилие, балл
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Травяно-кустарничковый ярус																
<i>Achillea millefolium</i> L.	–	–	–	–	–	–	–	–	<1	3–4	4	1	–	–	–	–
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth.	2	3	25	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Calluna vulgaris</i> L.	3	3	24	4	–	–	–	–	7	3–4	56	4	–	–	–	–
<i>Chimaphila umbellata</i> (L.) W. Barton	<1	3	3	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Convallaria majalis</i> L.	7	4–5	53	4	–	–	–	–	<1	3	5	1	–	–	–	–
<i>Dryopteris spinulosa</i> Watt.	–	–	–	–	<1	2	5	1	–	–	–	–	<1	2	5	1
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her	–	–	–	–	–	–	–	–	<1	3	5	1	–	–	–	–
<i>Festuca ovina</i> L.	<1	3	5	1	–	–	–	–	<1	3	5	1	–	–	–	–
<i>Festuca polesica</i> Zapal.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	<1	2	5	1
<i>Fragaria vesca</i> L.	<1	3	5	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Geranium sylvaticum</i> L.	–	–	–	–	–	–	–	–	<1	3	3	1	–	–	–	–
<i>Hieracium sylvestre</i> L.	–	–	–	–	–	–	–	–	<1	3	5	1	–	–	–	–
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	1	3–4	3	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Hypericum perforatum</i> L.	1	2–3	3	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.	1,2	3–4	22	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Lathyrus sylvestris</i> L.	<1	3–4	3	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Majanthemum bifolium</i> L.	1	4	5	2	–	–	–	–	<1	2	3	1	–	–	–	–
<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.	3	3–4	23	3	3	4	45	4	–	–	–	–	7	2	45	4
<i>Peucedanum oreoselinum</i> L.	6	3–4	53	4	–	–	–	–	2	2–3	24	3	–	–	–	–
<i>Pilosella officinarum</i> F. Schultz et Sch. Bip.	1	3–4	5	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Poa nemoralis</i> L.	–	–	–	–	2	4	35	3	4	3	28	3	–	–	–	–

Продолжение таблицы

[illegible]

Наши исследования показали, что в первые годы после проведения проходных рубок в коридорах наблюдается развитие и интенсивный рост поросли деревьев и кустарников. В сосняках мшистых, пройденных рубками ухода, возрастает участие светолюбивых трав *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Festuca ovina* L., *Poa nemoralis* L. и других гелиофитов, а также видов, нетребовательных к почвенному плодородию и влажности: *Calluna vulgaris* (L.) Hill., *Hieracium pilosella* L., *Hypericum perforatum* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult. и др., общее проективное покрытие которых колеблется в пределах 1–2 %. Возрастает проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса за счет появления и разрастания молодых растений *Vaccinium myrtillus* L. и *Vaccinium vitis-idaea* L.

Восстановление мохового яруса протекает медленнее и в основном за счет *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

Таким образом, следует отметить, что в сосняках мшистых, несмотря на уплотнение почвы и частичную смену видового состава живого напочвенного покрова, в результате применения механизированных рубок ухода проективное покрытие последнего через 5–8 лет достигает 100 %.

Заключение

Проведение рубок ухода оказывает влияние на видовое разнообразие и сохранность живого напочвенного покрова, фитоценотическая структура которого изменяется в направлении увеличения в образующихся коридорах встречаемости, проективного покрытия и обилия гелиофитов, особенно злаков и разнотравья. При этом чем больше период после рубки, тем больше увеличивается количество светолюбивых растений. В составе подроста доминируют *Betula pendula* L., *Quercus robur* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Populus tremula* L. В целом восстановление проективного покрытия живого напочвенного покрова в сосняках мшистых после механизированных рубок ухода продолжается в течение 5–10 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юркевич, И. Д. О продуктивности живого напочвенного покрова под пологом и на вырубках в некоторых сосновых типах леса / И. Д. Юркевич, Э. П. Ярошевич // Ботаника : исследования. – Минск : Наука и техника, 1971. – Вып. XIII. – С. 50–61.
2. Беляева, Н. В. Закономерности функционирования сосновых и еловых фитоценозов южной тайги на объектах комплексного ухода за лесом : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.03 / Н. В. Беляева. – СПб., 2006. – 20 с.
3. Falinski, J. B. Synanthropization of the plant cover an attempt to define the nature of the process and of the main fields of investigations / J. B. Falinski // Phytocoenosis. – 1991. – Vol. 3. – P. 17–41.
4. Falinski, J. B. Vegetation dynamics in temperate lowland primeval forests. Ecological studies in Bialowieza Forest / J. B. Falinski. – Dordrecht ; Boston ; Lancaster, 1986. – 537 p.
5. Решетников, В. Ф. Влияние механизированных рубок ухода на живой напочвенный покров и возобновительную способность древесно-кустарниковых пород / В. Ф. Решетников, П. В. Колодий // Экологические и социальные проблемы лесного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. БелНИИЛХ. – Гомель, 1991. – С. 48–55.
6. Титаренко, Г. А. Влияние производственных рубок ухода на лесопатологическое состояние дубравного биогеоценоза : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Г. А. Титаренко. – Воронеж, 2003. – 190 л.
7. Федорук, А. Т. Ботаническая география. Полевая практика / А. Т. Федорук. – Минск : БГУ, 1976. – 224 с.

8. Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И. Д. Юркевич. – Минск : Наука и техника, 1980. – 120 с.
9. Сукачев, В. Н. Методические указания к изучению типов леса / В. Н. Сукачев, С. В. Зонн. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1961. – 143 с.
10. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
11. Флора Беларуси. Мохообразные : в 2 т. / под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Тэхналогія. – 2004. – Т. 1 : Andreaeopsida – Bryopsida / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский. – 437 с.
12. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР / Л. В. Гарибова [и др.] ; под общ. ред. М. В. Горленко. – М. : Мысль, 1978. – 365 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 29.06.2017

Levkovskaya M.V. Features of Living Mossy Ground-Cover Formation in Pine Moss Forests under Mechanized Thinning Influence

The results of studies of the living ground cover pure and mixed pine moss, traveled decimation of various limitations. In the corridors there is a change podpologovoy vegetation on the vegetation of open habitats. The increasing participation of light-loving crops.

УДК 636.082:636.03:636.087.7

В.Ю. Лобков¹, А.П. Беоглу², А.И. Фролов³

¹д-р биол. наук, проф., зав. каф. ветеринарно-санитарной экспертизы
Ярославской государственной сельскохозяйственной академии

²канд. биол. наук, доц. каф. ветеринарно-санитарной экспертизы
Ярославской государственной сельскохозяйственной академии

³канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник
Всероссийского научно-исследовательского института использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (Тамбов)
e-mail: beoglu@yarcx.ru

ИЗМЕНЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ И ПРОДУКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ФИТОДОБАВКИ С БИОПЛЕКСАМИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Изучена технология кормления сухостойных и новотельных коров с применением фитодобавки, обогащенной протеинами микроэлементов, которая позволила улучшить воспроизводительные способности коров, качественные и технологические свойства молока, исключить применение дорогостоящих витаминов и антибиотиков в кормлении коров.

Введение

Значимость препаратов адаптогенного свойства существенно возрастает при их применении в переходные периоды формирования и функционального становления органов и систем организма животных. Одним из таких периодов является транзитный, когда у коров происходит изменение трофических процессов, способов переработки пластических веществ и устанавливается генетическая программа на будущее развитие теленка. Следовательно, только постоянное поступление качественных микроэлементов и витаминов как в период сухостоя, так и после отела может обеспечить высокий иммунный статус коров и оптимальное течение метаболических процессов [1]. В этой связи целесообразно использовать в рационах смесь кормовых, дикорастущих лекарственных растений в виде муки и биоплексов микроэлементов, т.е. использовать их в той форме, в которой они находятся в природе – в кормовых и дикорастущих лекарственных культурах.

Поэтому разработка улучшенной технологии полноценного кормления животных в эти ответственные физиологические фазы с использованием в рационах фитокомплекса из витаминных лекарственных кормовых культур и дикорастущих растений с обогащением их биоплексами микроэлементов производства компании Alltech является актуальной, представляет интерес для науки и производства.

Цель исследования – повысить эффективность кормления сухостойных и новотельных коров с применением в рационах нового отечественного фитокомплекса и биоплексов микроэлементов с целью улучшения воспроизводительных функций и увеличения продуктивности животных. Задача исследования – изучить влияние скармливания фитодобавки с биоплексами микроэлементов на воспроизводительную и молочную продуктивность коров.

Материал и методика исследований

Для достижения поставленной цели и выполнения задач исследования в осенне-зимний период 2015–2016 гг. в Федеральном государственном унитарном предприятии Племенной завод «Пригородный» в Тамбовской области был проведен научно-производственный опыт на животных черно-пестрой породы. Были сформированы конт-

рольная и опытная группы в соответствии с требованиями по подбору аналогов, соблюдения условий содержания (таблица 1).

Таблица 1. – Схема опыта

Группа	Условия проведения опыта
Контрольная	Хозяйственный рацион сухостойного (20 дней) и лактационного (20 дней) периодов
Опытная	Хозяйственный рацион + фитодобавка с биоплексами микроэлементов в комбикорме в количестве 20 и 13 г/гол. перед отелом (20 дней) и 30 и 21 г/гол. в период раздоя (20 дней) соответственно

В ходе опыта применялись зоотехнические, физиологические, клинические, биохимические методы исследований.

Среднесуточный удой коров на раздое рассчитывался по результатам контрольных доек с определением в молоке массовой доли жира и белка, кислотности, плотности, сухого вещества по общепринятым методикам. Молоко исследовалось на пригодность для сыроделия (проба на брожение), для пастеризации (проба на термоустойчивость), для получения кисломолочных продуктов (проба на сквашивание), а также на наличие в молоке ингибирующих веществ. Заготовка сырья для фитодобавки осуществлялась в период максимального накопления в растениях биологически активных веществ. Методики частных исследований изложены непосредственно в тексте. Полученный в эксперименте цифровой материал биометрически обработан с использованием критерия Стьюдента, разницу считали достоверной при $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$.

Результаты исследований

Рецепт фитодобавки состоял из 24-х кормовых и дикорастущих лекарственных растений (таблица 2). Основу рациона составляют кормовые травы клевер, люцерна, эспарцет, на долю которых приходится 36% массы рациона.

Таблица 2. – Рецепт фитодобавки

№п/п	Наименование растения	Содержание	
		масса, г	%
1	Тысячелистник	300	3
2	Лебеда	600	6
3	Пижма (соцветия)	400	4
4	Черника (листья)	100	1
5	Донник желтый	300	3
6	Клевер красный луговой	1 100	11
7	Зверобой (цветы)	200	2
8	Крапива двудомная	400	4
9	Кипрей (цветы)	600	6
10	Люцерна синяя	1 700	17
11	Полынь	200	2
12	Цикорий	300	3
13	Ромашка аптечная (соцветия)	400	4
14	Эспарцет	800	8
15	Укроп (семена)	50	0,5
16	Кукурузные рыльца	200	2
17	Облепиха (листья)	300	3
18	Шиповник (плоды)	100	1
19	Смородина (листья)	400	4

Продолжение таблицы 1

20	Малина (листья)	400	4
21	Ива (листья)	300	3
22	Пустырник	300	3
23	Береза (листья)	500	5
24	Туя (листья)	50	0,5
Всего		10 000	100

При составлении рецепта фитодобавки учитывалось их предполагаемое воздействие на организм подопытных животных на основании фармакологических свойств растений, содержания витаминов и микроэлементов. Основными фармакологическими действиями растений фитодобавки являются антимикробные и противовоспалительные. Они обладают также антиоксидантным и иммунопротекторным свойствами. Потребность коров в микроэлементах на период опыта представлена в таблице 2.

Таблица 2. – Потребность коров в микроэлементах, мг/гол

Группы коров	Микроэлементы				
	Медь	Цинк	Марганец	Селен	Кобальт
Коровы сухостойные (планируемый надой 5–6 тыс. кг, СВ 12,5–14,2 кг/гол)	105–135	535–675	535–675	0,2 мг/кг СВ	7,5–9,5
Коровы дойные (среднесуточный удой 20–24 кг, СВ 18,9–20,5 кг/гол)	140–175	905–1125	905–1125	0,2 мг/кг СВ	10,6–13,9

Примечание: Потребность коров в микроэлементах (Cu, Zn, Mn, Co) и сухому веществу (СВ) приведена по [2]. Рекомендуемая норма селена – согласно инструкции по применению Сел-Плекса.

Суточная доза фитодобавки для сухостойных и дойных коров в опыте ориентировочно определена по справочной литературе и научным публикациям и составила 20 г/гол в сутки. Суточная доза смеси биоплексов микроэлементов для коров опытной группы в сухостойный и в период раздоя составила 13,2 г/гол и 21 г/гол соответственно. Кобальт введен в смесь биоплексов для коров опытной группы в виде кобальта углекислого моногидрата (49,55 %) в сухостойный период, а в послеродовой период – по 19,2 мг/гол и 28 мг/гол в сутки соответственно.

В среднесуточных рационах кормления подопытных животных по фазам физиологического состояния содержалось равное количество энергии и питательных веществ, за исключением витаминного и минерального состава. Перед отелом в рационе опытных коров состав минеральной части был больше контрольных: меди – на 126 мг, цинка – на 410 мг, марганца – на 420 мг и селена в 4,7 раза. В последние 20 дней стельности рекомендуется увеличение нормы селена для того, чтобы уменьшить вероятность задержки последа. Содержание витаминов было в пределах норм, но меньше по сравнению с контрольным рационом (в рацион контрольной группы был введен премикс П60-3). У опытных животных в период раздоя микроэлементный состав рациона был больше, чем у контрольных коров. Из анализа кормления коров следует, что их рационы полностью обеспечивали потребность подопытных животных в основных питательных и биологически активных веществах.

Результаты отела подопытных коров показали, что продолжительность отела у животных опытной и контрольной групп практически не различалась и была в пределах 1,7–2,3 часа. Время отделения плаценты у животных обеих групп было в пределах

физиологической нормы. Однако у опытных коров оно было меньше на 15,8 % по сравнению с контролем, что обусловлено низким содержанием минеральных веществ в их рационе в предотельный период, особенно селена, что и явилось предрасполагающим фактором к задержанию отделения последа. Полученные нами данные о сокращении времени отделения плаценты у опытных коров согласуются с результатами работ Н.Ф. Ключниковой, в которых при использовании селена с вытяжкой из растения акантопанаксиса сидячецветкового и муки из корней элеутерококка колючего отделение последа сократилось на 16,4 % [3]. У телят, родившихся от коров опытной группы, живая масса была выше контрольных на 0,9 %. На некоторое увеличение живой массы телят, по всей вероятности, повлияло скармливание опытным животным в заключительной стадии стельности фитодобавки с биоплексами микроэлементов.

Качество молока определяется его химическим составом, физико-химическими показателями, технологическими свойствами, из которых наиболее значимыми являются массовая доля жира и белка, плотность, кислотность. Из таблицы 3 видно, что введение фитодобавки с биоплексами микроэлементов в рацион животных опытной группы положительно повлияло на содержание жира в молоке, которое через 20 суток после отела было на 0,07 % больше, чем у аналогов из контрольной группы. Содержание белка в молоке дойных коров обеих групп соответствовало норме начальной стадии лактации при увеличивающемся удое.

Таблица 3. – Качественные показатели молока

Показатели	Группы	
	контрольная	опытная
Массовая доля жира, %	4,06 ± 0,11	4,13 ± 0,09
Массовая доля белка, %	3,24 ± 0,02	3,17 ± 0,03
Массовая доля сухого вещества, %	8,81 ± 0,02	8,71 ± 0,05
Плотность, кг/м ³	1029,83 ± 0,19	1028,37 ± 0,43
Титруемая кислотность, оТ	18,67 ± 0,36	16,55 ± 0,43*
Мочевина, мг/%	12,87 ± 0,76	15,25 ± 0,004*
Жир/белок	1,25 ± 0,04	1,31 ± 0,04
Мочевина/белок	3,97 ± 0,26	4,81 ± 0,05*

Примечание: * – $p \leq 0,05$

Через 20 дней после отела соотношение жира и белка в молоке коров опытной группы было на уровне 1,31, а у контрольных животных – 1,25. Существенных различий в показателях плотности молока у животных обеих подопытных групп не установлено, однако титруемая кислотность молока у коров опытной группы была достоверно меньше на 2,12 градуса по сравнению с показателями молока от контрольных коров.

Применение фитодобавки с биоплексами микроэлементов в определенной степени повлияло на технологические свойства молока подопытных животных. Так, при пробе на брожение 66 и 34 % молока от коров опытной группы отнесено к 1 и 2 классам соответственно. Этот показатель у молока от животных контрольной группы составил 34 и 66 % соответственно. При пробе на термоустойчивость лучшие результаты получены у молока коров из опытной группы. Все испытуемые образцы отнесены к молоку, пригодному к пастеризации (1–3 группы ГОСТа), т.е. выдерживают спирт 72–80 %-ной концентрации, в то время как у животных контрольной группы только 1/3 образцов выдерживают спирт 72–75 %-ной концентрации. Следовательно, молоко коров опытной группы способно в лучшей степени выдерживать высокие температуры при его стерилизации. При изучении пригодности молока к получению кисломолочных продуктов лучшие показатели получены при исследовании молока от коров опытной группы.

Так, при внесении в пробы молока закваски после выдержки кефирная масса в молоке от коров опытной группы образовалась при меньших значениях кислотности. В молоке коров опытной группы обнаружено наличие ингибирующих веществ (первый и второй классы редуктазной пробы). У коров контрольной группы только один образец молока был отнесен ко второму классу редуктазной пробы на бактериальную обсемененность.

Таким образом, результаты исследуемого молока от подопытных животных свидетельствуют о положительном влиянии фитодобавки и органических форм микроэлементов в кормлении коров на качественные и технологические свойства молока, позволяющие получить высокие сорта молочной продукции (творог, твердые сорта сыров). Полученные данные о положительном влиянии лекарственных кормовых и дикорастущих растений, микроэлементов в хелатной форме на продуктивные, качественные и технологические показатели молока подтверждаются результатами работ других исследователей [4–6].

Заключение

1. Скармливание коровам транзитного периода фитодобавки и органических форм микроэлементов способствовало улучшению их воспроизводительных функций, получению жизнеспособного приплода, увеличению молочной продуктивности на 7,69 % по сравнению с животными контрольной группы.

2. Качественные показатели и технологические свойства молока коров опытной группы, позволяющие получать высшие сорта молочной продукции (творог, твердые сорта сыров), свидетельствовали о положительном влиянии фитодобавки и органических форм микроэлементов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каврус, М. А. Совершенствование микроэлементного питания коров в условиях промышленной технологии содержания : автореф. дис. ... канд. биол. наук / М. А. Каврус. – М., 1988. – 36 с.
2. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А. П. Калашников [и др.]. – М., 2003. – 455 с.
3. Эффективность применения селена в молочном скотоводстве юга дальнего востока / Н. Ф. Ключникова [и др.] // Достижения науки и техники в АПК. – 2010. – Вып. 6. – С. 52–53.
4. Вязенен, Г. Н. Технологические свойства молока коров в переходные периоды содержания / Г. Н. Вязенен // Молоч. промышленность. – 2008. – № 9. – С. 60–62.
5. Лобков, В. Ю. Проблемы использования БАД в рационах сельскохозяйственных животных / В. Ю. Лобков, А. И. Фролов, Д. В. Булгаков. – Ярославль : Ярослав. ГСХА, 2014. – 116 с.
6. Топурия, Л. Препараты для стимулирования, воспроизводства и повышения продуктивности коров / Л. Топурия // Молоч. и мясное скотоводство. – 2004. – № 4. – С. 29–30.

Рукапіс паступіў у редакцію 20.02.2017

Lobkov V.Y., Beoglu A.P., Frolov A.I. The Changes of Reproductive and Productive Parameters of Cows Fed with the Functional Fodder Phytonutrients Withbiopleksof Micronutrients

The technology of feeding the cows at different physiological stage with the application of phytoadditive enriched by proteinates of microelements is studied and allowed to develop the reproductive ability of cows, increase efficiency, improve the qualitative and technological properties of milk and exclude the application of the expensive vitamins and antibiotics.

УДК 581.8: 674.031.16

Н.М. Матусевич¹, М.П. Жигар²¹канд. биол. наук, зав. каф. ботаники и экологии*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*²канд. биол. наук, проф. каф. ботаники и экологии*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*e-mail: botany@brsu.brest.by**АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ НАРУЖНЫХ ЧЕШУЙ
ВЕГЕТАТИВНЫХ ПОЧЕК НЕКОТОРЫХ ВИДОВ КЛЕНА**

Проведено изучение анатомического строения наружных чешуй зимующих вегетативных почек у 3 видов рода *Acer* L., растущих в климатических условиях г. Бреста: *Acer platanoides* L. (клен остролистный), *Acer saccharinum* L. (клен сахарный), *Acer ginnala* Maxim. (клен Гиннала). Выявлены некоторые особенности их структуры, которые обеспечивают адаптации к низким зимним температурам у изученных видов и защищают от вредного влияния резких перепадов температур ранней весной. Это утолщенные наружные стенки клеток эпидермиса, развитая кутикула, более толстая у абаксиальной эпидермы, наличие опушения, особенно густого по краям чешуй, что обеспечивает плотное их сцепление. Под верхней и нижней эпидермой располагается колленхима, а в центральном участке чешуи под абаксиальной эпидермой развита пробка. Далее следует паренхима, в которой располагаются воздухоносные полости. Внутренний участок чешуи состоит из колленхимы и внутренней (адаксиальной) эпидермы.

Введение

Виды клена представляют ценность как декоративные растения. Однако успех их культивирования и интродукции в значительной степени зависит от их зимостойкости и способности приспосабливаться к перенесению низких зимних температур, а также к сухости воздуха.

В решении проблемы зимостойкости растений основная роль отводится физиолого-биохимическим исследованиям, однако нельзя отрицать необходимость изучения анатомических особенностей их строения. Так, очень чувствительна к холоду меристематическая ткань конуса нарастания, поэтому большую роль играют почечные чешуи, предназначенные для защиты зимующих почек, от которых зависит возобновление роста побегов следующей весной.

Почечные чешуи – это видоизмененные листья низовой формации. Как указывает А.Л. Тахтаджян [1], они возникли из обычных вегетативных листьев в результате последственного изменения листа на ранней стадии его морфогенеза, более ранней, чем начало дифференциации на черешок и пластинку. При этом в почечную чешую превращается главным образом основание листа, и часто на вершине чешуи можно заметить рудиментарную пластинку, что наблюдается, в том числе и у кленов. Возникновение почек, защищенных почечными чешуями, имело огромное значение для успешного завоевания суши высшими растениями. Благодаря защищенности меристем в почках, побеги сохранили способность к нарастанию и ветвлению в условиях резких колебаний температуры и влажности во внешней среде.

В связи с этим анатомо-морфологическое изучение почечных чешуй представляет большой интерес для выяснения путей приспособления растений к условиям существования [2; 3].

Материал и методы исследования

Было изучено строение наружных чешуй у вегетативных почек 3 видов рода *Acer* L.: клена остролистного (*Acer platanoides* L.), клена сахарного (*Acer saccharinum* L.),

клена Гиннала (*Acer ginnala* Maxim.). Выполнение работы предусматривало сбор полевого материала, его фиксацию, изготовление постоянных препаратов и их анализ.

Сбор полевого материала проводили в отделе «Агробиология» Центра экологии Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина.

Однолетние стебли с почками собирали с трех особей из нижней части кроны с южной стороны растений в ноябре–декабре, фиксировали их в 96 %-ом спирте и глицерине (1:1). Затем, после десятидневной фиксации, готовили постоянные препараты по общепринятой в анатомии растений методике [4]. Для этого фиксированный материал помещали в воду на 20–30 минут, чтобы спирт из материала диффундировал в растворитель. Из средней части почечной чешуи готовили микрообразцы, которые использовали для получения срезов. Их изготавливали на санном микротоме с замораживающим столиком.

Срезы толщиной 10–30 мкм выполняли в поперечном направлении. Затем их помещали в сафранин на 20 минут, после чего – в нильский синий на 3 минуты. Далее срезы проводили через серию спиртов разных концентраций (50, 70, 96 % и абсолютный спирт). После этого срезы обрабатывали карболксиолом, ксиолом, затем заключали в канадский бальзам.

Анализ исследуемых объектов проводили на световых микроскопах Биолам Р–15, Л–212. Измерения проводили винтовым окулярным микрометром МОВ–1–15, визируемым по объективной линейке.

Результаты исследования

У видов клена боковые почки супротивные. У *Acer platanoides* L. и *Acer saccharinum* L. они яйцевидной формы, с 4–6 чешуями, у *Acer ginnala* Maxim. – почки мелкие, овальные, с 8–10 чешуями. В своем анатомическом строении наружные почечные чешуи включают наружную (абаксиальную) и внутреннюю (адаксиальную) эпидерму, перидерму, колленхиму, паренхиму (мезофилл).

Эпидерма – покровная ткань почечных чешуй. Она состоит из одного слоя клеток, плотно прилегающих друг к другу. Эта ткань сохраняется на поверхности чешуй в течение всей их жизни. При этом наружный (абаксиальный) и внутренний (адаксиальный) эпидермис отличаются друг от друга размерами клеток, степенью развития кутикулы и опушения. Поперечник клеток абаксиального эпидермиса крупнее, их наружные оболочки покрыты слоем кутикулы, который характеризуется большой толщиной и нередко превышает высоту эпидермальных клеток, достигая 5–7 мкм (у клена остролистного), 10–15 мкм (у клена сахарного), 6–7 мкм (у клена Гиннала). На адаксиальной стороне чешуи эпидермальные клетки имеют меньшие размеры, их кутикула значительно тоньше, чем на абаксиальной.

К защитным приспособлениям почек можно отнести также их опушение. Особенно сильно оно развито у клена сахарного. У этого вида кроющие одноклеточные волоски отмечены на адаксиальной поверхности почечных чешуй, они длинные, находятся в большом количестве, преимущественно в краевых участках почечных чешуй, благодаря им края чешуй плотно сцеплены.

Защитную роль почечных покровов усиливает также развивающаяся в наружных чешуях перидерма. Она формируется на абаксиальной стороне чешуи и располагается только в ее среднем участке под эпидермой в виде очень небольшого, из 2–3 слоев, комплекса клеток феллемы, плотно сомкнутых друг с другом. На адаксиальной стороне чешуй пробка не образуется.

Под эпидермой (абаксиальной и адаксиальной) располагается механическая ткань колленхима. Она округлого типа, характеризуется относительно равномерным утолщением клеточных оболочек. Более многослойна колленхима на адаксиальной

стороне чешуи, например, у почечной чешуи клена остролистного она включает здесь до 3–4 слоев клеток, в то время как на абаксиальной стороне она двуслойная, у клена Гиннала в ее составе 4–6 слоев и 1–2 слоя соответственно.

Большую часть почечной чешуи составляет расположенная глубже паренхима (мезофилл). Эта ткань сложена более мелкими клетками, имеющими в поперечном сечении округлую форму и слабо утолщенные оболочки. Особенностью мезофилла является развитие в нем полостей. Их довольно много, в средних участках чешуи они имеют более крупные размеры. Заполнены полости воздухом. Согласно литературным данным, эти воздухоносные полости, в частности, у клена остролистного, имеют схизогенное происхождение [5].

Заключение

Возникновение в процессе эволюции почек, внутри которых располагается верхушечная меристема, защищенная листовыми зачатками и почечными чешуями, сыграло большую роль в успешном завоевании суши высшими растениями. Благодаря защищенности меристем в почках, побеги смогли лучше сохранить способность к нарастанию и ветвлению в условиях воздушно-наземной среды, которые характеризуются резкими колебаниями температуры и влажности [1].

Проведенные исследования показали, что наружные чешуи вегетативных почек у видов рода *Acer* L. обладают довольно высокой степенью защиты от неблагоприятных факторов внешней среды.

Наружный (абаксиальный) эпидермис чешуй покрыт слоем кутикулы, которая достигает, например, у *Acer saccharinum* 10–15 мкм. Кутикула адаксиального эпидермиса чешуй характеризуется меньшей толщиной. Защитную функцию кроме того выполняет развитое на адаксиальной (внутренней) эпидерме опушение из кроющих волосков. Оно особенно густое по краям чешуи у *Acer saccharinum*.

В средних участках почечных чешуй субэпидермально располагается феллема, которая усиливает защитные функции почечных покровов. Она развивается только на абаксиальной стороне чешуи.

Исследования анатомической структуры почечных чешуй у разных видов яблони, проведенные Л.И. Зелинской и Л.И. Лотовой, показали, что сроки заложения феллогена и число слоев образованной им пробки варьирует у разных видов. Наиболее мощная она у зимостойких видов. При этом авторы отмечают, что феллоген на абаксиальной стороне чешуй закладывается раньше и работает активнее, чем на адаксиальной, а у некоторых видов яблонь на адаксиальной стороне чешуи пробка не образуется [2].

В мезофилле чешуй имеются воздухоносные полости. Их развитие многие авторы указывают для почечных чешуй яблони, смородины, ивы, сирени и других растений и отмечают наличие либо одной крупной полости [2], либо многочисленных мелких полостей [3]. Полагают, что развитие на чешуях мощной кутикулы, отсутствие в их эпидерме устьиц, формирование перидермы затрудняют дыхание внутренних живых тканей почки. Поэтому «развитием в мезофилле почечных чешуй системы воздухоносных полостей достигается возможность газообмена» [4].

Другие авторы полагают, что, «вероятно, эти полости представляют не только резервуар воздуха, необходимого для дыхания живых тканей почки зимой, но воздух играет также роль теплоизолирующей прослойки» [2; 5]. Кроме того, в эти полости с наступлением низких температур воздуха происходит отток воды из живых клеток и образование кристаллов льда, что предотвращает гибель протопласта [6].

Изучение анатомического строения чешуй вегетативных почек у трех видов клена, произрастающих в условиях г. Бреста, показало наличие у них целого комплекса структурных приспособлений для защиты конуса нарастания стебля от неблагоприятных факторов внешней среды.

гоприятных факторов внешней среды, в том числе и от низких зимних температур. На основании этих адаптационных признаков изученные виды клена можно отнести к зимостойким.

