ISSN 2072-2087

# ВЕСТНИК
# Брянского государственного университета

The Bryansk State University Herald

№ 4
2014

## ТОЧНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

## EXACT AND NATURAL SCIENCES

**ББК 74.58**
**В 38**
Вестник Брянского государственного университета. №4 (2014): Точные и естественные науки. Брянск: РИО БГУ, 2014. - 212 с.

**Редакционная коллегия:**

*Л.М. Ахромеев* – кандидат географических наук, доцент БГУ (отв. редактор по направлению «Естественные науки»);
*С.Л. Будько* – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Национальной лаборатории в Эймсе, университет штата Айова, США;
*А.Д. Булохов* – доктор биологических наук, профессор БГУ (отв. редактор номера);
*Рафал Госик* – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии Института биологии и биохимии Люблинского университета Марии Кюри-Склодовской;
*В.В. Новиков* – доктор физико-математических наук, профессор БГУ (отв. редактор по направлению «Физика»);
*С.В. Трубников* – кандидат физико-математических наук, доцент БГУ;
*Ф.А. Шамоян* – доктор физико-математических наук, профессор БГУ (отв. редактор по направлению «Математика»);
*Н.А. Широков* – доктор физико-математических наук, профессор Петербургского государственного университета;
*О.С. Щетинская* – кандидат химических наук, доцент БГУ.

**Editorial board:**

*L.M. Akhromeev* – Candidate of Geographical Sciences, associate professor BSU;
*S.L. Budko* – Candidate of physics and mathematics, the research associate of National laboratory in Ames, university of the State of Iowa, the USA;
*A.D. Bulokhov* – Doctor of Biological Sciences, professor BSU (managing editor);
*Rafal Gosik* – Candidate of Biological Sciences, associate professor of zoology of Institute;
*V.V. Novikov* – Doctor of Physics and Mathematics, professor BSU (managing editor);
*S.V. Trubnikov* – Candidate of Physics and Mathematics, associate professor BSU;
*F.A. Shamoyan* – Doctor of Physics and Mathematics, professor BSU (managing editor);
*N.A. Shirokov* – Doctor of Physics and Mathematics, professor of Saint Petersburg State University;
*O.S. Shchetinskaya* – Candidate of Chemical Sciences, associate professor BSU.

В этом выпуске Вестника Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского представлены материалы по основным направлениям исследований ученых и аспирантов в области математики, физики, биологии, химии и географии. Предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Ответственность за точность фактологического материала, используемого в статьях, несут авторы.

**Подписной индекс «Роспечать» -47075 годовая**
**Подписной индекс «Пресса России»- 40705 годовая**

© РИО БГУ, 2014

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА

*Каморников С.Ф., Сорокина М.М.*
О ДОПОЛНЯЕМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ РЕШЕТКИ РАЗРЕШИМЫХ РЕГУЛЯРНЫХ ТРАНЗИТИВНЫХ ПОДГРУППОВЫХ ФУНКТОРОВ ..... 9
*Корнева И.П.*
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА РЕЗОНАНСНЫМИ МЕТОДАМИ ..... 14
*Лагерев А.В., Лагерев И.А.*
ОПТИМИЗАЦИЯ ШАГА УСТАНОВКИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВДОЛЬ ЛИНИИ КАНАТНОГО МЕТРО ..... 22
*Римская Л.П.*
СИСТЕМЫ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ СО СДВИГОМ КАРЛЕМАНА В ТЕОРИИ СКЛЕИВАНИЯ УПРУГИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ..... 31
*Шамоян Ф.А.*
ТЕПЛИЦЕВЫ ОПЕРАТОРЫ И ВОПРОСЫ ФАКТОРИЗАЦИИ В ГЕЛЬДЕРОВСКИХ ПРОСТРАНСТВАХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ..... 34
*Юденков А.В., Володченков А.М.*
СТОХАСТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ГИЛЬБЕРТА ДЛЯ N-АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В СТАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ИЗОТРОПНОГО ТЕЛА ..... 43
*Юденков В.В., Юденкова А.П.*
ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ Т – Т ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ ОТ ЧАСТОТЫ ВОЗБУЖДАЮЩЕГО СВЕТА ..... 45

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

*Афонин А.А., Зайцев С.А., Долгая Е.А.*
ДИНАМИКА СРЕДНЕСУТОЧНОГО РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА НЕСУЩИХ ПОБЕГОВ ИВЫ БЕЛОЙ (SALIX ALBA L.) ..... 48
*Баландайкин М.Э.*
ВАРИАЦИЯ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ПЛАСТИД BETULA L. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ..... 52
*Бахтинов А.П.*
ОТКРЫТИЕ КАУДАЛЬНОЙ НЕЙРОСЕКРЕТОРНОЙ СИСТЕМЫ (КНСС) ЧЕЛОВЕКА, МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ ..... 59
*Булохов А.Д.*
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОРМОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ И СЕЯНЫХ ЛУГОВ БАССЕЙНА РЕКИ ИПУТЬ В РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕНЫХ РАЙОНАХ БРЯНСКОЙ И ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 61
*Ворочай Ю.А.*
СТАДИИ ЗАРАСТАНИЯ И СУКЦЕССИОННЫЙ СТАТУС ВОДОЁМОВ (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ) ..... 66
*Голощапова С.С., Литвин Ф.Б.*
ВЛИЯНИЕ АПИПРОДУКТА «БИЛАР» НА ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ БЕЛЫХ МЫШЕЙ ПРИ НАГРУЗКЕ ..... 71
*Гриб В.В., Зайцева Е.Н., Зайцева Е.В., Прокофьев И.Л.*
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРДЦА И ЛЕГКИХ НЕТОПЫРЯ МАЛОГО (PIPISTRELLUS PYGMAEUS) ..... 76

*Долганова М.В., Демихов В.Т.*
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ИНДЕКСА СУХОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПОЧВОЗАЩИТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ..... 79
*Ипастова И.Д., Перфильева Н.П.*
О ВЛИЯНИИ ДИМЕФОСФОНА НА МОРФОЛОГИЮ МОЗЖЕЧКА БЕЛОЙ КРЫСЫ.. 83
*Катунина Н.П., Стратиенко Е.Н., Кухарева О.В., Цеева Ф.Н., Гнеушев И.М.*
ИЗУЧЕНИЕ АНТИГИПОКСИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ..... 88
*Кобозев Д.А., Семенищенков Ю.А.*
К ОЦЕНКЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ КРУПНОМАСШТАБНОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГО-ФЛОРИСТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ..... 93
*Колотилова О.И., Коренюк И.И., Хусаинов Д.Р., Черетаев И.В.*
ДОФАМИНЕРГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОЗГА..... 97
*Куница М.Н.*
ТРАНСФОРМАЦИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ..... 106
*Лобанов Г.В., Зверева А.Ю., Коханько М.В., Хорина Е.В., Тришкин Б.В., Полякова А.В., Ужакина А.П.*
СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАХОТНЫХ УГОДИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТ ..... 112
*Лобанов Г.В., Сабайда Е.А., Тришкин Б.В., Зверева А.Ю., Полякова А.В., Новикова М.А., Коханько М.В.*
ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛА МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА ВЕРХНЕГО ДНЕПРА). ..... 117
*Любимов В.Б., Мельников Е.В., Солдатова В.В.*
АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ОПТИМИЗАЦИЮ ПРОЦЕССА РАЗМНОЖЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ..... 126
*Молявко А.А.*
ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ..... 134
*Молявко А.А*
РАЗЛИЧНЫЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В МАЛОПОЛЬНЫХ СЕМЕНОВОДЧЕСКИХ СЕВООБОРОТАХ КАРТОФЕЛЯ..... 138
*Мытницкая Ю.Ф., Заякин В.В.*
ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ VENT ДНК-ПОЛИМЕРАЗЫ НА ДИНАМИКУ РЕАКЦИИ АМПЛИФИКАЦИИ ДНК ПО МЕХАНИЗМУ КАТЯЩЕГОСЯ КОЛЬЦА..... 144
*Петракова Е.А.*
МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИНКА В ПРОБАХ СТОЧНЫХ, ПОДСТОЧНЫХ ВОД И РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЕ..... 148
*Петухова Н.Ф., Трошина М.В., Иванова Т.Г., Лютый Р.Ю., Цублова Е.Г., Яснецов В.В., Скачилова С.Я.*
ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИГИПОКСИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И АМИНОКИСЛОТ В УСЛОВИЯХ ОСТРОЙ КИСЛОРОДНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ..... 151
*Плевако Л.С., Леонова А.Е., Зверева А.Ю., Анищенко Л.Н.*
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РОДНИКОВ (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ) ..... 155
*Пономарев В.А., Клетикова Л.В., Пронин В.В., Якименко Н.Н., Зинина Е.Н.*
МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯИЦ СОРОКИ (PICA PICA L.) ..... 160

*Прокофьев И.Л., Голощапова С.С.*
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОАККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДОЖДЕВЫМИ ЧЕРВЯМИ В ПОЧВЕ ГОРОДА БРЯНСКА.....164
*Родин А.Р., Копытков В.В.*
ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД.....168
*Севостьянова Н.Т., Баташев С.А., Родионова А.С.*
КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОКАРБОМЕТОКСИЛИРОВАНИЯ ЦИКЛОГЕКСЕНА, КАТАЛИЗИРУЕМОГО СИСТЕМОЙ PD(OAC)2 – PPH3 – П-ТОЛУОЛСУЛЬФОКИСЛОТА.172
*Семенищенков Ю.А.*
ОБ АССОЦИАЦИИ ПРИРУЧЬЕВЫХ ЕЛЬНИКОВ В ЮЖНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РОССИИ.....177
*Слюнченко Р.А.*
СПЕЦИФИКА РЕКРЕАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДА БРЯНСКА.....183
*Снежко С. И., Куприков И.В., Шевченко О.Г., Павельчук Е.М., Дидовец Ю.С.*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНО-БАЛАНСОВОЙ МОДЕЛИ ТУРКА И ЧИСЛЕННОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ REMO ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МЕСТНОГО СТОКА В УКРАИНЕ В XXI ВЕКЕ.....191
*Хлопяников А.М., Артюхов А.И., Лукашевич М.И., Куренская О.Ю., Наумкин В.Н.*
ОСОБЕННОСТИ НАРАСТАНИЯ БИОМАССЫ И ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ СЕМЯН ЛЮПИНА БЕЛОГО В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ.....201
*Черятова Ю.С.*
АНАТОМО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СЫРЬЯ ПАССИФЛОРЫ МЯСО-КРАСНОЙ.....204

# CONTENT

## MATHEMATICS, PHYSICS

*Kamornikov S.F., Sorokina M.M.*
ON COMPLEMENTATION OF ELEMENTS OF THE LATTICE OF SOLVABLE REGULAR TRANSITIVE SUBGROUP FUNCTORS ..... 9
*Korneva I.P.*
RESEARCHING TASKS AT STUDYING OF THE STATE OF CONDENSED MATTER BY RESONANCE METHODS ..... 14
*Lagerev A.V., Lagerev I.A.*
CABLE TRANSPORT SYSTEM "KANATNOE METRO" TOWERS DISTANCE OPTIMISATION ..... 22
*Rimskaja L.P.*
THE SYSTEMS OF SINGULAR INTEGRAL EQUATIONS WITH CARLEMAN'S ELATION IN THE THEORY OF THE GLUING TOGETHER THE PLIANT SURFACES ..... 31
*Shamoyan F.A.*
TOEPLITZ OPERATORS AND QUESTIONS OF FACTORIZATION IN GELDEROVSKY SPACES OF ANALYTICAL FUNCTIONS ..... 34
*Judenkov A.V., Volodchenkov A.M.*
GILBERT'S STOCHASTIC PROBLEM FOR N-ANALYTICAL FUNCTIONS IN THE STATICAL THEORY OF ELASTICITY OF THE ISOTROPIC SOLID ..... 43
*Judenkov V.V., Judenkova A.P.*
THE CORRESPONDENCE OF THE EFFECTIVENESS OF THE T-T EXCITATION BY ELECTRON COLLISION'S ENERGY FLUENCE FROM THE EXCITATION LIGHT'S FREQUENCY ..... 45

## NATURAL SCIENCES

*Afonin A.A., Zaitsev, S.A., Dolgaya E.A.*
DYNAMICS OF THE AVERAGE DAILY RADIAL GAIN THE BEARING ESCAPES OF THE WILLOW WHITE ..... 48
*Balandaykin M.E.*
VARIATION OF PIGMENTARY COMPLEX OF PLASTID OF BETULA L. IN DEPENDING ON FACTORS OF MEDIUM ..... 52
*Bachtinov A.P.*
THE DISCOVERY OF THE CAUDAL NEUROSECRETORY SYSTEM (CNSS) OF HUMAN, MAMMALS AND BIRDS ..... 59
*Bulokhov A.D.*
THE ASSESSMENT OF QUALITY OF FORAGES OF NATURAL AND SOWING MEADOWS OF THE RIVER BASIN TO INUT IN RADIATION AND DIRTY REGIONS OF THE BRYANSK AND GOMEL REGION ..... 61
*Vorochay Y. A.*
STAGE OF VEGETATION AND SUCCESSIONAL STATUS OF WATER BODIES (BRYANSK REGION) ..... 66
*Goloshchapova S.S., Litvin F.B.*
INFLUENCE APIPRODUCT «BILAR» ON BLOOD PARAMETERS OF LABORATORY MICE ON PHYSICAL ACTIVITY ..... 71
*Grib V.V., Zaitseva E.N., Zaitseva E.V., Prokofev I.L.*
MORPHOLOGICAL FEATURES OF HEART AND LUNGS OF PIPISTRELLUS PYGMAEUS ..... 76