Некоторые исследователи считают, что почечные чешуи защищают внутренние меристематические части почки от высыхания и неверно считать, что они предохраняют их от низких зимних температур. Экспериментально было показано, что зимой температура внутри почки яблони отличается от наружной не более чем на $\pm 0,5$ °C. Однако ученые признают, что почечные чешуи «смягчают вредное влияние резких перепадов температур, особенно рано весной» [7].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тахтаджян, А. Л. Вопросы эволюционной морфологии растений / А. Л. Тахтаджян. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1954. – 214 с.
2. Зелинская, Л. П. Анатомические особенности вегетативных почек видов рода *Malus* (*Rosaceae*) / Л. П. Зелинская, Л. И. Лотова // Ботан. журн. – 1987. – Т. 72, № 2. – С. 201–208.
3. Кокшеева, И. М. Анатомические особенности почечных чешуй генеративных почек интродуцированных видов рода *Rhododendron* L. на юге Приморского края / И. М. Кокшеева, Н. А. Царенко // Науч. ведомости БелГУ. Сер. Естеств. науки. – 2011. – № 9 (104), вып. 15/1. – С. 192–198.
4. Прозина, М. Н. Ботаническая микротехника / М. Н. Прозина. – М. : Высш. шк., 1960. – 206 с.
5. Ефимова, М. А. Морфолого-анатомические особенности строения почек древесных и кустарниковых пород и приспособление их к перенесению зимних условий / М. А. Ефимова // Учен. зап. Ленингр. пед. ин-та. – 1959. – Т. 178. – С. 99–110.
6. Туманов, И. И. Физиология закаливания и морозостойкости растений / И. И. Туманов. – М. : Наука, 1979. – 352 с.
7. Серебрякова, Т. И. Ботаника с основами фитоценологии. Анатомия и морфология растений : учеб. для вузов / Т. И. Серебрякова [и др.]. – М. : Академкнига, 2007. – 543 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 29.06.2017

Matusevich N.M., Zhigar M.P. Anatomical Structure of External Scales of Vegetative Buds of Some Species of Maple

*The anatomical structure of the outer scales of wintering vegetative buds in 3 species of the genus *Acer* L. growing in the climatic conditions of Brest: *Acer platanoides* L. (maple), *Acer saccharinum* L. (maple sugar), *Acer ginnala* Maxim. (the map of Ginnal). Some features of their structure that provide adaptation to low winter temperatures in the studied species are revealed and protect them from the harmful influence of sharp temperature changes in the early spring. Among them there are thickened outer walls of epidermal cells, developed cuticle, thicker in abaxial epidermis, presence of pubescence, especially dense scales on the edges, which provides tight adhesion of scales. Under the upper and lower epidermis is the collenchyma, and in the central portion of the scales under the abaxial epidermis the plug is developed. Then follows the parenchyma, in which are located airborne cavities. The internal portion of the scales consists of a collenchyma and an inner (adaxial) epidermis.*

УДК 911.2:332.3:504(470.324)

И.В. Окоронко

*преподаватель кафедры ботаники и экологии
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
e-mail: okoronko2007@ya.ru*

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассматриваются результаты исследования по оценке эколого-хозяйственного баланса по административным районам Брестской области и эффективность использования данной территории с целью сохранения целостного природного комплекса. Приводятся расчеты коэффициента естественной защищенности территории административных районов Брестской области. Осуществлена типизация региона по степени напряженности эколого-хозяйственного состояния территории.

Введение

На рубеже XX и XXI вв. назрела острая необходимость в смене парадигмы (теории, модели), коренным образом преобразовывающей характер взаимоотношения общества и природы. Решающим становится переориентирование развития общества с пути экстенсивного использования природных ресурсов на путь создания устойчивой системы природопользования, которая, обеспечивая потребности населения (материальные, духовные и др.), одновременно поддерживала бы естественные средо- и ресурсоформирующие функции природных систем. В основе этого направления должен быть переход от чисто потребительского отношения к природе к идее отношения общества и природы как отношения равенства, соизмеримого по своему потенциалу.

Брестская область – один из динамически развивающихся регионов Беларуси – состоит из 16 районов и включает 3 города областного подчинения (Брест, Барановичи, Пинск). На территории области расположено 18 городов районного подчинения, 8 поселков городского типа, около 2 160 сельских населенных пунктов. Численность населения на 1 января 2017 г. составляла 1 386 351 человек.

В настоящее время в Беларуси, как и в других странах мира, формируется стратегия интенсификации сельского хозяйства, ориентированная на низкозатратность и природоохранность. Нарастание степени хозяйственного использования угодий требует более дифференцированного подхода к использованию земельных ресурсов и адаптации сельскохозяйственного производства к ландшафтным условиям региона.

Теоретические и методические основы исследования

В результате неразумной хозяйственной деятельности на территории некоторых регионов страны произошли глубокие, а в некоторых случаях слабообратимые и необратимые изменения природной среды, имеющие следствием существенное ухудшение здоровья населения и истощение природно-ресурсного потенциала и препятствующие дальнейшему социально-экономическому развитию. Спад производства на других территориях привел к социально-экономическому запустению и застою и постепенному восстановлению природы. Оздоровление экологически неблагополучных районов и возрождение депрессивных территорий с помощью традиционных подходов современного индустриального общества предполагает большие организационные, материальные и финансовые усилия. Они не имеют перспективы на успех. Многие идеи устойчивого развития малоприменимы для нашей страны с так называемой переходной, а на самом деле мобилизационной и чрезвычайной экономикой. Требуются принципиально новые подходы (инновационные процессы), направленные на организацию пост-

индустриального, экологически совместимого и безопасного общества. Одним из таких подходов является концепция эколого-хозяйственного баланса территории, которая устанавливает и поддерживает между природой и хозяйственной деятельностью человека гармоничные отношения [1].

Это предполагает создание новых пространственных форм природопользования – экологических структур устойчивого развития (экополисов, техноэкополисов, эколого-экономических зон и т.п.), где техногенные образования встраиваются в природные системы и образуют устойчивый и сбалансированный симбиоз – геоэкоосоциосистему.

Формирование геоэкоосоциосистем достигается за счет ландшафтного планирования и эколого-хозяйственного устройства территории, позволяющих концептуальные принципы развития регионов перенести в конкретные приоритетные действия: программы и проекты.

Рациональная структура землепользования определяется оптимальным соотношением интенсивно используемых, преобразуемых, охраняемых и природных территорий. Известно, что экологически устойчивой считается структура, если зона интенсивно используемых культурных ландшафтов составляет не более 52–65 % от площади землепользования, зона преобразования – не более 10 %; зона охраняемых консервативных ландшафтов – не менее 20 % и зона резерватов не менее 5 %. Чтобы поддерживать равновесие между продуктивностью агроландшафта и его устойчивостью, необходимо формировать в пределах агроландшафтов оптимальное соотношение полевых, лесных, луговых и др. видов угодий, так как от структуры и соотношения земельных угодий зависит интенсивность круговорота биогенных веществ [2].

Эколого-хозяйственный баланс (ЭХБ) территории – это сбалансированное соотношение различных видов деятельности и интересов различных групп населения на территории с учетом потенциальных и реальных возможностей природы, что обеспечивает устойчивое развитие природы и общества, воспроизводство природных (возобновимых) ресурсов и не вызывает экологических изменений и последствий. Достижение эколого-хозяйственного баланса ведет к гармонии человека с окружающей природной средой. Действительно, эти понятия тесно связаны между собой.

Концепция эколого-хозяйственного баланса территории включает следующие условия (рычаги, механизмы) для перехода страны и ее регионов на сбалансированное и экологически безопасное развитие:

1. Проведение организации, устройства и обустройства территории разного административного уровня на ландшафтно-экологической основе.
2. Сохранение и поддержание естественных и слабоизмененных ландшафтов, выполняющих важные средо- и ресурсоформирующие функции в полном объеме.
3. Рациональное использование и поддержание природного потенциала территории; разумное распределение природно-ресурсной ренты, прежде всего дохода от использования земли и других природных ресурсов.
4. Управление, самоуправление и территориальная справедливость.
5. Достижение приемлемого качества жизни и продукции и поддержание здорового образа жизни.
6. Развитие инновационных процессов в связи с переходом на постиндустриальное развитие.

Методические подходы к анализу эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) и баланса территории разработаны Б.И. Кочуровым, Ю.Г. Ивановым (1991, 2003), впервые апробированы на примере территорий Московской области и Республики Алтай [1].

Анализ структуры землепользования проводился на основе классификационных единиц земельного кадастра (форма статистической отчетности № 22). Исходная база данных формировалась по справочным материалам землеустроительной службы Брест-

ского облисполкома и статистическим материалам Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь.

Для определения степени антропогенной нагрузки (АН) земель вводятся экспертные балльные оценки. Каждый вид земель получает соответствующий балл, после чего земли объединяются в однородные группы от минимальной АН (на землях естественных урочищ и фаций) до максимальной АН (на землях, занятых промышленностью, транспортом) (таблица 1) [1].

Таблица 1. – Классификация земель по степени антропогенной нагрузки (АН)

Степень АН	Балл	Виды и категории земель
Высшая	6	Земли промышленности, транспорта, городов, поселков, инфраструктуры; нарушенные земли
Очень высокая	5	Орошаемые и осушаемые земли
Высокая	4	Пахотные земли; ареалы интенсивных рубок; пастбища и сенокосы, используемые нерационально
Средняя	3	Многолетние насаждения, рекреационные земли
Низкая	2	Сенокосы; леса, используемые ограниченно
Очень низкая	1	Природоохранные и неиспользуемые земли

Дальнейшая оценка предполагает расчет напряженности эколого-хозяйственного состояния территории в виде коэффициента абсолютной экологической напряженности (K_a), определяемого отношением площади земель с высокой АН к площади земель с более низкой АН. Значения коэффициента (K_a) позволяют объективно оценить степень соответствия интенсивности антропогенных воздействий восстановительному потенциалу природных ландшафтов и обосновать необходимость создания в регионе особо охраняемых природных территорий (ООПТ) с требуемой величиной их площади.

Чем ниже значение коэффициента, тем более благоприятно складывается геоэкологическая ситуация в исследуемом районе. В ходе расчета коэффициента относительной экологической напряженности (K_o) учитываются все типы использования земель на рассматриваемой территории и оценивается общая экологическая напряженность в районе. Если значение коэффициента K_o приближается к 1, то наблюдается сбалансированность на территории по степени антропогенной нагрузки и потенциалу устойчивости природы. Низкие значения K_o свидетельствуют о снижении экологической напряженности в эколого-хозяйственном комплексе, а высокие, напротив, – о повышении:

$$K_o = \frac{АН4 + АН5 + АН6}{АН1 + АН2 + АН3}.$$

Разнообразие природного или природно-антропогенного ландшафта, как правило, характеризует его устойчивость к антропогенным воздействиям. Предел такого рода устойчивости определяется наличием достаточных площадей естественных биогеоценозов, природоохранных зон и особо охраняемых природных территорий, составляющих экологический фонд (Рэф) территории. Чем больше его величина, тем выше уровень естественной защищенности (ЕЗ) территории и, соответственно, устойчивости ландшафта. Естественная защищенность территории также зависит от распределения земель по степени антропогенной нагрузки.

Территории, характеризующиеся высокой степенью антропогенной нагрузки, как правило, имеют низкую естественную защищенность. Если принять земли, входящие в экологический фонд с минимальной АН за Р1, то площади земель с условной

оценкой степени АН в 2, 3, 4 балла будут составлять 0,8Р2; 0,6Р3; 0,4Р4 (земли с самым высоким баллом АН в расчет не принимаются). Таким образом, появляется возможность получить суммарную площадь земель со средо- и ресурсостабилизирующими функциями (Рэф) по следующей формуле:

$$P_{эф} = P_1 + 0,8 P_2 + 0,6 P_3 + 0,4 P_4.$$

Если соотнести площадь земель Рэф к общей площади исследуемой территории (Р_о), то получим коэффициент естественной защищенности территории (Кез). Принято, что при Кез < 0,5 территория перегружена хозяйственной деятельностью.

$$K_{ез} = \frac{P_{эф}}{P_0}$$

Рост значений коэффициента Ка свидетельствует о нарастании (превышении) степени АН на территорию, так как площади территорий с высокой АН превышают площади ООПТ во много раз, нарушая при этом эколого-хозяйственный баланс.

Рост значений коэффициента Ко также свидетельствует о превышении АН, однако здесь необходимо учитывать близость этого показателя к 1 как к величине, характеризующей состояние идеальной сбалансированности ЭХБ территории.

Рост значения Кез указывает на рост устойчивости ЭХБ территории за счет увеличения территории экологического фонда, которые и обеспечивают её естественную защищенность, компенсируя величину антропогенной нагрузки.

Общую оценку эколого-хозяйственного баланса можно провести, используя коэффициенты, представленные в таблице 2.

Таблица 2. – Коэффициенты оценки эколого-хозяйственного баланса территории (по Б.И. Кочурову)

Коэффициент	Формула	Используемые данные	Характеристика изменения значений
абсолютной экологической напряженности	$K_a = \frac{АН6}{АН1}$	Площади территорий с высокой антропогенной нагрузкой – АН6; с минимальной (как правило, ООПТ) – АН1	Ка ↑ – рост напряженности
относительной экологической напряженности	$K_0 = \frac{АН4 + АН5 + АН6}{АН1 + АН2 + АН3}$	Площади территорий различных видов пользования земель, характерных для процессов преобразования в данном регионе	Ко → 1 – напряженность ЭХС территории сбалансирована; Ко ↑ – рост напряженности
естественной защищенности территории	$K_{ез} = \frac{P_{эф}}{P_0}$	Площадь земель со средо- и ресурсостабилизирующими функциями (Рэф) = Р1 + 0,8 Р2 + 0,6 Р3 + 0,4 Р4 Р _о – площадь исследуемой территории	Кез ↑ – рост естественной защищенности территории; Кез < 0,5 – критический уровень защищенности территории

На основе балльной классификации земель административных районов Брестской области по степени антропогенной трансформации были рассчитаны коэффициенты, характеризующие эколого-хозяйственное состояние исследуемой территории и построены картограммы распределений значений этих показателей с использованием геоинформационной системы ArcView GIS 3.2.

Результаты исследования и их обсуждение

Общая структура земельного фонда Брестской области представлена в таблице 3.

Таблица 3. – Структура земельного фонда Брестской области

Категория земель	Балл АН	Площадь, тыс. га	Доля, %
Общая площадь земель		3 278,6	100
Природоохранные и неиспользуемые земли	1	233,0	7
Сенокосы; леса, используемые ограниченно	2	1 961,1	60
Многолетние насаждения, рекреационные земли	3	19,5	0,5
Пахотные земли; ареалы интенсивных рубок; пастбища и сенокосы, используемые нерационально	4	512,7	15,5
Орошаемые и осушаемые земли	5	321,7	10
Земли промышленности, транспорта, городов, поселков, инфраструктуры; нарушенные земли	6	230,6	7

Анализ структуры земельного фонда Брестской области показал, что примерно 67 % земель относятся к категории земель с низкой и незначительной антропогенной нагрузкой, а 17 % земель составляют территории, испытывающие высокую и значительную нагрузку.

Брестская область характеризуется высоким показателем площади природоохранных территорий по сравнению с другими административными областями. На территории области расположены Национальный парк «Беловежская пуща», 18 заказников республиканского значения, 29 заказников местного значения, что составляет примерно 14,4 % от общей площади области при среднем показателе по Беларуси 8,7 %. Для сравнения: в 2010 г. площадь ООПТ на территории Брестской области составляла 13,8 %, при этом наблюдается тенденция увеличения площади охраняемых территорий [3; 4].

Применив описанную методику для оценки эколого-хозяйственного баланса Брестской области, получаем следующие данные: $K_a = 0,99$, $K_o = 0,48$, $K_{ez} = 0,62$. Полученное значение коэффициента абсолютной экологической напряженности, близкое к 1, характеризует состояние идеальной сбалансированности эколого-хозяйственного баланса территории.

Значение коэффициента относительной экологической напряженности также свидетельствует об устойчивости территории к антропогенным воздействиям. Показатель коэффициента естественной защищенности территории превышает 0,5, что также свидетельствует о высоком природно-экологическом потенциале.

Региональные различия коэффициента K_a для территории административных районов Брестской области представлены на рисунке 1.

Значение коэффициента $K_a > 5$ свидетельствует о достаточно напряженной ситуации на данной территории со значительным преобладанием в структуре земельного фонда удельного веса земель высокой антропогенной преобразованности.

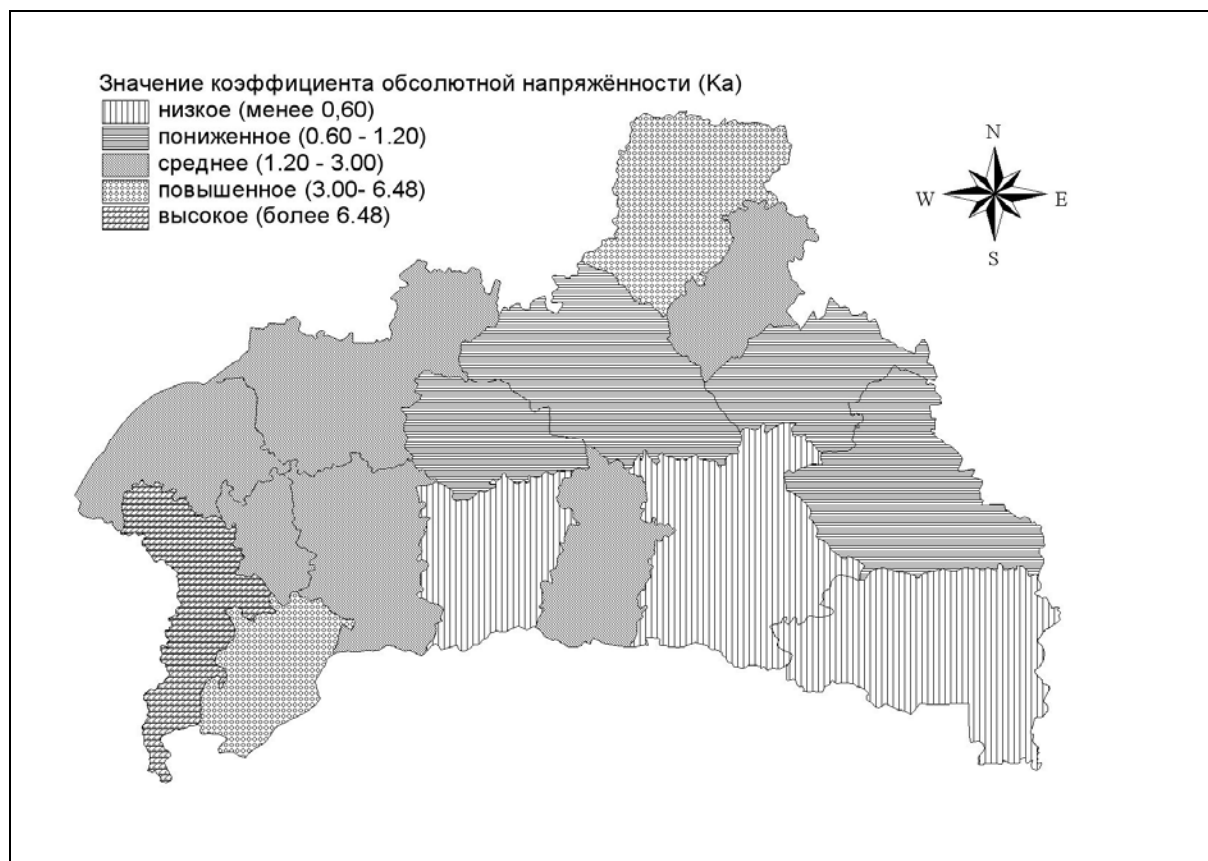


Рисунок 1. – Напряженность эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) территории административных районов Брестской области по коэффициенту K_a

Самыми «напряженными» являются Брестский ($K_a = 9,8$), Малоритский ($K_a = 6,4$) и Барановичский ($K_a = 5,4$) районы. Так, в Брестском районе площадь земель с высокой антропогенной нагрузкой составляет 18 834 га, а площадь земель, относящихся к категории низкой антропогенной нагрузки, всего лишь 1 923 га, в Малоритском районе соответственно 7 798 га (АН 6) и 1 204 га (АН 1). Следовательно, для данных районов рекомендовано увеличить площадь земель экологического фонда, которые обеспечат естественную защищенность территории, компенсируя величину антропогенной нагрузки. Среднее значение K_a свойственно большинству районов Брестской области, что свидетельствует об относительно невысокой антропогенной нагрузке.

Самыми низкими показателями по коэффициенту абсолютной напряженности характеризуются Дрогичинский ($K_a = 0,6$), Пинский ($K_a = 0,5$) и Столинский ($K_a = 0,2$) районы. Данные районы претерпели значительные антропогенные воздействия в процессе мелиорации. Однако в результате анализа структуры земельных угодий видно, что значительная часть территории в данных административных районах занята природоохранными и неиспользуемыми землями. Так, например в Столинском районе 66064 га приходится на земли ООПТ и неиспользуемые земли, а это свыше 20 % площади района. В то же время площадь земель, испытывающих максимальную антропогенную нагрузку, составляет 14 987 га, или 4 % территории района.

Высокое значение коэффициента абсолютной напряженности характерно для урбанизированных территорий. Так, для г. Бреста он равен 38,8, для г. Барановичи – 37,3, для г. Пинска – 3,6. В связи с тем, что в последнее время на территории Брестской области, как и в целом в Республике Беларусь, наблюдается активное развитие процессов урбанизации. Согласно материалам переписи населения в 1959 г. в г. Бресте проживали

73 557 человек, в Барановичах – 58 064 человек, в Пинске – 41 548 человек. В настоящее время в г. Бресте проживают 343 985 человек, в Барановичах – 179 439 человек, а в Пинске – 138 202 человек.

Для снижения антропогенной нагрузки урбанизированных территорий необходимо проводить мероприятия по созданию рекреационных буферных зон, которые выполняли бы функцию экологического барьера. Так, в настоящее время в Бресте ведется активное строительство многоквартирных домов в Юго-Западном микрорайоне. Многолетняя зеленая растительность уничтожается, а в местах новостроек молодые деревья высаживаются лишь точечно.

Аналогично был рассчитан коэффициент относительной экологической напряженности K_o (рисунок 2).

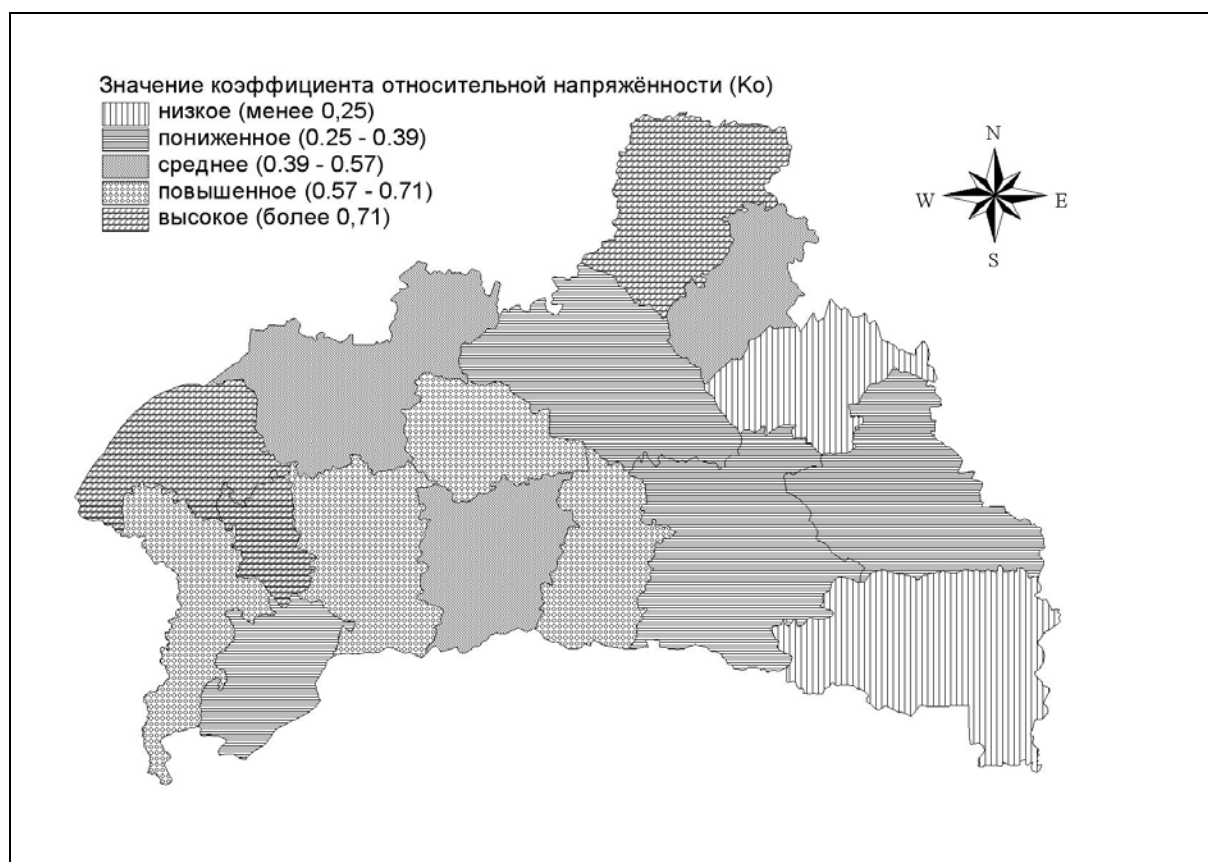


Рисунок 2. – Напряженность эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) территории административных районов Брестской области по коэффициенту K_o

Практически во всех административных районах Брестской области величина данного значения не превышает 1, что свидетельствует об эколого-хозяйственной сбалансированности территории. Только лишь для Жабинковского района данная величина равняется 1,1, что характеризует высокую устойчивость ландшафтов и природно-экологического потенциала.

На урбанизированных территориях значение коэффициента значительно превышает 1 (г. Барановичи – 3,5; г. Пинск – 2,9; г. Брест – 2,2). Это связано с тем, что на территории городов сконцентрирована значительная часть промышленной инфраструктуры, жилой застройки, в связи с чем наблюдается высокая степень антропогенной трансформации.

Для административных районов Брестской области коэффициент естественной защищенности варьирует от 0,49 (Жабинковский р-н) до 0,71 (Столинский р-н). Для урбанизированных территории данная величина не превышает 0,3 (г. Барановичи – 0,26; г. Брест – 0,28; г. Пинск – 0,31). Значение коэффициента ниже 0,35 свидетельствует о низкой (критической) защищенности территории, а более 0,50 – высоком природно-экологическом потенциале и существенной устойчивости к антропогенным воздействиям. Региональные различия степени естественной защищенности территории представлены на рисунке 3.

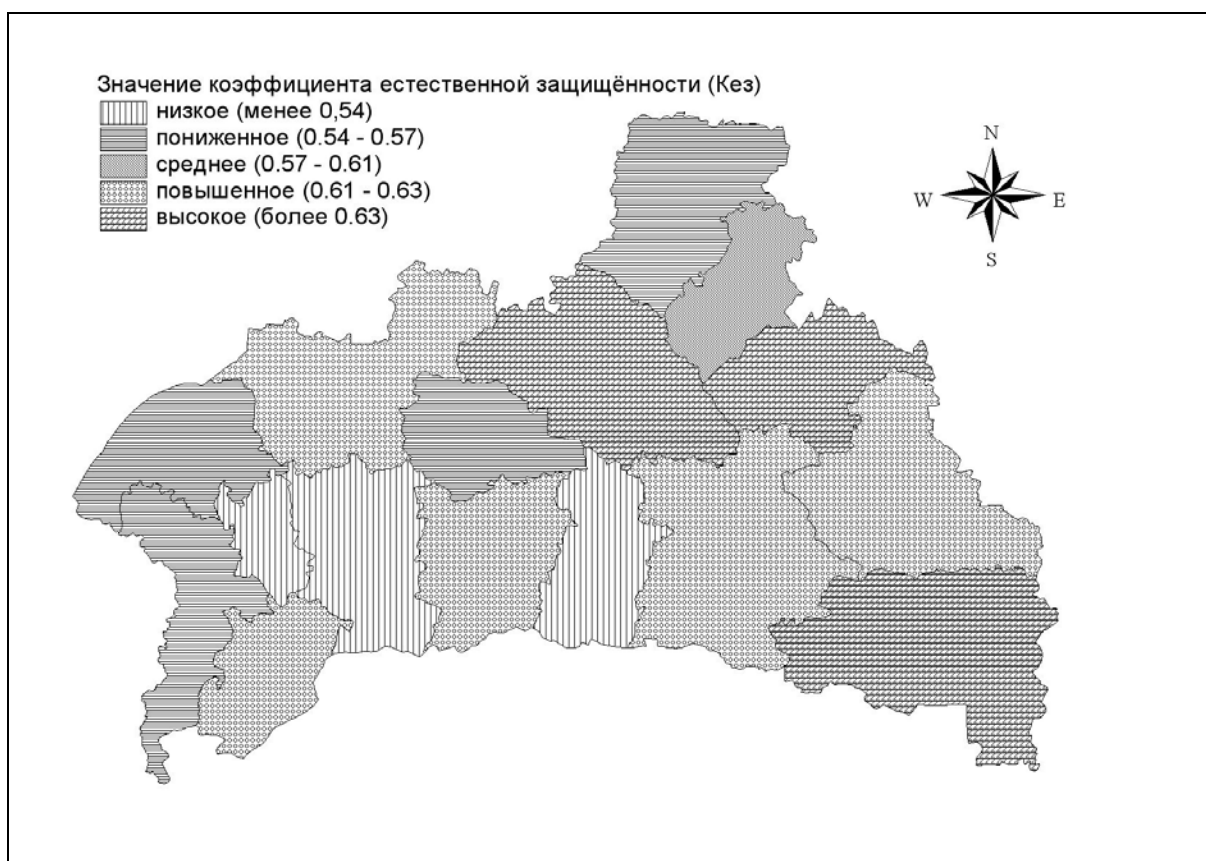


Рисунок 3. – Комплексная оценка уровня естественной защищенности территории административных районов Брестской области

Заключение

Таким образом, проанализировав показатели эколого-хозяйственного баланса, можно проследить четкую закономерность: с увеличением показателя коэффициентов абсолютной и относительной напряженности наблюдается снижение показателя естественной защищенности территории.

В целом для административных районов Брестской области характерен относительно высокий показатель естественной защищенности территории и высокий показатель по ее эколого-хозяйственной сбалансированности. Выявленные закономерности в дальнейшем могут быть использованы в планировании территории области и землеустройстве.

Для органов различного уровня управления практическая значимость исследования выражается в рекомендациях по интенсивности использования земель; выбору оптимального направления дальнейшего развития, ориентированного на сбалансированное экологически безопасное землепользование и устойчивое развитие территории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочуров, Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б. И. Кочуров. – М. ; Смоленск : Маджента, 2003. – 384 с.
2. Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы / под ред. В. А. Николаева. – М. : Изд-во МГУ, 1992. – 120 с.
3. Брестская область в цифрах. – Брест : Глав. стат. упр. Брест. обл., 2017. – 88 с.
4. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь. – Минск : Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь, 2017. – 57 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 11.09.2017

Okoronko I.V. Assessment of the Ecological and Economic Balance of the Administrative Districts of the Brest Region

The article examines the results of a study on the assessment of the ecological and economic balance in the context of the administrative districts of the Brest region and the effectiveness of using this territory in order to preserve the integral natural complex. The calculation of the natural protection coefficient of the territory of the administrative districts of the Brest region and the typification of the region according to the degree of tension of the ecological and economic state of the territory are presented.

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. Пушкина³преподаватель каф. анатомии, физиологии и безопасности человека
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкинаe-mail: medicine@brsu.brest.by**АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ И СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ПОСТУРАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

Представлены результаты сравнительного анализа измерения артериального давления по скорости распространения пульсовой волны и традиционным методом по Короткову. Обнаружено, что при постуральных воздействиях величины систолического артериального давления, измеренные по скорости распространения пульсовой волны, достоверно отличаются от значений, зафиксированных по методу Короткова.

Введение

Импедансометрическое измерение артериального давления (АД) по скорости распространения пульсовой волны позволяет оценивать его в режиме с каждым ударом пульса, устраняя один из основных недостатков неинвазивного измерения АД – дискретность. Связь скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) с уровнем давления в кровеносном сосуде была теоретически обоснована и подтверждена экспериментально [1; 2]. В свою очередь, СРПВ зависит от физических свойств стенки кровеносных сосудов, вязкости крови и других факторов.

Упругие свойства стенки сосуда обеспечиваются волокнами трех типов: эластическими, коллагеновыми и гладкомышечными. Увеличение жесткости стенок кровеносного сосуда при растяжении связано с различиями в структуре входящих в их состав волокон коллагена и эластина. При малых растяжениях сосуда большая часть волокон коллагена расслаблена и не расположена по прямой линии, и все напряжение при этом создается волокнами эластина. При увеличении объема крови в сосуде и его растяжении волокна коллагена выпрямляются, все в большей степени противодействуя вазодилатации. Поскольку волокна коллагена более жесткие, чем волокна эластина, то вся стенка становится более жесткой [3].

Анализ имеющихся публикаций [4–6] свидетельствует о сложном характере зависимости между АД и СРПВ. Однако многие авторы сходятся во мнении, что в диапазоне значений нормотонического артериального давления у здоровых испытуемых поддерживается линейный характер связи СРПВ и АД, отличаясь лишь крутизной [7; 8]. Кроме того, у 80 % испытуемых линейная зависимость АД и СРПВ сохраняется и в более высоком диапазоне значений АД. Лишь в 18,5 % случаев возникают варианты изменения зависимости, различающиеся от индивидуума к индивидууму [7].

Одним из факторов, нарушающих линейную зависимость между СРПВ и АД, вероятно, является изменение положения тела человека в пространстве, т.е. постуральные воздействия. Это подтверждают работы по изучению связи СРПВ и АД методом локального ортостаза [7; 9]. У нескольких сотен человек была изучена связь СРПВ и АД методом локального ортостаза. Получены различные типы связи. Так, при горизонтальном положении руки (на уровне сердца) регистрировались кривые при давлении, исключающем влияние ортостаза. Пассивное поднятие руки вверх уменьшало диастоличе-

ское давление на величину гидростатического давления (примерно на 20–30 мм рт. ст.). Опускание руки вниз увеличивало диастолическое давление на эту же величину. Показана нелинейность зависимости СРПВ от АД, что является препятствием для использования СРПВ в оценке АД.

В связи с вышеизложенным задачей настоящего исследования явилось сравнительное изучение изменений систолического артериального давления (САД), определяемого импедансометрическим методом по СРПВ, механическим тонометром по Короткову и электронным тонометром при пассивном переводе тела испытуемого из горизонтального в антиортостатическое положение (АОП) и в ортостатическое положение (ОП).

Объект и методика исследований

Измерение САД у девушек-студенток производилось на основании СРПВ с помощью неинвазивной биоимпедансной технологии «Кентавр» (фирма «Микролюкс», г. Челябинск) по А.А. Астахову [10], а также механическим тонометром по Короткову и электронным тонометром. Обследуемую группу составили 20 девушек в возрасте 19–22 лет без значимой хронической патологии. Электроды накладывались на спину, грудь, плечевые и бедренные отделы конечностей, на голень и большой палец правой ноги обследуемой. К крышке поворотного стола девушка фиксировалась неподвижно (пристегивалась ремнями) с целью предотвращения смещений электродов при изменении положения ее тела в пространстве. Электрическое сопротивление, или импеданс, тканей между электродами измерялось с помощью реографа Р4-02. С четырех каналов реографа сигналы поступали в монитор кровенаполнения «Кентавр-1», где с каждым ударом пульса автоматически определялось САД.

Измерения САД проводились у девушек: 1) в горизонтальном положении в течение 5 мин; 2) после перевода ее с помощью поворотного стола в антиортостатическое положение, т.е. головой вниз, под углом 30° к горизонту в течение 1,5 мин; 3) после пассивного перевода ее с помощью поворотного стола в вертикальное положение в течение 5 мин; 4) после возвращения ее в горизонтальное положение, т.е. в период восстановления, в течение 5 мин. Импедансометрически САД по СРПВ измерялось с каждым ударом пульса, а с помощью тонометров – на 3-й и 5-й минутах нахождения в горизонтальном положении, в ОП и в период восстановления, а также после 20 с (на 21–80-й секунде) нахождения в АОП. Измерение артериального давления механическим тонометром занимало в среднем 40 с, электронным тонометром – 60 с. Для статистического анализа полученных результатов был использован соответствующий пакет программы Microsoft Office Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Было установлено, что у девушек в горизонтальном положении величина САД достоверно не различалась при разных способах измерения. Определенная импедансометрическим способом по СРПВ средняя САД равнялась $110,8 \pm 0,67$ мм рт. ст., а измеренная тонометрами находилась в диапазоне 109,7–110,3 мм рт. ст. (таблица, серия 1).

На рисунке 1 представлены в виде графика у одной из обследуемых студенток импедансометрические изменения САД с каждым ударом пульса за 3-ю и 5-ю минуты нахождения ее в горизонтальном положении. Также на графике отмечен период, в течение которого осуществлялось одновременное измерение артериального давления тонометром, и указана измеренная тонометром величина давления. Оказалось, что среднее значение САД, определенное по СРПВ, за 3-ю минуту составило $111,6 \pm 0,64$ мм рт. ст. Измеренное на этой же минуте электронным тонометром артериальное давление равнялось 111/76 мм рт. ст. Величина САД, найденная по СРПВ, за 5-ю минуту равнялась

$111,3 \pm 0,59$ мм рт. ст. Артериальное давление, измеренное механическим тонометром на этой же минуте, составило 110/71 мм рт. ст. (рисунок 1).

Таблица. – Значения САД, определенные разными методами, при постуральных воздействиях

№ серии	Серия экспериментов	Измерение по СРПВ	Механический тонометр		Электронный тонометр	
			3-я минута	5-я минута	3-я минута	5-я минута
1	Горизонтальное положение	$110,8 \pm 0,67$	$109,9 \pm 0,71$	$110,2 \pm 0,62$	$110,3 \pm 0,72$	$109,7 \pm 0,69$
2	АОП под $< 30^\circ$	$50,3 \pm 0,93^*$	$111,7 \pm 0,9$ (на 21–80-й секунде)		$110,9 \pm 0,84$ (на 21–80-й секунде)	
3	ОП под $< 90^\circ$	$139,2 \pm 1,19^*$	$118,2 \pm 0,79^*$	$115,4 \pm 0,97$	$118,7 \pm 0,81^*$	$114,5 \pm 0,93$
4	Восстановление в горизонтальном положении	$113,2 \pm 0,72$	$110,9 \pm 0,87$	$110,7 \pm 0,79$	$111,1 \pm 0,87$	$110,9 \pm 0,82$

Примечание: измерение по СРПВ осуществлялось за весь период нахождения девушек в соответствующем положении, т.е. за 5 минут нахождения в горизонтальном положении, 5 минут в ОП, 5 минут в восстановительном периоде и 1,5 минут в АОП; * – достоверные изменения по отношению к горизонтальному положению.

Совершенно другие результаты обнаружились при регистрации систолического давления во время нахождения студенток в АОП. Величины САД, измеренные механическим и электронным тонометром, практически не различались между собой и достоверно не отличались по сравнению с таковыми в горизонтальном положении. В то же время САД, определенное импедансометрическим способом по СРПВ, было значительно (в 2,2 раза) ниже, чем измеренное тонометром (таблица, серия 2).

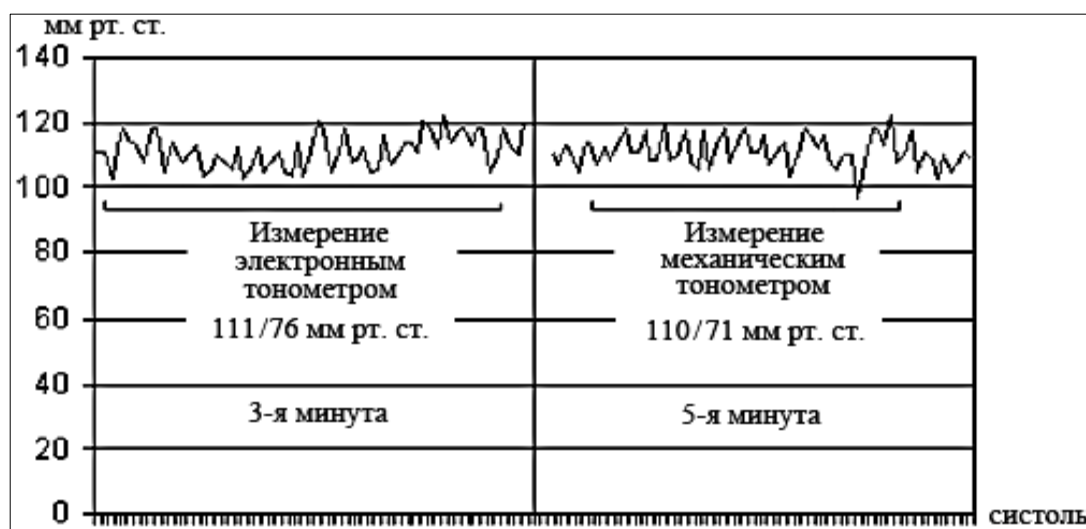


Рисунок 1. – Артериальное давление на 3-й и 5-й минутах нахождения девушки в горизонтальном положении

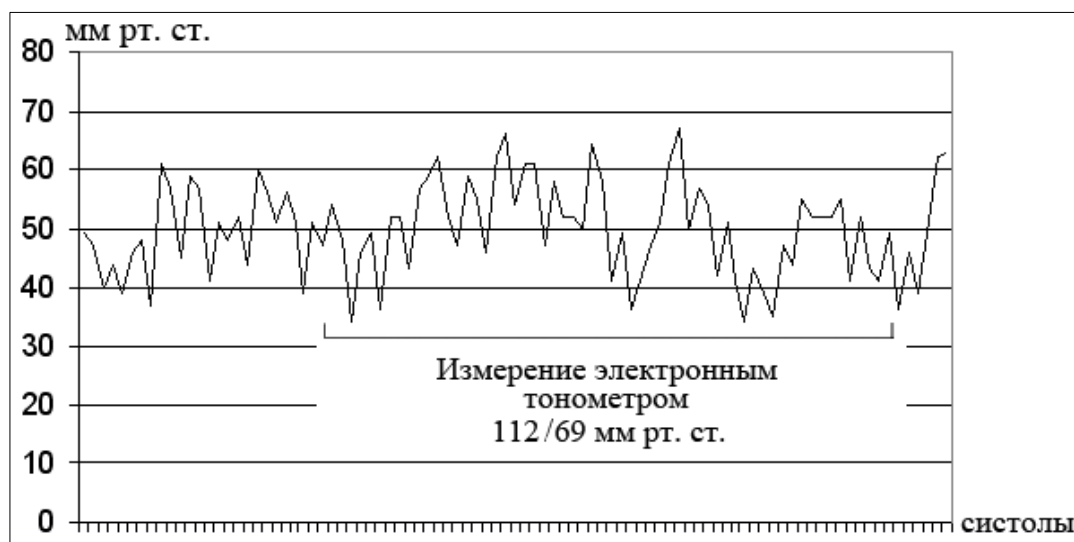


Рисунок 2. – Артериальное давление во время нахождения девушки в антиортостатическом положении вниз головой под $< 30^\circ$ к горизонту

Запись у одной из девушек САД на основании СРПВ и период, во время которого оно определялось тонометром, представлены на рисунке 2. Было установлено, что среднее значение САД, рассчитанное монитором «Кентавр» на основании СРПВ, равнялось у студентки за время нахождения ее в АОП $49,8 \pm 0,99$ мм рт. ст. Артериальное давление, измеренное электронным тонометром после 20 с нахождения девушки в антиортостазе, составило 112/69 мм рт. ст. При повторном после 5-минутного восстановления в горизонтальном положении пассивном переводе испытуемой в АОП среднее значение САД, определенное по СРПВ, оказалось равным $53,3 \pm 0,86$ мм рт. ст., а измеренное механическим тонометром – 110/72 мм рт. ст.

После 10-минутного восстановления в горизонтальном положении девушек пассивно переводили с помощью поворотного стола в вертикальное положение. Нахождение девушек в ОП под $< 90^\circ$ вызывало повышение АД, значения которого, рассчитанные импедансометрическим методом по СРПВ, достоверно отличались от измеренных электронным и механическим тонометрами (таблица, серия 3). Так, рассчитанное по СРПВ среднее САД при нахождении девушек в ортостазе возрастало на 24,7 %. Измеренное же механическим и электронным тонометром САД было выше на 3-й минуте ОП, чем в горизонтальном положении соответственно на 7,5 и 7,6 %. На 5-й минуте нахождения девушек в ОП значения АД, определенные с помощью механического и электронного тонометров, достоверно не отличались от фоновых показателей, которые регистрировались в горизонтальном положении до постуральных воздействий.

На рисунке 3 представлен график импедансометрических изменений САД у одной из студенток, рассчитанный по СРПВ за 3-ю и 5-ю минуты нахождения в ортостазе, а также периоды измерения артериального давления электронным и механическим тонометрами. Оказалось, что у данной студентки среднее САД при каждом сокращении сердца, рассчитанное по СРПВ, за 3-ю минуту равнялось $141,1 \pm 1,29$ мм рт. ст., а за 5-ю минуту – $142,2 \pm 0,87$ мм рт. ст. Это больше, чем у нее же в горизонтальном положении соответственно на 26,4 и 28,1 %.

При измерении тонометром на 3-й минуте нахождения в ОП артериальное давление оказалось равным 118/82 мм рт. ст. При этом САД достоверно увеличилось по сравнению с горизонтальным положением на 6,3 %. На 5-й минуте нахождения девушки в вертикальном положении измеренное тонометром кровяное давление равня-

лось 116/79 мм рт. ст. Различия между значениями САД на 5-й минуте ОП и в горизонтальном положении были недостоверными.



Рисунок 3. – Артериальное давление во время нахождения девушки в ортостатическом положении под $< 90^\circ$ к горизонту

После выполнения 5-минутной ортостатической пробы девушки переводились в горизонтальное положение, в котором происходило восстановление. Измеренное в этот период САД импедансометрическим методом по СРПВ, механическим и электронным тонометрами достоверно не различались между собой, как и не отличались от фонового уровня артериального давления, наблюдавшегося в горизонтальном положении до постуральных воздействий (таблица, серия 4). На рисунке 4 показана запись у одной из студенток изменений АД с каждым ударом пульса, рассчитанная по СРПВ и измеренная электронным и механическим тонометром на 3-й и 5-й минутах восстановления.

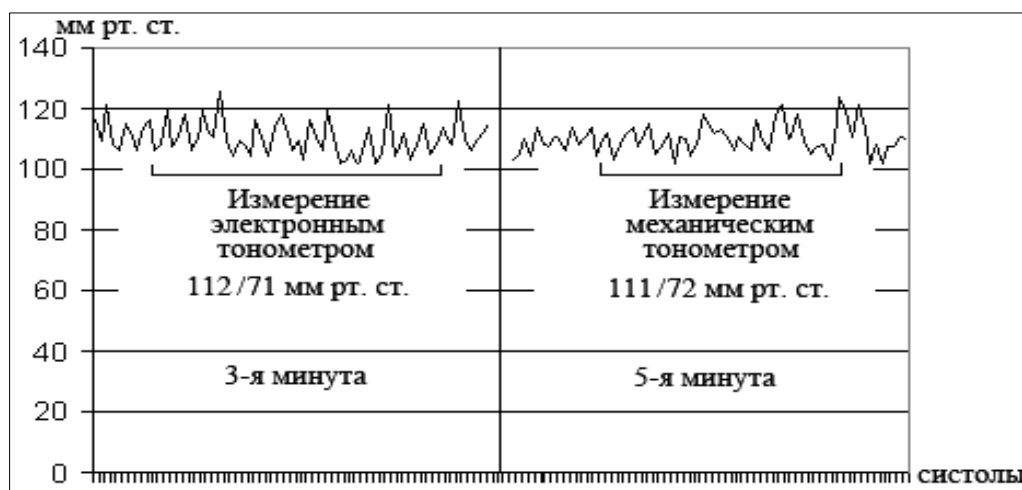


Рисунок 4. – Артериальное давление на 3-й и 5-й минутах восстановления девушки в горизонтальном положении

У данной студентки среднее значение САД, измеренное по СРПВ, за 3-ю минуту восстановления составило $110,4 \pm 0,68$ мм рт. ст., а за 5-ю минуту – $109,9 \pm 0,61$ мм рт. ст. Эти значения достоверно не отличались от величин артериального давления, измеренного на 3-й минуте восстановления электронным тонометром (112/71 мм рт. ст.) и на 5-й минуте – механическим тонометром (111/72 мм рт. ст.).

Заклучение

Изменение положения тела человека в пространстве приводит к гравитационному перемещению крови в кровеносном русле [11], что, по-видимому, влияет на упругость стенки кровеносных сосудов. Полученные нами результаты показывают, что при горизонтальном положении тела человека величина систолического артериального давления, измеренная по скорости распространения пульсовой волны, фактически не отличается от значений, определенных тонометром по методу Короткова. Это позволяет регистрировать САД с каждым ударом пульса импедансометрически по СРПВ в горизонтальном положении обследуемого человека. Однако при постуральных воздействиях, когда человек находится под углом к линии горизонта, линейная зависимость между СРПВ и АД нарушается. Поэтому величины САД, измеренные по СРПВ, значительно отличаются от таковых, полученных традиционными методами. Причиной этому, скорее всего, является изменение скорости распространения пульсовой волны при изменении положения тела человека в пространстве, отличающегося от горизонтального. Наши результаты согласуются с данными литературы [7; 9], свидетельствующими о нелинейности зависимости СРПВ от АД при локальном ортостазе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pulse transit time as an indicator arterial blood pressure / L. A. Geddes [et al.] // *Psychophysiology*. – 1981. – Vol. 18, № 1. – P. 49–54.
2. Маркман, В. Г. Анализ взаимосвязи СРПВ с изменениями артериального давления у человека при функциональных нагрузках / В. Г. Маркман, Е. Л. Королева // *Физиология человека*. – 1987. – Т. 13, № 2. – С. 28–34.
3. Каро, К. Механика кровообращения / К. Каро [и др.]. – М. : Мир, 1981. – 624 с.
4. Березина, А. М. Клиническое значение оценки вариабельности скорости распространения пульсовой волны у больных артериальной гипертонией : автореф. дис. ... канд. мед. наук / А. М. Березина ; Иван. гос. ун-т. – Иваново, 2007. – 22 с.
5. Назарова, О. А. Клиническое значение оценки эластических свойств сосудов / О. А. Назарова [и др.] // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. – 2005. – Т. 4, № 4. – С. 230.
6. Недогода, С. В. Изменение скорости распространения пульсовой волны при артериальной гипертензии / С. В. Недогода [и др.] // *Юж.-Рос. мед. журн.* – 2002. – № 3. – С. 56–58.
7. Поморова, Ю. Г. Вариации связи скорости распространения пульсовой волны и артериального давления / Ю. Г. Поморова, А. А. Кондыков, В. Д. Киселев // *Изв. Алтайс. гос. ун-та*. – 1999. – Вып. 4. – С. 153–157.
8. Андриященко, П. Л. К выбору метода измерения артериального давления в мониторинговых комплексах / П. Л. Андриященко [и др.] // *Мед. техника*. – 1995. – № 4. – С. 26–29.
9. Филатова, О. В. Взаимодействие давления и потока в эндотелий-зависимой регуляции диаметра артериальных сосудов : автореф. дис. ... канд. биол. наук / О. В. Филатова ; Барнауль. гос. ун-т. – Барнаул, 1993. – 18 с.
10. Астахов, А. А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр») : в 2 т. / А. А. Астахов. – Челябинск, 1996. – Т. 1, 2.
11. Осадчий, Л. И. Положение тела и регуляция кровообращения / Л. И. Осадчий. – Л. : Наука, 1982. – 382 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 06.07.2017

Savaneuski M.K., Khomich H.E., Savaneuskaya A.N. Arterial Pressure and Pulse Transit Speed by Postural Tests

The article deals with comparative analysis of methods of arterial pressure evaluation using pulse transit speed vs. traditional Korotkoff procedure. Conducted research shows significant difference between the value of arterial pressure evaluated by pulse transit speed and the value received utilizing Korotkoff method.

УДК 68.35.53. 68.33.29

Е.А. Санелина¹, Ю.Ф. Рой²¹преподаватель каф. ботаники и экологии*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*²канд. биол. наук, доц. каф. ботаники и экологии*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*e-mail: botany@brsu.brest.by

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОЙ В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА ПОЧВАХ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

Представлено научное обоснование ресурсосберегающего, экономически обоснованного и экологически безопасного режима орошения, адаптированного на легких супесчаных почвах юго-западной части Беларуси, обеспечивающее эффективное использование ресурсов и повышение урожайности малины ремонтантной. Проведена качественная оценка урожайности ягод малины в зависимости от уровня поддержания предполивного порога влажности активного слоя почвы (0–50 см) 60, 70, 80 % от наименьшей влагоемкости, а также установлена связь суммарного потребления и затрат оросительной воды посадками малины ремонтантной в зависимости от режимов орошения. Установлено влияние различных режимов полива на качество ягод малины ремонтантной (одномерность, массу, вкус и биохимический состав). Показана экономическая эффективность возделывания малины ремонтантной в условиях капельного орошения малины сорта Херитейдж.

Введение

В последнее время из ягодных культур все большее распространение получают ремонтантные сорта малины. Достоинствами ремонтантного типа малины являются способность к плодоношению в год посадки, устойчивость к заморозкам, возобновление цветения и плодоношения после кратковременного понижения температуры воздуха без потери качества плодов. Выращивание ее в дополнение к сортам обычного типа (неремонтантного) позволяет продлить период потребления свежих ягод на 1,5–2 месяца [1; 2]. В связи с этим увеличивается эффективность использования сельскохозяйственных площадей.

Малина исторически произрастала в условиях достаточного увлажнения, которые не способствовали развитию высокой устойчивости ее к неблагоприятным условиям среды. Подземная часть малины представлена корневищем, плавно переходящим в систему придаточных корней, которые располагаются в поверхностном 0–50 см слое почвы [3]. В Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь малина ремонтантная была внесена только в 2006 г. Таким образом, изучение, интродукция и районирование новых ремонтантных сортов малины с целью их дальнейшего внедрения в производство являются важными и актуальными [4].

Брестская область – регион с наибольшим периодом вегетации в Республике Беларусь, что улучшает эффективность возделывания малины ремонтантной. Из общей площади дерново-подзолистых земель Брестской области дерново-подзолистые рыхлосупесчаные и песчаные почвы занимают около 75 %. С агропроизводственной стороны такие почвы могут быть охарактеризованы как почвы с неблагоприятным водным режимом и низким содержанием питательных веществ для растений. Небольшая влагоемкость и большая водопроницаемость этих почв обуславливает быстрое просачивание атмосферных осадков на большую глубину, которые затем становятся недоступными для растений. Ягодные плантации на таких почвах в период вегетации обычно испытывают недостаток влаги, особенно в сухие годы. Потенциальное плодородие дерново-подзолистых рыхлосупесчаных и песчаных почв невысокое. В связи с этим дальнейшая интенсификация сельскохозяйственного производства возможна при регулирова-

нии водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя почвы, что можно достичь с помощью орошения.

Целью работы является повышение урожайности малины ремонтантной на основе экономически обоснованного и экологически безопасного режима орошения, адаптированного к условиям юго-западной части Беларуси.

Материалы и методика исследований

Юго-западная часть Беларуси представлена новой агроклиматической областью [6], для которой характерны более высокие температуры лета и зимы, годовая сумма температур выше 10 °С. Весна и лето наступают на несколько недель раньше, чем на севере и в центре Беларуси, что обеспечивает, с одной стороны, более раннее созревание и сбор ягод, а с другой – более интенсивное испарение влаги в почве. Согласно рекомендациям ученых, для обеспечения оптимального роста и развития ягодных культур необходимо выпадение осадков в диапазоне 500–650 мм, в то время как в юго-западной части Беларуси за последние годы осадков выпадает менее 400 мм [6]. Поэтому получение высоких и устойчивых урожаев ягодных культур невозможно без проведения поливов.

Весной 2016 г. наблюдались значительные колебания суточных температур воздуха. Весна наступила раньше среднемноголетних значений. За апрель средняя температура воздуха составила 9,72 °С (превышение нормы на 14,32 %). Так, в мае температура воздуха превысила норму на 11,66, в июне – на 11,45, в июле – на 4,62, в августе – на 7,21, в сентябре – на 161,06 % по отношению к среднемноголетним данным по указанным месяцам. В результате рассмотрения данных по количеству осадков за период вегетации 2016 г. установлено, что в весенние месяцы данный показатель значительно превышал значения среднемноголетних данных (апрель – 108, май – 42 %). Июнь и июль характеризовались низким количеством осадков: произошло снижение данного показателя в среднем по месяцам на 49,7 %. Наиболее засушливым месяцем оказался июнь и сентябрь, когда количество осадков было ниже среднемноголетних данных на 35,3 и 45,2 % соответственно.

Экспериментальные опыты по изучению сортов малины ремонтантной в условиях капельного орошения проводились в 2016 г. на дерново-подзолистой глееватой связносупесчаной, подстилаемой с глубины 0,8 м рыхлым песком в фермерском хозяйстве «Беркли», расположенном в Брестском районе. В период полного плодоношения планируется изучение сорта Херитейдж (контрольный вариант), включенного в Государственный реестр сортов Республики Беларусь, в опытных вариантах – сортов польской селекции Полька и Поляна четвертого года жизни.

Для проведения полевых наблюдений были учтены основные положения методик полевого опыта [7; 8], полевого опыта в условиях орошения. Оценка запасов продуктивной влаги проводилась по параметрам, предложенным А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной [9]. Качество ягод изучалось по следующим методикам: содержание золы – ГОСТ 25555.4-91, содержание сухого вещества и влаги – ГОСТ 28561-90. Содержание тяжелых металлов определялось в соответствии с методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных и продукции растениеводства.

Результаты исследований и их обсуждение

Полная влагоемкость в горизонте A_n (0–24 см) составила 34,53 %. В горизонте A_2B_1 (24–42 см) полная влагоемкость составила 34,21 %. Как известно, не вся находящаяся в почве вода доступна растениям. Поэтому практически важно из общих запасов воды выделить воду, которую могут использовать растения. Для этого нужно знать наименьшую влагоемкость почвы, которая составила в горизонте A_n 26,39 %, а в горизонте A_2B_1 – 23,18 %. В пахотном горизонте мощностью 24 см запас полезной влаги со-

ставил 96,41 мм, а в слое почвы мощностью 50 см – 205,20 мм, что указывает на очень хороший запас влаги для роста и развития растений. Кроме водообеспеченности для нормальной жизнедеятельности растений почва должна быть хорошо аэрируемой. Кислород непрерывно расходуется на дыхание микроорганизмов и корней растений (на окислительные процессы). Такие условия создаются в почве при содержании воздуха в корнеобитаемом слое 15–20 % от объема. В весенний период проведены первоочередные анализы почвы на водно-физические свойства (таблица 1).

Таблица 1. – Водно-физические свойства почвы на опытном стационаре в начале вегетации

Мощность горизонта, см	Удельный вес, г/см ³	Объемный вес, г/см ³	Влажность завядания	Гигроско- пическая	Полная вла- гоемкость	Пористость	Содер- жание воздуха *	Послойный запас полезной влаги (ЗПВ)	Влажность, % *	Наименьшая влагоемкость, %
			в весовых, %			в объемных, %				
Ап 0–24	2,60	1,37	4,12	2,88	34,53	47,31	17,60	96,43	29,45	26,39
A ₂ B ₁ 24–42	2,65	1,39	4,06	2,84	34,21	47,55	16,80	172,12	30,68	23,18
B ₂ 42–50	2,65	1,47	3,66	2,56	30,29	44,53	15,90	205,20	28,43	21,12

Примечание: * – на начало вегетации

На исследуемом участке капельное увлажнение малины ремонтантной проводилось с помощью капельной оросительной системы различных фирм производителей «Lowara», «Irriga», «Lukomet» и др. Система оснащена увлажнителями, расположенными по длине трубопровода на расстоянии 0,7 м и обеспечивающими подачу 2,2 л воды в час. Наблюдение за влажностью почвы на глубине залегания корневой системы (50 см) проводили в лабораторных условиях термостатно-весовым методом. Однако, несмотря на точность показаний, данный способ достаточно трудоемкий. Для оперативного получения данных по относительной влажности почвы на ягодных плантациях использовали влагомер «МГ-44». В его состав входят: датчик, устройство обработки данных и индикации, сигнальный кабель. Прибор мобилен и прост в использовании, но сначала необходимо его калибровать. Влажность слоя почвы глубиной в 0,5 м в контурах увлажнения поддерживалась в пределах 60, 70, 80 % НВ. Схема опытов предусматривала изучение влияния поливного режима при поддержании в течение вегетации влажности активного слоя почвы не ниже принятых предполивных порогов на изменение развития и выхода урожая ягод малины. Объем водоподдачи на любой участок увлажнителя, обслуживаемый одной капельницей, рассчитывался согласно модификации известной формулы А.Н. Костякова [10]. В условиях Брестской области с учетом предполивной влажности, глубины промачивания и гранулометрического состава почвы, норма полива малины ремонтантной может составлять 19–42 м³/га (таблица 2).

Таблица 2. – Продолжительность поливов на глубину 50 см в зависимости от режимов орошения и гранулометрического состава почвы

Варианты опыта, % НВ	Поливная норма на одну капельницу, л	Продолжительность полива, час	Поливная норма, м ³ /га
60	8,75	3,97	42
70	6,25	2,84	30
80	4,00	1,81	19

Биологическая продуктивность малины ремонтантной сформировалась на относительно высоком уровне для четвертого года жизни благодаря капельному поливу (таблица 3).

Таблица 3. – Урожайность малины ремонтантной за весь период сбора (2015–2016 гг.)