*Dolganova M.V., Demihov V.T.*
THE STUDY OF SPATIAL-TEMPORAL FLUCTUATIONS INDEX OF DRYNESS ON THE TERRITORY OF THE BRYANSK REGION FOR JUSTIFICATION OF CONSERVATION AGRICULTURE ..... 79
*Ipastova I.D., Perfilieva N.P.*
EFFECT OF THE DIMEPHOSPHONE ON THE MORPHOLOGY OF THE CEREBELLUM OF THE WHITE RAT ..... 83
*Katunina N.P., Stratienko E.N., Kukhareva O.V., Tseeva F. N., Gneushev I.M.*
THE STUDY OF ANTIHYPOXIC OF NEW COMPLEX METAL COMPOSITIONS ..... 88
*Kobozev D. A., Semenishchenkov Yu. A.*
TO THE ASSESSMENT OF SPATIAL HETEROGENEITY OF FOREST VEGETATION FOR LARGE SCALE MAPPING ON THE BASE OF THE BRAUN-BLANQUET APPROACH ..... 93
*Kolotilova O.I., Koreniuk I.I., Khusainov D.R., Cheretaev I.V.*
DOPAMINERGIC BRAIN SYSTEM ..... 97
*Kunitsa M.N.*
TRANSFORMATION OF DEMOGRAPHIC STRUCTURE OF THE POPULATION OF CENTRAL RUSSIA ..... 106
*Lobanov G.V., Zvereva A.U., Kohanko M.V., Horina E.V., Trishkin B.V., Polyakova A.V., Uzakina A.P.*
SEASONAL DYNAMICS OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE ARABLE LAND OF THE BRYANSK REGION ..... 112
*Lobanov G.V., Sabayda E.A., Trishkin B.V., Zvereva A.U., Polyakova A.V., Novikova M.A., Kohanko M.V.*
APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF SMALL HYDROPOWER POTENTIAL (ON THE EXAMPLE OF THE UPPER BASIN OF THE DNIEPER) ..... 117
*Lyubimov V.B., Melnikov E.V., Soldatova V.V.*
FARMING TECHNIQUES AIMED AT OPTIMIZING THE PROCESS OF REPRODUCTION WOODY PLANTS ..... 126
*Molyavko A.A.*
INNOVATIVE PRODUCTION TECHNOLOGY OF POTATOES ..... 134
*Molyavko A.A.*
VARIOUS SYSTEMS OF FERTILIZER IN THE MALOPOLNYKH SEED-GROWING CROP ROTATIONS OF POTATOES ..... 138
*Mytnickaya Yu.F., Zayakin V.V.*
EFFECT OF THE VENT DNA POLYMERASE CONCENTRATION ON THE DYNAMICS OF THE ROLLING CIRCLE AMPLIFICATION ..... 144
*Petrakova E.A.*
METHODS FOR DETERMINATION OF ZINC IN SAMPLES OF SEWAGE, PODSTROCHNYH WATER AND PLANT BIOMASS ..... 148
*Petuhova N.F., Troshina M.V., Ivanova T.G., Lyutyj R.Yu., Tsublova E.G., Yasnetsov V.V., Skachilova S.Ya.*
STUDY OF ANTIHYPOXIA PROPERTIES OF NEW DERIVATIVES OF HETEROCYCLIC COMPOUNDS AND AMINO ACIDS IN ACUTE OXYGEN DEFICIENCY ..... 151
*Plevako L.S., Leonova A.E., Zvereva A.Y., Anishchenko L.N.*
THE ECOLOGICAL CONDITION OF THE SPRINGS (BRYANSK REGION) ..... 155
*Ponomarev V. A., Pronin V. V., Kletikova L. V., Yakimenko N.N., Zinina E. N.*
MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS EGGS MAGPIE (PICA PICA L.) ..... 160
*Prokofev I.L., Goloschapova S.S.*
STUDIES OF HEAVY METAL BIOACCUMULATION BY EARTHWORMS IN SOIL OF BRYANSK ..... 164

*Rodin A.R., Kopytkov V.V.*
THE EFFECT OF POLYMER COMPOSITION ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SEEDLINGS OF CONIFERS ..... 168
*Sevostyanova N.T., Batashev S.A., Rodionova A.S.*
KINETIC MODEL OF CYCLOHEXENE HYDROCARBOMETHOXYLATION CATALYSED BY THE PD(OAC)2 – PPH3 – P-TOLUENESULFONIC ACID SYSTEM ..... 172
*Semenishchenkov Yu. A.*
ABOUT THE NEW ASSOCIATION OF STREAM SPRUCE FORESTS IN THE SOUTHERN NECHERNOZEMYE OF RUSSIA ..... 177
*Sljunchenko R.A.*
THE SPECIFICITY OF RECREATIONAL SPACE IN THE CITY OF BRYANSK ..... 183
*Snezhko S.I., Kuprikov I.V., Shevchenko O.G., Pavelchuk E.M., Didovets Yu.S.*
USING OF THE WATER BALANCE MODEL OF TURC AND NUMERICAL REGIONAL MODEL REMO FOR ASSESSMENT OF LOCAL WATER RESOURCES IN UKRAINE IN THE XXI CENTURY ..... 191
*Khlopyanikov A.M., Artyukhov A.I., Lukashevich M.I., Kurenskaya O.Yu., Naumkin V.N.*
FEATURES OF INCREASE OF BIOMASS AND FORMATION OF A CROP OF SEEDS OF A LUPINE WHITE IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION ..... 201
*Cheryatova Yu.S.*
DIAGNOSTIC ANATOMICAL TRAITS OF PASSIFLORA INCARNATA L. RAW MATERIAL ..... 204

# МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА

**УДК 512.542**

## О ДОПОЛНЯЕМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ РЕШЕТКИ РАЗРЕШИМЫХ РЕГУЛЯРНЫХ ТРАНЗИТИВНЫХ ПОДГРУППОВЫХ ФУНКТОРОВ

С.Ф. Каморников, М.М. Сорокина

В работе изучаются свойства решетки $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ всех разрешимых регулярных транзитивных подгрупповых функторов. Доказывается, что данная решетка является решеткой с дополнениями. Строится пример, показывающий, что $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ не является решеткой с единственными дополнениями. Отмечается, что $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ не модулярна.

***Ключевые слова:*** *конечная разрешимая группа, регулярный транзитивный подгрупповой функтор, решетка, решетка с дополнениями, дополняемый элемент решетки.*

В работе рассматриваются только конечные разрешимые группы и разрешимые подгрупповые функторы, т.е. функторы, определенные на классе $\mathfrak{S}$ всех разрешимых конечных групп. Используемые определения и обозначения теории конечных групп и подгрупповых функторов стандартны, их можно найти в [1,2]. Что касается терминологии теории решеток, то мы отсылаем читателей к книге [3].

Центральное место в работе занимает понятие разрешимого подгруппового функтора, которое введено А.Н. Скибой в монографии [4]. Отображение $\theta$, сопоставляющее каждой группе $G \in \mathfrak{S}$ некоторую непустую систему $\theta(G)$ ее подгрупп, называется *разрешимым подгрупповым функтором*, если для любого изоморфизма $\varphi$ группы $G$ выполняется равенство $(\theta(G))^{\varphi} = \theta(G^{\varphi})$.

Подгрупповой функтор $\theta$ называется *регулярным*, если для любого эпиморфизма $\varphi: A \to B$ имеют место включения $(\theta(A))^{\varphi} \subseteq \theta(B)$, $(\theta(B))^{\varphi^{-1}} \subseteq \theta(A)$ и, кроме того, $G \in \theta(G)$ для любой группы $G$. Регулярность подгруппового функтора $\theta$ означает, что для любой нормальной подгруппы $N$ группы $G$ всегда выполняются следующие условия:

1) из $H \in \theta(G)$ следует $HN/N \in \theta(G/N)$;

2) из $H/N \in \theta(G/N)$ следует $H \in \theta(G)$.

Если же из $K \in \theta(H)$ и $H \in \theta(G)$ всегда следует $K \in \theta(G)$, то подгрупповой функтор $\theta$ называется *транзитивным*.

Первоначально идея регулярного транзитивного подгруппового функтора проявилась в приложениях. Например, в теории формаций она связана с $\mathfrak{F}$-субнормальными (Р. Картер, Т. Хоукс [5], Л.А. Шеметков [6]) и $\mathfrak{F}$-достижимыми (О. Кегель [7]) подгруппами, естественно обобщающими понятие субнормальной подгруппы. Простая проверка (см. [1]) показывает, что для любой наследственной формации $\mathfrak{F}$ каждый $\mathfrak{F}$-субнормальный и каждый $\mathfrak{F}$-достижимый подгрупповой функтор является регулярным и транзитивным.

Как самостоятельные объекты исследования регулярные транзитивные подгрупповые функторы стали рассматриваться в связи с проблемой их классификации, поставленной А.Н. Скибой:

*Можно ли классифицировать все регулярные транзитивные подгрупповые функторы* ([4], вопрос 1.2.12)?

Как показывает практика, данная проблема является достаточно трудной и далекой от окончательного решения. В то же время некоторые направления ее исследования получили сегодня эффективное развитие. Одно из таких направлений связано с исследованием свойств решетки всех регулярных транзитивных подгрупповых функторов.

Обозначим через $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ множество всех разрешимых регулярных транзитивных подгрупповых функторов и введем на этом множестве частичный порядок $\leq$, полагая, что отношение

$\theta_1 \le \theta_2$ имеет место тогда и только тогда, когда для любой группы $G$ справедливо включение $\theta_1(G) \subseteq \theta_2(G)$, для любых $\theta_1, \theta_2 \in \mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$.

Для совокупности $\{\theta_i \mid i \in I\}$ из $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ определим пересечение $\theta = \bigcap_{i\in I}\theta_i$ следующим образом: $\theta(G) = \bigcap_{i\in I}\theta_i(G)$ для любой разрешимой группы $G$. Простая проверка показывает, что $\theta$ – регулярный транзитивный подгрупповой функтор. Этот функтор является точной нижней гранью множества $\{\theta_i \mid i \in I\}$ в $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$. Таким образом, $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ – полная решетка, единицей которой является подгрупповой функтор $1_{\mathfrak{S}}$, выделяющий в каждой группе все ее подгруппы, а нулем – тривиальный подгрупповой функтор $0_{\mathfrak{S}}$, выделяющий в каждой группе $G$ только саму группу $G$.

Пусть $\theta$ – подгрупповой функтор. Подгруппу $H$ группы $G$ назовем:

1) *$\theta$-субнормальной,* если либо $H = G$, либо существует такая максимальная цепь $H = H_0 \subset H_1 \subset \ldots \subset H_n = G$, что $H_{i-1} \in \theta(H_i)$ для всех $i = 1,2,\ldots,n$;

2) *$\theta$-субабнормальной*, если либо $H = G$, либо существует такая максимальная цепь $H = M_0 \subset M_1 \subset \ldots \subset M_k = G$, что $M_{j-1} \notin \theta(M_j)$ для всех $j = 1,2,\ldots,k$.

Если $\theta$ – подгрупповой функтор, то множество всех $\theta$-субнормальных подгрупп группы $G$ будем обозначать $\mathrm{sub}_\theta(G)$, а множество всех ее $\theta$-субабнормальных подгрупп – $\mathrm{subab}_\theta(G)$.

**Лемма 1.** *Если $\theta$ – подгрупповой функтор, то:*

1) *функция* $\mathrm{sub}_\theta : G \mapsto \mathrm{sub}_\theta(G)$ *является подгрупповым функтором;*

2) *функция* $\mathrm{subab}_\theta : G \mapsto \mathrm{subab}_\theta(G)$ *является подгрупповым функтором.*

Доказательство. Утверждение 1) доказывается непосредственной проверкой.

2) Пусть $H \in \mathrm{subab}_\theta(G)$ и $\varphi$ – изоморфизм группы $G$. Если $H = G$, то, очевидно, $H^\varphi \in \mathrm{subab}_\theta(G^\varphi)$. Пусть $H \ne G$. Тогда существует такая максимальная цепь $H = H_0 \subset H_1 \subset \ldots \subset H_n = G$, что $H_{i-1} \notin \theta(H_i)$ для всех $i = 1,2,\ldots,n$. Рассмотрим максимальную цепь

$$H^\varphi = H_0{}^\varphi \subset H_1{}^\varphi \subset \ldots \subset H_n{}^\varphi = G^\varphi.$$

Предположим, что $H_{k-1}{}^\varphi \in \theta(H_k{}^\varphi)$ для некоторого $k \in \{1,2,\ldots,n\}$. Тогда из того, что $\theta$ – подгрупповой функтор, имеем

$$H_{k-1} = (H_{k-1}{}^\varphi)^{\varphi^{-1}} \in (\theta(H_k{}^\varphi))^{\varphi^{-1}} = \theta((H_k{}^\varphi)^{\varphi^{-1}}) = \theta(H_k)$$

и, тем самым, приходим к противоречию. Таким образом, $H^\varphi \in \mathrm{subab}_\theta(G^\varphi)$, а значит, $(\mathrm{subab}_\theta(G))^\varphi \subseteq \mathrm{subab}_\theta(G^\varphi)$. Обратное включение доказывается аналогично. Лемма доказана.

Далее для подгруппового функтора $\theta$ функтор $\mathrm{sub}_\theta : G \mapsto \mathrm{sub}_\theta(G)$ будем обозначать $\mathrm{sub}_\theta$, а функтор $\mathrm{subab}_\theta : G \mapsto \mathrm{subab}_\theta(G)$ – $\mathrm{subab}_\theta$.

**Лемма 2.** *Если $\theta$ – регулярный подгрупповой функтор, то $\theta$-субабнормальный подгрупповой функтор* $\mathrm{subab}_\theta$ *также является регулярным.*

***Доказательство.*** Пусть подгруппа $H$ группы $G$ является $\theta$-субабнормальной и $H \ne G$. Тогда существует такая максимальная цепь

$$H = H_0 \subset H_1 \subset \ldots \subset H_n = G, \tag{1}$$

что $H_{i-1}$ не принадлежит $\theta(H_i)$ для всех $i = 1,2,\ldots,n$.

Пусть $N$ – нормальная подгруппа группы $G$. И пусть $H_{i-1}$ и $H_i$ – такие члены цепи (1), что $H_{i-1}N \ne H_iN$. Покажем, что $H_{i-1}N$ – максимальная подгруппа в $H_iN$. Допустим, что $H_{i-1}N \subset L \subset H_iN$ для некоторой подгруппы $L$ группы $G$. Тогда, поскольку подгруппа $H_{i-1}$ максимальна в $H_i$, то из

$$H_{i-1} \subseteq H_{i-1} \cap L \subseteq H_i \cap L \subseteq H_i$$

следует, что либо $H_i \bigcap L = H_{i-1}$, либо $H_i \bigcap L = H_i$. Пусть имеет место первое. Тогда, поскольку $L = L \bigcap H_i N = (L \bigcap H_i)N$, то $L = H_{i-1}N$. Противоречие. Значит, $H_i \bigcap L = H_i$, т.е. $H_i \subseteq L$. Поэтому $H_i N \subseteq L$. Противоречие.

Итак, цепь

$$HN/N = H_0 N/N \subseteq H_1 N/N \subseteq \ldots \subseteq H_n N/N = G/N \qquad (2)$$

такова, что в нем для любого $i \in \{1,...,n\}$ имеет место одно из двух условий:

1) $H_{i-1}N/N = H_i N/N$;

2) $H_{i-1}N/N$ – максимальная подгруппа в $H_i N/N$.