Предполивной порог, % НВ	Сорт малины ремонтантной	Продуктивность в пересчете на 1 га	
		т	± к контр.
Контроль	Херитейдж	5,91	–
	Полька	6,24	–
	Поляна	6,51	–
60	Херитейдж	7,03	+1,12
	Полька	7,36	+1,12
	Поляна	7,53	+1,02
70	Херитейдж	8,57	+2,66
	Полька	8,82	+2,58
	Поляна	9,13	+2,62
80	Херитейдж	9,80	+3,89
	Полька	10,06	+3,82
	Поляна	10,88	+4,37

Проведенные исследования показывают, что на формирование урожайности малины ремонтантной существенно влияют нормы полива растений. При повышении предполивного порога с 60 до 70 % НВ урожайность ягод малины ремонтантной сортов Херитейдж в среднем увеличилась с 7,03 до 8,57 т/га, Полька – с 7,36 до 8,82 т/га, Поляна – с 7,53 до 9,13 т/га. Увеличение норм полива и поддержание относительной влажности почвы не ниже 80 % НВ способствовало повышению урожайности сортов Херитейдж с 7,03 до 9,80 т/га, Полька – с 7,36 до 10,06 т/га, Поляна – с 7,53 до 10,88 т/га относительно исследуемого варианта поддержания влаги в почве 60 % НВ. Таким образом, выбор необходимого сочетания управляемых факторов роста и развития малины ремонтантной за счет водного режима почвы позволяет при соблюдении заданных уровней влажности активного слоя почвы 60, 70, 80 % НВ получить определенный расчетный уровень урожайности ягод малины ремонтантной. Величина и одномерность ягод, являясь слагающими элементами урожайности, в то же время входит в число основных показателей, определяющих качество продукции: крупные, одномерные ягоды более привлекательны в свежем и замороженном виде.

Нами были произведены измерения элементов (длина, ширина и вес) урожайности ягод малины ремонтантной по вариантам опыта (таблица 4).

Таблица 4. – Средние значения основных элементов продуктивности за период сбора на примере сорта Херитейдж

Вариант опыта	Размер ягоды, см		Средний вес одной ягоды	
	длина	ширина	г	± к контр.
Контроль	1,60	1,50	1,30	–
60 % НВ	1,80	1,70	1,72	+0,42
70 % НВ	2,30	1,80	1,96	+0,66
80 % НВ	2,90	2,0	2,60	+1,30

Средний вес одной ягоды малины ремонтантной за период вегетации при увеличении относительной влажности почвы с 60 до 80 % НВ в среднем увеличился с 1,3 до 2,60 г. Водный режим почвы с уровнем влажности активного слоя почвы 80 % НВ в сравнении с вариантом 70 % НВ способствовал повышению среднего веса одной ягоды с 1,96 до 2,60 г (рисунок 1).

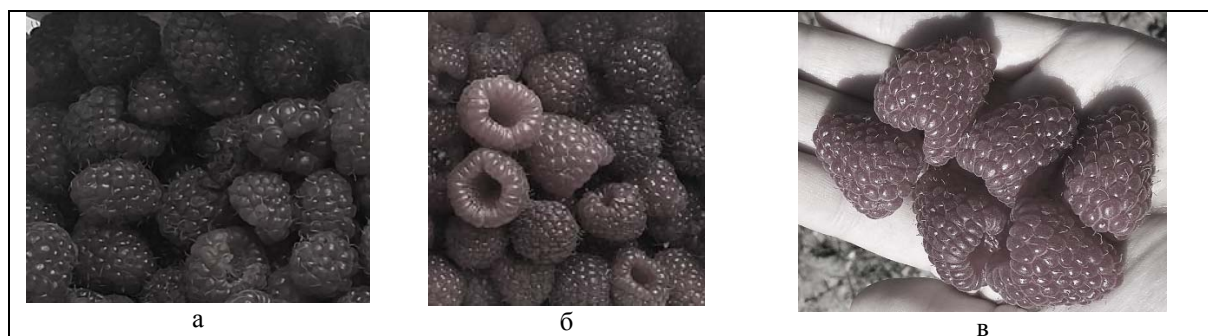


Рисунок 1. – Ягоды малины ремонтантной сорта Херитейдз при поддержании влажности почвы на уровнях: а) – 60 % НВ, б) – 70 % НВ, в) – 80 % НВ

На содержание питательных веществ в ягодах малины ремонтантной влияют почвенно-климатические и погодные условия, сортовые особенности, условия выращивания и некоторые другие. К наиболее действенным факторам, способствующим повышению качества урожая малины, относят орошение и удобрения. В течение всего периода вегетации поддерживалась относительная влажность активного слоя почвы в пределах 60, 70 и 80 % от наименьшей влагоемкости во все фазы роста и развития растений малины ремонтантной. Как показали результаты наших исследований, малина ремонтантная обладает качественным биохимическим составом и регулируемый в опыте фактор оказывал незначительное влияние.

В вариантах с предполивной влажностью почвы 60 % НВ содержание сахаров в ягодах составляло 10,5 %, дальнейшее повышение нижнего порога влажности активного слоя почвы до 70 и 80 % НВ не способствовало уменьшению содержания сахаров. Поддержание предполивного порога на уровне 80 % НВ имело незначительную тенденцию в повышении влаги в ягодах и уменьшении содержания сухого вещества (таблица 5).

Таблица 5. – Усредненные данные содержания сухого вещества, влажности, сахаров в ягодах малины ремонтантной за весь период сбора на примере сорта Херитейдз (2015–2016 гг.)

Предполивной порог, % НВ	Влажность ягод, %	Гигровлажность ягод, %	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %
Контроль	84,40	8,89	13,90	10,5
60	85,60	9,00	14,40	10,5
70	87,00	10,33	13,00	10,4
80	88,10	11,00	11,90	10,3

Данные по содержанию макро- и микроэлементов в ягодах малины приведены в таблице 6.

Из представленных материалов следует, что режимы капельного орошения не оказывали существенного влияния на содержание элементов в ягодах малины ремонтантной. Содержание кадмия, цинка и меди в ягодах малины было значительно ниже санитарных норм по содержанию тяжелых металлов (мг/кг).

Расчет экономической эффективности является одним из важнейших показателей при выращивании сельскохозяйственных культур.

Таблица 6. – Содержание макро- и микроэлементов в ягодах малины ремонтантной в зависимости от режимов орошения, мг/кг

Пред- полив- ной порог, % НВ	Сорт	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Mn	Fe	Cr
Контроль	Херитедж	–	0,006	3,609	0,848	0,311	2,074	5,731	0,057
	Полька	–	0,010	2,404	0,667	0,408	1,963	5,588	0,085
	Поляна	0,018	0,015	2,230	0,742	0,354	1,789	5,471	0,079
60	Херитедж	0,023	–	2,380	0,610	0,330	1,382	5,82	0,070
	Полька	0,026	0,009	2,451	0,740	0,315	1,458	5,63	0,083
	Поляна	0,031	0,011	2,398	0,765	0,289	1,439	5,98	0,079
70	Херитедж	0,022	0,012	3,160	0,710	0,230	1,349	6,11	0,070
	Полька	0,021	–	2,980	0,664	0,30	–	–	–
	Поляна	0,019	–	2,860	0,612	0,290	–	–	–
80	Херитедж	0,023	–	2,320	0,690	0,240	1,112	5,64	0,069
	Полька	0,019	0,019	2,311	0,640	0,215	1,235	5,43	0,079
	Поляна	0,020	0,011	2,345	0,665	0,239	1,241	5,38	0,068
Санитарные нормы содержания тяжелых металлов		0,4	0,2	10,0	5,0	–	–	–	–

Наибольший чистый доход и самая высокая рентабельность малины ремонтантной (239,22 %) получена при поддержании относительной влажности почвы 80 % НВ. Этот показатель на 52,77 и на 29,51 % больше вариантов при 60 и 70 % НВ соответственно и выше на 80,22 % контрольного варианта (без полива) (таблица 7).

Таблица 7. – Экономическая эффективность капельного орошения малины ремонтантной сорта Херитедж

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, долл./га	Всего затрат, долл./га	Чистый доход, долл./га		Рента- бельность, %
				всего	± к контр.	
Контроль	5,91	13,375	5,165	8,210	–	158,94
60 % НВ	7,03	22,200	7,750	14,450	+6,240	186,45
70 % НВ	8,57	27,063	8,738	18,325	+10,115	209,71
80 % НВ	9,80	30,947	9,123	21,824	+13,614	239,22

Заключение

1. Установлено, что на дерново-подзолистой глееватой связносупесчаной почве при орошении малины ремонтантной необходимо для расчета нормы полива учитывать наименьшую влагоемкость в пахотном слое 26,39 % в подпахотном слое (0–50 см) – 21,12 % (97–99 % от наименьшей влагоемкости), что исключало необходимость полива в марте и апреле в условиях Брестской области 2016 г. Мониторинг влажности почвы на опытном участке показывал, что для создания влажности в пределах предложенных вариантов (60, 70, 80 % НВ) необходимо производить поливы по показаниям водно-физических свойств почвы. При выпадении атмосферных осадков более 10 мм очередные поливы переносились на более поздние сроки.

2. При эксплуатации капельной оросительной системы для определения нормы полива необходимо учитывать средний фактический расход увлажнителя, расстояние между увлажнителями и глубину активного слоя (с учетом вида растения и механического состава). В наших исследованиях при эксплуатации капельной оросительной системы в фермерском хозяйстве «Беркли» на дерново-подзолистой глееватой супесчаной почве установлены следующие показатели: средний фактический расход увлажнителя

2,2 л/ч, расстояние между увлажнителями 0,7 м; ширина полосы увлажнения 0,5 м; глубина активного слоя при возделывании малины ремонтантной принята равной 0,5 м.

3. Наиболее благоприятные условия для формирования урожайности малины ремонтантной создаются при поддержании относительной влажности почвы 80 % от наименьшей влагоемкости. Это способствовало повышению урожайности сортов Херитейдж с 7,03 до 9,80 т/га, Полька – с 7,36 до 10,06 т/га, Поляна – с 7,53 до 10,88 т/га относительно исследуемого варианта поддержания влаги в почве 60 % НВ.

4. Улучшение водного режима почвы наряду с повышением урожайности оказывало положительное влияние на изменение химического состава ягод малины ремонтантной при сохранении присущей сорту видовой характеристики.

5. Экономический эффект от применения режимов орошения малины ремонтантной составил 21,824 долл./га при уровне рентабельности 239,22 %, что на 13,614 долл./га и на 80,28% выше контрольного варианта (без полива) и на 29,51, 52,77% рентабельность больше вариантов 60, 70% НВ соответственно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков, И. В. Малина ремонтантная – новая ягодная культура в России / И. В. Казаков, С. Н. Евдокименко, В. Л. Кулагина. – М., 2007. – 288 с.
2. Ярославцев, Е. И. Малина / Е. И. Ярославцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – 207 с.
3. Методические рекомендации агрономам и бригадирам колхозов и совхозов по технологии выращивания ягодных культур / Гомагропром УССР, Науч.-производст. плодopитомн. об-ние. – Артемoвск, 1986. – 39 с.
4. Легкая, Л. В. Характеристика районированных и перспективных сортов малины ремонтантной в центральной зоне плодoводства Республики Беларусь / Л. В. Легкая // Теория и практика современного ягодоводства: от сорта до продукта : материалы Междунар. науч. конф., аг. Самохвалoвичи, 16–18 июля 2014 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т плодoводства ; редкол.: В. А. Самусь [и др.]. – Самохвалoвичи : [б. и.], 2014. – С. 63–67.
5. Федорец, А. А. Надежность систем капельного орошения / А. А. Федорец // Гидротехника и мелиорация. – 1981. – № 10. – С. 42–43.
6. Мельник, В. И. Изменение климата и меры адаптации сельского хозяйства к этим изменениям в Республике Беларусь / В. И. Мельник // Органическое сельское хозяйство Беларуси: перспективы развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ; сост. Н. И. Поречина. – Минск, 2012. – С. 57–60.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., 1986. – 416 с.
8. Найдин, П. Г. Полевой метод / П. Г. Найдин. – М. : Колос, 1968. – 276 с.
9. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М., 1986. – 416 с.
10. Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М. : Сельхозгиз, 1960. – 662 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 06.07.2017

Sanelina E.A., Roy Yu.F. Raspberry Remontant Repair in Conditions Of Dross Irrigation on Southwest Soils of Belarus

The article presents the scientific substantiation of resource-saving, economically viable and ecologically safe irrigation regimes adapted to light sandy soils of the South-Western part of Belarus which ensure efficient resources using and raspberries productivity increasing. Qualitative assessment of the raspberries yield depending on maintaining the pre-irrigation moisture threshold level of active soil layer (0-50 cm) 60, 70, 80 % of the smallest moisture capacity is made, and also the relations between the total consumption and costs of water irrigation by planting remontant raspberries depending on the irrigation regimes. Installed different irrigation regimes effects on raspberry remontant berries quality (one-dimensionality, mass, flavor and biochemical composition) is provided. The economic efficiency of raspberries remontant cultivation in drip irrigation conditions of raspberries sort Heritage is shown.

УДК 574:504.064:477.25

Е.Г. Тюлькова¹, Л.П. Авдашкова²¹канд. биол. наук, доц. каф. товароведения*Белорусского торгово-экономического университета потребительской кооперации*²канд. физ.-мат. наук, доц. каф. информационно-вычислительных систем*Белорусского торгово-экономического университета потребительской кооперации*e-mail: tut-3@mail.ru

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАСТИТЕЛЬНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ г. ГОМЕЛЯ)

*Представлены результаты исследований адаптивного потенциала древесных растений к техногенному влиянию с учетом морфометрических параметров листовой пластинки. Установлено, что морфометрический механизм адаптации листовых пластинок достоверно отличался снижением длины и ширины листа в техногенных зонах по сравнению с контрольной группой образцов в 1,1 – 1,7 раза. Реализация адаптивного потенциала параметров листа березы повислой *Betula pendula* в техногенной зоне находилась в пределах 14,4% – 94,9%; клена остролистного *Acer platanoides* – 16,3% – 85,4%; тополя белого *Populus alba* – 3,0% – 74,3%. В селитебных зонах величина адаптивного потенциала морфометрии листа березы повислой *Betula pendula* варьировала в пределах 37,6% – 68,9%; листа клена остролистного *Acer platanoides* – 71,2% – 77,8%; тополя белого *Populus alba* – 8,2% – 25,6%. На основании исследования морфометрии листьев сформирован следующий ряд снижения величины реализации адаптивного потенциала исследуемых древесных растений в техногенных условиях и селитебных зонах: клен остролистный *Acer platanoides* > береза повислая *Betula pendula* > тополь белый *Populus alba*.*

Введение

Экологическая ситуация в Республике Беларусь за последние годы в целом является благополучной [1]. Однако в городах Гомельской области наблюдается тенденция увеличения общего объема выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников с 252,5 тыс. т в 2010 г. до 311,1 тыс. т в 2015 г. и объема выбросов на квадратный километр территории с 2 052 кг до 2 467 кг при снижении выбросов от мобильных источников (3 193 кг в 2010 г. и 2 626 кг в 2015 г.). Возросло количество диоксида серы в выбросах с 18,9 тыс. т до 21,8 тыс. т за период 2010–2015 гг. Это, с одной стороны, может иметь негативные последствия для развития городских древесных растений (появление пятнистости листьев, омертвевших участков на них, преждевременное пожелтение листьев, замедление роста, сильное опущение), а с другой – повышает актуальность исследования их функциональной поливариантности, формирующей адаптивный потенциал как основы выживания и успешного развития под влиянием негативных факторов городской среды [2].

В настоящее время специфика отношений в системе «древесные растения – город» предусматривает разнонаправленные изменения размерных характеристик листовых пластинок древесных растений в условиях влияния выбросов промышленных предприятий по сравнению с фоновыми условиями [3–5]; ксерофитизацию, упрощение флористического и фитоценотического разнообразия, утрату ресурсной ценности растений [6]. Кроме того, техногенное влияние промышленных предприятий может привести к повышенному концентрированию тех или иных техногенных элементов и увеличению зольности листового аппарата древесных растений в промышленной зоне по сравнению с селитебной, рекреационной и транспортной зоной [7–11], хотя это не всегда обнаруживается [11]. При этом изучению механизмов адаптации растений к техногенному влиянию уделяется недостаточное внимание. Поэтому целью работы явилось исследование адаптивного потенциала отдельных древесных растений, произрастающих на территории различных функциональных зон г. Гомеля.

Материал и методы исследований

Для исследования механизма реализации адаптивного потенциала древесных растений был выбран такой критерий, как морфометрия листовой пластинки, так как размерные характеристики листового аппарата актуальны для прогнозирования изменения фитоценозов под влиянием техногенных элементов. В качестве объектов для определения морфометрических параметров и зольности были выбраны листья ряда видов местных древесных растений: береза повислая *Betula pendula*, тополь белый *Populus alba*, клен остролистный *Acer platanoides*. Пробы листьев отбирали на территориях промышленных предприятий г. Гомеля, которые являются узловыми точками в западной промышленной зоне города. Эта зона была выбрана потому, что она отличается наибольшим объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по сравнению с северной и южной промышленными зонами. Основной вклад в загрязнение атмосферы города здесь вносят ОАО «Гомельский химический завод», ТЭЦ-2, ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит», ОАО «Гомельский домостроительный комбинат, западная котельная, ОАО «Гомельский радиозавод», ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей имени П.К. Пономаренко».

Селитебная зона города в данных исследованиях представлена территорией многоэтажной и индивидуальной застройки. При этом зона многоэтажной застройки прилегала к западной промышленной зоне, а индивидуальной – к северной, которая характеризуется минимальным объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по сравнению с западной и южной промышленными зонами.

Фоновыми условиями явилась парковая зона. Отбор листьев проводили в течение вегетационного периода (июль–август 2016 г.) с отдельно стоящих деревьев (не менее 3–5 в каждой точке) приблизительно одного возраста с высоты 1,5 м. С каждого опытного дерева срывали по 20–25 неповрежденных максимально развитых листьев, у которых определяли длину, ширину листовой пластинки и величину стандартного отклонения для данных параметров. Математическую обработку цифрового материала выполняли в Excel. Адаптивный потенциал (%) определяли графическим методом по кривым вариабельности фитоиндикаторных признаков техногенных территорий относительно кривых вариабельности контрольного объекта в фоновых условиях как процент площади перекрывания признаков техногенных зон от площади кривой вариабельности контрольного тест-объекта [13].

Результаты исследований и их обсуждение

Отбор проб растительного материала в зонах влияния нескольких промышленных предприятий, селитебных и фоновых территориях позволил оценить диапазон изменений морфометрических параметров древесных растений при развитии в условиях с различной степенью техногенной нагрузки.

Результаты определения морфометрических параметров листовых пластинок исследуемых древесных растений представлены в таблице 1.

Как следует из данных таблицы 1, влияние техногенеза на рост листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* сказывалось в различной степени по сравнению с фоновыми условиями. Следует отметить, что исследуемые промышленные предприятия, расположенные в таблице в порядке снижения общего объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, различаются спецификой промышленного производства. Поэтому их можно сгруппировать в несколько групп с учетом преобладающих соединений в выбросах.

Так, ТЭЦ-2 и ОАО «Гомельский домостроительный комбинат» характеризуются наличием в выбросах оксидов азота; ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит» и ОАО «Гомельский радиозавод» – оксидов углерода и органических соединений (аро-

Таблица 1. – Морфометрические параметры листовой пластинки древесных растений, см

Место отбора проб	Береза повислая <i>Betula pendula</i>		Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>		Тополь белый <i>Populus alba</i>	
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
Промышленная зона						
Гомельский химический завод	$4,40 \pm 0,003$ 0,53	$3,71 \pm 0,003$ 0,50	$9,76 \pm 0,009$ 1,67	$12,45 \pm 0,011$ 2,0	–	–
ТЭЦ-2	$5,74 \pm 0,003$ 0,64	$4,72 \pm 0,003$ 0,47	$13,41 \pm 0,012$ 2,05	$16,65 \pm 0,014$ 2,41	$8,27 \pm 0,005$ 1,01	$5,63 \pm 0,004$ 0,68
Гомельский литейный завод «Центролит»	$5,16 \pm 0,003$ 0,51	$4,64 \pm 0,003$ 0,54	$11,46 \pm 0,009$ 1,69	$15,06 \pm 0,011$ 1,95	$7,08 \pm 0,005$ 0,81	$6,53 \pm 0,004$ 0,77
Гомельский домостроительный комбинат	$5,71 \pm 0,004$ 0,67	$4,40 \pm 0,003$ 0,52	$12,87 \pm 0,013$ 2,20	$16,36 \pm 0,012$ 1,95	$8,03 \pm 0,007$ 1,27	$7,24 \pm 0,008$ 1,33
Западная котельная	$5,17 \pm 0,003$ 0,53	$4,05 \pm 0,002$ 0,39	$12,77 \pm 0,008$ 1,34	$16,0 \pm 0,015$ 2,58	$7,97 \pm 0,004$ 0,66	$5,31 \pm 0,003$ 0,51
Гомельский радиозавод	$5,19 \pm 0,003$ 0,59	$4,19 \pm 0,002$ 0,39	$12,31 \pm 0,008$ 1,44	$15,82 \pm 0,012$ 2,06	$7,13 \pm 0,004$ 0,72	$4,72 \pm 0,003$ 0,47
Гомельский завод пусковых двигателей	$6,31 \pm 0,005$ 0,95	$4,80 \pm 0,004$ 0,71	$11,33 \pm 0,010$ 1,65	$15,44 \pm 0,014$ 2,43	$6,84 \pm 0,007$ 1,15	$6,53 \pm 0,015$ 2,50
Селитебная зона						
Многоэтажная застройка	$5,23 \pm 0,003$ 0,51	$4,38 \pm 0,002$ 0,36	$13,58 \pm 0,013$ 2,21	$15,80 \pm 0,014$ 2,39	$6,40 \pm 0,005$ 0,74	$6,17 \pm 0,008$ 1,20
Частная застройка	$5,64 \pm 0,004$ 0,63	$4,49 \pm 0,003$ 0,61	$12,89 \pm 0,013$ 2,02	$16,30 \pm 0,016$ 2,57	$6,57 \pm 0,005$ 0,87	$6,0 \pm 0,007$ 1,23
Фоновая территория						
Парковая зона	$6,37 \pm 0,005$ 0,83	$4,87 \pm 0,003$ 0,45	$14,14 \pm 0,008$ 1,48	$17,45 \pm 0,012$ 2,16	$8,37 \pm 0,004$ 0,72	$8,12 \pm 0,004$ 0,66

Примечание: в числителе представлены средние значения параметров; в знаменателе – стандартное отклонение по параметрам

матических углеводов, ацетона, алканов, алкенов, спиртов); выбросы ОАО «Гомельский химический завод», который отличается максимальным количеством выбросов по сравнению с другими предприятиями, содержат оксиды серы, газообразные соединения фтора. Производство ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей имени П.К. Пономаренко» в настоящее время характеризуется незначительными выбросами загрязняющих вещества (по веществам 1 класса опасности – менее 1 кг в год). Возможно, это явилось причиной того, что длина и ширина листьев вблизи этого предприятия больше всего приближалась к фоновым условиям по сравнению с остальными образцами, тогда как влияние химического завода обусловило минимальные в наших исследованиях размеры листа.

В пределах градиента исследуемой техногенной нагрузки наблюдалось наличие более длинных листьев березы повислой *Betula pendula*, произрастающей на территории ТЭЦ-2 и ОАО «Гомельский домостроительный комбинат». Сопоставление полученных данных с известными литературными сведениями позволяет объяснить этот факт влиянием соединений отдельных химических элементов (например, азота), содержащихся в выбросах и выступающих в роли катализаторов при делении клеток листовой пластинки [3].

В целом морфометрический механизм адаптации листовых пластинок, сформировавшийся под влиянием промышленных предприятий, отличался снижением размеров по сравнению с контрольной группой образцов в среднем в 1,1–1,6 раз. Полученные результаты согласуются с литературными данными и характеризуют направленность адаптивных изменений в сторону минимизации функций метаболизма, что проявляется в торможении ростовых процессов в виде уменьшения морфометрических размеров листа [2].

Иная ситуация прослеживалась с изменением морфометрии на селитебной территории. Как уже отмечалось, в качестве селитебных зон были выбраны многоэтажная застройка, прилегающая к западной промышленной зоне, и индивидуальная, расположенная на территории северной промышленной зоны с минимальным общим объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Здесь у листьев березы повислой *Betula pendula*, которая используется для озеленения селитебных территорий, во всех случаях наблюдалось снижение длины и ширины по сравнению с фоновыми условиями и увеличение почти в половине случаев – по сравнению с промышленной зоной. В остальных случаях сравнения с промышленной зоной рост и развитие листового аппарата в жилой застройке города, вероятно, сдерживало наличие интенсивного транспорта в современной городской среде, влияние которого может обуславливать снижение параметров листа почти вдвое по сравнению с контрольной территорией [4].

Клен остролистный *Acer platanoides* является одним из самых распространенных представителей древесных растений в городских условиях с широкой листовой пластинкой. В среднем фоновые морфометрические параметры листьев клена остролистного *Acer platanoides* превышали размеры с территории промышленной зоны, однако по сравнению с березой повислой *Betula pendula* это превышение менее выражено (максимально – в 1,3 раза). Различия в параметрах листовой пластинки в селитебной и контрольной зонах выражено еще в меньшей степени, что может свидетельствовать о достаточной высокой устойчивости к техногенному воздействию и реализации адаптационного потенциала клена остролистного *Acer platanoides*.

Кроме того, как следует из результатов таблицы 1, величины стандартного отклонения по длине и ширине листа в 61 % сравнений характеризуются более высоким значением в промышленной и селитебных зонах по сравнению с фоновыми условиями. Это указывает на то, что техногенный фактор активно не сдерживает формирование рассматриваемых параметров клена остролистного в отличие от березы повислой и их

частоты не концентрируются в области своих средних значений. Однако, с другой стороны, из представленных в литературе данных следует, что виды с широкими листовыми пластинками являются чувствительными к атмосферному загрязнению [6]. Возможно, этим объясняется развитие краевого некроза листьев в отдельных случаях (материал, собранный на территории ОАО «Гомельский химический завод»), одной из причин которого является сильное воздействие неблагоприятных факторов внешней среды.

Тополь белый *Populus alba*, как и в целом семейство ивовых, способен выявлять биодоступность элементов в почвах за счет широко распространенной корневой системы, высокого уровня потребления водных ресурсов и значимого показателя емкости поглощения микроэлементов. Также известно, что листья тополя являются токсикотолерантами, проявляют стойкость по отношению к почвенному загрязнению и устойчивость против дыма и газов [14]. С другой стороны, тополь имеет плотные листья с сосудистой системой сетевой формы в виде одной доминирующей жилки, от которой отходят вторичные сосудистые пучки. Это позволяет эффективно улавливать и сохранять значительное количество частиц из атмосферы.

Результаты наших исследований, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что морфометрический механизм адаптации листовых пластинок тополя белого *Populus alba* характеризовался угнетением обменных процессов и, как следствие, уменьшением размеров в промышленной и селитебной зоне по сравнению с фоновой группой образцов в среднем в 1,2–1,7 раз. Причем в техногенных условиях наблюдалось наличие более узкой формы листьев по сравнению с представителями контрольной группы, а в селитебной – более короткой по сравнению с промышленной зоной.

Что касается величин стандартного отклонения длины и ширины листа тополя белого *Populus alba*, то степень техногенного влияния привела как к их группированию в пределах среднего значения (в 56 % случаев), так и к разбросу от средней величины (в 44 % сравнений), что, возможно, явилось следствием токсикотолерантности этого представителя древесных растений. В целом с учетом тенденций изменения морфометрических параметров листа для тополя белого *Populus alba* характерно уменьшение размеров листовой пластинки под влиянием техногенного воздействия.

Достоверность различий между морфометрическими параметрами листовых пластинок древесных растений, произрастающих на территории промышленных предприятий, селитебных и фоновых зон, оценивалась с помощью дисперсионного анализа (таблица 2).

Таблица 2. – Результаты дисперсионного анализа длины и ширины листовой пластинки древесных растений

Исследуемые древесные растения	Значения F-критерия для параметров листовой пластинки	
	длина	ширина
Промышленная-фоновая зона		
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	213,79	210,76
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	72,05	55,14
Тополь белый <i>Populus alba</i>	57,0	92,80
Селитебная-фоновая зона		
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	95,10	60,97
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	56,21	40,11
Тополь белый <i>Populus alba</i>	55,43	66,45

Примечание: $F_{критич.} (8, 1154) = 1,95$ при $p \leq 0,05$ для березы повислой и клена остролистного; $F_{критич.} (7, 981) = 2,10$ при $p \leq 0,05$ тополя белого.

Результаты анализа дисперсионных комплексов, включающих величину длины и ширины листовой пластинки древесных растений, произрастающих на исследуемых территориях с различной степенью техногенной нагрузки, а также в парке и пригороде свидетельствуют о том, что значение F-критерия превышает F-критическое для длины и ширины всех исследованных образцов во всех случаях. Таким образом, морфометрические параметры листовой пластинки древесных растений статистически достоверно различаются при действии различной величины техногенного загрязнения на их формирование, что подтверждает возможность использования данного критерия для индикации загрязнения атмосферного воздуха и характеристики механизмов адаптации растительности к техногенному влиянию.

С целью определения величины адаптивного потенциала для каждого морфометрического параметра листовой пластинки (длина, ширина) каждого из деревьев всех исследуемых территорий на первом этапе была проверена гипотеза о нормальном распределении с помощью критерия Пирсона с уровнем значимости 0,05.

В результате доказа-но, что все величины распределены по нормальному закону во всех случаях, за исключением листа клена остролистного *Acer platanoides* на территории частной застройки города (критическое значение статистики хи-квадрат составляет 18,3; наблюдаемые значения представлены в таблице 3).

Таблица 3. – Наблюдаемые значения статистики

Место отбора проб	Исследуемые древесные растения					
	Береза повислая <i>Betula pendula</i>		Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>		Тополь белый <i>Populus alba</i>	
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
Западная промышленная зона						
Гомельский химический завод	181,29	271,99	159,84	53,79	–	–
ТЭЦ-2	26,92	179,32	1328,64	54,29	70,47	84,47
Гомельский литейный завод «Центролит»	176,99	147,24	19,869	48,27	79,88	61,01
Гомельский домостроительный комбинат	200,47	228,03	46,27	23,97	26,37	24,53
Западная котельная	190,39	180,37	19,44	23,72	26,56	21,24
Гомельский радиозавод	169,12	324,46	1310,43	15,39	118,68	189,75
Гомельский завод пусковых двигателей	54,65	101,96	26,89	13,91	47,15	759,12
Селитебная зона						
Многэтажная застройка	137,52	232,56	22,34	37,23	59,42	81,77
Частная застройка	69,05	148,70	15,04	12,04	125,69	46,52
Фоновая территория						
Парковая зона	118,57	151,91	46,26	27,79	33,66	93,32

Далее на следующем этапе с целью расчета величины адаптивного потенциала было проведено попарное сравнение функций плотностей распределения вероятностей:

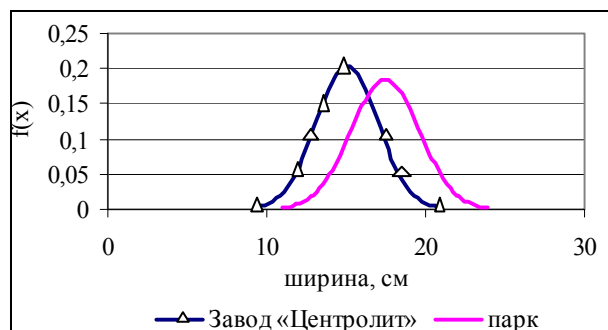
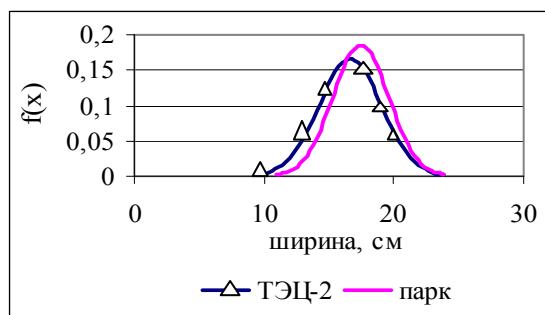
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\cdot\sigma^2}},$$

где a – среднее значение параметра, σ – среднее квадратическое отклонение морфометрических параметров древесных растений техногенных и фоновых условий.