Не нарушая общности рассуждений, мы можем считать, что все члены цепи (2) различны. Допустим, что $H_{i-1}N/N \in \theta(H_i N/N)$ для некоторого $i \in \{1,...,n\}$. Так как из максимальности подгруппы $H_{i-1}$ в $H_i$ справедливы равенства

$$H_{i\text{-}1}/H_i \bigcap N = H_i \bigcap H_{i\text{-}1}N/H_i \bigcap N = H_{i\text{-}1}(H_i \bigcap N)/H_i \bigcap N,$$

то $H_{i\text{-}1}/H_i \bigcap N \in \theta(H_i/H_i \bigcap N)$. Отсюда и из регулярности подгруппового функтора $\theta$ следует, что $H_{i-1} \in \theta(H_i)$. Полученное противоречие доказывает, что $HN/N \in \mathrm{subab}_\theta(G/N)$.

Пусть теперь $H/N \in \mathrm{subab}_\theta(G/N)$ и $H/N \neq G/N$. Тогда существует такая максимальная цепь

$$H/N = H_0/N \subset H_1/N \subset \ldots \subset H_k/N = G/N,$$

что $H_{i-1}/N$ не принадлежит $\theta(H_i/N)$ для всех $i = 1,2,\ldots,k$. Так как $\theta$ – регулярный подгрупповой функтор, то $H_{i-1}$ не принадлежит $\theta(H_i)$ для всех $i = 1,2,\ldots,k$. Следовательно, $H \in \mathrm{subab}_\theta(G)$. Лемма доказана.

Если $\theta$ – регулярный подгрупповой функтор, то непосредственной проверкой устанавливается справедливость следующих лемм, имеющих самостоятельное значение.

**Лемма 3.** *Пусть $\theta$ – регулярный подгрупповой функтор. Тогда $\theta$-субнормальный подгрупповой функтор $\mathrm{sub}_\theta$ также является регулярным.*

**Лемма 4.** *Для любого подгруппового функтора $\theta$ подгрупповые функторы $\mathrm{sub}_\theta$ и $\mathrm{subab}_\theta$ являются транзитивными.*

**Лемма 5.** *Пусть $\theta \in \mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$. Тогда и только тогда $\theta$-подгруппа $H$ группы $G$ является $\theta$-субабнормальной в $G$, когда $H = G$.*

***Доказательство.*** Предположим, что лемма не верна. Пусть $G$ – группа наименьшего порядка, для которой лемма не выполняется, т.е. в $G$ имеется собственная $\theta$-субабнормальная $\theta$-подгруппа $H$.

Если $N$ – минимальная нормальная подгруппа группы $G$, то ввиду регулярности подгруппового функтора $\theta$ и на основании леммы 2 имеем, что $HN/N$ – $\theta$-субабнормальная $\theta$-подгруппа группы $G/N$. Так как $|G/N| < |G|$, то для $G/N$ лемма выполняется, а потому $HN/N = G/N$ и $HN = G$. Если $N \subseteq H$, то $H = G$ и мы приходим к противоречию с выбором группы $G$.

Таким образом, $N$ не содержится в $H$. Так как группа $G$ разрешима, а $N$ – ее минимальная нормальная подгруппа, то $H$ – максимальная подгруппа группы $G$. Ввиду выбора группы $G$ имеем, что $H \in \theta(G)$. А так как подгруппа $H$ является $\theta$-субабнормальной в $G$, то ввиду максимальности $H$ в $G$ имеем, что $H \notin \theta(G)$. Снова пришли к противоречию. Следовательно, $H = G$. Лемма доказана.

Напомним, что элемент $\theta$ решетки $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ называется *дополняемым*, если в $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ найдется элемент $\tau$ такой, что $\theta \vee \tau = 1_{\mathfrak{S}}$ и $\theta \wedge \tau = 0_{\mathfrak{S}}$. Очевидно, сами элементы $0_{\mathfrak{S}}$ и $1_{\mathfrak{S}}$ являются дополняемыми.

**Теорема 1.** *Решетка $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ всех разрешимых регулярных транзитивных подгрупповых функторов является решеткой с дополнениями.*

***Доказательство.*** Пусть $\theta$ – произвольный элемент решетки $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$, а $\tau = \mathrm{subab}_\theta$. Ввиду лемм 2 и 4 подгрупповой функтор $\tau$ является регулярным и транзитивным. Пусть $\alpha = \theta \vee \tau$ – точная верхняя грань множества $\{\theta, \tau\}$ в решетке $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$. Тогда, в частности, $\theta \leq \alpha$, $\tau \leq \alpha$, а значит, $\theta(G) \subseteq \alpha(G)$ и $\tau(G) \subseteq \alpha(G)$ для любой группы $G$.

Пусть $H$ – произвольная подгруппа разрешимой группы $G$. Если $H = G$, то $H \in \alpha(G)$. Пусть $H \neq G$ и

$$H = H_0 \subset H_1 \subset \ldots \subset H_t = G$$

– произвольная максимальная цепь, соединяющая подгруппу $H$ с группой $G$. Очевидно, что для любого $i = 1,2,\ldots,t$ либо $H_{i-1} \in \theta(H_i)$, либо $H_{i-1} \notin \theta(H_i)$, а значит, либо $H_{i-1} \in \theta(H_i)$, либо $H_{i-1} \in \tau(H_i)$. Поэтому $H_{i-1} \in (\theta \vee \tau)(H_i)$ для всех $i = 1,2,\ldots,t$. Так как подгрупповой функтор $\alpha = \theta \vee \tau$ является транзитивным, то $H \in \alpha(G)$. А так как подгруппа $H$ выбрана произвольным образом, то $\alpha(G)$ – множество всех подгрупп группы $G$. Таким образом, $\theta \vee \tau = 1_{\mathfrak{S}}$ – единица решетки $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$.

Ввиду леммы 5 $\theta$-подгруппа $H$ разрешимой группы $G$ является $\theta$-субабнормальной тогда и только тогда, когда $H = G$. Поэтому для любой разрешимой группы $G$ справедливо равенство $\theta(G) \cap \tau(G) = \{G\}$, а значит, точная нижняя грань $\theta \wedge \tau$ множества $\{\theta, \tau\}$ в решетке $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ является нулем этой решетки.

Итак, $\theta \wedge \tau = 0_{\mathfrak{S}}$, $\theta \vee \tau = 1_{\mathfrak{S}}$, поэтому подгрупповой функтор $\theta$ дополняем в решетке $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$. Теорема доказана.

Напомним, что элементы $a$ и $b$ решетки $L$ с дополнениями называются *перспективными*, если они имеют общее дополнение, т.е. $a \vee c = b \vee c = 1$ и $a \wedge c = b \wedge c = 0$ для некоторого элемента $c \in L$. Элемент $c$ называется в этом случае *осью перспективы*.

**Теорема 2.** *Для любого разрешимого регулярного транзитивного подгруппового функтора $\theta$ элементы $\theta$ и $\mathrm{sub}_\theta$ решетки $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ перспективны в $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$. При этом осью перспективы является подгрупповой функтор $\mathrm{subab}_\theta$.*

***Доказательство.*** Пусть $\theta$ – произвольный элемент решетки $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$, а $\tau = \mathrm{subab}_\theta$. Тогда из доказательства теоремы 1 следует, что $\tau$ является дополнением $\theta$ в решетке $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$.

Пусть $\sigma = \mathrm{sub}_\theta$. Ввиду лемм 3 и 4 $\sigma \in \mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$.

Пусть $H$ – произвольная подгруппа разрешимой группы $G$. Если $H = G$, то $H \in (\sigma \vee \tau)(G)$. Пусть $H \neq G$ и

$$H = H_0 \subset H_1 \subset \ldots \subset H_t = G$$

– произвольная максимальная цепь, соединяющая подгруппу $H$ с группой $G$ то для любого $i = 1,2,\ldots,t$ либо $H_{i-1} \in \sigma(H_i)$, либо $H_{i-1} \in \tau(H_i)$. Поэтому $H_{i-1} \in (\sigma \vee \tau)(H_i)$ для всех $i = 1,2,\ldots,t$. Так как подгрупповой функтор $\sigma \vee \tau$ является транзитивным, то $H \in (\sigma \vee \tau)(G)$. Следовательно, $(\sigma \vee \tau)(G)$ – множество всех подгрупп группы $G$. Таким образом, $\sigma \vee \tau = 1_{\mathfrak{S}}$ – единица решетки $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$.

Пусть $H \in (\sigma \wedge \tau)(G)$. Так как функтор $\sigma = \mathrm{sub}_\theta$ является транзитивным, то $H \in \theta(G)$. Таким образом, $H$ – $\theta$-подгруппа разрешимой группы $G$, которая является $\theta$-субабнормальной в $G$. Ввиду леммы 5 $H = G$. Поэтому для любой разрешимой группы $G$ справедливо равенство

$$(\sigma \wedge \tau)(G) = \sigma(G) \cap \tau(G) = \{G\},$$

а значит, точная нижняя грань $\sigma \wedge \tau$ множества $\{\sigma, \tau\}$ в решетке $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ является нулем этой решетки.

Итак, $\sigma \wedge \tau = 0_{\mathfrak{S}}$, $\sigma \vee \tau = 1_{\mathfrak{S}}$, поэтому подгрупповой функтор $\sigma$ дополняем в решетке

$\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$. При этом, как и для функтора $\theta$, функтор $\mathrm{subab}_\theta$ является дополнением элемента $\mathrm{sub}_\theta$ решетки $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$. Следовательно, элементы $\theta$ и $\mathrm{sub}_\theta$ решетки $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ перспективны в $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$, а $\mathrm{subab}_\theta$ – ось перспективы. Теорема доказана.

Следующий пример показывает, что $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ не является решеткой с единственными дополнениями.

**Пример.** Следуя А.Манну [8], подгруппу $H$ группы $G$ будем называть $X$*-нормальной*, если либо $H = G$, либо для любого эпиморфизма $\varphi$ группы $G$ такого, что $H^\varphi \neq G^\varphi$, в $G^\varphi$ найдется собственная нормальная подгруппа, содержащая $H^\varphi$. Пусть $\theta$ – отображение, которое ставит в соответствие каждой группе $G$ множество всех ее $X$-нормальных подгрупп. Как отмечено в [8], $\theta$ является регулярным транзитивным подгрупповым функтором. Этот функтор мы будем называть $X$*-нормальным.*

Отметим, что максимальная подгруппа разрешимой группы $G$ является $X$-нормальной в $G$ тогда и только тогда, когда она субнормальна в $G$. Это означает, что если $\theta$ – $X$-нормальный подгрупповой функтор, то $\mathrm{sn}(G) = \mathrm{sub}_\theta(G)$. Простые примеры показывают, что функторы $\theta$ и $\mathrm{sub}_\theta$ различны (например, в знакопеременной группе $S_4$ любая силовская 3-подгруппа $X$-нормальна, но не субнормальна). По теореме 2 подгрупповые функторы $\theta$ и sn перспективны в решетке $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ и $\mathrm{subab}_\theta$ – ось перспективы. Так как $\theta \neq \mathrm{sub}_\theta$, то подгрупповой функтор $\mathrm{subab}_\theta$ имеет в $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ два дополнения $\theta$ и $\mathrm{sub}_\theta = \mathrm{sn}$.

**Следствие.** *Решетка* $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ *не является модулярной.*

***Доказательство. Е***сли $\theta$ – $X$-нормальный подгрупповой функтор, то подрешетка

$$\{0_{\mathfrak{S}},\ \mathrm{sn},\ \theta,\ \mathrm{subab}_\theta,\ 1_{\mathfrak{S}}\}$$

решетки $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ является пентагоном. Поэтому (см., например, [3, стр. 209]) решетка $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ не является модулярной.

**Замечание.** В [2, теорема 4.1.10] доказано, что решетка $\mathrm{Re}\, g_m(\mathfrak{S})$ всех регулярных $m$-функторов является булевой. В отличие от нее решетка $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ таковой не является: будучи решеткой с дополнениями, ввиду приведенного следствия она не является дистрибутивной.

This paper investigates the properties of the lattice $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ of all solvable regular transitive subgroup functors. We prove that this lattice is a lattice with complements. We construct an example showing that $\mathrm{Re}\, g_{tr}(\mathfrak{S})$ is not a lattice with unique complements. It is noted that it is not modular.
***Key words****: a finite solvable group, a regular transitive subgroup functor, a lattice, a lattice with complements, a complemented element of the lattice.*

**Список литературы**

1. Doerk K., Hawkes T. Finite soluble groups. Berlin – New-York: Walter de Gruyter, 1992.

2. Каморников С.Ф., Селькин М.В. Подгрупповые функторы и классы конечных групп. Мн.: Беларуская навука, 2003.

3. Артамонов В.А., Салий В.Н., Скорняков Л.А., Шеврин Л.Н., Шульгейфер Е.Г. Общая алгебра. Т. 2. М.: Наука, 1991.

4. Скиба А.Н. Алгебра формаций. Мн.: Беларуская навука, 1997.

5. Carter R., Hawkes T. The $\mathfrak{F}$-normalizers of a finite soluble group // J. Algebra. 1967. Vol. 5, № 2. P. 175–202.

6. Шеметков Л.А. Ступенчатые формации групп // Мат. сб. 1974. Т. 94, № 4. С. 628–648.

7. Kegel O.H. Untergruppenverbände endlicher Gruppen, die den Subnormalteilerverband echt enthalten // Arch. Math. 1978. Bd. 30, № 3. S. 225–228.

8. Mann A. On subgroups of finite soluble groups, III / Israel J. Math. 1973. Vol. 16, № 4. P. 446–451.

**Об авторах**

Каморников С.Ф. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры общенаучных и гуманитарных наук Международного университета «МИТСО» (Гомельский филиал), *sfkamornikov@mail.ru*

Сорокина М.М. – кандидат физико-математических наук доцент кафедры алгебры и геометрии Брянского государственного университет имени академика И.Г. Петровского, *mmsorokina@yandex.ru*

**УДК 378: 538.9**

# ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА РЕЗОНАНСНЫМИ МЕТОДАМИ

И.П. Корнева

В статье описан опыт работы с магистрантами в ходе освоения ими современных физических методов исследования на примере изучения физики конденсированного состояния вещества. Показано, что выбранный предметный материал – физика стеклообразных полупроводников, имеет высокий уровень значимости для обучения теории и практике радиоспектроскопии ядерного квадрупольного резонанса в магистратуре, тем самым способствует реализации соответствующих образовательных технологий – предметно-ориетированной и личностно-ориентированной.