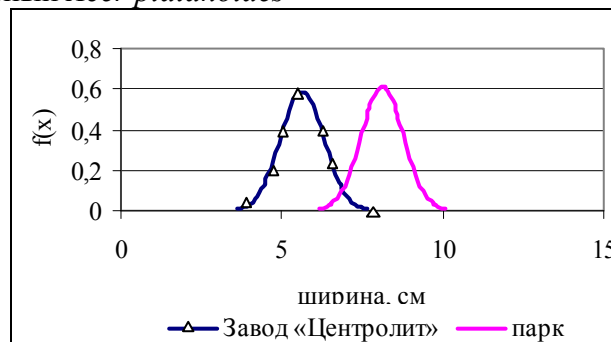
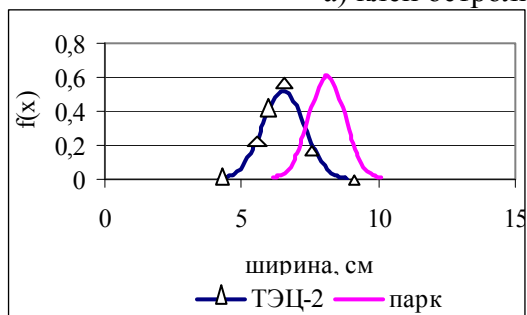
В результате были получены различные по величине площади перекрывания функций плотности распределения длины и ширины листа. В качестве одного из таких примеров на рисунке 1 представлены графики функций законов распределения ширины листа клена остролистного *Acer platanoides* и тополя белого *Populus alba* для пары «ТЭЦ-2 – парковая зона» и пары «ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит» – парковая зона» соответственно. Для пары «ТЭЦ-2 – парковая зона» и «ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит» – парковая зона» функции плотностей распределения вероятностей представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Законы распределения для ширины листа клена остролистного *Acer platanoides* и тополя белого *Populus alba*

Место отбора проб	Исследуемые древесные растения	
	Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	Тополь белый <i>Populus alba</i>
Парк	$f(x) = \frac{1}{2,16\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-17,45)^2}{2 \cdot 2,16^2}}$	$f(x) = \frac{1}{0,66\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-8,12)^2}{2 \cdot 0,66^2}}$
ТЭЦ-2	$f(x) = \frac{1}{2,4\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-16,65)^2}{2 \cdot 2,4^2}}$	$f(x) = \frac{1}{0,77\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-6,53)^2}{2 \cdot 0,77^2}}$
Гомельский литейный завод «Центролит»	$f(x) = \frac{1}{1,95\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-15,06)^2}{2 \cdot 1,95^2}}$	$f(x) = \frac{1}{0,68\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-5,63)^2}{2 \cdot 0,68^2}}$



а) клен остролистный *Acer platanoides*



б) тополь белый *Populus alba*

Рисунок 1. – Графики функций законов распределения ширины листовой пластинки клена остролистного *Acer platanoides* и тополя белого *Populus alba*, произрастающих в техногенных и фоновых условиях

Для нахождения в общем случае точки пересечения графиков функций $f_1(x) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a_1)^2}{2 \cdot \sigma_1^2}}$ и $f_2(x) = \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a_2)^2}{2 \cdot \sigma_2^2}}$ решали уравнение

$$f_1(x) = f_2(x) \Rightarrow \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a_1)^2}{2 \cdot \sigma_1^2}} = \frac{1}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a_2)^2}{2 \cdot \sigma_2^2}}.$$

После преобразований получили квадратное уравнение

$$(\sigma_1^2 - \sigma_2^2)x^2 + (2\sigma_2^2 a_1 - 2\sigma_1^2 a_2)x + (\sigma_1^2 a_2^2 - \sigma_2^2 a_1^2 + 2\sigma_2^2 \sigma_1^2 \ln(\sigma_2 / \sigma_1)) = 0.$$

Решения x_1, x_2 ($x_1 < x_2$) уравнений явились точками пересечения графиков.

Площадь общей области, заключенной между графиками и осью ОХ, находили по формуле:

$$S = \Phi\left(\frac{x_1 - a_1}{\sigma_1}\right) - \Phi\left(\frac{-\infty - a_1}{\sigma_1}\right) + \Phi\left(\frac{+\infty - a_2}{\sigma_2}\right) - \Phi\left(\frac{x_1 - a_2}{\sigma_2}\right).$$

Таким образом, площадь для ширины листа клена остролистного, произрастающего на территории ТЭЦ-2, равна 0,8537 (или 85,4 %), а для тополя белого – 0,2625 (или 26,3 %).

Аналогичным образом получены площади для остальных исследуемых показателей древесных растений, позволяющие оценить величину адаптивного потенциала растительности к произрастанию в техногенных условиях (таблица 5).

Таблица 5. – Адаптивный потенциал древесных растений промышленной и селитебной зоны г. Гомеля

Место отбора проб	Исследуемые древесные растения					
	Береза повислая <i>Betula pendula</i>		Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>		Тополь белый <i>Populus alba</i>	
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
Западная промышленная зона						
Гомельский химический завод	14,4	22,3	16,3	22,8	–	–
ТЭЦ-2	35,2	79,9	77,9	85,4	40,0	26,3
Гомельский литейный завод «Центролит»	65,3	86,7	39,5	55,8	74,3	6,2
Гомельский домостроительный комбинат	36,2	32,6	62,4	78,9	52,3	15,4
Западная котельная	62,5	62,4	67,7	74,9	70,9	55,9
Гомельский радиозавод	39,8	41,6	52,9	69,8	39,0	3,0
Гомельский завод пусковых двигателей	94,9	78,3	35,0	65,8	39,5	36,8
Селитебная зона						
Многэтажная застройка	37,6	53,5	77,8	71,2	17,6	8,2
Частная застройка	60,4	68,9	–	–	25,6	24,4

Таким образом, исследование закономерностей адаптивной реакции древесных растений в градиенте токсической нагрузки позволило определить направленность адаптивных изменений морфометрических параметров и оценить величину адаптивного потенциала как интегральной величины адаптации к техногенным условиям.

В наших исследованиях реализация адаптивного потенциала длины листа березы повислой *Betula pendula* в техногенной зоне находилась в пределах 14,4–94,9 %, ширины – 22,3–79,9 %; длины листа клена остролистного *Acer platanoides* – 16,3–77,9 %, ширины – 22,8–85,4 %; длины листа тополя белого *Populus alba* – 39,0–74,3 %, ширины – 3,0–55,9 %, т.е. в среднем адаптация фитоиндикаторных показателей клена остролистного оказалась самой высокой. При этом на территории ОАО «Гомельский химический завод» все исследуемые древесные растения характеризовались самой низкой величиной адаптации к техногенному влиянию.

В селитебных зонах величина адаптивного потенциала длины листа березы повислой *Betula pendula* варьировала в пределах 37,6–60,4 %, ширины – 53,5–68,9 %; длины листа клена остролистного *Acer platanoides* составила 77,8 %, ширины – 71,2 %; длины листа тополя белого *Populus alba* – 17,6–25,6 %, ширины – 8,2–24,4 %, т.е. в среднем наблюдается возрастание адаптивного потенциала морфометрии листового аппарата березы повислой *Betula pendula* и клена остролистного *Acer platanoides*. Вероятно, это обусловлено реакцией на снижение степени техногенной нагрузки и незначительной перестройкой в структурной организации листа.

На основании исследования морфометрии листьев сформированы ряды снижения реализации адаптивного потенциала исследуемых древесных растений в техногенных условиях и селитебных зонах: клен остролистный *Acer platanoides* > береза повислая *Betula pendula* > тополь белый *Populus alba*.

В целом необходимо отметить, что величина адаптивного потенциала является информативным показателем приспособленности данных видов к обитанию в условиях техногенного загрязнения окружающей среды.

В перспективе планируется проведение анализа адаптивных возможностей более широкого перечня древесной растительности городов Гомельской области с учетом не только морфометрических параметров, но и зольности биомассы листа.

Заключение

Морфометрический механизм адаптации листовых пластинок исследуемых древесных растений, сформировавшийся под влиянием промышленных предприятий, достоверно отличался снижением длины и ширины листа по сравнению с контрольной группой образцов для березы повислой *Betula pendula* в 1,1–1,6 раза; для клена остролистного *Acer platanoides* в 1,3 раза; для тополя белого *Populus alba* в 1,2–1,7 раза.

При этом, возможно, вследствие влияния соединений отдельных химических элементов, содержащихся в выбросах промышленных и выступающих в роли катализаторов при делении клеток листовой пластинки, в пределах градиента рассматриваемой техногенной нагрузки в отдельных случаях наблюдалось наличие более крупных листьев исследуемых древесных растений (ТЭЦ-2 и ОАО «Гомельский домостроительный комбинат»).

Наличие интенсивного транспорта в селитебных зонах привело не только к снижению размеров листа березы повислой *Betula pendula* и тополя белого *Populus alba* по сравнению с фоновыми условиями, но и в ряде случаев – по сравнению с промышленной зоной.

Величина стандартного отклонения длины и ширины листа свидетельствует о том, что на развитие листового аппарата березы повислой *Betula pendula* техногенный фактор действует активно и в промышленной и селитебных зонах частоты рассматривае-

мых параметров концентрируются в области своих средних значений. Клен остролистный *Acer platanoides* и тополь белый *Populus alba* демонстрировали токсикотолерантность к влиянию сдерживающего фактора, и частоты их морфометрических параметров были как сгруппированы в области средних значений, так и разбросаны в более широком диапазоне величин.

Исследование закономерностей изменения морфометрических параметров и зольности биомассы листа в градиенте токсической нагрузки позволило определить направленность адаптивных изменений рассматриваемых древесных растений и адаптивный потенциал как интегральную величину, их характеризующую.

Реализация адаптивного потенциала длины листа березы повислой *Betula pendula* в техногенной зоне находилась в пределах 14,4–94,9 %, ширины – 22,3–79,9 %; длины листа клена остролистного *Acer platanoides* – 16,3–77,9 %, ширины – 22,8–85,4 %; длины листа тополя белого *Populus alba* – 39,0–74,3 %, ширины – 3,0–55,9 %, т.е. в среднем адаптация фитоиндикаторных показателей клена остролистного оказалась самой высокой. При этом на территории ОАО «Гомельский химический завод» все исследуемые древесные растения характеризовались самой низкой величиной адаптации к техногенному влиянию.

В селитебных зонах величина адаптивного потенциала длины листа березы повислой *Betula pendula* варьировала в пределах 37,6–60,4 %, ширины – 53,5–68,9 %; длины листа клена остролистного *Acer platanoides* составила 77,8 %, ширины – 71,2 %; длины листа тополя белого *Populus alba* – 17,6–25,6 %, ширины – 8,2–24,4 %, т.е. в среднем наблюдается возрастание адаптивного потенциала морфометрии листового аппарата березы повислой *Betula pendula* и клена остролистного *Acer platanoides*. Вероятно, это обусловлено реакцией на снижение степени техногенной нагрузки и незначительной перестройкой в структурной организации листа.

На основании исследования морфометрии листьев сформирован следующий ряд снижения величины реализации адаптивного потенциала исследуемых древесных растений в техногенных условиях и селитебных зонах: клен остролистный *Acer platanoides* > береза повислая *Betula pendula* > тополь белый *Populus alba*.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь : стат. сб. – Минск : Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2016. – 248 с.
2. Луцишин, Е. Г. Видовая специфичность адаптации древесных растений техногенно трансформированных урбоэдафотопов / Е. Г. Луцишин, И. К. Тесленко // Ecology and noospherology. – 2015. – Вып. 26. – С. 42–61.
3. Хикматуллина, Г. Р. Сравнение морфологических признаков листа *Betula Pendula* в условиях урбаносреды / Г. Р. Хикматуллина // Вестн. Удмурт. ун-та. – 2013. – Вып. 2. – С. 48–56.
4. Глибовицкая, Н. И. Липа сердцелистная (*Tilia cordata* L.) как биоиндикатор состояния загрязнения урбанизированных территорий тяжелыми металлами / Н. И. Глибовицкая // Ecology and noospherology. – 2013. – Вып. 24. – С. 89–96.
5. Савинцева, Л. С. Экологический анализ адаптивных механизмов растений в урбанизированной среде : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Л. С. Савинцева ; Вят. гос. с.-х. акад. – Петрозаводск, 2015. – 23 с.
6. Леонова, Ю. М. Антропогенная трансформация растительности в зоне влияния промышленных объектов г. Павлодара : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Ю. М. Леонова ; Павлодар. гос. ун-т им. С. Торайгырова. – Алматы, 2010. – 22 с.

7. Салтан, Н. В. Особенности химического состава растений локальной зоны воздействия комбината «Североникель» : автореф. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Н. В. Салтан ; Поляр.-альп. ботан. сад-институт КНЦ РАН. – М., 2009. – 22 с.
8. Есенжолова, А. Ж. Листья древесных и кустарниковых растений как биоиндикаторы состояния окружающей среды городов Восточного, Северного и Центрального Казахстана : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / А. Ж. Есенжолова ; Гос. ун-т им. Шакарима. – Новосибирск, 2013. – 19 с.
9. Кочеткова, А. И. Особенности накопления взвешенных веществ водными растениями *Potamogeton perfoliatus* L., *Ceratophyllum demersum* L. Волгоградского водохранилища / А. И. Кочеткова // Вода: химия и экология. – 2012. – № 8. – С. 64–68.
10. Heavy metal concentrations in soils, plant leaves and crops grown around dump sites in Lafia Metropolis, Nasarawa State, Nigeria / O. D. Opaluwa [et al.] // *Advances Applied Science Research*. – 2012. – Vol. 3 (2). – P. 780–784.
11. Особенности химического состава фитомассы некоторых дикорастущих и культивируемых древесных растений: к оценке зольного компонента / О. М. Брагина [и др.] // *Изв. Самар. науч. центра РАН*. – 2014. – № 1 (3). – С. 724–727.
12. Кавеленова, Л. М. К специфике содержания зольных веществ в листьях древесных растений в городской среде в условиях лесостепи (на примере Самары) / Л. М. Кавеленова, А. Г. Здетовский, А. Я. Огневенко // *Химия растительного сырья*. – 2001 – № 3. – С. 85–90.
13. Интенсивность популяционных параметров: адаптация к токсическим факторам среды / В. С. Безель [и др.] // *Экология*. – 2001 – № 6. – С. 447–453.
14. Ялалтдинова, А. Р. Элементный состав растительности как индикатор техногенного воздействия на территории г. Усть-Каменогорска : дис. ... канд. геол.-минер. наук : 25.00.36 / А. Р. Ялалтдинова. – Томск, 2015. – 172 л.
15. Ишимова, А. Е. Зольность листьев, хвои и коры древесных растений как индикаторный признак загрязнения воздушного бассейна г. Семей [Электронный ресурс] / А. Е. Ишимова. – Режим доступа: [www. geochemland.ru](http://www.geochemland.ru), свободный. – Дата доступа: 15.10.2016.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.02.2017

Tyulkova E.G., Avdashkova L.P. Vegetation Adaptive Capacity of the Urbanized Territories (on Gomel City Example)

*The article presents the results of woody plants adaptive studies to anthropogenic influence given the leaf blade morphometric parameters. It is established that morphometric adaptation mechanism sheet out of the studied woody plants plates differed significantly decrease the sheet length and width. Based on the leaves morphometry study formed the following series decreasing values implementation of studied woody plants adaptive potential in the technogenic conditions and residential areas: norway maple *Acer platanoides* > silver birch *Betula pendula* > white poplar *Populus alba*.*

УДК 581.824

Н.В. Шкуратова

канд. биол. наук, доц. каф. ботаники и экологии
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
e-mail: botany@brsu.brest.by

АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КОРЫ ОДНОЛЕТНИХ СТЕБЛЕЙ ДРЕВЕСНЫХ ЭКЗОТОВ СЕМЕЙСТВА *FABACEAE* LINDL., КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В БЕЛАРУСИ

Рассматриваются результаты сравнительного изучения анатомии коры однолетних стеблей семи древесных видов семейства *Fabaceae* Lindl. Методика работы общепринятая в анатомии растений. Специфические черты анатомического строения коры установлены в гистологическом составе и топографии тканей, характере заложения феллогена, структуре эпидермы и перидермы, размещении колленхимы, структуре кольца первичных механических элементов, составе вторичной флоэмы и лучей. Выявлены комплексы анатомических признаков, которые можно использовать для диагностики на уровне вида.

Введение

За последние десятилетия проведены значительные исследования в области изучения анатомического строения вегетативных органов, однако число крупных таксонов, структура которых известна с большей или меньшей полнотой, остается недостаточным [1–5]. Семейство *Fabaceae* Lindl. характеризуется многообразием жизненных форм его представителей. Анализ литературных источников показал, что в исследования анатомии вегетативных органов семейства были вовлечены либо отдельные древесные, либо травянистые виды [6–10]. Обширные системные исследования представителей семейства проводились только на предмет анализа древесины [11]. Однако ряд исследователей считают, что ксилему в диагностике растений можно использовать только до ранга рода. При этом сложный гистологический состав, многообразие признаков коры и их сочетаний позволяет установить различия на видовом уровне и выделить большое количество диагностических признаков [1–3; 5]. На отдельных примерах показано, что наиболее информативной с точки зрения анатомической диагностики и таксономии у древесных пород является кора однолетних стеблей [6].

Цель работы – сравнительное изучение анатомических особенностей строения коры однолетних стеблей древесных экзотов семейства *Fabaceae* Lindl., которые культивируются в Беларуси.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования послужили семь видов семейства *Fabaceae* Lindl.: *Gleditschia triacanthos* L., *Sophora japonica* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Amorfa fruticosa* L., *Caragana arborescens* Lam., *Caragana frutex* L., *Colutea orientalis* Mill. Из перечисленных видов *Gleditschia triacanthos* представляет подсемейство *Caesalpinoideae* (триба *Caesalpinieae*), остальные виды относятся к подсемейству *Papilionoideae*, к трибам *Sophoreae* (*Sophora japonica*), *Robinieae* (*Robinia pseudoacacia*), *Amorpheae* (*Amorfa fruticosa*), *Galegeae* (*Caragana arborescens*, *Caragana frutex*, *Colutea orientalis*) [12].

С точки зрения жизненной формы *Gleditschia triacanthos*, *Sophora japonica*, *Robinia pseudoacacia* являются деревьями, виды *Amorfa fruticosa*, *Caragana arborescens*, *Caragana frutex* и *Colutea orientalis* – кустарники.

Из состава вовлеченных в исследование видов семейства *Fabaceae* в культуре широко распространены виды *Robinia pseudoacacia*, *Caragana arborescens*, *Amorfa fruticosa*. Кроме того, *Robinia pseudoacacia* широко расселилась на территории респуб-

лики и находится в ранге инвазивного вида. Остальные виды на территории Беларуси в культуре встречаются редко и находят на сегодняшний день ограниченное применение.

Материалом для анализа послужила кора однолетних стеблей. Образцы однолетних стеблей собирали с модельных особей, культивируемых в отделе агоробиологии Центра экологии БрГУ имени А.С. Пушкина. Материал фиксировали в смеси этанола и глицерина. Из зафиксированных образцов стеблей указанных видов на санном микро-томе с замораживающим столиком изготавливали поперечные и продольные срезы толщиной 10–25 мкм. Срезы окрашивали регрессивным способом, поместив в спиртовые растворы сафранина (1 %-ный спиртовой раствор) и нильского синего (насыщенный раствор), подвергали дегидратации в спиртах разной концентрации. На следующем этапе срезы обрабатывали карбол-ксилолом и ксилолом, после чего помещали в канадский бальзам. Таким образом, методика изготовления постоянных препаратов была общепринятой в анатомии растений [13]. Анатомический анализ исследуемых объектов осуществляли на световых микроскопах «Биолам Р-15» и «Микмед-5». Измерения структур проводили с применением винтового окуляр-микрометра МОВ-1-15.

Из состава древесных пород семейства *Fabaceae* такие виды, как *Robinia pseudo-acacia* и *Caragana arborescens*, в подобного рода исследования уже вовлекались [6–8]. Детальные описания анатомии коры *Gleditschia triacanthos*, *Sophora japonica*, *Amorfa fruticosa*, *Caragana frutex*, *Colutea orientalis* приводятся впервые.

Результаты исследований и обсуждение результатов

Используя данные собственных исследований и литературных источников, провели сравнительный анализ анатомии коры семи видов древесных экзотов семейства *Fabaceae*.

По гистологическому составу **коры** однолетних стеблей виды можно объединить в четыре группы:

1) кора включает эпидерму, колленхиму, перидерму, паренхиму первичной коры, кольцо первичных механических элементов, первичную и вторичную флоэму (*Gleditschia triacanthos*, *Caragana arborescens*, *Caragana frutex*);

2) в коре отсутствует колленхима; кора содержит эпидерму, перидерму, паренхиму первичной коры, кольцо первичных механических элементов, первичную и вторичную флоэму (*Robinia pseudoacacia*, *Amorfa fruticosa*);

3) кора включает эпидерму, паренхиму первичной коры, кольцо первичных механических элементов, первичную и вторичную флоэму; колленхима и перидерма отсутствуют (*Sophora japonica*);

4) в коре последовательно располагаются паренхима первичной коры, перидерма, первичная и вторичная флоэма (*Colutea orientalis*). Вследствие заложения феллогена в глубоких слоях паренхимы первичной коры *Colutea orientalis* эпидерма и, возможно, колленхима отмирают, а периферические слои клеток первичной коры щелушиваются.

Рассмотрим структуру отдельных тканей коры.

В конце вегетационного сезона **эпидерма** постепенно отмирает и оценить клеточные особенности этой ткани не представляется возможным. В составе коры *Colutea orientalis* эпидерма не обнаруживается. Эпидерма *Gleditschia triacanthos*, *Sophora japonica* однослойная. *Caragana arborescens* и *Caragana frutex* сохраняется только в ребрах над колленхимой, она однослойная, но у *Robinia pseudoacacia* и *Amorfa fruticosa* эпидерма не типичная для большинства покрытосеменных, поскольку количество слоев ее клеток более одного. У *Robinia pseudoacacia* 2–3-слойная эпидерма отмечалась неоднократно [6; 8]. На большей части стебля *Amorfa fruticosa* эпидерма двуслойная, на отдельных участках трехслойная.

У *Gleditschia triacanthos* клетки эпидермы имеют значительно утолщенную наружную тангентальную стенку, вследствие чего полость клеток становится щелевид-

ной. Для эпидермальных клеток *Sophora japonica* характерно значительное утолщение наружной тангентальной и радиальных стенок (до 1/3 радиального размера клетки), вследствие чего полость клеток приобретает куполообразную форму.

У *Robinia pseudoacacia*, *Amorfa fruticosa*, *Caragana arborescens*, *Caragana frutex* клеточные оболочки равномерно утолщены, радиальные оболочки несколько скошены, поэтому полость клеток овально-призматическая.

Только у *Sophora japonica* присутствуют кроющие, 3–4-клеточные, неветвистые трихомы. Трихомы достигают 50–60 мкм в длину. Окончания трихом острые, оболочки клеток тонкостенные. Сходные многоклеточные трихомы описаны у представителей рода *Glycine* (*Fabaceae*) [8, с. 113].

Эпидерма *Gleditschia triacanthos* и *Sophora japonica* покрыта мощным слоем кутикулы, у остальных видов кутикулярный слой тонкий.

Колленхима обнаруживается в коре трех видов. У *Gleditschia triacanthos* 1–2-слойная колленхима занимает субэпидермальное положение и залегает по всей окружности стебля. Утолщение оболочек колленхимы равномерное, полость овальная, поэтому ткань сложно отнести к одному из выделяемых типов [7, с. 179] и следует идентифицировать как пластинчато-уголковую. В отдельных клетках колленхимы обнаруживаются ромбоидные кристаллы оксалата кальция. Колленхима *Caragana arborescens* и *Caragana frutex* располагается субэпидермально, но только локально, и образует ребра стебля. Подобного рода расположение колленхимы отмечается в однолетних стеблях *Holodiscus discolor* (*Rosaceae*) [2, с. 33]. У видов рода *Caragana*, исходя из существующих классификаций, колленхиму можно отнести к округлому типу.

Перидерма на первом году развития стебля не формируется только у *Sophora japonica*. У остальных рассмотренных видов, согласно С.Ш. Шамбетову, перидерма образуется из клеток паренхимы первичной коры, но в различных ее слоях, что согласуется с классификацией К. Саньо [3, с. 12]. У *Gleditschia triacanthos* феллоген формируется из наружных слоев первичной коры, поэтому перидерма непосредственно подстилает колленхиму. Характер заложения перидермы во втором, третьем слоях коры *Robinia pseudoacacia* описывала К. Эсау [7, с. 301]. Перидерма *Caragana arborescens* и *Caragana frutex* формируется на некоторой глубине в первичной коре, а у *Colutea orientalis* перидерма подстилает кольцо первичных механических элементов.

В составе перидермы исследованных видов присутствует многослойная феллема, феллоген и 1–2-слойная феллодерма. Специфические черты строения обнаруживаются только в составе феллемы.

Феллема *Gleditschia triacanthos* и *Robinia pseudoacacia* гомогенная, насчитывает 7–10 слоев прямоугольных в поперечном сечении, тонкостенных, с извилистыми стенками клеток.

Феллема *Amorfa fruticosa* также гомогенная, на большей части окружности стебля насчитывает 4–6 слоев клеток. Однако клетки феллемы *Amorfa fruticosa* имеют равномерно утолщенные стенки. В самых внутренних слоях феллемы в клетках обнаруживается бурое содержимое, а в периферической и средней части – клетки без содержимого. На отдельных участках обнаруживаются неглубокие чечевички, в которых число слоев феллемы вдвое больше.

Caragana arborescens и *Caragana frutex* имеют тонкостенную гомогенную феллему, количество слоев клеток которой на некоторых участках у второго вида более 20. Клетки без содержимого, уплощенные, вытянутые по окружности стебля.

Феллема перидермы *Colutea orientalis* гетерогенная, состоит из двух типов клеток: 3–4 слоев прямоугольных в поперечном сечении клеток с тонкими извилистыми оболочками и 3–4 слоев клеток с куполообразной полостью.

Паренхима первичной коры исследованных видов сложена тонкостенными клетками, округлыми в поперечном сечении. Исключение составляет *Colutea orientalis*,

клетки паренхимы первичной коры которой имеют складчатую поверхность. Кроме того, паренхима первичной коры в стебле *Colutea orientalis* занимает самое наружное положение и насчитывает только 3–4 слоя клеток, видимо, это остатки ткани, отмирающие после заложения перидермы.

У *Gleditschia triacanthos* и *Amorfa fruticosa* часть клеток паренхимы первичной коры подверглась склерификации. У *Gleditschia triacanthos* брахисклереиды одиночные, а у *Amorfa fruticosa* образуются малочисленные группы по 3–5 брахисклереид, они сопровождаются кристаллоносной обкладкой, содержащей призматические монокристаллы оксалата кальция. В паренхиме *Robinia pseudoacacia* многочисленны танидоносные клетки [6, с. 51].

В паренхиме первичной коры *Robinia pseudoacacia*, *Amorfa fruticosa*, *Caragana frutex* и *Gleditschia triacanthos* обнаруживаются кристаллы оксалата кальция. У *Robinia pseudoacacia*, *Amorfa fruticosa* и *Caragana frutex* присутствуют призматические и ромбоидные монокристаллы оксалата кальция, у *Gleditschia triacanthos*, кроме перечисленных типов кристаллов, обнаруживаются также друзы.

Кольцо первичных механических элементов *Gleditschia triacanthos*, *Sophora japonica*, *Robinia pseudoacacia*, *Amorfa fruticosa* гетерогенное, сплошное, образованное дуговидными или овальными группами волокон, объединенных между собой склереидными группами. У *Amorfa fruticosa* кольцо первичных механических элементов мощное, на него приходится до 1/4–1/3 объема коры стебля.

Кольцо первичных механических элементов *Caragana arborescens*, *Caragana frutex*, *Colutea orientalis* гомогенное, прерывистое. Для *Caragana arborescens* отмечается шахматный порядок расположения групп первичных волокон в составе кольца [6, с. 49]. Для механического кольца *Colutea orientalis* характерны малочисленные группы волокон (до 3–5 волокон в группе). Группы механических элементов кольца исследованных видов сопровождается прерывистая кристаллоносная обкладка.

К концу сезона **первичная флоэма** в силу дилатации и паренхиматизации практически неотличима от вторичной флоэмы. Состав **вторичной флоэмы** исследованных видов различается содержанием механических элементов.

Флоэма *Gleditschia triacanthos*, *Sophora japonica*, *Robinia pseudoacacia*, *Caragana arborescens* и *Caragana frutex* содержит ситовидные элементы, вертикальную и горизонтальную паренхиму, флоэмные волокна. Группы волокон сопровождаются кристаллоносной обкладкой. У *Amorfa fruticosa* и *Colutea orientalis* флоэма образована ситовидными элементами, вертикальной и горизонтальной паренхимой, однако флоэмные волокна отсутствуют.

Ситовидные элементы вторичной флоэмы имеют прямоугольное поперечное сечение. У ряда видов (*Gleditschia triacanthos*, *Amorfa fruticosa*, *Colutea orientalis*) по объему ситовидные трубки преобладают по отношению к вертикальной паренхиме, что компенсирует узкую проводящую зону вторичной флоэмы. Для паренхимы *Gleditschia triacanthos* периферической части флоэмы характерна склерификация отдельных клеток. Во флоэме *Caragana arborescens* до 1/2 ее объема приходится на вертикальную паренхиму.

Горизонтальная паренхима у исследованных видов представлена по-разному. Во вторичной флоэме *Gleditschia triacanthos*, *Amorfa fruticosa* флоэмные лучи только гомогенные. Во флоэме *Caragana frutex* в большинстве случаев обнаруживаются лучи гомогенные, но иногда встречаются гетерогенные, состоящие из лежащих и одного ряда квадратных краевых клеток, что также описано на примере ксилемной зоны этого вида [11, с. 224]. У остальных видов во флоэме присутствуют только гетерогенные лучи. Флоэмные лучи 1–2–3-рядные, преобладают двурядные лучи. Во флоэме *Amorfa fruticosa* лучи только 1-рядные. Лучи *Gleditschia triacanthos*, *Robinia pseudoacacia*, *Amorfa fruticosa* в непроводящей зоне дилатируют. Слойность лучей варьирует от 5 до 19 клеток.