***Ключевые слова**: бакалавриат, магистратура, современные физические методы, спектроскопия, полупроводники.*

После присоединения России к Болонскому процессу, под которым следует понимать процесс единения образовательных систем европейских стран с целью создания единого высшего образования, возникла необходимость значительного обновления образовательной деятельности. Стратегия модернизации образования России предъявляет определенные требования к высшему образованию по созданию условий для профессионального развития студентов, их всесторонней реализации и востребованности в обществе.

России присоединилась к Болонскому процессу произошло в Берлине в2003 году во время встречи министров образования стран Европы. С этого момента в нашей стране реализуются основные задачи Болонского процесса: обеспечение доступности высшего образования, повышение эффективности высшего образования, обмен студентами, ориентация выпускников всех ступеней на профессиональный рынок труда.

Болонская система подразумевает уровневую систему подготовки при получении высшего образования: бакалавриат и магистратуру. Каждый уровень обеспечивается ФГОС ВПО (федеральными государственными образовательными стандартами).

В бакалавриате происходит обучение студентов с целью получения профессионально ориентированного образования, Бакалавры должны иметь начальный опыт научно-исследовательской, а также педагогической работы [1]. Выпускники-бакалавры могут занимать должности, на которых они выполняют исполнительские функции в определенной области деятельности. В последнее время предлагается ввести также программу прикладного бакалавриата. Так, Ирина Апыхтина, начальник отдела Министерства образования и науки в своем докладе «О формировании единых подходов к построению концепции и модели прикладного бакалавриата» отметила, что «с целью повышения качества программа высшего профессионального образования может быть сформирована в двух вариантах: как академический бакалавриат и как прикладной бакалавриат».

В магистратуре ведется подготовка высококвалифицированных специалистов, такая программа позволяет углубить знания, полученные в результате освоения бакалаврской программы, то есть получить фундаментальное образование и выйти на уровень самостоятельной научно-исследовательской и научно-педагогической деятельности [1]. Выпускники-магистры уже готовы к решению сложных профессиональных задач и к ведению самостоятельной аналитической работы.

Следующей ступенью высшего профессионального образования является подготовка кадров высшей квалификации. Поступить в аспирантуру могут только выпускники магистратуры или специалитета. Выпускники-бакалавры не обладают в достаточной мере ключевыми компетенциями для учебы на следующей ступени.

При обучении студентов в бакалавриате и магистратуре многие вузы сталкиваются с проблемой набора читаемых в бакалавриате и магистратуре дисциплин, их содержания, особенно это касается специальных дисциплин. Как отмечают А. Фролкова и Л. Серафимова [2], решить эту проблему можно сохраняя переемственность в обучении, оптимально структурируя учебный материал, сокращая описательности в каждом предметном курсе. Многие ученые считают, что для создания в России полноценной системы многоуровнего образования потребуется продолжительный период времени. На современном этапе перед вузами стоит задача улучшения профессиональной подготовки бакалавров и магистров с целью плавного перехода к европейской системе образования.

Повышение качества подготовки выпускников можно осуществлять применяя различные педагогические подходы, в том числе компетентностный подход. Выпускники-бакалавры в большей мере должны владеть общекультурными компетенциями, а выпускники-магистры – профессиональными. На этапе подготовки специалистов высшего звена вузам необходимо проработать образовательные технологии с целью формирования у обучающихся таких компетенций. Одним из видов таких технологий является технология исследовательского обучения [3]. Формирование готовности к решению исследовательских задач у обучаемых является одной из главенствующих задач современной высшей школы. Этой проблеме были посвящены работы А.А. Самарского, В.И. Андреева, А.С. Кондратьева, Н.С. Пурышевой, С.Е. Каменецкого, В.В. Лаптева. С.Д. Ханина, В.В. Майера, В.Г. Разумовского, А.В. Усовой и др.

При обучении физике в бакалавриате и магистратуре можно использовать и другие подходы: исследовательский, практико-ориентированный и т.д. Но в тоже время логично было бы сочетать эти подходы как для качественной фундаментальной, так и профессиональной подготовки будущих выпускников.

С переходом к уровневому образованию в высшей школе содержание и организация процесса изучения предметного материала должны быть различны при обучении как бакалавров, так и магистров. Так, например, по стандартам третьего поколения по направлению «Радиофизика» для бакалавров и магистров разновидности профессиональной деятельности совпадают. К таким видам деятельности относятся: научно-исследовательская, организационно-управленческая, научно-инновационная, педагогическая и т.д. В тоже время профессиональные компетенции различаются по уровням образования.

Как отмечают В.Е. Шукшунов, В.Н. Лозовский, деятельность инженера должна соответствовать законам фундаментальной науки [4]. Законы физики главенствуют среди всех фундаментальных естественных наук, поэтому «знание этих законов также является обязательным атрибутом инженерного мышления. Любое противоречие предлагаемой новации какому-либо из законов природы делает эту новацию принципиально нереализуемой …» [4, с.15]. Поэтому для формирования у выпускников профессионального мышления необходимо применять методы и приемы, используемые как в классической, так и в современной физике. Логико-гносеологические принципы физики являются фундаментальными, задают вектор развития современных технических наук, что в конечном итоге обусловливает изменение в научно-технической жизни общества. Особое место в данном контексте принадлежит освоению экспериментальных физических методов. Эксперимент можно рассматривать, как «форму практической деятельности человека в сфере научного познания, т.е. форму предметно-чувственного воздействия на объект путем изменения условий его существования с целью проверки теоретических предсказаний» [5, с. 8]. Характер современного физического эксперимента усложняется, осуществляется переход от деятельности субъекта к деятельности целого коллектива. В данном аспекте актуальным становится умение работать в коллективе, творчески подходить к решению нестандартных задач.

Рассмотрим возможные пути формирования готовности к освоению современных физических методов при обучении магистрантов на примере изучения физики конденсированного состояния вещества, а именно - аморфных полупроводников.

Структуру аморфных полупроводников исследуют, применяя резонансные методы. Эти методы постоянно совершенствуются, кроме того открываются все новые виды резонанса [6, 7]. В исследованиях структуры некристаллических полупроводников магистрантам предоставляется возможность выбора метода исследования. Любой метод имеет свои особенности, достоинства и недостатки. Однако, чтобы получить законченное представление о стеклообразном состоянии вещества, необходим единый подход ко всем известных стеклообразным полупроводникам, а также необходимо в конечном итоге объединить различные методы исследования.

Важнейшими резонансными методами изучения структуры неупорядоченных твердых тел являются такие известные методы как ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР), ядерный магнитный резонанс (ЯМР) и электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) [8 - 10]. Эти методы успешно применяются для исследования не только кристаллических материалов, но и стеклообразных, содержащих халькогены.

Согласно образовательной программе по направлению «Радиофизика» выпускникам магистратуры следует подготовиться к решению таких задач как «научные исследования поставленных проблем, формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований, разработка новых методов исследований, выбор необходимых методов исследования, освоение новых методов научных исследований». Подготовить магистрантов к решению всех этих профессиональных задач можно, вовлекая их в проектно-исследовательскую деятельность, предметным материалом которой являются аморфные полупроводники. Эти вещества занимают значительное место в исследованиях в области химии и физики конденсированного состояния [10].

Для развития навыков научно-исследовательской работы экспериментального характера у магистрантов в процессе работы над проектом необходимо сформировать способность освоения ими работы на современных спектрометрах, в частности, на спектрометре ЯКР Tecmag Apollo.

**Освоение импульсного спектрометра ЯКР Tecmag Apollo**

Импульсный спектрометр ЯКР Tecmag Apollo позволяет исследовать параметры сигналов ЯКР с помощью импульсного метода. Вид импульсного спектрометра представлен на рис.1.

Рис.1. Импульсный спектрометр ЯКР Tecmag Apollo.

Для обработки сигнала и управления спектрометром используется персональный компьютер с программным обеспечением на базе свободной лицензии программы NTNMR компании Tecmag inc. Пример окон программы NTNMR представлен на рис.2.

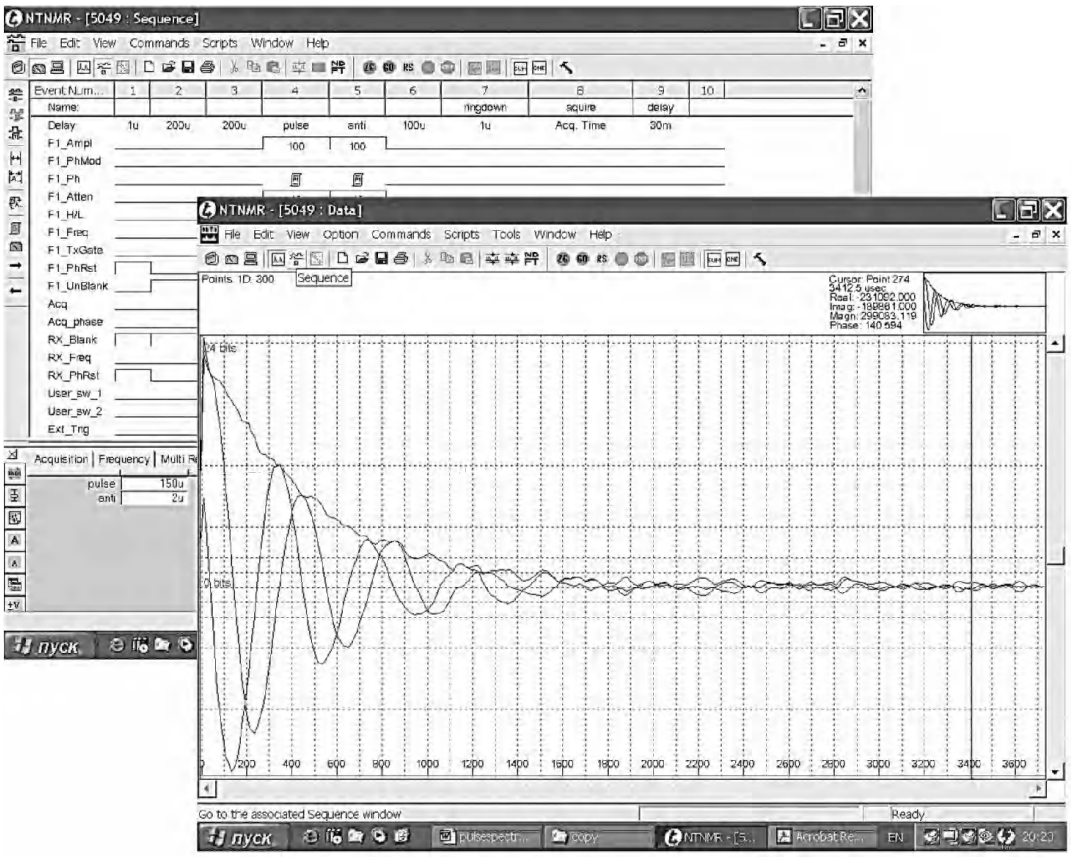



Рис. 2. Рабочие окна программы NTNMR.

Становление исследовательской деятельности, формирование навыков работы на современном оборудовании является длительным процессом, начало которого должно быть положено при обучении студента в бакалавриате. Для успешного завершения процесса обучения необходимо применение соответствующих форм и методов организации учебного процесса, направленных на формирование и развитие профессиональных компетенций магистров. Магистры должны освоить теоретический и практический курсы ООП, проходя последовательно через изучение специальных дисциплин и приобретая навыки экспериментальной работы. Таким образом, освоение экспериментальной установки, а также обработка полученных результатов на современном уровне и проведение анализа являются признаками профессиональной подготовки магистра.

**Выбор предметного материала для исследования**

Одной из важнейших задач будущего инженера является выбор исследовательского материала. Перспективными материалами в этом плане являются халькогенидные стеклообразные полупроводники. Эти материалы включают химические соединения с одним или несколькими элементами 6-й группы системы элементов - S, Se, Te, называемых халькогенами. В процессе подготовки исследования магистрант анализирует современную литературу, содержащую сведения о свойствах, особенностях ХСП, методах исследования и т.д. Далее предстоит выбор конкретной системы (двух- или более компонентной), наименее изученной к настоящему времени. Например, в качестве модельных систем в настоящей работе были выбраны системы полупроводников составов As-Se-Ge и As-Se-Sb. Такие материалы привлекательны для исследователей, работающих в области, как фундаментальных, так и прикладных исследований. Интерес обусловлен тем, что на многие вопросы относительно свойств некристаллических тел не получены однозначные ответы. Поэтому понимание микроскопической структуры, свойств и фазовых переходов в ХСП на основе селена и других халькогенов еще не достигнуто вследствие их сложной структуры. С точки зрения применения в технике аморфные тела вызывают интерес из-за возможности конструирования материалов с заранее определенными свойствами. Практический интерес обусловливает необходимость исследования этих материалов. В этой связи начинающий исследователь должен придерживаться следующей схемы (рис. 3).

Рис. 3.Схема исследования ХСП.

**Регистрация спектров ЯКР**
**в халькогенидных стеклообразных полупроводниках**

Спектроскопия ЯКР не часто используется для изучения структуры твердых неупорядоченных тел [11-16]. Значительно шире для этой цели применяется другой резонансный метод – метод спектроскопии электронного парамагнитного резонанса [10]. Эти два метода позволяют получать информацию о ближнем окружении, атомном порядке в стеклообразных твердых телах, поэтому изучение стеклообразных халькогенидов одновременно методами ЯКР и ЭПР должно позволить получение дополнительных знаний об электронной структуре и локальном порядке в вышеупомянутых материалах.

Частоты ЯКР в данной исследовательской работе измерялись при температуре жидкого азота (77 K). Спектры ЯКР $^{75}$As, $^{121}$Sb и $^{123}$Sb исследуемых соединений были получены с использованием импульсной последовательности спинового эха Хана. В результате исследования магистранты отмечали, что халькогенидные полупроводники имеют широкие спектры ЯКР 75As (около 20 МГц), что является характерной особенностью стеклообразных полупроводников. Вследствие очень широких линий, то радиочастотный импульс спектрометра возбуждает лишь часть линии. Форма сигналов спинового эха в этом случае существенно искажается, так как она зависит от отношения нутационной частоты $\omega_1$ к ширине измеряемой линии $\Delta\omega_0$, то есть $\omega_1/\Delta\omega_0$, и также от угла поворота намагниченности монохроматической группы $\omega_1 t_w$. В формировании эха участвуют не только резонансные спины с частотой $\omega_0 \approx \omega$ что может вести к характерному "удвоению" сигналов спинового эха.

Спектры ЯКР $^{75}$As для образцов системы As-Sb-Se представлены на рис. 4. Для сравнения на рис. 5 показаны спектры ЯКР $^{75}$As для системы As-Ge-Se.

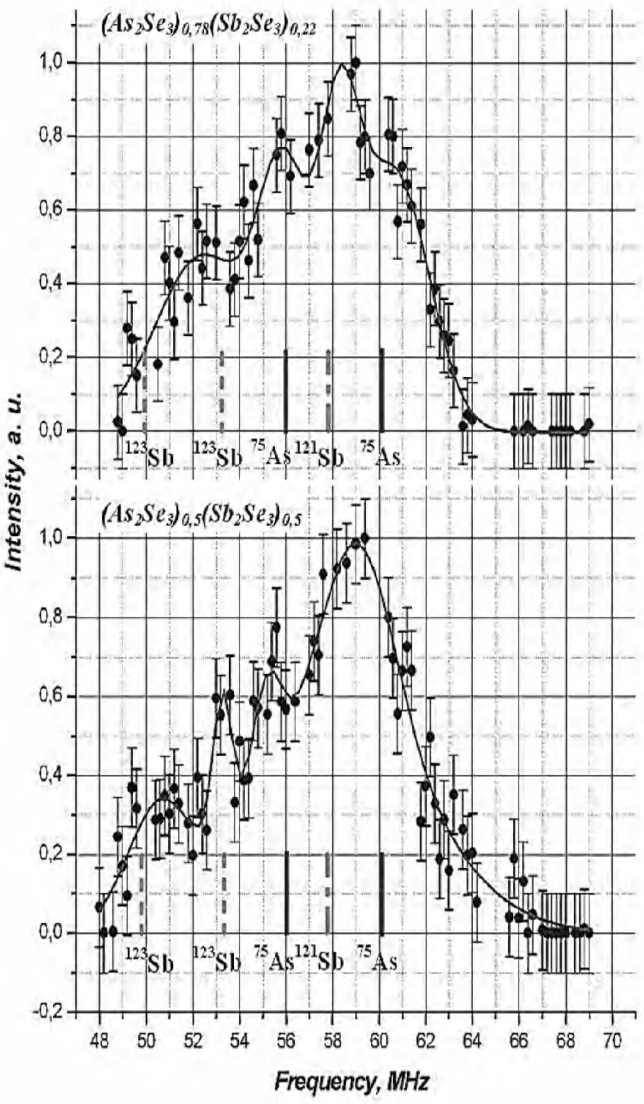



Рис. 4. Спектры ЯКР $^{75}As$ системы As-Sb-Se при 77 K.

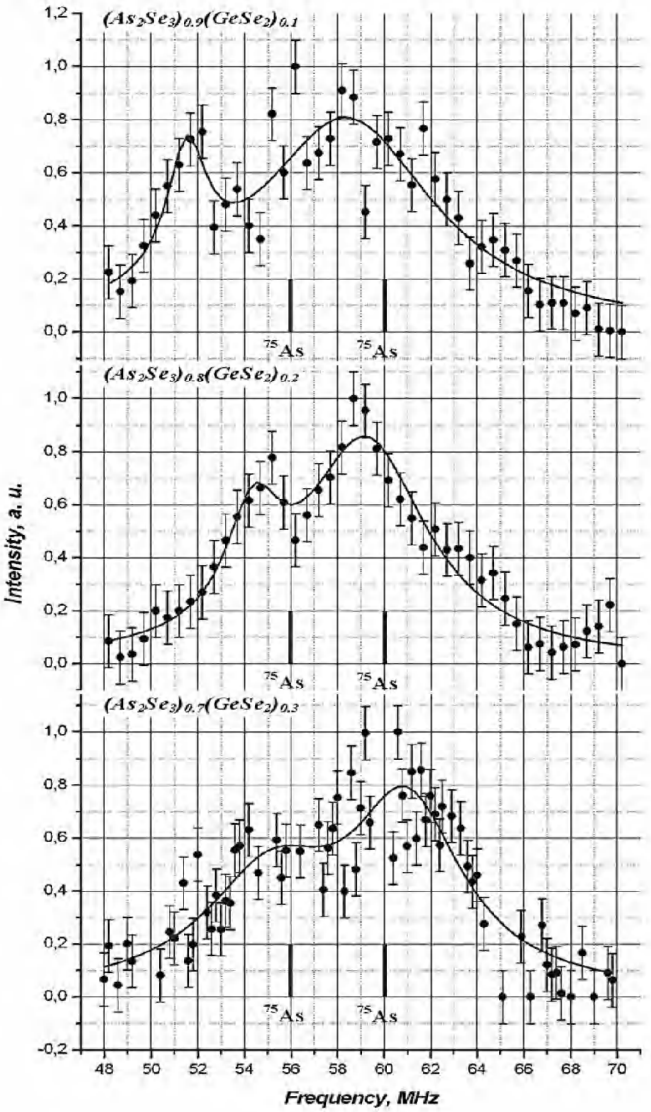



Рис. 5. Спектры ЯКР $^{75}As$ системы As-Ge-Se при 77 K.

Полученные спектры не являются самоцелью данного экспериментального исследования. Необходимо правильно интерпретировать результаты исследования с привлечением известных теоретических представлений. Как видно из представленных рисунков, изменение химического состава стекол системы Ge-As-Se приводит к различиям в спектрах ЯКР. Для интерпретации результатов магистрантам понадобится помощь научного руководителя, тем не менее, изучая литературные источники, можно прийти к ряду важных заключений.

Как известно, в кристаллическом $As_2Se_3$ по данным ЯКР $^{75}As$ [17,18] атом мышьяка имеет два неэквивалентных положения, сильно отличающихся по параметру асимметрии тензора ГЭП. В кристалле около одного атома мышьяка находятся три атома селена, а около другого – пять атомов селена, т.е. они отличаются координационными числами. Это приводит к двум разным константам квадрупольной связи $e^2Qq$. Параметр асимметрии больше для атома с большим координационным числом, что свидетельствует о низкой симметрии его окружения, а константа квадрупольной связи $e^2Qq$ для этого атома меньше.

Положение максимумов на спектре ЯКР трехкомпонентных халькогенидных стекол соответствует определенным структурным единицам. Удобно проводить сравнение исследуемых спектров со спектрами хорошо изученных материалов, таких как аморфный $As_2Se_3$. Молекулярные единицы в аморфном $As_2Se_3$ изображены на рис. 6. Проводя аналогии, можно сделать предположения о структуре более сложных стекол. Хотя согласно одной из гипотез структура аморфного триселенида мышьяка представляется в виде плотной упаковки молекулярных структурных единиц типа a-$As_4Se_6$, а согласно другой гипотезе в этом материале существуют молекулярные

единицы типа a-$As_4Se_4$, плотно упакованные, случайно ориентированные и связанные между собой атомами Se. Однако, последняя модель является сильно упрощенной, так как данный халькогенидный полупроводник может содержать и другие молекулы и фрагменты.

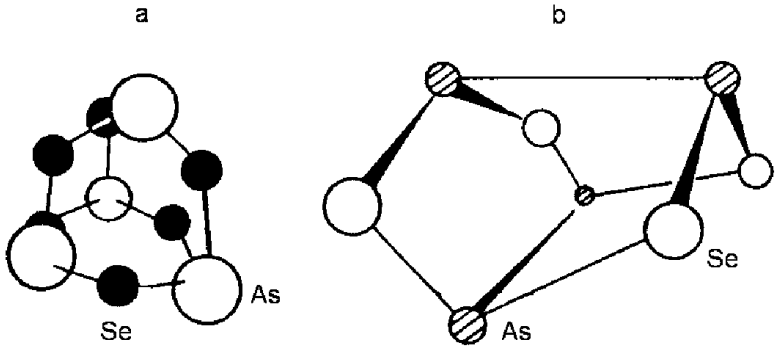



Рис. 6. Молекулярные единицы $As_4Se_6$(a) и $As_4Se_4$ (b) в аморфном $As_2Se_3$.

Кроме того, представляется целесообразным проводить сравнение спектров изучаемых халькогенидов со спектрами кристаллических стекол и, таким образом, делать выводы о структуре и связях в аморфных материалах.

Хорошо известно [20], что спектр ЯКР $^{75}As$ кристаллического $As_2Se_3$ состоит из двух узких линий (красные линии на рис. 4 и рис. 5), соответствующих двум неэквивалентным положениям атомов As в элементарной ячейке. Эти линии важны для интерпретации ЯКР частот исследуемых стеклообразных полупроводников. Кроме того, имеется три линии ЯКР $^{121}Sb$ и $^{123}Sb$ кристаллического $Sb_2Se_3$ в диапазоне исследуемых частот (зеленые пунктирные линии на рис. 5) [20].

Большая ширина спектра ЯКР вызвана разбросом градиента электрического поля (ГЭП), вызванным разбросом валентных углов в элементарных ячейках $As_2Se_3$ и $Sb_2Se_3$ в стеклообразном состоянии. Частоты ЯКР систем As-Ge-Se уменьшаются с увеличением концентрации мышьяка. Этот эффект не наблюдается в As-Sb-Se системах. Положение сурьмы, мышьяка и селена в периодической системе элементов определяет ковалентный характер взаимодействия между этими атомами [19]. На основании предыдущих исследований можно предположить, что представленные системы состоят из сложных структур. Основными структурными единицами в таких стеклах являются $As_2Se_3$ или $Sb_2Se_3$. Как видно на рис. 5, в изучаемом диапазоне частот (48-69 МГц) имеется две линии ЯКР сурьмы (соответствующие единицам $Sb_2Se_3$) и две линии ЯКР 75As (соответствующие единицам $As_2Se_3$). Мы не наблюдаем при этом одну из всех пяти возможных линий ЯКР, возможно, эта линия ЯКР $^{123}Sb$ не наблюдается, потому что ее интенсивность слишком слаба (по сравнению с линией $^{121}Sb$) или некоторые из резонансных линий накладываются. Спектры ЯКР системы As-Ge-Se состоят только из двух линий ЯКР $^{75}As$, сдвинутых по частоте относительно линий кристаллического $As_2Se_3$. Величина сдвига частоты зависит от состава стекол. Как видно из рис.6, чем меньше содержание германия в составе стекол, тем больше сдвигаются линии ЯКР в сторону более низких частот, по сравнению с кристаллическим $As_2Se_3$. Это можно объяснить увеличением в стекле числа структурных единиц $As_4Se_4$, имеющих связь As-As. Нельзя исключить наличия в структуре и кластеров $As_4Se_6$, возможно возникающих при нагревании в процессе приготовления стекла. В структурной единице $As_4Se_6$ отсутствуют связи As-As, но появляются новые неэквивалентные положения ядер мышьяка, дающие свой вклад в широкие линии спектра ЯКР.

В результате выполнения исследовательского задания магистрантами получены спектры ЯКР 75As стеклообразных полупроводников $(As_2Se_3)_{0,78}(Sb_2Se_3)_{0,22}$, $(As_2Se_3)_{0,75}(Sb_2Se_3)_{0,25}$, $(As_2Se_3)_{0,5}(Sb_2Se_3)_{0,5}$, $(As_2Se_3)_{0.9}(GeSe_2)_{0.1}$, $(As_2Se_3)_{0.8}(GeSe_2)_{0.2}$ и $(As_2Se_3)_{0.7}(GeSe_2)_{0.3}$ при температуре 77 K. Линии ЯКР были идентифицированы и интерпретированы на основе кластерной структуры стекла, состоящей из $As_2Se_3$, $Sb_2Se_3$ и более сложных структурных единиц подобных $As_4Se_4$ и $As_4Se_6$.

Данный предметный материал имеет большое значение для обучения теории и практике радиоспектроскопии ЯКР в магистратуре, тем самым является обеспечением реализации соответствующей образовательной технологии. Решение представленных исследовательских задач дает хорошую возможность расширения метода ЯКР для исследования неупорядоченных структур.

This article describes the experience of working with undergraduates in the development of modern physical methods in the study of condensed matter physics. It is shown that the physics of glassy semiconductors is the selected subject. The subject has a high level of significance for training in the theory and practice of radio spectroscopy of nuclear quadrupole resonance in the master, thus contributing to the implementation of relevant educational technologies - domain-oriented and personality-oriented.
***Key words**: bachelor, master, modern physical methods, spectroscopy, semi-conductors*

**Список литературы**

1. Б.Х. Фиапшев Образовательные стандарты, автономия высшей школы, академические свободы Монография: М.: Народное образование, 2007. 214 с.

2. А. Фролкова, Л. Серафимова Специальные дисциплины в много-уровневой системе // Высшее образование в России, 2002, № 1.

3. И.И. Хинич Научно-методическое обеспечение целостности и продуктивности в исследовательском обучении физике при подготовке педагогических кадров: монография. СПб.: Санкт-Петербург XXI век, 2009. 231 с.

4. В.Е. Шукшунов, В.Н. Лозовский Фундаментализация высшего технического образования – основной вектор его реформирования на современном этапе. М.: МАНВШ, 2009. 27 с.

5. В.С. Готт, В.Г. Сидоров Философия и прогресс физики. М.: Знание, 1986. 192 с.

6. В.И. Черепанов Резонансные методы исследования вещества // Соросовский образовательный журнал, № 9, 1997, с. 86-90.

7. И.П. Корнева Резонансные методы исследования некристаллических полупроводников // Материалы международной научной конференции «Инновации в науке и образовании – 2006» Калининград. 2006 КГТУ, с. 237-239.

8. Л.А. Блюменфельд, А.Н. Тихонов Электронный парамагнитный резонанс // Соросовский образовательный журнал, № 9, 1997, с. 91-99.

9. В.К. Воронов Ядерный магнитный резонанс // Соросовский образовательный журнал, № 9, 1996, с. 70-75.

10. Л.Н. Блинов Химия и физика халькогенидных, галогенидных, галогенхалькогенидных и фуллеренхалькогенидных стеклообразных материалов. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 210 с.

11. A. Feltz, Amorphe und glasartige anorganische ferstkörper, Akademie-Verlag, Berlin, 1983

12. E. F. Venger, A. V.Melnichuk, A. V.Stronski, Photostimulated processes in chalcogenide vitreous semiconductors and their applications, Kiev, Akademperiodika, 2007, 283 pp. (in Russian)

13. A. V. Stronski, M. Vlcek, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 4, № 3, 699 (2002)

14. O. Glotova, I. Korneva, N. Sinyavsky, M. Ostafin, B. Nogaj, Magnetic Resonance in Chemistry, V. 49, Issue 7, P. 385-388, 2011.