С учетом того, что точная видовая диагностика возможна только при использовании комплекса признаков, и основываясь на опыте анатомической диагностики применительно к видам семейства *Salicaceae* [3], для каждого из семи исследованных видов древесных *Fabaceae* установили комплексы диагностических признаков:

1) *Gleditschia triacanthos*: эпидермальные клетки со значительно утолщенной наружной тангентальной стенкой и щелевидной клеточной полостью; наличие субэпидермальной, однослойной, пластинчато-уголковой колленхимы, залегающей по всей окружности стебля; гомотенная феллема; наличие кристаллов оксалата кальция в клетках паренхимы первичной коры в виде призм, ромбоидов и друз; сплошное, гетерогенное кольцо первичных механических элементов; склерификация паренхимы первичной коры и флоэмной паренхимы; преобладание проводящих элементов во вторичной флоэме; гомотенные флоэмные лучи; дилатация лучевой паренхимы в непроводящей зоне;

2) *Sophora japonica*: остроконечные многоклеточные трихомы в эпидерме; значительное утолщение наружной тангентальной и радиальных стенок эпидермальных клеток; куполовидная полость поперечного сечения эпидермальных клеток; сплошное, гетерогенное кольцо первичных механических элементов; гетерогенные флоэмные лучи; наличие во вторичной флоэме групп волокон;

3) *Robinia pseudoacacia*: 2–3-слойная эпидерма; субэпидермальная, гомотенная феллема; гетерогенное, сплошное кольцо первичных механических элементов; наличие танидоносных клеток в паренхиме первичной коры; гетерогенные флоэмные лучи; дилатация лучевой паренхимы в непроводящей зоне;

4) *Amorfa fruticosa*: двухслойная эпидерма; субэпидермальное заложение перидермы; гомотенная феллема; склерификация паренхимы первичной коры; гетерогенное, сплошное кольцо первичных механических элементов; отсутствие во вторичной флоэме волокон; только однорядные, гомотенные лучи; дилатация лучевой паренхимы в непроводящей зоне;

5) *Caragana arborescens*: локализация колленхимы в «ребрах» стебля; округлый тип колленхимы; гомотенная феллема; прерывистое гомотенное кольцо первичных механических элементов; расположение групп первичных волокон кольца в шахматном порядке; наличие волокон во вторичной флоэме; значительное (до 50 %) содержание во флоэме вертикальной паренхимы; гетерогенные флоэмные лучи;

6) *Caragana frutex*: локализация колленхимы в «ребрах» стебля; округлый тип колленхимы; гомотенная, мощная феллема (20 и более слоев клеток); прерывистое, гомотенное кольцо первичных механических элементов; наличие во флоэме волокон; наличие только однорядных гомо- и гетерогенных флоэмных лучей;

7) *Colutea orientalis*: гомотенное прерывистое кольцо первичных механических элементов; малочисленные группы первичных волокон (до 3–5 штук); локализация перидермы под кольцом первичных механических элементов; гетерогенная феллема; преобладание во вторичной флоэме ситовидных трубок по отношению к вертикальной паренхиме; гетерогенные флоэмные лучи;

Закключение

Таким образом, для каждого исследованного вида в составе коры однолетнего стебля выявлены комплексы диагностических признаков видового ранга. Установлен ряд признаков (в том числе сплошной характер заложения колленхимы, ее тип, склерификация паренхимы первичной коры и флоэмной паренхимы, локализация перидермы непосредственно под колленхимой), подтверждающих специфику *Gleditschia triacanthos* как представителя подсемейства *Caesalpinioideae*.

Сравнение *Caragana frutex* и *Caragana arborescens* позволило обнаружить значительное сходство в структуре коры указанных видов и выявить признаки, видимо, имеющие ранг рода (локализация колленхимы в «ребрах» стебля; округлый тип колленхи-

мы; гомогенная феллема; прерывистое гомогенное кольцо первичных механических элементов; наличие волокон во вторичной флоэме; гетерогенные флоэмные лучи).

Полагаем, что результаты изучения анатомических признаков коры ряда древесных видов *Fabaceae* будут полезны для исследователей систематики семейства и найдут применение при разработке определительных ключей для целей научной, технической и криминалистической экспертиз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремин, В. М. Анатомия вегетативных органов Сосновых (*Pinaceae* Lindl.) : монография / В. М. Еремин, Е. С. Чавчавадзе ; отв. ред. А. В. Бобров. – Брест : Полиграфика, 2015. – 692 с.
2. Лотова, Л. И. Анатомия коры розоцветных: разнообразие, эволюция, таксономическое значение / Л. И. Лотова, А. К. Тимонин. – М. : КМК, 2005. – 264 с.
3. Еремин, В. М. Сравнительная анатомия коры ивовых : монография / В. М. Еремин, Н. В. Шкуратова ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2007. – 196 с.
4. Котина, Е. К. Сравнительно-анатомическое изучение коры представителей сем. *Araliaceae* Durande и близких таксонов : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Е. К. Котина ; Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова. – СПб., 2008. – 20 с.
5. Копанина, А. В. Анатомия коры представителей семейства *Ericaceae*, произрастающих на Сахалине и Курильских островах / А. В. Копанина, В. М. Еремин // Ботан. журн. – 2012. – № 8. – С. 77–92.
6. Анатомия коры деревьев и кустарников : монография / В. М. Еремин [и др.] ; под ред. В. М. Еремина. – Брест : Изд-во Брест. гос. ун-та, 2001. – 187 с.
7. Эсау, К. Анатомия растений / К. Эсау ; под ред. Л. В. Кудряшова. – 2-е изд. – М. : Мир, 1969. – 564 с.
8. Эсау, К. Анатомия семенных растений : в 2 кн. / К. Эсау. – М. : Мир, 1980. – Кн. 1. – 229 с.
9. Турнова, Е. В. Особенности морфогенеза многолетних травянистых бобовых растений / Е. В. Турнова // Тр. II Междунар. конф. по анатомии и морфологии растений (посв. 150-летию со дня рождения И. И. Бородина), Санкт-Петербург, 2–6 июня 2002 г. / Рос. акад. наук, Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова. – СПб., 2002. – С. 134–135.
10. Тутаюк, В. Х. Анатомия и морфология растений : учеб. пособие для с.-х. вузов / В. Х. Тутаюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1980. – 317 с.
11. Бенькова, В. Е. Анатомия древесины растений России / В. Е. Бенькова, Ф. Х. Швейнгрубер. – Берн ; Штутгарт ; Вена : Хаупт. – 2004. – 456 с.
12. Тахтаджян, А. Л. Система магнолиофитов / А. Л. Тахтаджян. – Л. : Наука, 1987. – 439 с.
13. Прозина, М. Н. Ботаническая микротехника / М. Н. Прозина. – М. : Высш. шк., 1960. – 206 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 20.02.2017

Shkuratova N.V. Anatomical Structure of the Bark of Annual Stems the Woody Exotics of the Family *Fabaceae* Lindl. Cultivated in Belarus

*The article discusses the results of a comparative study of bark anatomy of annual stems wood of seven species of the family *Fabaceae* Lindl. The work methodology generally accepted in the anatomy of plants. Specific features of the anatomical structure of the bark is established in the histological structure and topography of tissues, laying phellogen, the structure of the epidermis and periderm, placing collenchyma, the ring structure of the primary mechanical elements, consisting of secondary phloem and rays. The identified complexes of anatomical features that can be used for diagnosis at the species level.*

УДК 551.43(476)

М.А. Богдасаров¹, Н.Ф. Гречаник², Ю.Д. Кожанов³, Е.А. Кухарик⁴

¹д-р геол.-минерал. наук, проф., 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: geo@brsu.brest.by

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

Работа посвящена установлению особенностей геологического строения и особенностей формирования неогеновых отложений, распространенных в пределах территории восточной (белорусской) части Подляско-Брестской впадины как минерагенической толщи, 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. 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 отложе-

ний и их принадлежности к определенным стратиграфическим подразделениям. Мы также использовали литературные источники и серии опубликованных карт (тектонические, геологические, дочетвертичных отложений).

Результаты и их обсуждение

Неогеновые отложения в пределах данной территории занимают значительные площади, непосредственно подстилая четвертичные. На основании данных спорово-пыльцевого анализа в неогеновой толще выделены отложения нижнего, среднего, верхнего миоцена и отложения нижнего и верхнего плиоцена (таблица).

Таблица. – Стратиграфическая схема неогеновых отложений Беларуси [7] с изменениями [8]

Международная стратиграфическая шкала				Региональные стратиграфические подразделения			Возраст, млн лет
Система	Отдел	Подотдел	Ярус	Надгоризонт	Горизонт		
Неогеновая	Плиоцен	Верхний	Пьяченцкий	Колочинский (N ₂ kl)	Холмечский (N ₃ hl)	Верхнехолмечский	2,58
		Нижний	Занклский			Нижнехолмечский	3,60
						5,33	
	Миоцен	Верхний	Мессинский	Антопольский (N ₁ an)	Асоковский (N ₁ as)		7,24
			Тортонский		Детомльский (N ₁ dt)		
					Лозский (N ₁ lz)		11,61
		Средний	Серравальский		Бриневский (сред.-верх. часть) (E ₃ -N ₁ br)	Бурносский (N ₁ brn)	
			Лангийский	Букчинский (N ₁ bk)		15,97	
		Нижний	Бурдигальский	Смолярский (N ₁ sml)		20,43	
			Аквитанский			23,03	

Нижнемиоценовые отложения представлены аллювиальными, озерными и болотными фациями – серыми, темно-серыми мелко- и разномелкозернистыми кварцевыми песками с примесью углистого материала и небольшими по мощности прослоями бурого угля. Среди среднемиоценовых отложений вскрыты бурые угли, углистые темно-серые мелкозернистые, реже крупнозернистые кварцевые пески.

Отложения верхнего миоцена слагают пестроцветные, преимущественно монтмориллонитовые глины и кварцевые пески. Нижне- и верхнеплиоценовые отложения представлены зеленовато-серыми алевритами и светло-серыми мергелями незначительной мощности, светло-серыми алевритами и песками, которые завершают разрез неогеновых отложений в пределах исследуемой территории. Мощность неогеновых отложений в пределах впадины достигает 36 м [9].

Рассмотрим эти подразделения и условия их образования более подробно.

Нижний миоцен. Отложения нижнего миоцена не имеют широкого распространения и представлены главным образом фациями русел рек, пойм, стариц, озер, болот. Наиболее полные разрезы отмечены в зонах развития карстовых воронок, к которым приурочены проявления бурых углей. В районах г. Кобрин (скв. 64) и г.п. Антополь (скважины 34, 41, 50, 107, 108, 156, 157, 169) это преимущественно темно-серые мелкозернистые, в различной степени углистые пески, иногда ржаво-желтого и желтовато-серого цвета мощностью чаще всего 4–10 м, иногда в разрезах карстовых воронок до 50 м (скв. 157). Отложения перекрываются образованиями среднего или верхнего миоцена, в отдельных случаях – четвертичными. Граница между отложениями нижнего и среднего миоцена установлена по палеоботаническим данным, поскольку литологически толща довольно однообразна. В большинстве разрезов на изученных углепроявлениях (Антопольское, Березовское) нижнемиоценовые образования представлены пачкой углистых песков, залегающих непосредственно в подошве угольных пластов и сформировавшейся в условиях заболачивающихся водоемов. Генетически мелкозернистые кварцевые пески нижнего миоцена представлены пойменным аллювием [10].

В раннем миоцене территория юго-запада Беларуси представляла собой заболоченную местность, где в результате тектонических подвижек и активной деятельности, быстро развивающихся рек с их долинами, поймами, террасами накапливались аллювиальные и аллювиально-озерные фации. В условиях континентального режима происходит размыв и переотложение более древних образований (палеогеновых, верхнемеловых) и кор выветривания, развитых на территории Белорусского кристаллического массива, Полесской седловины, Украинского щита [11].

Средний миоцен. Отложения среднего миоцена на рассматриваемой территории развиты более широко и представлены разнофациальными (аллювиальными, озерными, болотными) образованиями, сложенными кварцевыми песками серыми или темно-серыми, в разной степени углистыми, мелкозернистыми, изредка с примесью крупных, хорошо окатанных зерен кварца. Среднемиоценовый возраст имеет основная продуктивная толща Антопольского (скважины 4, 32, 107, 156, 157, 169) и Березовского (скважины 306, 343, 349) углепроявлений. Мощность ее изменяется в широких пределах – от 7,5 до 27 м. Контакты отложений среднего миоцена с перекрывающими их породами верхнего миоцена, как и с нижнемиоценовыми образованиями, устанавливаются только по палеоботаническим данным. В разрезах пойменного типа, где встречены угольные пласты, как правило, именно они относятся к среднемиоценовым, сформировавшимся в условиях пойменных болот с различной обводненностью и проточностью [10].

В среднем миоцене в значительной части территории юго-запада Беларуси продолжалось накопление осадков (пески, алевриты, глины) исключительно или преимущественно в палеодолинах, образованных в результате работы крупных и мелких рек (Зап. Буг, Лесная, Мухавец, Припять, Ясельда и др.), на протяжении многих десятков миллионов лет. Палеодолины более интенсивно развивались во время усиленных проявлений альпийского орогенеза. Развитие среднемиоценовых отложений тесно связано с общим направлением палеодолин. Фации русел рек занимают пониженные участки и погребены под покровом более молодых образований. Фации пойм, пойменно-озерные, болот в основании своем представлены разно- и мелкозернистыми песками, в верхней части разреза фации иногда представлены лигнитом, бурым, рыхлым, часто разрушенным, с крупными обломками растительных остатков (сосны и др.). Мощность бурых углей колеблется от 1 до 7 м. В том случае, когда торфяники захоронялись в карстовых воронках, образовавшихся в результате просадок в меловых породах или на каких-либо поверхностях эрозионных размывов (типа оврагов), мощность бурых углей значительно возрастает, достигая 30 м. Фации стариц обычно характеризуются тонким

переслаиванием песка, глины, алевроита. Старичные фации по площади своего развития нередко переходят в заиляющиеся торфяные болота. Фации озер обычно перекрывают пойменные, старичные, болотные осадки. Фации конусов выноса, наблюдаемые в юго-восточной части рассматриваемой территории, представлены пролювиальными отложениями, образование которых, очевидно, связано с периодически действовавшими водными потоками, несущими обломочный материал с повышенных участков суши – Полесской седловины. В составе обломков – кварц, кварциты, кристаллические породы. На завершающем этапе формирования среднемиоценовых отложений тектоническая обстановка была более спокойной. Накапливались пойменные, болотные, озерные образования. Постоянными поставщиками обломочного материала для формирования осадков среднемиоценового времени были палеогеновые, верхнемеловые и кристаллические породы повышенных участков суши (Белорусский кристаллический массив, Полесская седловина, Украинский щит). Источником для формирования глин среднего миоцена – каолинитовых и каолинитово-монтмориллонитовых являлись коры выветривания, развитые на палеогеновых и верхнемеловых отложениях [11].

Верхний миоцен. Отложения верхнего миоцена в пределах территории исследований развиты наиболее широко, среди них севернее г.п. Антополь (скважины 1, 28, 32, 34, 157, 169) преобладают глины серые со слабым светло-голубоватым оттенком, темно-серые вследствие значительной примеси разложившейся органики. Нередко в толще этих глин отмечаются пестроцветные глины с ржаво-желтыми или реже ржаво-красными пятнами на сером и светло-сером фоне. Западнее г. Пружаны (скважины 348–351, 356, 372, 373, 375) верхнемиоценовые отложения представлены темно-серыми мелкозернистыми, кварцевыми углистыми песками над которыми залегает слой (2–4 м) серых, темно-серых, жирных плотных глин. Мощность отложений верхнего миоцена составляет 4–12 м. Верхний контакт отложений верхнего миоцена отчетливый только в тех случаях, когда они перекрываются непосредственно четвертичными отложениями. В тех разрезах, где они перекрываются отложениями плиоцена, их граница установлена на основании палеоботанических данных, так как плиоценовые образования также представлены глинами, песками или алевроитами [10].

В позднем миоцене в юго-западной части Беларуси в результате проявлений фаз альпийского орогенеза происходило опускание территории [12], что создало благоприятные условия для проникновения сюда с запада вод Познанского бассейна, регрессировавшего к этому времени до крупных реликтовых, постепенно опресняющихся озер [13]. Пониженные зоны образовавшегося пресноводного водоема заполнялись тонкодисперсной монтмориллонитовой и монтмориллонитово-каолинитовой (в верхней части разреза с примесью гидрослюда) глиной благодаря наличию слабощелочной среды, способствовавшей трансформации переотложенного из морских палеогеновых пород глауконита в монтмориллонит [14]. Изучение минерального состава глин свидетельствует о том, что постдиагенетическое формирование их происходило в условиях постоянного промывания подземными водами, об этих процессах свидетельствует вторичная минерализация (цеолиты, водные алюмосиликаты, органоминеральные соединения и пр.). Пестрая окраска обусловлена присутствием минералов закисных и окисных форм железа [11]. Для глин характерно максимальное содержание марганца, что объясняется, в первую очередь, аридизацией климата [14]. В окраинных зонах водоема шло накопление сапропелей, образовавшихся из остатков зеленых водорослей и цианобактерий [11].

Плиоцен. Отложения плиоцена представлены в изученных разрезах в основном алевроитами светло-серыми и серыми с зеленоватым, реже голубоватым и буроватым оттенком. По всему разрезу алевроиты в разной степени песчанистые и глинистые, местами с зачетной горизонтальной слоистостью и растительными остатками. Обычно алевроиты карбонатные или слабо карбонатные в своей верхней части (реже карбонатна

или некарбонатна вся толща). В некоторых разрезах (д. Долбнево Каменецкого района, г. Береза) алевроиты книзу постепенно переходят в мергель светло-серый, с заметной горизонтальной слоистостью и растительными остатками. Иногда на контакте с мергелем отмечается галька кремней и гнейса. В ряде разрезов к нижней части плиоценовых отложений приурочены пески серые, кварцевые, разномеристые (от мелко- до крупно- и грубомеристых). Плиоценовые образования чаще всего подстилаются верхнемиоценовыми глинистыми отложениями, реже среднемиоценовыми угленосными отложениями или палеогеновыми глауконитово-кварцевыми песками морского происхождения. Нижний контакт обычно выражен отчетливо, иногда переход к верхнемиоценовым глинам постепенный. Перекрываются плиоценовые отложения повсеместно четвертичными отложениями, представленными чаще моренными суглинками и супесями, реже песками серыми, желтовато-серыми, разномеристыми, преимущественно мелкомеристыми, полевошпатово-кварцевыми. Контакт с перекрывающими породами, как правило, отчетливый. Мощность плиоценовых отложений колеблется от 11,7 до 30,0 м и обычно составляет 12,0–25,0 м (средняя – 18,0 м) [15].

В плиоцене исследуемая территория представляла собой пенепленизированную равнину, где продолжали свое развитие речные системы с выработанными ими руслами, поймами, старицами, озерами. В небольших водоемах накапливались аллювиальные и озерные осадки, в которых развивалась пресноводная фауна. На остальной части накапливались остаточные продукты кор выветривания, ранее сформировавшихся на повышенных участках более древних отложений (миоценовых, палеогеновых, верхнемеловых), а также в районах развития кристаллических пород. Обломочный материал (кварц, сростки кварца с пиритом, кварциты, мигматиты, граниты) поступал с Белорусского кристаллического массива, Мазурского выступа, Украинского щита и др. В озерах, болотах, расположенных вблизи возвышенных зон, на протяжении многих миллионов лет накапливались коллоиды железистого материала, переходящие в лимонит (болотные железные руды) с содержанием железа до 50%. В песчаных породах аллювиального и озерного генезиса помимо кварца присутствует каолинит, гидроокислы железа, карбонаты, сульфаты, органоминеральные соединения. Сульфаты являются постседиментационными, принесенными в породу минерализованными водами по трещинам и разломам из более древних отложений [11].

Заклучение

Неогеновые отложения в пределах восточной части Подляско-Брестской впадины представлены образованиями миоценового и плиоценового возраста – типичными разнофациальными континентальными комплексами терригенных, глинистых и органо-генных пород. В формационном отношении ниже- и среднемиоценовые отложения образуют верхнюю часть буроугольной формации, составляющей вертикальный ряд с перекрывающей ее верхнемиоценовой формацией монтмориллонитовых глин, которая вверх по разрезу сменяется формацией алевроитов и доломитовых глин (плиоцен – ранний плейстоцен). В неогене данная территория развивалась как континентальная окраина Восточно-Европейской платформы, на которой господствовали аллювиальные, озерные и болотные условия осадконакопления, широкое развитие получил карст. Гидросеть была унаследована от позднего олигоцена, речной сток имел преимущественно юго-западное направление в сторону бывшего моря. В пределах озерно-аллювиальной низменности, возникшей на месте моря в южной части региона, водотоки имели субширотное направление. Палеогеографические условия в ранне- и среднемиоценовое время способствовали образованию в пределах рассматриваемой территории угольных залежей. Анализ геологических условий (структурный план, залегание осадков, мощность буроугольной формации, фации) указывает на возможность открытия новых ме-

сторождений, но запасы их, вероятно, будут сравнительно небольшими, т.к. поймы, старицы, незначительные по своим размерам озера, поверхности типа карстовых воронок (сеть развитых оврагов) не были приспособлены к захоронению больших скопленных органического материала.

Авторы благодарят Я.И. Аношко, Т.Б. Рылову и Т.В. Якубовскую за представленные 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 // Kwartalnik Geol. – 1957. – № 3–4. – S. 386.
4. Pożaryski, W. Jednostki geologiczne Polski / W. Pożaryski // Przegląd Geol. – 1963. – № 1. – S. 5.
5. Синичка, А. М. Кустинская опорная скважина Брестской впадины / А. М. Синичка. – М., 1970. – С. 10.
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. Хроника // Літасфера. – 2017. – № 1 (46). – С. 154.
9. Геология Беларуси / под ред. А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
10. Ажгиревич, Л. Ф. Буроугольная формация кайнозоя Белоруссии / Л. Ф. Ажгиревич. – Минск : Наука и техника, 1981. – 206 с.
11. Невмержицкая, З. М. Условия образования палеоген-неогеновых отложений в Подляско-Брестской и Припятской впадинах / З. М. Невмержицкая, Л. Н. Аракчеева // Неогеновые отложения Белоруссии (стратиграфия, литология, геохимия). – Минск, 1982. – С. 104–115.
12. Палеогеография кайнозоя Беларуси / под ред. А. В. Матвеева. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2002. – 228 с.
13. Dyjor, S. Młodozręczorządowy i eopleistoceni rozój sieci kopalnych dolin w Polsce na tle ewolucji paleogeograficznej obszaru bruzdy środkowoeuropejskiej / S. Dyjor // Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce. – Wrocław ; Łódź, 1987. – S. 13–42.
14. Зайцева, Н. В. Глины среднего олигоцена-плиоцена Белоруссии / Н. В. Зайцева. – Минск : Наука и техника, 1987. – 240 с.
15. Бурлак, А. Ф. Палинологическая характеристика плиоценовых отложений Брестской впадины / А. Ф. Бурлак // Новое о геологическом строении территории БССР. – Минск, 1981. – С. 101–107.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 10.06.2017

Bogdasarov M.A., Grechanik N.F., Kozhanov Y.D., Kukharik Ye.A. Geological Structure and Peculiarities of Formation of Neogene 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 Neogene 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 551.243/.73 (477.5)

А.Н. Вертюх¹, В.И. Филиппов²

¹зам. зав. отделом геолого-промысловых исследований дочернего предприятия
«Научно-исследовательский институт нефтегазовой промышленности»

Национальной акционерной компании «Нефтегаз Украины»

²научный сотрудник сектора стратиграфии Черниговского отделения
Украинского государственного геолого-разведывательного института

e-mail: vertyuh@naukanaftogaz.kiev.ua

КАТАГЕНЕЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЕ (ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ)

Палинологический метод, помимо установления геологического возраста пород, имеет более широкий спектр применения. Одна из его возможностей – это определение степени катагенеза органического вещества, которое, в свою очередь, связано с оценкой нефтегазоносности. В работе приведены данные по определению степени катагенеза органического вещества палинологическим методом и распределения залежей углеводородов в Днепроовско-Донецкой впадине в зависимости от степени катагенетических преобразований вмещающих пород.

Введение

Днепроовско-Донецкая впадина (ДДВ) является основным нефтегазоносным регионом Украины. Залежи углеводородов связаны в основном с палеозойскими, в первую очередь каменноугольными отложениями. Карбон составляют терригенные, карбонатные и угленосные образования морского и субконтинентального генезиса, а девон – терригенные, сульфатно-карбонатные и вулканогенно-осадочные породы, формировавшиеся в эвапоритовом бассейне [1].

Как известно, одним из важных показателей при прогнозировании залежей нефти и газа, в том числе и нетрадиционного типа, является катагенез рассеянного органического вещества (РОВ). Определение степени катагенеза РОВ традиционно проводится методом петрографического изучения по отражающей способности витринита [2; 3], а в последние годы также с помощью установки «Rock-Eval» [4–6]. Внедрению метода отражающей способности в изучении степени катагенеза РОВ способствовали работы И.И. Аммосова [2; 7; 8], Н.Б. Вассоевича [9], С.Г. Неручева и др. [10; 11]. Большое внимание в этих работах уделено изучению степени катагенеза РОВ в связи с прогнозом нефтегазоносности.

Благодаря высокой насыщенности микроспорами верхнепалеозойских отложений для определения относительного геологического возраста пород часто применяется палинологический метод. Параллельно разработана методика определения степени катагенеза РОВ и вмещающих пород по палинологическим данным, которая практически не требует дополнительных финансовых затрат. При ее применении особое внимание уделяется составу, сохранности, количеству, цвету и другим свойствам микроспор.

Материалы и методы

В работе рассматриваются девонские и нижнекаменноугольные отложения ДДВ, по которым собрано достаточное для обобщений количество определений степени катагенеза палинологическим методом.

Препараты, подготовленные для определения степени катагенеза в спорово-пыльцевом анализе, должны соответствовать двум принципиальным требованиям. Первое требование заключается в том, что органическое вещество (ОВ) в конечной пробе

не должно претерпевать дальнейших преобразований в результате химической обработки, что усложняет диагностику миоспор. Вопрос о сохранении РОВ в процессе мацерации от произвольного его разрушения применением сильных кислот и щелочей был решен с разработкой методики бесщелочной мацерации дезинтегрированной породы с использованием фтористоводородной кислоты с последующей отмывкой в воде [12]. Далее производилось разделение минеральной и органической частей пробы центрифугированием в тяжелой жидкости (калий – кадмий – йод). Второе требование предусматривает максимально полное выделение миоспор из породы для получения представительного их комплекса. Частично оно обеспечивалось применением поштучного отбора и пересадки микрофитофоссилий в отдельный препарат [13].

Миоспоры, встреченные в палеозойских отложениях, принадлежат преимущественно высшим растениям. Они имеют различную сохранность (от хорошей до удовлетворительной и плохой), их количество различно (от единичных до многочисленных), но миоспоры встречены во всех типах пород.

Уровень катагенеза органического вещества и оценка изменения физических изменений оболочек миоспор определялись по методике Л.В. Ровниной [14]. Миоспоры, как составная часть РОВ, в процессе литогенеза под влиянием палеотемператур и давления поддаются последовательным изменениям, что отражается в первую очередь на изменении цвета их оболочек. Следовательно, степень катагенетических изменений ОВ и цвет оболочек миоспор являются показателем максимальных палеотемператур, влиянию которых подвергалась та или иная осадочная толща. Согласно упомянутой выше методике, индексы изменения цвета микрофитофоссилий (ИЦМ) увязаны со стадиями литогенеза осадочных пород, палеотемпературами и нефтеобразованием по И.И. Амосову [2; 7; 8], а также со шкалой градаций катагенеза по С.Г. Неручеву, Н.Б. Вассоевичу, Н.В. Лопатину [10].

Нами использовалась семибалльная шкала изменения цвета миоспор на основании сопоставления цвета микрофитофоссилий с данными определения отражающей способности (R^0 , %) витринита из тех же отложений (таблица 1). В Западной Европе также разработана сходная методика [15], отличающаяся от используемой авторами десятибалльной шкалой изменения цвета миоспор (три оттенка желтого, три оттенка оранжевого, три оттенка коричневого и черный цвет). Преимуществом западноевропейской методики является возможность проводить более точные определения, а недостатком то, что различить все эти оттенки под микроскопом очень сложно.

Результаты исследований

Существует несколько классификаций генетического типа органического вещества: фациально-генетическая [9], структурно-химическая [16], вещественно-петрографическая [17; 18], основанная на результатах пиролиза и газо-жидкостной хроматографии генерированных продуктов, углпетрографических исследований (С. Лартер, С. Сенфтил, 1985 и др.).

Мы использовали фациально-генетическую и вещественно-петрографическую классификации. Исходя из них в Днепровско-Донецкой впадине исходный тип РОВ для всех проб из отложений нижнего карбона – гумусовый, группа – углистая (углисто-кутиновая, в меньшей степени кутиновая и кутиново-эксинитовая). Для девонских образований исходный тип РОВ колеблется от гумусового (группа углистая) до сапропелево-лейптинитового и сапропелевого типа (группы от углистой до альгинитовой), что характерно для фаменских (особенно верхнефаменских) пород. Согласно традиционному делению альгинитовая группа отвечает сапропелевому ОВ, углистая – гумусовому, а эксинитовая и кутиновая – промежуточному (по содержанию водорода ближе к сапропелевому).

Таблица 1. – Определение степени катагенеза рассеянного органического вещества

И.И. Аммосов [7–9]				Н.Б. Вассоевич [10], С.Г. Неручев и др. [11; 12]		Шкала градаций цвета микрофитофоссилий (Л.В. Ровнина [15])		
Стадия литогенеза	Стадия, градация	Палео t, °С	R ⁰ , %	Группы	Фазы нефтегазо- ности	Индекс цвета	Цвет микрофитофоссилий	Сохранность
Диагенез	ДГ	50		Торфяная		1	Бесцветный с зеленоватым оттенком	Отличная
Прото- катагенез (ПК)	ПК ₁		0,26	Буроугольная		2	Светло-желтый с зеленоватым оттенком	Хорошая
	ПК ₂		0,33			3	Желтый и желтовато- оранжевый с красноватым оттенком	Хорошая со значительным уплотнением эскины
	ПК ₃		0,45					
Мезо- катагенез (МК)	МК ₁	150	0,57	Длинно- пламенная	Главная фаза нефтеобразования	4	Темно-желтый с коричневатым оттенком	Удовлетвори- тельная
	МК ₂		0,76	Газовая		5	Светло-коричневый	Плохая
	МК ₃		1,05	Жирная				
	МК ₄	200	1,32	Коксовая	Главная фаза газообразования	6	Темно-коричневый	Очень плохая
	МК ₅	250	1,71	Тощие слабо- спекающиеся		7	Черно-коричневый	
Апо- катагенез (АК)	АК ₁		2,21	Тощие спекающиеся			Черный	
	АК ₂		3,0	Ярко выраженная анизотропия				
	АК ₃	300	4,1					

Палинологический материал показывает, что отложения в ДДВ имеют специальный тип РОВ. Он имеет гумусовую основу, но со значительным включением экинитоидной части (споры, пыльца) и содержит большое количество фрагментов растительных тканей. Определение исходного типа РОВ и катагенеза по данным палинологических исследований выполнены по палеозойским отложениям ДДВ, с которыми связаны залежи углеводородов (таблица 2). Примером может служить схематическая карта катагенеза РОВ и распределения месторождений углеводородов в аналогах тульских отложений ДДВ (рисунок).