15. E. Mammadov, P.C. Taylor, J. of Non-Crystal. Solids 354, 2732 – 2735 (2008).

16. I. P. Korneva, N. Ya. Sinyavski, M. Ostafin, and B. Nogaj, Semiconductors 40, № 9, 1093-1095 (2006).

17. G.K. Semin, T.A. Babushkina, G.G. Yakobson, Nuclear quadrupole resonance in chemistry, A Halsted Press Book, Keter Publishing House Jerusalem Ltd., 1975.

18. Buslaev Yu.A., Kolditz L., Kravchenko E.A. Nuclear Quadrupole Resonance in Inorganic Chemistry. Berlin: VEB Deutscher Verlag Wissenschaften, 1987. P. 1–237.

19. Борисова З.У. Халькогенидные полупроводниковые стекла. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983, 344 с.

20. G.K. Semin, T.A. Babushkina, G.G. Yakobson, Nuclear quadrupole resonance in chemistry, A Halsted Press Book, Keter Publishing House Jerusalem Ltd., 1975.

**Об авторе**

Корнева И.П. – Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота, *ikorneva05@rambler.ru*

**УДК 625.54, 625.57**

# ОПТИМИЗАЦИЯ ШАГА УСТАНОВКИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВДОЛЬ ЛИНИИ КАНАТНОГО МЕТРО

А.В. Лагерев, И.А. Лагерев

Сформулирована и решена задача условной нелинейной технико-экономической оптимизации шага установки промежуточных опорных конструкций при проектировании линий канатного метро в условиях сильно урбанизированной городской среды. Выполнен анализ влияния конструктивных и стоимостных показателей на величину оптимального шага и стоимость строительства.
***Ключевые слова**: система канатная транспортная, метро канатное, конструкция промежуточная опорная, шаг установки, оптимизация технико-экономическая.*

В настоящее время для внутригородских перевозок используются различные виды наземного транспорта - трамвай, троллейбус, автобус, метрополитен, такси. При достаточно высокой потенциально возможной скорости движения этих средств средняя скорость перемещения пассажиров оказывается значительно ниже из-за характерных для урбанизированной среды недостатков формирования транспортного потока - наличия светофоров, перекрестков, «пробок», дорожно-транспортных происшествий, ремонта дорожного полотна, прокладки подземных коммуникаций и др. Эти обстоятельства не только замедляют перемещение пассажиров, но и делают практически невозможным планирование ими времени нахождения в пути.

В последнее время появилась эффективная альтернатива традиционным видам общественного транспорта – канатное метро [1, 2]. Его можно назвать скоростным городским транспортом, так как проектная скорость движения составляет 40…60 км/ч, что в 1,5…2 раза выше средней скорости движения традиционного транспорта. Канатное метро уже начали активно использовать как общественный транспорт для урбанизированной среды в Европе, Азии и Латинской Америке [3]: в Австрии действуют более 2500 канатных дорог, во Франции – более 4000, в Италии – более 3000, в Швейцарии – более 2000. Для таких крупных городов, как Лондон, Милан, Барселона, Каир, Медельин, Каракас подвесной пассажирский канатный транспорт используется для разгрузки общественного транспорта в сильно застроенных деловых частях городов. Есть опыт и для российских городов – Оренбурга и Нижнего Новгорода.

Строительство канатного метро в условиях сильно урбанизированной городской среды – затратная технико-экономическая задача. Значительную составляющую в общую стоимость реализации этой задачи, включая расходы на проектно-конструкторские, проектно-изыскательские, строительно-монтажные работы, приобретение необходимого механического оборудования, создания автоматизированной системы управления движением и др., вносят затраты на изготовление и установку промежуточных опорных конструкций вдоль линии метро, а также приобретение тяговых и несущих стальных канатов. Величина указанных затрат непосредственно зависит от числа промежуточных опор, расположенных по длине линии, т.е. зависит от шага их установки. Учитывая необходимость обеспечения предельно допустимой минимальной высоты приближения пассажирских кабин к поверхности земли, понятно, что с уменьшением шага установки опор их суммарная стоимость будет возрастать вследствие увеличения количества опорных конструкций, хотя единичная стоимость опоры будет снижаться вследствие уменьшения ее высоты. С увеличением шага единичная стоимость опоры и стоимость канатов будут возрастать, обуславливая рост суммарных затрат, несмотря на снижение количества опорных конструкций по длине линии канатного метро. При этом необходимо учитывать, что процессом изменения высоты опор, а, следовательно, и их единичной стоимости можно в определенных пределах управлять целенаправленным натяжением несущих канатов, что позволяет изменять стрелу их провисания. Таким образом, возможно замедлить естественное увеличение высоты опорных конструкций с увеличением шага установки опор, хотя указанная мера и приведет к возникновению в канатах дополнительных осевых усилий и потребует применение канатов большего диаметра и большей стоимости.

Очевидно, задача расположения промежуточных опор канатного метро является задачей

технико-экономической оптимизации. Ее цель заключается в обеспечении минимальной величины затрат на возведение опорных конструкций, приобретение тягового и несущих канатов, а также комплекта устанавливаемого на опору необходимого технологического оборудования. Постановка и решение данной оптимизационной задачи весьма актуальна, так как позволяет существенно удешевить строительство канатного метро.

Целевая функция, имеющая стоимостное выражение $C$, складывается из ряда слагаемых – стоимости самих промежуточных опор и фундамента под ними, а также стоимости тягового и несущих стальных канатов и технологического оборудования:

$$C = n_t(C_f + C_t + C_e) + (n_t + 1)(C_{kt} + n_{kn}C_{kn})l_k, \quad (1)$$

где $C_t, C_f, C_e$ - единичная стоимость опорной конструкции, фундамента и комплекта технологического оборудования; $C_{kt}, C_{kn}$ - стоимость 1 погонного метра тягового и несущего каната соответственно; $n_t = L_{tr} / L_t - 1$ - число опорных конструкций; $L_{tr}$ - длина линии канатного метро; $L_t$ - шаг установки опорных конструкций; $n_{kn}$ - число несущих канатов; $l_k$ - длина каната между соседними промежуточными опорами с учетом его провисания.

Единичная стоимость промежуточной опорной конструкции $C_t$ зависит как от ее возможного конструктивного исполнения, так и высоты $H_t$. Она может быть аппроксимирована степенной регрессионной зависимостью вида

$$C_t = C_{t0}H_t^{a_t}. \quad (2)$$

Для определения эмпирических коэффициентов $C_{t0}$ и $a_t$ целесообразно использовать данные о стоимости опорных конструкций современных типов линий электропередач высокого напряжения. По своему конструктивному исполнению они достаточно близки к опорным конструкциям канатного метро. В табл. 1 приведены значения указанных коэффициентов, полученные обработкой методом наименьших квадратов ценовых данных ряда отечественных фирм-производителей опор линий электропередач [4]. Высота указанных типов опор находится в диапазоне 20…45 м.

Таблица 1

Значения коэффициентов в регрессионной зависимости для определения $C_t$ (руб)

| Тип опорной металлоконструкции | Значения эмпирических коэффициентов | |
|---|---|---|
| | $C_{t0}$, руб/м $a_t$ | $a_t$ |
| Многогранные стальные опоры типа | | |
| ПГМ 500 | 2319,00 | 1,74 |
| МУ 330 | 716,40 | 2,37 |
| ПМ 220 | 2,84 | 3,60 |
| АМ 220 | 14,32 | 3,44 |
| КМ 220 | 28,61 | 3,30 |
| Ферменные стальные опоры | 5,68 | 3,60 |

Единичная стоимость фундамента $C_f$ пропорциональна величине массы устанавливаемой опорной конструкции, т.е. ее высоте $H_t$. Поэтому для определения $C_f$ возможно также использовать степенную регрессионную зависимость вида

$$C_f = C_{f0}H_t^{a_f},$$

причем стоимость $C_f$ удобно принимать как фиксированную долю стоимости $C_t$: $\chi = C_f / C_t$. Значения эмпирических коэффициентов $C_{f0}$ и $a_f$ для нескольких значений доли стоимости $\chi$ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов в регрессионной зависимости для определения $C_t$ (руб)

| Тип опорной металлоконструкции | Доля стоимости $\chi$ | Значения эмпирических коэффициентов | |
|---|---|---|---|
| | | $C_{f0}$, руб/м $a_f$ | $a_f$ |
| Многогранные стальные опоры типа ПГМ 500 | 0,05 | 115,00 | 1,74 |
| | 0,10 | 232,00 | |
| | 0,15 | 348,00 | |
| Многогранные стальные опоры типа МУ 330 | 0,05 | 35,82 | 2,37 |
| | 0,10 | 71,64 | |
| | 0,15 | 107,46 | |
| Многогранные стальные опоры типа ПМ 220 | 0,05 | 0,14 | 3,60 |
| | 0,10 | 0,28 | |
| | 0,15 | 0,43 | |
| Многогранные стальные опоры типа АМ 220 | 0,05 | 0,72 | 3,44 |
| | 0,10 | 1,43 | |
| | 0,15 | 2,15 | |
| Многогранные стальные опоры типа КМ 220 | 0,05 | 1,43 | 3,30 |
| | 0,10 | 2,86 | |
| | 0,15 | 4,29 | |

Согласно требованиям Ростехнадзора [5] в качестве тяговых и несущих стальных канатов в конструкции канатного метро необходимо использовать либо специальные канаты повышенной агрегатной прочности, либо традиционные для канатных дорог и лифтов грузолюдские канаты по ГОСТ 2688-80, ГОСТ 3066-80, ГОСТ 3077-80, ГОСТ 3079-80, ГОСТ 3081-80, ГОСТ 7665-80 и ГОСТ 7667-80. Их конструкция приведена в табл. 3.

Таблица 3

Основные типы отечественных грузолюдских стальных канатов

| ГОСТ на канат | Тип каната | Конструкция | Диаметр каната, мм | |
|---|---|---|---|---|
| | | | минимальный $d_к^{\min}$ | максимальный $d_к^{\max}$ |
| ГОСТ 2688-80 | Двойной свивки ЛК-Р | 6×19(1+6+6/6)+1о.с. | 3,6 | 56,0 |
| ГОСТ 3066-80 | Двойной свивки ЛК-Р | 6×7(1+6)+1×7(1+6) | 1,9 | 27,5 |
| ГОСТ 3077-80 | Двойной свивки ЛК-О | 6×19(1+9+9)+1о.с. | 4,6 | 46,0 |
| ГОСТ 3079-80 | Двойной свивки ТЛК-О | 6×37(1+6+15+15)+1о.с. | 5,8 | 75,0 |
| ГОСТ 3081-80 | Двойной свивки ТЛК-О | 6×37(1+9+9)+7×7(1+6) | 6,4 | 43,0 |
| ГОСТ 7665-80 | Двойной свивки ЛК-З | 6×25(1+6; 6+12)+1о.с. | 14,5 | 48,5 |
| ГОСТ 7667-80 | Двойной свивки ЛК-З | 6×25(1+6;6+12)+7×7(1+6) | 14,0 | 47,0 |

Используемые в дальнейших расчетах основные параметры грузолюдских стальных канатов целесообразно представить в виде регрессионных соотношений в зависимости от диаметра каната $d_k$. Анализ показал, что наилучшее приближение к исходным данным достигается при использовании следующих регрессионных зависимостей:

- для расчета собственного веса 1 погонного метра длины каната

$q_k = q_{k0} d_k^2$ ;

- для расчета агрегатной прочности (разрывного усилия) каната

$R_k = r_{k0} + r_{k1} d_k + r_{k2} d_k^2$ ;

- для расчета стоимости 1 погонного метра длины каната

$C_k = c_{k0} + c_{k1} d_k + c_{k2} d_k^2$ .

Значения эмпирических коэффициентов в указанных регрессионных зависимостях ($d_k$ - в мм), полученные обработкой методом наименьших квадратов данных соответствующих ГОСТ и ценовых данных отечественных фирм-изготовителей и поставщиков [6], приведены в табл. 4.

Таблица 4

Значения коэффициентов в регрессионных зависимостях для расчета параметров отечественных грузолюдских канатов

| ГОСТ на канат | Значения коэффициентов при расчете | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | веса (Н) | агрегатной прочности каната* (Н) | | | стоимости каната[2] (руб/м) | | |
| | $q_{к0}$ | $r_{к0}$ | $r_{к1}$ | $r_{к2}$ | $c_{к0}$ | $c_{к1}$ | $c_{к2}$ |
| ГОСТ 2688-80 | 0,00375 | 122,8 | 11,0 | 624,2 | 5,04 | 0,2946 | 0,1635 |
| ГОСТ 3066-80 | 0,00419 | 58,4 | 12,4 | 749,7 | 4,23 | 0,3039 | 0,1582 |
| ГОСТ 3077-80 | 0,00370 | -2354,0 | 317,8 | 619,5 | -1,38 | 1,4100 | 0,1573 |
| ГОСТ 3079-80 | 0,00354 | 3850,9 | -413,0 | 614,0 | -0,09 | 1,3740 | 0,1469 |
| ГОСТ 3081-80 | 0,00401 | -10825,5 | 966,5 | 737,1 | 2,43 | 0,7968 | 0,1793 |
| ГОСТ 7665-80 | 0,00375 | -8730,0 | 897,2 | 590,8 | 0,19 | -0,3620 | 0,1860 |
| ГОСТ 7667-80 | 0,00421 | -11400,0 | 1135,0 | 718,5 | 22,58 | -0,0622 | 0,1786 |

Примечания: * – для канатов маркировочной группы 2060 (210) Н/мм$^2$ (кгс/мм$^2$).

Расчетная схема участка линии канатного метро между двумя соседними промежуточными опорами для случая их горизонтальной установки приведена на рис. 1. Линия провисания несущего каната формируется под действием нескольких сил: вертикальной равномерно распределенной нагрузки от собственного веса каната интенсивностью $q_{kn}$, вертикальной сосредоточенной нагрузки от веса пассажирских кабин $Q_{cab}$ и осевого усилия натяжения каната $T_k$. При дальнейших расчетах сосредоточенные нагрузки $Q_{cab}$ удобно заменить распределенными интенсивностью

$$q_{cab} = \frac{Q_{cab}}{n_{kn} L_{cab}},$$

где $L_{cab}$ - расстояние между соседними пассажирскими кабинами.

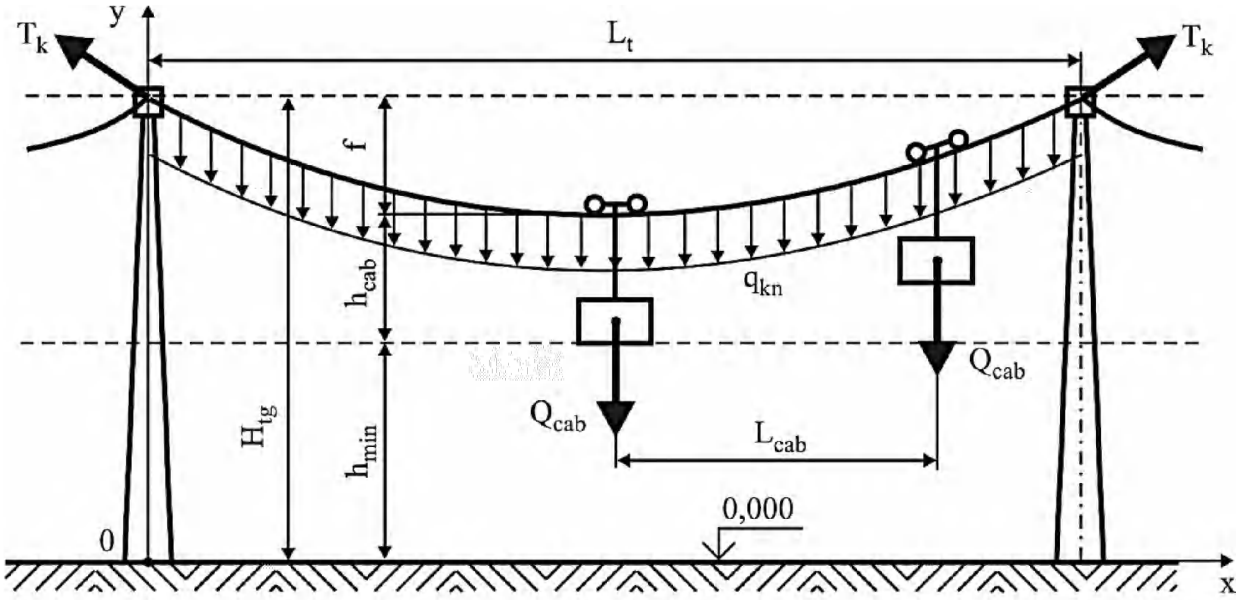



**Рис. 1. Расчетная схема участка линии канатного метро со стрелой провисания в середине пролета**

В процессе эксплуатации канатного метро на несущие канаты наряду с весовыми статическими нагрузками действуют также динамические нагрузки, связанные с раскачиванием пассажирских кабин при их движении. Они приводят к повышению уровня действующих к канатах напряжений от весовых нагрузок и к увеличению стрелы провисания. Аналогично тому, как подобные динамические нагрузки учитываются при выполнении проектных расчетов подъемно-транспортной техники [7, 8], при расчете канатной системы целесообразно использовать коэффициент динамичности $\psi_d > 1$.

При характерной для канатного метро относительной величине стрелы провисания каната $f / L_t < 0{,}1$ с погрешностью менее 1,3% геометрическая линия провисания несущего каната между

соседними опорами может быть представлена параболической зависимостью вида [9]

$$y(x) = H_t - \frac{\psi_d (q_{kn} + q_{cab})}{2T_k} x(L_t - x)$$

$$f = \frac{\psi_d (q_{kn} + q_{cab}) L_t^2}{8T_k}.$$

При этом длина самого несущего каната будет составлять

$$l_k = L_t \left[ 1 + \frac{{\psi_d}^2 (q_{kn} + q_{cab})^2 L_t^2}{24 T_k^2} \right],$$

а его минимальный диаметр, определяемый из условия агрегатной прочности, выражается соотношением:

$$d_{kn} = 0{,}5 \left\lfloor \sqrt{r_{k1}^2 - 4 r_{k2} (r_{k0} - [n]_k T_k)} - r_{k1} \right\rfloor / r_{k2},$$

где $[n]_k$ - минимальный коэффициент запаса прочности каната, установленный требованиями Ростехнадзора ПБ 10-559-03 [5].

С учетом минимально допустимого по условиям городской застройки вдоль линии канатного метро высотного приближения пассажирских кабин к зданиям и сооружениям $h_{\min}$ и вертикального габаритного размера кабины $h_{cab}$ геометрическая высота промежуточной опорной конструкции определяется зависимостью

$$H_{tg} = h_{\min} + h_{cab} + f.$$

Вследствие необходимости натяжения тягового и несущих канатов требуется усиление конструкции опор, что повышает их массу и, соответственно, стоимость изготовления и монтажа. Это обстоятельство при проведении дальнейших расчетов удобно учесть путем некоторого увеличения расчетной высоты опор по сравнению с их геометрической высотой пропорционально принятому натяжению $T_k$. Таким образом, в выражении для определения единичной стоимости опоры (2) необходимо использовать расчетную высоту, составляющую:

$$H_t = H_{tg} \left( 1 + \psi \frac{[n]_k T_k}{R_{kn}} \right),$$

где $\psi$ - коэффициент усиления конструкции опоры при действии максимально допустимого по условию прочности каната усилия натяжения $T_{k\max} = R_{kn} / [n]_k$; $R_{kn}$ - агрегатная прочность несущего каната.

Анализ приведенных зависимостей, составляющих математическую модель рассматриваемой технической проблемы, позволяет сделать вывод о том, что в качестве варьируемых параметров задачи оптимизации шага установки промежуточных опор канатного метро следует взять две независимые величины: расстояние между опорами $L_t$ и усилие натяжения несущих канатов $T_k$. Из них формируется вектор управляемых параметров

$$\{x\}^T = \{x_1\ x_2\} = \{L_t\ T_k\}.$$

Остальные величины являются фиксированными, так как либо задаются в качестве исходных данных, либо вычисляются в зависимости от указанных управляемых параметров. К первой группе относятся: $L_{tr}, L_{cab}, Q_{cab}, h_{\min}, h_{cab}, \psi, \psi_d, [n]_k, C_{f0}, a_f, C_{t0}, a_t, q_{k0}, r_{k0}, r_{k1}, r_{k2}, c_{k0}, c_{k1}, c_{k2}$. Ко второй группе относятся: $q_{kn}, q_{cab}, f, d_{kt}, d_{kn}, H_{tg}, l_k, n_t$. Из величин второй группы формируется вектор неуправляемых параметров, которые не подлежат варьированию в процессе решения оптимизационной задачи:

$$\{z\}^T = \{z_1\ z_2\ z_3\ z_4\ z_5\ z_6\ z_7\ z_8\} = \{q_{kn}\ q_{cab}\ f\ d_{kt}\ d_{kn}\ H_{tg}\ l_k\ n_t\}.$$

Окончательно задача технико-экономической оптимизации шага установки промежуточных опорных конструкций канатного метро на горизонтальной плоскости сводится к минимизации целевой функции – суммарной стоимости изготовления и монтажа опор, приобретения тягового и несущих канатов, которая согласно (1) имеет вид:

$$Ц(\{x\},\{z\}) = \frac{L_{tr}}{x_1}\left\langle C_{f0}\left\{\left[h_{\min} + h_{cab} + \frac{\psi_d (z_1+z_2)x_1^2}{8x_2}\right]\left(1+\psi\frac{x_2[n]_k}{R_{kn}}\right)\right\}^{a_f} + \right.$$

$$+ C_{t0}\left\{\left[h_{\min} + h_{cab} + \frac{\psi_d (z_1+z_2)x_1^2}{8x_2}\right]\left(1+\psi\frac{x_2[n]_k}{R_{kn}}\right)\right\}^{a_t} + C_e\left.\right\rangle + \qquad (3)$$

$$+\left(\frac{L_{tr}}{x_1}-1\right)(C_{kt}+n_{kn}C_{kn})x_1\left[1+\frac{\psi_d{}^2(z_1+z_2)^2x_1^2}{24x_2^2}\right]\to\min.$$

При этом должны выполняться ограничения в форме неравенств, определяющие требования к:

- допустимому диапазону изменения величины шага установки соседних опор

$$x_1 \ge 0; \quad L_{t\max} - x_1 \ge 0; \quad L_{tr}/x_1 - 1 \ge 0;$$

- допустимым диапазонам изменения диаметров тягового и несущих канатов

$$d_{kt\max} - d_{kt} \ge 0; \quad d_{kt} - d_{kt\min} \ge 0;$$

$$d_{kn\max} - d_{nt} \ge 0; \quad d_{kn} - d_{kn\min} \ge 0;$$

- максимально допустимой величине провисания несущего каната между опорами

$$\psi_f x_1 - \frac{\psi_d (z_1+z_2)x_1^2}{8x_2} \ge 0;$$

- минимальному усилию натяжения каната согласно требованиям ПБ 10-559-03 [9]

$$x_2 - 10 n_{cab}\psi_d Q_{cab}/n_{kn} \ge 0;$$

- максимальному усилию натяжения каната, исходя из его наибольшей возможной агрегатной прочности

$$R_{kn}(d_{kn\max})/[n]_k - x_2 \ge 0;$$

- максимальной высоте промежуточной опоры

$$H_{t\max} - h_{\min} - h_{cab} - \frac{\psi_d (z_1+z_2)x_1^2}{8x_2} \ge 0,$$

где $L_{t\max}$ - предельное расстояние между промежуточными опорами; $d_{kt\max}$, $d_{kn\max}$ - максимальный диаметр тягового и несущего канатов (табл.3); $d_{kt\min}$, $d_{kn\min}$ - минимальный диаметр тягового и несущего канатов (табл. 3); $\psi_f$ - коэффициент допустимого провисания каната между опорами; $n_{cab}$ - число пассажирских кабин, одновременно находящихся в пределах одного пролета; $R_{kn}(d_{kn\max})$ - агрегатная прочность каната максимального диаметра выбранной конструкции (табл. 3); $H_{t\max}$ - предельная высота промежуточной опоры.

Для нахождения минимума целевой функции (3) с учетом принятых ограничений необходимо использовать один из прямых методов условной оптимизации [10 - 12], основанный на непосредственном вычислении величины целевой функции $Ц(\{x\},\{z\})$.

Технико-экономические показатели оптимального варианта установки промежуточных опорных конструкций канатного метро в значительной мере зависят от стоимости комплекта технологического оборудования, монтируемого на опоре, и самой опоры. На рис. 2 приведены результаты оптимизации в зависимости от величины $C_e$ для двух вариантов линии канатного метро на основе использования опор, аналогичных по стоимости опорам типа ПГМ 500 и типа МУ 330, при двух несущих и одном тяговом канатах по ГОСТ 3079-80 маркировочной группы $G_k$ = 2160 (220) кН/мм$^2$ (кгс/мм$^2$). Для характеристики стоимостных показателей на рис. 2,б приведены графики $C_1(C_e)$ и $C_{1km}(C_e)$, которые определяют соответственно стоимость одного пролета линии (суммарную стоимость опоры, фундамента и канатов в пролете между соседними опорами без стоимости установленного оборудования) и стоимость 1 км линии канатного метро. Расчеты по-

казывают, что опоры, более дорогие в стоимостном выражении (типа МУ 330), требуют применение меньших шагов их установки $L_t$, так как в данном случае возможно использование опор меньшей высоты $H_{tg}$. При этом стоимость одного пролета $C_1$ в зависимости от стоимости оборудования $C_e$ сначала оказывается выше соответствующей стоимости для более дешевых типов опор (типа ПГМ 500), а начиная с некоторого порогового значения $C_e > C_{e,por}$, оказывается ниже. Однако стоимость 1 км линии канатного метро $C_{1km}$ всегда выше независимо от величины $C_e$.

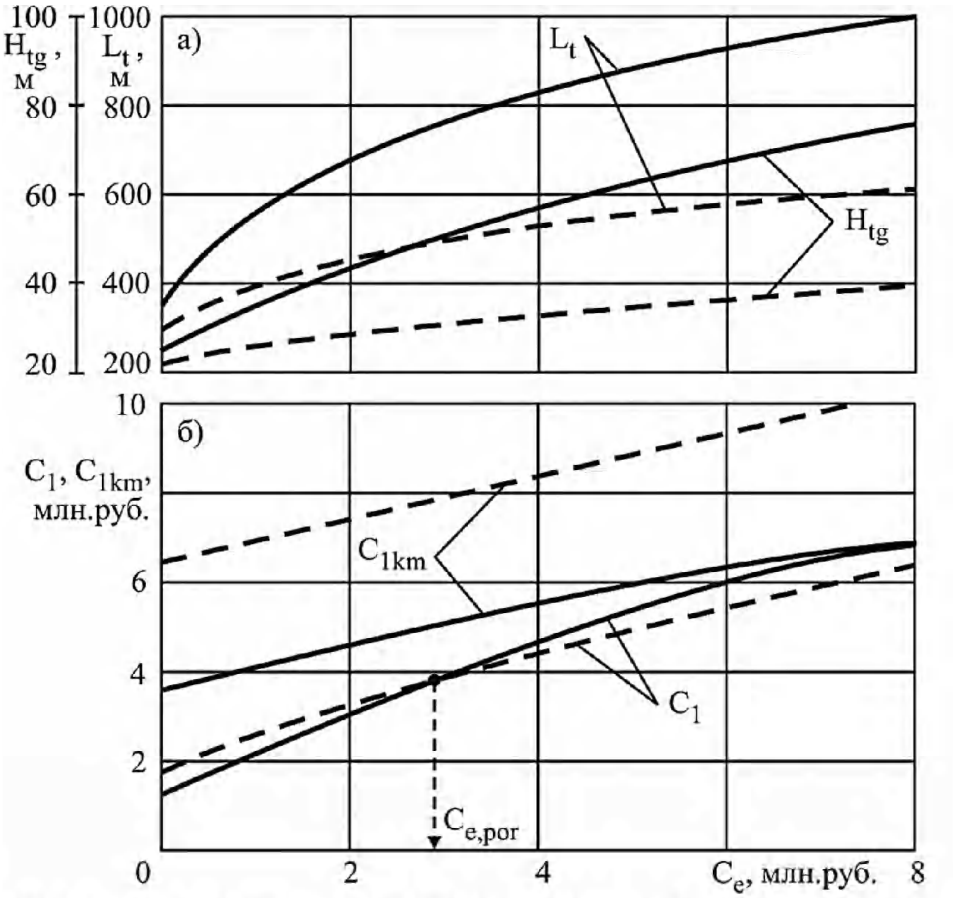



**Рис. 2. Влияние стоимости опоры и комплекта технологического оборудования на показатели оптимального варианта установки промежуточных опор: а - технические показатели; б - стоимостные показатели (——- опора типа ПГМ 500; — — - опора типа МУ 330)**

На рис. 3 показано взаимное влияние стоимостных показателей опорных конструкций и канатов на оптимальный шаг установки опор $L_t$ (рис. 3,а) и стоимость 1 км линии канатного метро $C_{1km}$ (рис. 3,б) при стоимости комплекта технологического оборудования $C_e$ = 1,0 млн. руб. и числе несущих канатов $n_{kn}$ = 3 маркировочной группы $G_k$ = 2160 (220) кН/мм$^2$ (кгс/мм$^2$). Стоимостные показатели опорных конструкций существенно влияют на оптимальную величину шага $L_t$ и стоимость $C_{1km}$, тогда как влияние стоимостных показателей канатов значительно меньше. В условиях сильно урбанизированной городской среды, практически не имеющей резервов землеотведения под установку промежуточных опор, приоритетным является обеспечение больших пролетов вдоль линии канатного метро. В этом случае наиболее целесообразно использовать канаты по ГОСТ 3081-80 в сочетании с опорами типа ПГМ 500. Немного худшие результаты дают канаты по ГОСТ 3079-80 и ГОСТ 7667-80 также в сочетании с опорами типа ПГМ 500. При наличии достаточных резервов землеотведения приоритетной становится задача максимального снижения стоимости строительства. В этом случае наиболее целесообразно использовать канаты по ГОСТ 3079-80 в сочетании с опорами типа ПМ 220. Немного худшие результаты дают канаты по ГОСТ 3081-80 и ГОСТ 7667-80 также в сочетании с опорами типа ПМ 220.