Таблица 2. – Распределение степени катагенеза РОВ по глубинам и комплексам отложений ДДВ

Фазы нефтегазонасности	Степень катагенеза РОВ	Степень катагенеза (РОВ) по глубинам, %							
		до 3 км	3–4 км	4–5 км	5–6 км				
Верхневизейско-серпуховские отложения									
ГФН	ПК(Б) – МК ₁ (Д)	55	100	66	97	37	87	7	54
	МК ₂ (Г)	38		29		42		37	
	МК ₂₋₃ (ГЖ)	7		2		8		10	
ФГ	МК ₃₋₄ (ЖК)	–	–	3	3	13	13	43	46
	МК ₅ – АК ₁ (ОС)	–		–		–		3	
Нижневизейские отложения									
ГФН	ПК(Б) – МК ₁ (Д)	62	100	49	98	36	86	9	65
	МК ₂ (Г)	38		42		47		45	
	МК ₂₋₃ (ГЖ)	–		7		3		11	
ФГ	МК ₃₋₄ (ЖК)	–	–	2	2	14	14	33	35
	МК ₅ – АК ₁ (ОС)	–		–		–		2	
Турнейские отложения									
ГФН	МК ₁ (Д)	33	100	25	58	17	77	–	55
	МК ₂ (Г)	67		38		48		35	
	МК ₂₋₃ (ГЖ)	–		–		12		20	
ФГ	МК ₃₋₄ (ЖК)	–	–	42	42	21	23	41	45
	МК ₅ – АК ₁ (ОС)	–		–		2		4	
Девонские отложения									
ГФН	ПК(Б) – МК ₁ (Д)	51	97	31	91	26	74	5	41
	МК ₂ (Г)	44		52		37		31	
	МК ₂₋₃ (ГЖ)	2		8		11		5	
ФГ	МК ₃₋₄ (ЖК)	–	3	9	9	24	26	54	59
	МК ₅ – АК ₁ (ОС)	3		–		2		5	

Пробы для палинологических исследований были отобраны из скважин на 240 площадях, где встречены залежи углеводородов: нефтяные (Н), нефтегазоконденсатные (НГК) и газоконденсатные (ГК), при этом 151 из них размещаются в верхнем визе, 74 – в турне и нижнем визе и 15 – в девоне (включая 6 проявлений). На долю залежей нефти приходится 20 %, нефтегазоконденсата – 32 %, газоконденсата – 48 %. Исследования проводились нами в лаборатории Черниговского отделения Украинского государственного геологоразведочного института в 1990–2000-х гг. [19–22].

Для нефтяных залежей по палинологическим данным наблюдается следующая взаимосвязь их со степенью катагенеза вмещающих пород. На градацию ПК(Б) – МК₁(Д) приходится максимум (83 %) запасов нефти. К градации МК₂(Г) их количество резко уменьшается, а на более низких грациях залежи нефти не встречены. Для верхневизейских отложений наибольшее их количество приходится на глубины 4–5 км, достигая

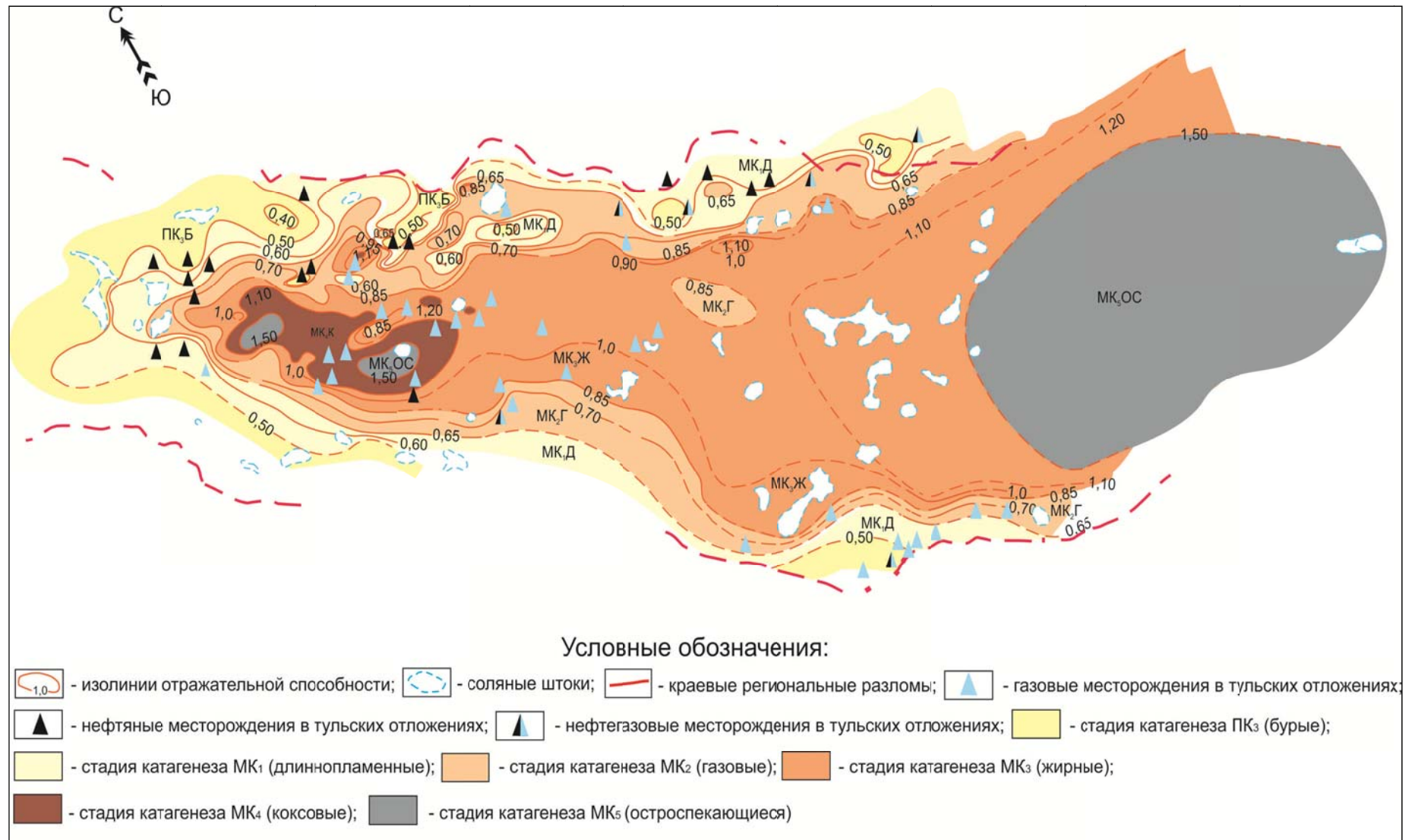


Рисунок. – Схематическая карта катагенеза органического вещества аналогов тульских отложений (XII микрофаунистический горизонт) ДДВ (по палинологическим данным)

максимума на 4 км и исчезающей глубже 5 км. Эти залежи характеризуются низкой стадией катагенеза ПК(Б) – МК₁(Д) по всем интервалам глубин. Для турнейско-нижневизейского комплекса это глубины 3–5 км со стадией катагенеза МК₁(Д) – МК₂(Г). Количество залежей нефти здесь резко понижается до 3 км и полностью исчезает после 6 км. К девонским отложениям приурочено несколько месторождений на глубинах 3–5 км со стадией катагенеза РОВ, которая не превышает МК₁(Д).

Для НГК залежей эти зависимости существенно отличаются. Их максимум приурочен к отложениям, которые находятся на градации МК₂(Г) – 51 %, уменьшаясь на стадии МК₁(Д) до 35 %, а на стадии МК₃(Ж) до 14 %. НГК залежи в верхневизейских отложениях сосредоточены на глубинах 3–5 км, их количество резко уменьшается на глубинах 5–6 км. При этом РОВ пород поздневизейского возраста находится в пределах стадий катагенеза МК₁(Д) – МК₂(Г). Для турнейско-нижневизейского комплекса максимальное количество залежей приурочено к глубинам 3–5 км. РОВ этих отложений находится на стадиях катагенеза, в основном, от МК₂(Г) до МК₃(Ж). Для девонских отложений у нас есть палинологические заключения только по двум месторождениям: Лычковскому НГК и Яблуновскому НГК. Первое расположено на глубине 4 км, а второе – на глубине 5 км. РОВ отложений обоих месторождений находится на стадии катагенеза МК₂(Г).

Максимум газовых залежей приходится на отложения со стадией катагенеза МК₂(Г) – 34 %, уменьшаясь до 24 % на стадии катагенеза ПК(Б) – МК₁(Д) и до 28 % на стадии МК₃(Ж). Минимум приходится на стадию МК₄(К) – 14 %. ГК залежи в верхневизейских отложениях сосредоточены на глубинах 4–5 км со степенью катагенеза РОВ от МК₁(Д) до МК₄(К). Причем 2/3 месторождений имеют стадию катагенеза МК₁(Д) – МК₂(Г), а 1/3 – МК₃(Ж) – МК₄(К). До 3 км и после 5 км количество залежей резко уменьшается, а градации катагенеза колеблются в пределах от МК₁(Д) до МК₄(К).

В турнейско-нижневизейских отложениях основные залежи сосредоточены на глубинах 3–5 км со стадией катагенеза МК₂(Г) – МК₃(Ж), редко МК₄(К). Количество залежей уменьшается после 5–6 км, где катагенез имеет градации МК₂(Г) – МК₄(К), а выше 3 км встречаются лишь единичные ГК месторождения со степенью катагенеза, не превышающей МК₂(Г). Для девонских отложений у нас есть данные только по двум месторождениям: Искровскому ГК и Богатойскому ГК. Первое расположено на глубинах 4–5 км со степенью катагенеза ОВ МК₃(Ж), а второе – на глубинах 5–6 км со степенью катагенеза МК₄(К).

Залежи по глубинам и продуктивным комплексам в зависимости от степени катагенеза ОВ, определенного палинологическим методом, распределены следующим образом (таблица 3).

Таблица 3. – Распределение залежей углеводородов по глубинам и комплексам отложений ДДВ

Возраст	Степень катагенеза органического вещества				Количество месторождений	Всего
	до 3 км	3–4 км	4–5 км	5–6 км		
1	2	3	4	5	6	7
<i>Нефть</i>						
C _{1v2}	ПК – МК ₁ 6/11 %	МК ₁ (Д) 12/23 %	МК ₁ (Д) 7/13 %	–	25/47 %	53 20 %
C _{1v1-t}	-	МК ₁ -МК ₂ 8/15%	МК ₁ -МК ₂ 8/15%	МК ₁ -МК ₂ 1/2%	17/32%	
D ₃	ПК – МК ₁ 1 + 5пр. / 12 %	МК ₁ (Д) 2/4 %	МК ₁ (Д) 2 + 1пр. / 5 %	–	5 + 6пр. / 21 %	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Нефтегазоконденсат						
C ₁ v ₂	МК ₁ (Д) – МК ₂ (Г) 15/20 %	МК ₁ (Д) – МК ₂ (Г) 14/19 %	МК ₁ (Д) – МК ₂ (Г) 11/15 %	МК ₁ (Д) – МК ₂ (Г) ³ / ₄ %	43/58 %	74 32 %
C ₁ v ₁ -t	МК ₂ (Г) – МК ₃ (Ж) 5/7 %	МК ₁ – МК ₂ 13/18 %	МК ₂ (Г) – МК ₃ (Ж) 11/15 %	–	29/40 %	
D ₃	–	МК ₂ (Г) Лычковское	МК ₂ (Г) Яблуновское	–	2/2 %	
Газоконденсат						
C ₁ v ₂	МК ₁ (Д) 14/12 %	МК ₁ – МК ₂ 14/17 % МК ₃ – МК ₄ 5/17 %	МК ₁ (Г) – МК ₃ (Ж) 30/26 %	МК ₂ (Г) – МК ₄ (К) 19/17 %	83/62 %	113 48 %
C ₁ v ₁ -t	МК ₂ (Г) 1/1 %	МК ₂ (Г) – МК ₃ (Ж) 6/8 %	МК ₂ (Г) – МК ₃ (Ж) 12/16 % МК ₄ (К) 1/ 16%	МК ₂ (Г) – МК ₄ (К) 9/12 %	28/37 %	
D ₃	–	МК ₃ (Ж) Искровское	МК ₄ (К) Богатойское	–	2/1 %	

Заклучение

Анализируя полученные данные о катагенезе ОВ по всей впадине и зависимость распределения залежей углеводородов в верхнедевонских и нижнекаменноугольных отложениях от степени катагенетических преобразований вмещающих эти залежи пород, можно сделать следующие выводы.

1. Палинологические данные подтверждают сделанное по другим методам (изучение отражательной способности витринита [3]; применение установки Рок-Эвал [4; 5] заключение о том, что ОВ изученных пород под влиянием температур и давления прошло определенный диапазон катагенетических преобразований от МК₁ до МК₅. При этом геологический возраст имеет незначительное влияние на степень катагенетических преобразований.

2. Катагенетическая преобразованность имеет последовательный характер при относительно равномерном увеличении показателей с глубиной, хотя иногда наблюдается увеличение степени катагенеза при относительно небольшой глубине, а также значительная разница на уровнях близкорасположенных площадей при одинаковой глубине залегания и даже в пределах одной площади. Это можно объяснить тем, что ОВ попадало под влияние физико-химических преобразований, которые связаны с условиями периодических колебаний поверхности осадков по отношению к уровню воды при осадконакоплении.

3. Определение стадий катагенеза вмещающих пород расширяет область применения спорово-пыльцевого анализа, особенно на площадях, где отсутствуют породы для оптического определения катагенеза.

4. Нефтяные залежи приурочены к отложениям с низкой степенью катагенеза – МК₁(Д), единично МК₂(Г) и глубинам 3–5 км. НГК приурочены к глубинам 3–5 км и зонам катагенеза не выше МК₂(Г), единично МК₃(Ж); ГК сосредоточены на глубинах 3–6 км (исключение верхневизейские – до 3 км) и диапазоне катагенеза от МК₁(Д) (ред-

ко) до МК₃(Ж), иногда МК₄(К). На более высоких стадиях катагенеза МК₅(ОС)-АК₁(Т) залежи углеводородов не встречены.

Приведенные данные, несомненно, отражают теоретически обоснованный порядок распределения залежей углеводородов в зависимости от степени катагенеза ОВ, определяющего стадийность нефтегазообразования и миграцию углеводородов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Стратиграфия / отв. ред. Д. Е. Айзенберг. – Киев : Наук. думка, 1988. – 148 с.
2. Аммосов, И. И. Стадии изменения осадочных пород и парагенетические отношения горючих ископаемых / И. И. Аммосов // Совет. геология. – 1961. – № 4. – С. 7–21.
3. Иванова, А. В. Каталог показателей отражения витринита угольной органики осадочной толщи Доно-Днепровского и Переддобруджинского прогибов с установленными палеогеотермическими градиентами и амплитудами вертикальных перемещений тектонических структур / А. В. Иванова. – Киев : Ин-т геол. наук НАН Украины, 2012. – 100 с.
4. Нефтегазогенерационный потенциал пород палеозоя ДДВ по данным пиролиза на «Рок-Эвал» / Б. П. Кабышев [и др.] // Нафта і газ України : матеріали 5 Міжнар. конф. «Нафта–газ України – 98». – Полтава, 1998. – Т. 1. – С. 181–182.
5. Нефтегазогенерационные свойства пород палеозоя ДДВ по данным пиролиза на установке «Рок-Эвал» / Б. П. Кабышев [и др.] // Доповіді НАН України. – 1999. – № 12. – С. 112–117.
6. Sachsenhofer, R. F. Palaeozoic source rocks in the Dniepr Donets Basin, Ukraine / R. F. Sachsenhofer [et al.] // Petroleum Geoscience. – 2010. – Vol. 16. – P. 377–399.
7. Аммосов, И. И. Литификация и нефтегазоносность / И. И. Аммосов // Петрология углей и катагенез горючих ископаемых. – М., 1967. – С. 3–80.
8. Аммосов, И. И. Палеотемпературы и нефтегазоносность / И. И. Аммосов // Тр. Ин-та геологии и разработки горючих ископаемых. – М., 1968. – Вып. 1. – С. 214–241.
9. Вассоевич, Н. Б. Геохимия органического вещества и происхождение нефти : избр. тр. / Н. Б. Вассоевич. – М. : Наука, 1986. – 368 с.
10. Неручев, С. Г. О шкале катагенеза в связи с нефтегазообразованием / С. Г. Неручев, Н. Б. Вассоевич, Н. В. Лопатин // Тр. XXV сессии Междунар. геол. конгресса : докл. совет. геологов. Горючие ископаемые. – М., 1976. – С. 47–62.
11. Неручев, С. Г. Главная фаза газообразования – один из этапов катагенетической эволюции сапропелевого РОВ / С. Г. Неручев, Е. А. Рогозина, Л. Н. Капченко // Геология и геофизика. – 1973. – № 10. – С. 14–17.
12. Филиппов, В. И. Бесщелочная мацерация горных пород / В. И. Филиппов, В. К. Тетерюк // Изв. АН СССР. – 1989. – С. 134–135.
13. Тетерюк, В. К. Методика поштучного отбора ископаемых миоспор / В. К. Тетерюк // Геол. журн. – 1964. – № 6. – С. 82–86.
14. Ровнина, Л. В. Палинологический метод определения уровня катагенеза органического вещества / Л. В. Ровнина // Палинология в СССР. – М., 1980. – С. 20–22.
15. Marshall, J. E. A. Quantitative spore colour / J. E. A. Marshall // Journal of the Geological Society of London. – 1991. – Vol. 148. – P. 223–233.
16. Тиссо, Б. Образование и распространение нефти и газа : пер. с англ. / Б. Тиссо, Д. Вельте. – М., 1981. – 501 с.
17. Парпарова, Г. М. Характеристика рассеянного органического вещества пород по данным углепетрографических исследований / Г. М. Парпарова // Генезис нефти и газа. – М., 1967. – С. 78–82.

18. Штаф, Э. Петрология углей : пер. с англ. / Э. Штаф [и др.]. – М. : Мир, 1978. – 554 с.
19. Вертюх, А. Н. Закономерности распределения залежей нефти и газа в палеозойских отложениях ДДВ и их зависимость от степени катагенеза органического вещества / А. Н. Вертюх, В. И. Филиппов // Палинология: теория и практика : материалы XI Всерос. палинол. конф., Москва, 2005. – М., 2005. – С. 42–43.
20. Вертюх, А. Н. Опыт применения палинологического метода при определении степени катагенеза рассеянного органического вещества в девонских отложениях Днепровско-Донецкой впадины / А. Н. Вертюх, В. И. Филиппов // Новости палеонтологии и стратиграфии. Прил. к журн. «Геология и геофизика». – 2008. – Вып. 10–11. – С. 93–96.
21. Кононенко, Л. П. Условия осадконакопления и катагенез верхневизейских отложений ДДВ / Л. П. Кононенко [и др.] // Актуальные проблемы палинологии на рубеже третьего тысячелетия. – 1999. – С. 149–159.
22. Вертюх, А. М. Вивчення вихідного типу та ступеню катагенезу органічної речовини палеозойських відкладів ДДЗ / А. М. Вертюх, В. І. Філіпов // «Нафта і газ України – 2004» : матеріали 8-ої Міжнар. наук.-практ. конф., Судак, 2004. – Київ, 2004. – С. 51–52.

Рукапіс паступіў у редакцію 16.05.2017

Vertiyukh A.N., Filippov V.I. Catagenesis of Organic Matter by Palinological Data and Distribution of Hydrocarbon Fields in Dnieper-Donets Basin

Besides of geological dating the palynological method has many other applications. One of them is to determine the degree of buried organic matter catagenesis. The latter is related to petroleum potential evaluation of a sedimentary basin. The study features the determination of organic matter catagenesis data acquired by palynological method and their relation to hydrocarbon fields distribution in the Dnieper-Donets basin.

УДК 911.2: 338 (476)

И.М. Гаврильчик

*аспирант кафедры географии и методики преподавания географии
Белорусского государственного педагогического университета имени М. Танка
e-mail: irina_cmd_@gmail.com*

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлена методика комплексной туристско-рекреационной оценки ресурсного потенциала административных районов Витебской области. В соответствии с разработанной методикой произведена оценка природно-рекреационных, культурно-исторических, социально-экономических ресурсов изучаемого региона. Результаты оценки позволили выявить особенности территориальной дифференциации туристско-рекреационного потенциала в пределах области. Анализ результатов комплексной оценки туристско-рекреационного потенциала позволил произвести типологию районов по их величине и внутренней структуре.

Введение

Витебская область обладает богатым ресурсным потенциалом для развития туризма и рекреации, роль которого возросла в связи с ограничением туристского использования вследствие радиационного загрязнения части территории Гомельской и Могилевской областей. Наличие комплекса туристских ресурсов является основой не только для формирования качественного туристского продукта, но и определяет стратегию продвижения региона на международном рынке туристских услуг. Поэтому при планировании развития туризма важно не просто давать характеристику туристско-рекреационного потенциала региона, а проводить комплексную оценку, учитывающую природно-климатические условия, культурно-исторический потенциал, уровень развития туристской инфраструктуры и некоторые другие факторы.

Исследователи, занимающиеся вопросами оценки туристско-рекреационного потенциала, используют различные подходы, исходя из конкретных целей и задач, выбранных объекта и субъекта оценки, оцениваемых территориальных единиц [1–7]. Анализ данных подходов и методик показал: универсальных методов оценки не существует, что отчасти определяется самой природой туристских ресурсов.

Цель работы – выявление особенностей территориальной дифференциации туристско-рекреационного потенциала Витебской области с использованием авторской методики его комплексной оценки.

Методика и организация исследования

В качестве основы для комплексной оценки туристско-рекреационного потенциала (далее ТРП) административных районов была выбрана методика балльной оценки, которая в последние годы широко используется в рекреационной географии, прежде всего для выявления и характеристики природных рекреационных ресурсов.

Туристско-рекреационный потенциал как объект оценки имеет сложную внутреннюю структуру и состоит из следующих блоков ресурсов: природно-рекреационные, культурно-исторические, социально-экономические [6].

Таким образом, интегральная величина ТРП административного района определяется как сумма потенциалов составляющих его блоков и определяется по формуле:

$$ТРП_i = ПРП_i + КИП_i + СЭП_i, \quad (1)$$

где ТРПі – туристско-рекреационный потенциал і-го района, ПРПі – природно-рекреационный потенциал і-го района, КИПі – культурно-исторический потенциал і-го района, СЭПі – социально-экономический потенциал і-го района.

Очевидно, что каждый блок имеет свою сложную внутреннюю ресурсную структуру. Так, например, на втором этапе исследования из каждого блока ресурсов был выделен набор составляющих его компонентов, которые имеют наибольшее значение для организации туризма и рекреации (таблица 1).

Таблица 1. – Структура туристско-рекреационного потенциала

Природно-рекреационные ресурсы	Культурно-исторические ресурсы	Социально-экономические ресурсы
1. Рельеф 2. Гидрографические 3. Биологические 4. Ландшафтные 5. Особо охраняемые природные территории (ООПТ) 6. Минеральные воды 7. Лечебные грязи	1. Историко-культурные ценности (ИКЦ) 2. Музеи 3. Культурные мероприятия (фестивали, праздники и др.)	1. Туристско-рекреационные учреждения 2. Транспортная инфраструктура 3. Индустрия питания

Для всех компонентов, составляющих блоки ресурсов, были выбраны показатели, характеризующие их пригодность для организации туристско-рекреационной деятельности, и определены критерии их оценки (таблица 2). В связи с особенностями субъекта и разнообразием объектов оценивания нами предложена трехбалльная шкала, как наиболее удобная и универсальная, показывающая отношения между субъектом и объектом, каждая ступень, которой является показателем интенсивности их взаимодействия [7]. В соответствии с данной шкалой степень благоприятности того или иного ресурса (компонента) определялась относительно средних величин показателей с учетом существующих норм [9] в туризме: 1 балл – ниже среднего, 2 балла – средняя, 3 балла – выше среднего.

Таблица 2. – Шкала комплексной оценки туристско-рекреационного потенциала, балл

Ресурсы	Компонент	Показатели	Критерии	Оценка
Природно-рекреационные	Рельеф	Глубина расчленения, м	40 и более	3
			10–40	2
			Менее 10	1
		Густота расчленения, км	0,8 и менее	3
		Тип рельефа	Грядовый, крупнохолмистый	3
			Волнистый, средне- и мелкохолмистый	2
			Плоский	1
	Гидрографические условия	Озерность, %	Более 4	3
			4–1	2
			Менее 1	1
		Количество озер площадью более 1 км ² на территории	11 и более	3
			5–10	2
			1–4	1

Продолжение таблицы 2

Природно-рекреационные	Биологические ресурсы	Залесенность, %	50 и более	3
			35–50	2
			Менее 35	1
		Тип леса	Бородавчато-березовые, дубовые	3
			Сосновые, еловые, смешанные	2
			Ольховые, пушисто-березовые на болотах, осиновые	1
		Залуженность, %	Свыше 25	3
			5–25	2
			Менее 5	1
		Заболоченность, %	До 5	3
			5–10	2
			Более 10	1
	Ландшафты	Площадь наиболее ценных ландшафтов, %	Более 90	3
			11–90	2
			10 и менее	1
	Ресурсы ООПТ	Площадь, %	11 и более	3
			5–10	2
			До 5	1
		Количество памятников природы	16 и более	3
			6–15	2
			0–5	1
	Минеральные воды и лечебные грязи	Количество источников минеральной воды	2 и более	3
			1	2
			0	1
		Количество месторождений лечебных грязей	2 и более	3
			1	2
			0	1
Историко-культурные	Историко-культурные ценности	Общее количество ИКЦ	Более 50	3
			21–50	2
			Менее 20	1
		Плотность ИКЦ	Более 30	3
			15–30	2
			Менее 15	1
		Количество ИКЦ «0», «1», «2» категорий	5 и более	3
			1-4	2
			0	1
	Музеи	Количество музеев, галерей	4 и более	3
			2-3	2
			1	1
	Мероприятия	Количество мероприятий (фестивалей, праздников)	3 более	3
			1-2	2
			0	1
Социально-экономические	Туристско-рекреационные учреждения	Плотность рекреационных учреждений, ед./тыс. км ² (ТРУ-1)	16 и более	3
			10–15	2
			Менее 10	1

Окончание таблицы 3

Социально-экономические	Туристско-рекреационные учреждения	Плотность койко-мест/тыс. км ² (ТРУ-2)	Более 500	3
			100–500	2
			Менее 100	1
		Плотность койко-мест/тыс. жителей (ТРУ-3)	Более 20	3
			15–20	2
			Менее 15	1
	Транспортная инфраструктура	Густота автодорог, тыс. км/км ² (ТИ-1)	Более 500	3
			400–500	2
			Менее 400	1
		Насыщенность объектами придорожного сервиса, ед./100 км автодорог (ТИ-2)	2 и более	3
			1,5–1,9	2
			Менее 1,5	1
	Индустрия питания	Плотность объектов питания, ед./тыс. км ² (ИП-1)	Более 50	3
			20–50	2
			Менее 20	1
		Количество мест на 10 тыс. жителей (ИП-2)	Более 1 000	3
			800–1 000	2
			Менее 800	1

Таким образом, **природно-рекреационный потенциал** района определяется по следующей формуле:

$$ПР_i = \frac{P_i + Г_i + Б_i + ООПТ_i + Л_i + МЛ_i}{6}, \quad (2)$$

где P_i – оценка рельефа i -го района, $Г_i$ – оценка гидрографических ресурсов i -го района, $Б_i$ – оценка биологических ресурсов i -го района, $ООПТ_i$ – оценка ресурсов особо охраняемых природных территорий i -го района, $Л_i$ – оценка ландшафтов i -го района, $МЛ_i$ – оценка ресурсов минеральных вод и лечебных грязей i -го района.

Историко-культурный потенциал определяется по количеству объектов духовной и материальной культуры региона с учетом степени их сохранности, уникальности и аттрактивности [1]. При оценке культурно-исторического потенциала следует учесть наличие историко-культурных ценностей республиканского и международного значения, музеев, а также проводимые в районах значимые культурные мероприятия, привлекающие туристов.

Таким образом, культурно-исторический потенциал определяется по формуле:

$$КИП_i = \frac{Ц_i + ПлЦ_i + K_i + M_i + KM_i}{5}, \quad (3)$$

где $КИП_i$ – культурно-исторический потенциал i -го района, $Ц_i$ – оценка общего количества историко-культурных ценностей в i -м районе, $ПлЦ_i$ – плотность историко-культурных ценностей в i -м районе, K_i – оценка количества историко-культурных ценностей республиканского и международного значения в i -м районе, M_i – оценка количества музеев в i -м районе, KM_i – оценка количества культурных мероприятий в i -м районе.

Определение **социально-экономического потенциала** производилось с позиции оценки показателей, характеризующих уровень современного развития туристской инфраструктуры. В частности, уровень развития сети туристско-рекреационных учреждений, транспортной инфраструктуры и индустрии питания.

Формула расчета социально-экономического потенциала туризма и рекреации следующая:

$$СЭП_i = \frac{ТРУ_i + ТИ_i + K_i + ИП_i}{3}, \quad (4)$$

где СЭП_i – социально-экономический потенциал i-го района, ТРУ_i – оценка сети туристско-рекреационных учреждений i-го района, ТИ_i – оценка развития транспортной инфраструктуры i-го района, ИП_i – оценка развития индустрии питания i-го района.

Произведенная оценка блоков ресурсов, составляющих туристско-рекреационный потенциал, позволяет определить его интегральный (комплексный) показатель в соответствии с формулой (1). Полученные результаты отражены в таблице 3.

Таблица 3. – Туристско-рекреационный потенциал административных районов Витебской области

Район	ПРП	ИКП	СЭП	ТРП
Бешенковичский	1,43	1,6	1,73	4,76
Браславский	2,55	2	2,4	6,95
Верхнедвинский	1,95	1,6	1,43	4,98
Витебский	2,08	3	2	7,08
Глубокский	1,8	2,4	2	6,2
Городокский	2,08	1,4	1,4	4,88
Докшицкий	1,66	1,4	1,9	4,96
Дубровенский	1,18	1,6	1,67	4,45
Лепельский	2,05	1,8	2,4	6,25
Лиозненский	1,71	1,4	1,67	4,78
Миорский	2,18	1,6	2	5,78
Оршанский	1,46	2,2	2,17	5,83
Полоцкий	2,21	3	2,27	7,48
Поставский	2,08	2,2	1,77	6,05
Россонский	2,2	1,6	1,1	4,9
Сенненский	1,76	1,2	1,18	4,14
Толочинский	1,33	1,6	1,67	4,6
Ушачский	2,38	1,8	1,6	5,78
Чашникский	1,71	1,2	1,77	4,68
Шарковщинский	1,46	1,6	1,67	4,73
Шумилинский	1,63	1,4	1,67	4,7

Анализ полученных результатов комплексной оценки туристско-рекреационного потенциала позволил произвести типологию районов по их величине и внутренней структуре. По результатам исследования были выделены следующие типы районов:

I. Районы с наименьшим ТРП (до 5 баллов).

1. Наименее перспективные (Бешенковичский, Дубровенский, Лиозненский, Сенненский, Толочинский, Чашникский, Шарковщинский, Шумилинский). Этот подтип районов характеризуется показателями ниже среднего по всем видам ресурсов.

2. Районы с наименьшим ТРП с перспективной туристской специализацией на природно-рекреационные ресурсы (Верхнедвинский, Городокский, Докшицкий, Россонский).

II. Районы со средним ТРП (5–6,5 баллов).

Данный тип включает районы, характеризующиеся благоприятными условиями по двум из трех блоков ресурсов. Например, в Лепельском и Миорском районах

при благоприятных природных и социально-экономических условиях невысокие оценки имеет историко-культурный потенциал. Оршанский район, обладая большим историко-культурным потенциалом и достаточно развитой туристской инфраструктурой, отличается низким природно-рекреационным потенциалом. Также недостаточно высокие оценки имеют природные условия Глубокского района. Недостаточным социально-экономическим потенциалом обладают Поставский и Ушачский районы.

III. Районы с высоким ТРП (более 6,5 баллов).

Данный тип составляют районы, которые в настоящее время уже сложились как достаточно крупные туристские центры республиканского и международного значения (Браславский, Витебский, Полоцкий). Они обладают большим природным (Браславский район) и историко-культурным потенциалом (Полоцкий, Витебский районы), который активно осваивается и вовлекается в туристско-рекреационную деятельность.

Заключение

1. В результате оценки выявлено, что наименее благоприятным природно-рекреационным потенциалом обладают районы, расположенные в основном в восточной части области. Данная группа отличается низкими оценками (менее 1,5 баллов) по большинству показателей, характеризующих природный потенциал туризма и рекреации.

Относительно благоприятные районы характеризуются наличием отдельных ресурсов, пригодных для организации тех или иных видов туристско-рекреационной деятельности, тем самым определяя их возможную туристскую специализацию.

Группу благоприятных составили районы, обладающие оценками выше среднего (более 2 баллов) по большинству показателей. Большая часть таких районов располагается в центральной и западной части Витебской области. Наиболее благоприятным является Браславский район, что объясняется тем, что имеющийся богатый природный потенциал включен в систему особо охраняемых природных территорий. В связи с этим Браславский район получил наивысшую оценку по данному показателю.

2. Анализируя результаты оценки культурно-исторического потенциала, можно сделать вывод о том, что районы, потенциально наиболее благоприятные (2–3 балла) расположены в различных частях Витебской области (на востоке – Витебский и Оршанский, в центральной части – Полоцкий, на западе – Браславский, Поставский и Глубокский). Такая территориальная дифференциация историко-культурного потенциала дает возможность для повсеместного развития экскурсионно-познавательного туризма, в том числе для организации двух- трехдневных экскурсионных маршрутов по территории области.

3. Оценка туристской инфраструктуры, по средствам которой определялся социально-экономический потенциал развития туризма и рекреации, показала достаточно низкий уровень ее развития в большинстве районов.

Недостаточный уровень развития туристской инфраструктуры свидетельствует о неполном использовании имеющегося на сегодняшний день во многих районах туристского потенциала, особенно природно-рекреационного. В первую очередь это относится к таким районам области, как Городокский, Россонский, Поставский и Ушачский, имеющим достаточно высокие оценки по другим видам ресурсов.

4. Использование представленной методики дает возможность проведения туристско-рекреационной оценки ресурсного потенциала административных районов. Это позволяет выявить особенности их территориальной дифференциации в пределах области. Результаты исследования могут послужить основой планирования дальнейшего использования ТРП в целях развития туризма и рекреации, а также быть предпосылкой формирования региональных туристско-рекреационных комплексов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гракова, Л. В. Туристско-экскурсионный потенциал рекреационных ресурсов Беларуси / Л. В. Гракова, Н. С. Шевцова, М. Г. Ясовеев // Вест. БДПУ. Сер. 3, Фізика. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2009. – № 1. – С. 47–52.
2. Курорты и рекреация в Беларуси : монография / М. Г. Ясовеев [и др.] ; под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2005. – 488 с.
3. Марцинкевич, Г. И. Ландшафты Белоруссии / Г. И. Марцинкевич [и др.] ; под ред. Г. И. Марцинкевич, Н. К. Клицуновой. – Минск : Университетское, 1989. – 239 с.
4. Логинов, В. Ф. Курортологическое районирование территории Беларуси / В. Ф. Логинов, М. Г. Ясовеев, О. В. Крылова // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2005. – № 3. – С. 84–94.
5. Лопух, П. С. Закономерности развития природы водоемов замедленного водообмена, их использование и охрана / П. С. Лопух. – Минск : БГУ, 2000. – 332 с.
6. Пирожник, И. И. Проблемы рекреационного природопользования в Беларуси / И. И. Пирожник // Выбр. науч. пр. Беларус. дзярж. ун-та : у 7 т. – 2001. – Т. 7. – С. 501–525.
7. Потаев, Г. А. Рекреационные ресурсы Беларуси: современное состояние, проблемы и перспективы использования / Г. А. Потаев // Природ. ресурсы. – 2000. – № 3. – С. 85–103.
8. Ясовеев, М. Г. Организация санаторно-курортной и туристско-оздоровительной деятельности / М. Г. Ясовеев – Минск : БГПУ, 2016. – 264 с.
9. Рекомендации по формированию рекреационных ландшафтов в условиях Белорусской ССР / БелНИИП градостр-ва ; Г. А. Потаев [и др.]. – Минск, 1984. – 53 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 26.10.2016

Haurylchyk I. Comprehensive Assessment of Resource Potential of Touristic-Recreational Activity of Vitebsk Region

This research work presents a methodology for an integrated tourist and recreational evaluation of the resource potential of the administrative districts of the Vitebsk region. In accordance with the established methodology, the estimation of natural and recreational, cultural, historical, social and economic resources of the region under study. The evaluation revealed the features of territorial differentiation of the tourism potential within the region. Analysis of the results of a comprehensive assessment of the tourism potential, allowed producing a typology of regions for its size and internal structure.

УДК 311.3

Д.В. Никитюк

канд. геогр. наук, зав. каф. туризма и страноведения
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина
e-mail: geo@brsu.brest.by

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА

Закономерности формирования были выявлены на локальном и региональном уровнях развития туристских кластеров. Пространственные закономерности формирования регионального туристского кластера отражаются в эволюции туристской территориальной структуры и проявляются в стремлении рационального, пропорционального размещения и агломерации туристских предприятий в местах отдыха и на территории региона. Исследование формирующегося Брестского регионального туристского кластера показало, что его развитие отражает характерный перечень закономерностей для каждой стадии его эволюции. Выявленные закономерности формирования регионального туристского кластера выступают в качестве индикаторов степени развития рыночного пространства производства и реализации туристских услуг. Установлена взаимосвязь развития регионального туристского кластера и моноцентрической туристской агломерации, формирующейся вокруг большого города.

Использование кластеров в экономике является действенным способом повышения конкурентоспособности регионов. Кластерные инициативы получили широкое распространение в странах Европейского союза (ЕС) в качестве инструмента повышения инновационности производства и антикризисного развития экономики регионов. В 2012 г. в ЕС был зарегистрирован 1 621 кластер, в том числе 51 в сфере туризме [1]. Количество предприятий в составе туристских кластеров за период с 2011 по 2012 г. увеличилось на 6,5 % (прирост – 1 413 предприятий) [1]. Кластерная политика в странах ЕС используется в качестве стимулятора роста занятости. В среднем рост занятости за период с 2011 по 2012 г. в предприятиях туристских кластеров стран ЕС составил 3,6 % (прирост 8 123 человека) [1].

В существующих условиях перехода к рыночной экономике в Беларуси региональный кластер следует рассматривать в качестве своеобразного эволюционного звена развития территориальной организации экономических субъектов, который в туристской сфере пришел на смену территориальной рекреационной системе (ТРС). Ключевым отличием регионального туристского кластера от ТРС является существование внутренней конкурентной среды для реализации туристских услуг на региональном, межрегиональном и международном туристском рынке. Конкуренцию, т.е. противоборство предприятий, в контексте кластерной концепции следует рассматривать как первичную форму взаимодействия, направленную на непрерывное улучшение конечного продукта со стороны конкурирующих субъектов. Конкурентная борьба предприятий происходит на основании различной степени реализации конкурентных преимуществ: пространственного положения, инновационности производства, величины издержек, квалифицированности кадров и т.д.

Классически кластер включает в себя все три элемента (института) модели «тройной спирали» (бизнес, администрацию и академию (науку и образование)) [2], но в зависимости от возможностей региона и целей кластерной политики один из элементов выступает в качестве ведущего. Международный опыт использования кластеров свидетельствует о нескольких видах, либо вариантах их проявления: региональный (географический) кластер (опора на территориальную структуру, региональную систему расселения и управления), кластерная организация (опора на бизнес инициативы; взаимодействие на основании совместных бизнес-проектов и проектного менеджмента) и ин-

новационный кластер (опора на НИОКР и научные парки, взаимосвязь предприятий осуществляется за счет перемещения инноваций в территориальной структуре кластера). Формирование регионального кластера создает условия для появления кластерной организации и инновационного кластера.

Для появления кластерной организации необходима кооперация (кластеризация) бизнеса, сконцентрированного в пределах регионального туристского кластера, что позволяет увеличить частные конкурентные преимущества за счет общих действий. Для появления инновационного кластера необходимо существование в пределах регионального туристского кластера каскада диффузии инноваций, направленного от предприятий и учреждений, расположенных в больших городах, к узлам туристско-рекреационного обслуживания, расположенным в сельской местности и на межселенных территориях. Связь видов кластеров обусловлена тем, что региональный туристский кластер возникает и опирается в своём развитии на сложившуюся территориальную структуру, которая образована местами концентрации туристских предприятий, связанных транспортно-коммуникационным комплексом региона с центром формирования спроса и регионального управления.

Создание туристского рынка в форме туристского кластера обусловлено стремлением прийти к «равновесию Нэша» («Nash equilibrium»), которое применительно к территориальной структуре подразумевает, что ни одна фирма не может увеличить конкурентное преимущество месторасположения в одностороннем порядке без изменения в региональной структуре размещения данного рода предприятий. Следовательно, рациональная туристская территориальная структура является необходимым условием формирования и функционирования рыночного пространства непродуцированной сферы. Таким образом, региональный туристский кластер может рассматриваться как форма территориальной организации туристской деятельности, которая образована связями туристских предприятий и сопряженных отраслей между собой в местах их географической концентрации и с городом как центром формирования туристского спроса, территориального управления, подготовки кадров и распространения инноваций в системе туристских маршрутов

Региональный туристский кластер реализуется в форме сети, функционирующей в системе туристских потоков между туристскими центрами формирования спроса и местами туристского назначения. Форма сети является основополагающей в туристской сфере, так как предприятия связаны с центром спроса и между собой транспортно-коммуникационной сетью, которая может быть также определена как маршрутная сеть циркуляции туристских потоков. Концентрация туристских предприятий образуется на территориях с конкурентными преимуществами, возникающими на основании пространственных закономерностей агломерации и рационального размещения предприятий, что позволяет реализовать маршрутный принцип территориальной организации туристско-рекреационной деятельности. Концентрации туристских предприятий образуют узлы туристско-рекреационного обслуживания, которые в составе регионального кластера имеют определенную степень самостоятельности и отличий в туристской специализации, при этом в качестве факторов объединения выступают большой город (центр спроса на туристский продукт) и транспортная система региона. Совокупность узлов туристско-рекреационного обслуживания, сконцентрированных вблизи большого города, объединенных одним туристским маршрутом и ориентированным преимущественно на один центр туристского спроса, образует линейно-узловой тип туристской территориальной структуры. Следовательно, каждая отдельная линейно-узловая территориальная структура может рассматриваться как потенциальный локальный иерархический уровень регионального кластера, если между туристскими предприятиями в ее пределах возникают конкурентно-партнерские взаимоотношения. Особенности террито-

риальной организации туристской деятельности отражены в модели локального туристского кластера (рисунок 1), которая была разработана на основе полидестинационной модели путешествий Ж. Волла и Т. Гиера [3].

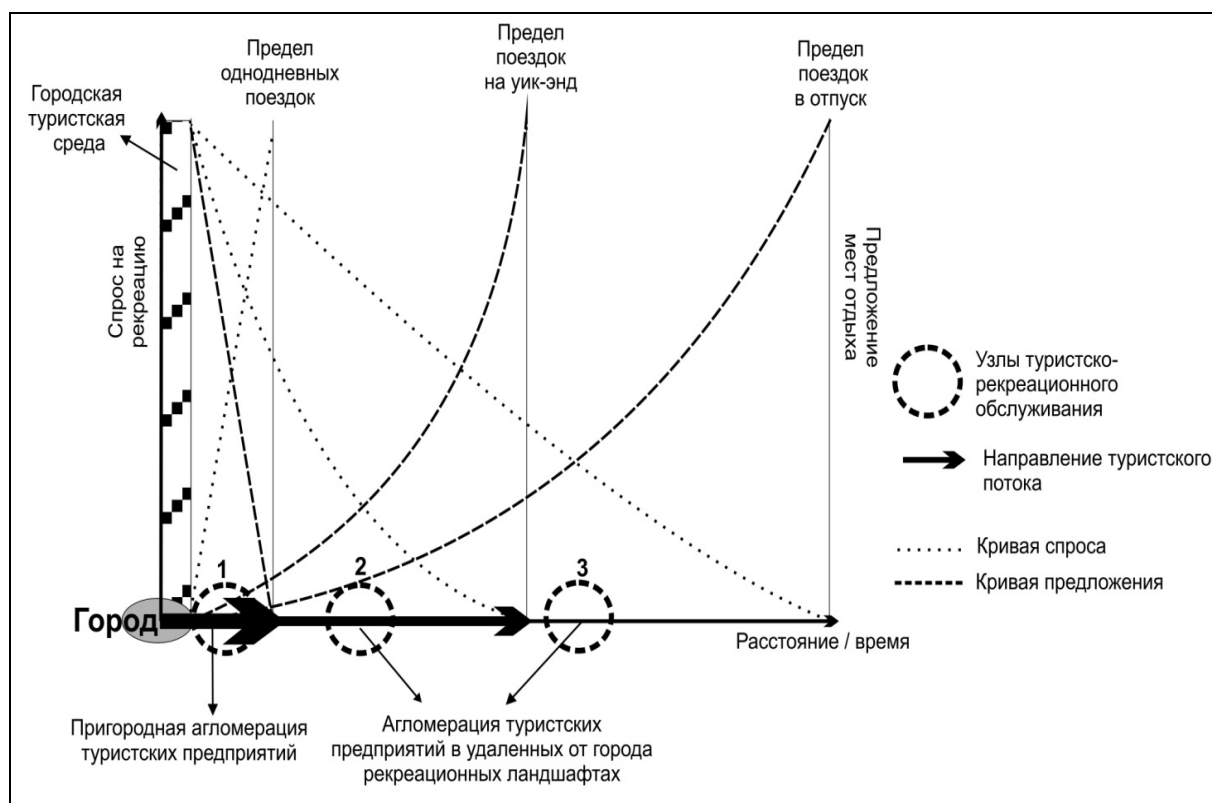


Рисунок 1. – Пространственная модель локального туристского кластера [4]

В модели локального туристского кластера неотъемлемым элементом является город как центральное место региона, который является движущей силой развития кластера. Пространственная модель локального туристского кластера раскрывает поясно-секторное строение регионального туристского пространства, которое формируется при радиально-кольцевой схеме туристских маршрутов, исходящих из большого города, при условии что в их пределах расположены узлы туристско-рекреационного обслуживания. В качестве секторов выступают собственно локальные туристские кластеры, а пояса образованы совокупностью равноудаленных узлов туристско-рекреационного обслуживания в пределах регионального туристского кластера (пояс однодневных, «week-end» и отпускных поездок).

Рассмотрим в качестве примера территориальную организацию туристских предприятий в пределах локальных кластеров, формирующих Брестский региональный туристский кластер (рисунок 2).

Локальные туристские кластеры в Брестском регионе формируются на основании взаимодействия туристского спроса и предложения в системах туристских потоков: г. Брест – курорт местного значения «Озеро Белое»; г. Брест – Национальный парк «Беловежская пуща»; г. Брест – зона отдыха «Сосновый бор». Совокупность локальных кластеров как линейно-узловых структур, сформированных вокруг крупного города, образует ареально-сетевой тип территориальной структуры и обуславливает возможность появления Брестского регионального туристского кластера.



Рисунок 2. – Локальные туристские кластеры Брестского региона

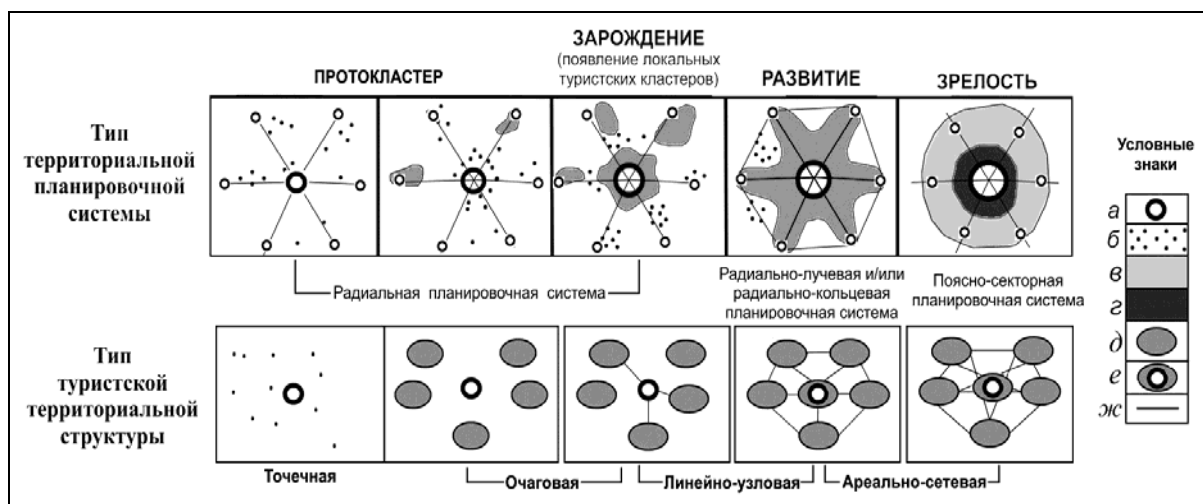
Величина туристского потока, входящего в локальный туристский кластер, обусловлена степенью реализации конкурентных преимуществ, возникающих от расположения предприятий. Размещение туристских предприятий Брестского региона ориентировано на центр формирования спроса (г. Брест), туристскую инфраструктуру в местах с ценными природными ресурсами (зоны отдыха, особо охраняемые природные территории (ООПТ)), а также транспортную инфраструктуру. Это связано с проявлением **закономерности рационального размещения субъектов кластера**. Варианты ориентации размещения являются закономерными для множества туристских предприятий, что и делает возможным реализацию принципа «тройной спирали» (ориентация бизнеса на научный, административный центр и учреждения подготовки кадров) и маршрутного принципа территориальной организации туристских предприятий (ориентацию на рекреационные ресурсы, транспортные магистрали). Данная закономерность обеспечивает аллокационную функцию конкуренции, которая выражается в эффективном размещении самих факторов производства (в первую очередь труда, земли и капитала) в местах, где их применение обеспечивает наибольшую отдачу. Формирование локальных туристских кластеров основывается на особенностях и дифференциации регионального туристского продукта в пределах направления туристского маршрута. Границы временных ограничений поездки по определенному туристскому направлению зависят от величины самого центра кластера: города либо агломерации.

В основе появления конкурентно-партнерских отношений между предприятиями в узлах туристско-рекреационного обслуживания локального кластера находится **пространственная закономерность агломерации предприятий в местах отдыха**. Закономерным является то, что агломерация предприятий появляется вокруг центра (ядра), узлов туристско-рекреационного обслуживания и магистралей. Исходя из данной закономерности предприятия размещаются во взаимосвязи с другими предприятиями с целью получения агломерационного эффекта, т.е. суммарной экономии от взаимодействия субъектов кластера.

Закономерность агломерации основана на действии объективных экономических законов региональной конкурентоспособности и территориальной концентрации, поскольку именно в центре (ядре), магистрали и узлах (элементах локального туристского кластера) сокращаются издержки производства и достигаются показатели рентабельности функционирования туристских предприятий. Присутствие агломерации предприятий в местах отдыха, а следовательно, и возникающая конкуренция позволяет не допустить существование монополий в региональном туристском кластере. Рост количества предприятий порождает *закономерное усиление диверсификации видов туристских услуг и специализации узлов*. Данная закономерность сформировалась благодаря действию законов территориальной дифференциации и интеграции. Агломерационный эффект в местах отдыха, высокая контактность среды и территориальная концентрация разнообразных туристских предприятий и смежных отраслей способствуют сужению их специализации, усилению диверсификации производства, реализации туристско-рекреационных услуг.

Исходя из вышесказанного можно утверждать, что локальные туристские кластеры являются формой экономического и территориального взаимодействия туристских предприятий, которая складывается благодаря процессам агломерирования, конкуренции, кооперации и дифференциации видов туристских услуг.

Развитие регионального туристского кластера подвержено стадийно-эволюционной смене типов туристской территориальной структуры и планировочной системы. На рисунке 3 представлено графическое отражение территориальной эволюции регионального туристского кластера.



а – город; б – фрагментарное освоение; в – плотный ареал освоения; г – зона отталкивания вокруг города; д – узлы туристско-рекреационного обслуживания; е – пригородный узел туристско-рекреационного обслуживания; жс – оси (транспортные магистрали)

Рисунок 3. – Стадии развития регионального туристского кластера [сост. по 5; 6]

Исходя из современной стадии развития территориальной структуры и планировочной системы, Брестский региональный туристский кластер следует определить как формирующийся, либо развивающийся. Это связано с тем, что в високовском и малоритском направлениях не сформированы узлы туристского обслуживания, а тип территориальной структуры не является линейно-узловым. При этом формирование локальных туристских кластеров в високовском и малоритском направлениях будет свидетельствовать о возникновении туристской агломерации вокруг г. Бреста, что обусловит появление ареально-сетевых типа туристской территориальной структуры и позволит выделить Брестский региональный туристский кластер как окончательно сложившийся. В связи с этим можно сделать логический вывод о близости территориального измерения понятий «региональный туристский кластер» и «туристская агломерация», так как в обоих случаях речь идет о высокой степени освоения рекреационных ресурсов и концентрации туристских предприятий вокруг города.

Формирование туристской агломерации является индикатором стадии предельного развития регионального туристского кластера и его планировочной системы. ***Закономерность появления туристской агломерации вокруг большого города*** основана на высокой степени комплексности и интеграции индустрии туризма, что оказывает значительное влияние на окружающую территорию, видоизменяя ее экономическую структуру и социальные аспекты жизни населения [7]. Формирование туристской агломерации сопровождается созданием в границах туристской агломерации рынка высококвалифицированной рабочей силы, нацеленной на производство новых идей. Закономерность появления туристской агломерации связана с постоянным ростом диверсификации видов туристских услуг и специализации локальных кластеров. В границах туристской агломерации формируется специфическая поясно-секторная структура, каждый элемент которой приобретает свои уникальные функциональные черты. На предприятиях каждого пояса и сектора (локального туристского кластера) формируется уникальная специализация. Следствием появления туристской агломерации является ***закономерность роста разнообразия туристских услуг при приближении к ядру регионального туристского кластера (большому городу)***, которая связана с общим экономическим законом разделения труда.

В региональном туристском кластере при приближении к его центру существенно увеличивается количество разных видов экономической деятельности, активизируются межотраслевые связи, усиливаются комплексная взаимосвязь и взаимодополняемость отдельных предприятий на основе аутсорсинга. Насыщенность центра туристскими предприятиями обуславливает необходимость поиска новых рынков реализации туристского продукта и ориентацию производства на территории с меньшими издержками производства.

Коммерческий интерес выхода на новые рынки сбыта обуславливает ***пространственную закономерность пропорционального размещения*** туристских предприятий. Данная закономерность выражается в равномерном расположении предприятий по территории региона для удовлетворения потребностей наибольшего количества населения. В качестве основного механизма выступает конкуренция за зоны сбыта, туристско-рекреационного продукта. Появление данной закономерности обусловлено адаптационной функцией конкуренции. Туристские предприятия в высококонкурентных рыночных условиях, образованных туристской агломерацией стремятся адаптироваться к условиям внутренней и внешней среды, что позволяет перейти от экономического выживания к расширению рынков реализации туристского продукта.

При формировании туристских кластеров существенно усиливается конкурентная борьба за ряд экономических факторов развития предприятий (прежде всего за землю и капитал). В результате в узлах туристско-рекреационного обслуживания эффек-

тивно развиваются только те предприятия, которые удачно используют свои экономические преимущества, активно внедряют инновации, повышают уровень конкурентоспособности продукции [7]. Формирование инноваций в системе регионального кластера следует воспринимать как способ эффективно приспосабливаться к изменениям внешней среды. Это своеобразная защита конкурентоспособности, которая обнаруживается в различных проявлениях новаторства (нововведений), опирающихся на достижения научно-технического прогресса и предопределяющих динамизм фактического развития субъектов рыночной экономики. При этом стоит отметить, что преобразование регионального в инновационный кластер происходит без изменения его территориальной структуры, благодаря усилению кооперации предприятий с научными и образовательными учреждениями для создания отличающегося (нового) конкурентоспособного продукта.

Таким образом, формирование регионального туристского кластера является закономерным стадийно-эволюционным процессом, ключевые закономерности которого отражены в таблице.

Таблица. – Пространственно-временные закономерности формирования региональных туристских кластеров

Стадии эволюции	Иерархический уровень туристского кластера	Закономерности	Тип туристской территориальной структуры
Протокластер	Локальный протокластер	Рациональное размещение	Очаговый
Зарождение	Локальный кластер	Агломерация туристских предприятий в местах отдыха	Линейно-узловой (радиально-лучевая планировочная система размещения узлов туристско-рекреационного обслуживания)
		Усиление диверсификации видов туристских услуг и продукта и специализации узлов	
		Территориальная концентрация туристских предприятий вокруг центра (ядра), узлов и магистралей	
Развитие	Региональный кластер	Рост разнообразия туристских услуг при приближении к центру (большому городу) регионального туристского кластера	Ареально-сетевой (поясно-секторная территориальная система размещения узлов туристско-рекреационного обслуживания)
Зрелость		Пропорциональное размещение	
		Появление туристской агломерации вокруг большого города	

Учет представленных закономерностей позволит обеспечить планомерный, сбалансированный, научно обоснованный характер формирования региональных туристских кластеров в условиях рыночной самоорганизации предприятий и незначительного административного регулирования со стороны региональной власти. Использование региональных туристских кластеров является более эффективным инструментом, повышающим конкурентоспособность регионов по сравнению с плановыми способами развития туристско-рекреационного комплекса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. European Cluster Observatory [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: <http://www.clusterobservatory.eu>. – Date of access: 09.02.2013.
2. Портер, М. Конкуренция / М. Портер. – М., 2001. – 495 с.
3. Саранча, М. А. К изотропным моделям туристско-рекреационных миграций / М. А. Саранча // Вестн. Удмурт. ун-та. – 2009. – № 1. – С. 137–142.
4. Никитюк, Д. В. Идентификация туристских кластеров (на примере Брестской области) / Д. В. Никитюк // Земля Беларуси. – 2012. – № 4. – С. 40–43.
5. География рекреационных систем СССР : монография / Акад. наук СССР, Ин-т географии ; редкол.: В. С. Преображенский (отв. ред.) [и др.]. – М. : Наука, 1980. – 218 с.
6. Митрафанова, А. Н. Региональный туристский кластер как форма пространственной организации туризма (на примере Калининградской области) : дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.24 / А. Н. Митрафанова. – Калининград, 2010. – 150 л.
7. Ищук, С. И. Размещение производительных сил и территориальная организация производства / С. И. Ищук. – Киев, 2002.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 26.10.2016

Nikityuk D.V. Spatial Regularities of Formation of Regional Tourism Cluster

Regularities of formation have been identified at local and regional levels of development of tourism clusters. Spatial patterns of regional tourism cluster formation reflected in the evolution of tourism and territorial structure in an effort to appear rational, proportionate and organize agglomeration of tourism enterprises in recreational areas and the region. The study, which is formed of Brest regional tourism cluster, showed that the development of the cluster reflects the typical list of patterns for each stage of its evolution. The revealed the formation of regional tourism cluster act as indicators of the degree of development of the market space of production and sales of tourist services. The interrelation between regional development and tourism cluster monocentric tourist agglomeration shape around a big city.

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 зносаў.

Матэрыял уключае наступныя элементы па парадку:

- індэкс УДК (выраўноўванне па левым краі);
- ініцыялы і прозвішча аўтара (аўтараў) (выдзяляюцца паўтлустым шрыфтам і курсівам; выраўноўванне па цэнтры);
- звесткі пра аўтара (навуковая ступень, званне, пасада);
- назва артыкула (друкуецца вялікімі літарамі без пераносаў; выраўноўванне па цэнтры);
- анатацыя ў аб'ёме ад 100 да 150 слоў на мове артыкула (курсіў, кегль – 10 pt.);
- звесткі аб навуковым кіраўніку (для аспірантаў і саіскальнікаў) указваюцца на першай старонцы артыкула ўнізе;
- асноўны тэкст, структураваны ў адпаведнасці з патрабаваннямі ВАКа да навуковых артыкулаў, якія друкуюцца ў выданнях, уключаных у Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў (Уводзіны з пастаўленымі мэтай і задачамі; Асноўная частка, тэкст якой 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, К.М. Мароз, Л.М. Калілец*

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

Падпісана ў друк 01.12.2017. Фармат 60×84/8. Папера афсетная.

Гарнітура Таймс. Рызаграфія. Ум. друк. арк. 15,11. Ул.-выд. арк. 11,51.

Тыраж 100 экз. Заказ № 484.

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.