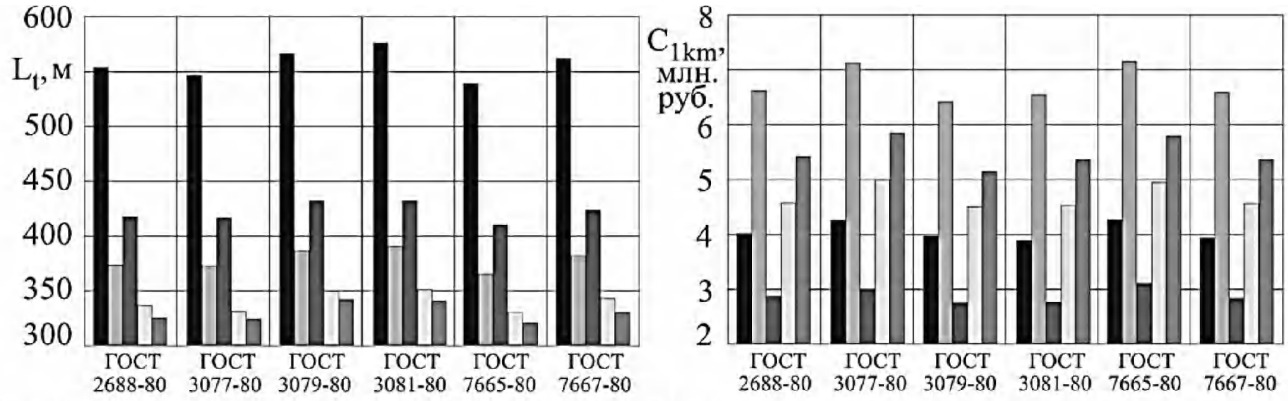



**Рис. 3. Влияние стоимостных показателей промежуточных опор и несущих канатов на оптимальный шаг установки опор (а) и стоимости 1 км линии канатного метро (б): ■ - ПГМ 500; ■ - МУ 330; ■ - ПМ 220; ■ - АМ 220; ■ - КМ 220)**

Число несущих канатов $n_{kn}$ оказывает незначительное влияние на оптимальный шаг установки опор: с увеличением их числа с 2 до 4 канатов оптимальное значение $L_t$ увеличивается лишь на 1,0…1,5 % или на 4…9 м, а высота промежуточной опоры $H_{tg}$ – на 0,5…1,5 % или на 0,2…0,5 м. Однако увеличение числа канатов приводит к заметному уменьшению их диаметра $d_k$ и требуемого усилия нятяжения $T_k$: при $n_{kn}$ = 2, 3 и 4 соответствующие значения диаметров составляют 57, 46 и 36…40 мм, а значения усилий натяжения – 390, 260 и 195 кН. Уменьшение необходимого диаметра каната приводит к снижению его погонной стоимости $C_k$ и, как следствие, к снижению стоимости 1 км линии канатного метро $C_{1km}$ даже несмотря на увеличение суммарной длины несущих канатов. Указанное снижение $C_{1km}$ может достигать 7 % или 0,4 млн. руб.

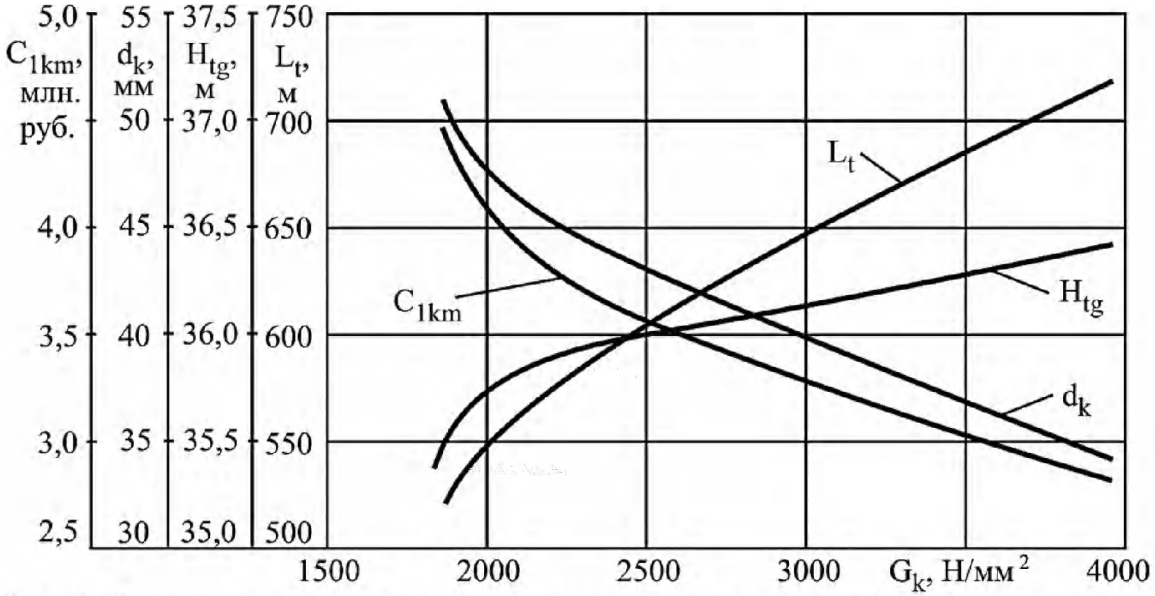



**Рис. 4. Влияние маркировочной группы несущих канатов на конструктивные и стоимостные показатели шага установки промежуточных опор**

Агрегатная прочность несущих канатов имеет первостепенное влияние на конструктивные и стоимостные показатели шага установки промежуточных опор канатного метро. Представление об этом дает рис. 4, на котором представлены результаты оптимизационных расчетов оптимального шага $L_t$ и высоты $H_{tg}$ опор, диаметра несущих канатов $d_k$ и стоимости 1 км линии метро $C_{1km}$ в зависимости от маркировочной группы $G_k$ каната по ГОСТ 3079-80 при использовании промежуточных опор, аналогичных по стоимости многогранным опорам типа ПГМ 500, стоимости комплекта технологического оборудования $C_e$ = 1,0 млн. руб. и числе несущих канатов $n_{kn}$ = 3. Обра-

щает внимание тот факт, что с увеличением агрегатной прочности канатов существенное увеличение оптимального шага $L_t$ влечет за собой незначительное увеличение высоты опор $H_{tg}$ : в интервале изменения маркировочной группы $G_k$ = 1770 (180)… 3930 (400) кН/мм$^2$ (кгс/мм$^2$) шаг опор меняется в интервале $L_t$ = 520…717 м (почти на 200 м), тогда как высота – в интервале $H_{tg}$ = 35,5…36,4 м (всего лишь на 0,9 м). Этим объясняется наблюдаемое существенное снижение стоимости 1 км линии канатного метро $C_{1km}$ с 4,46 до 2,80 млн. руб., т.е. в 1,6 раза.

При проектировании линий канатного метро с помощью разработанной оптимизационной математической модели проектировщик может выполнить качественный технико-экономический анализ влияния значительного числа исходных факторов на величину оптимального шага установки промежуточных опорных конструкций и, таким образом, определить наиболее экономичный вариант строительства.

The task of cable transport system “kanatnoe metro” towers distance nonlinear conditional optimization in case of strong urbanized city environment is under consideration in this article. The analysis of structural and cost factors influence on towers distance and total cost was made during this research.
***Key words****: cable transport system**, kanatnoe metro, tower, distance, optimization.*

## Список литературы

1. Лагерев, А.В. Концепция инновационной системы городского транспорта «Канатное метро города Брянска» / А.В. Лагерев, И.А. Лагерев, А.А. Короткий, А.В. Панфилов // Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. – 2012. – №3. – С. 12-15.

2. Пат. 2506182 Российская Федерация, МПК B61B 7/00. Транспортная система («Канатное метро») / А.А. Короткий, А.В. Лагерев, Б.Ч. Месхи, В.М. Приходько и др. - № 2012121358/11; заявл. 23.05.12; опубл. 10.02.14.

3. Канатное метро // ИКЦ «Мысль» НГТУ: [сайт]. - Режим доступа: http://www.ikcmysl.ru/kanatnoe-metro.

4. Многогранные стальные опоры ЛЭП // ООО НПО «Легион»: [сайт]. – Режим доступа: www.legionural.ru/ text_group/show/mnogogrannye-opory-lep/.

5. ПБ 10-559-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации пассажирских подвесных и буксировочных канатных дорог. – Введ. 2003-05-01. – М.: Госстандарт: Изд-во стандартов, 2003. – 47 с.

6. ООО «МосКанат»: [сайт]. - Режим доступа: www.mos-kanat.ru/prise_2012.xls.

7. Александров, М.П. Грузоподъемные машины / М.П. Александров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 552 с.

8. Лагерев, А.В. Нагруженность подъемно-транспортной техники / А.В. Лагерев. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2010. – 180 с.

9. Биргер, И.А. Расчет на прочность деталей машин / И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Р.М. Шнейдерович. – М.: Машиностроение, 1966. – 616 с.

10. Лагерев, И.А. Оптимальное проектирование подъемно-транспортных машин: монография / И.А. Лагерев, А.В. Лагерев. – Брянск: БГТУ, 2013. – 228 с.

11. Лагерев, И.А. Оценка динамической нагруженности и оптимизация трехзвенных гидравлических кранов-манипуляторов транспортно-технологических машин для сварки трубопроводов: автореф. дис. … канд. техн. наук / Лагерев Игорь Александрович. – Брянск, 2011. – 18 с.

12. Гилл, Ф. Практическая оптимизация / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт. – М.: Мир, 1985. – 509 с.

## Об авторах

Лагерев А.В. – доктор технических наук, профессор, заместитель директора НИИ ФиПИ по научной работе БГУ им. акад. И.Г. Петровского, *bsu-avl@yandex.ru*

Лагерев И.А. – кандидат технических наук, проректор по инновационной работе БГУ им. И.Г. Петровского, *lagerev-bgu@yandex.ru.*

**УДК 539.37**

# СИСТЕМЫ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ СО СДВИГОМ КАРЛЕМАНА В ТЕОРИИ СКЛЕИВАНИЯ УПРУГИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Л.П. Римская

В работе исследуется система сингулярных интегральных уравнений со сдвигом Карлемана. Данная система обобщает задачи о склеивании упругих поверхностей и классические краевые задачи Карлемана и Римана для аналитических функций.

***Ключевые слова.*** *Сингулярное уравнение, краевая задача, индекс системы уравнений.*

Сингулярные уравнения и их системы широко применяются для моделирования процессов деформации упругих и пластических тел [4]. Наиболее сложные системы возникают при решении задач теории упругости для неоднородных тел, обладающих анизотропией [2]. В работе изучается система, обобщающая с одной стороны основные задачи теории упругости для анизотропных тел, с другой стороны классические многоэлементные задачи теории аналитических функций [1]. Уравнение будем рассматривать на пространстве функций, удовлетворяющих условию Гельдера ( $H_{\mu}^{(n)}(L)$ ).

Рассмотрим систему сингулярных интегральных уравнений

$$
\begin{aligned}
&(N_1\omega_1\omega_2)(t) = a_1(t)[\omega_1(t) + \overline{t}\,\omega_2'(t) + \omega_2(t)] + b_1(t)\{\omega_1[\alpha(t)] + \\
&+\overline{\alpha(t)}\omega_2'[\alpha(t)] + \omega_2[\alpha(t)]\} + \frac{c_1(t)}{\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \overline{t}\,\omega_2'(\tau) + \omega_2(\tau)}{\tau - t}d\tau + \\
&+\frac{d_1(t)}{\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \overline{\alpha(t)}\omega_2'(\tau) + \omega_2(\tau)}{\tau - \alpha(t)}d\tau + \\
&+\int_L K_{11}(t,\tau)\omega_1(\tau)d\tau + \int_L K_{12}(t,\tau)\omega_2(\tau)d\tau = g_1(t), \\
&(N_2\omega_1\omega_2)(t) = a_2(t)[\omega_1(t) + \overline{t}\,\omega_2'(t) - \omega_2(t)] + b_2(t)\{\omega_1[\alpha(t)] + \\
&+\overline{\alpha(t)}\omega_2'[\alpha(t)] - \omega_2[\alpha(t)]\} + \frac{c_2(t)}{\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \overline{t}\,\omega_2'(\tau) - \omega_2(\tau)}{\tau - t}d\tau + \\
&+\frac{d_2(t)}{\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \overline{\alpha(t)}\omega_2'(\tau) - \omega_2(\tau)}{\tau - \alpha(t)}d\tau + \\
&+\int_L K_{21}(t,\tau)\omega_1(\tau)d\tau + \int_L K_{22}(t,\tau)\omega_2(\tau)d\tau = g_2(t),
\end{aligned}
\tag{1}
$$

где $\alpha(t)$ – сдвиг, подчиняющийся условию $\alpha[\alpha(t)] \equiv t$ и принадлежащий классу $H_{\mu}^{(3)}(L)$, $\alpha'(t) \neq 0$, $K_{l,n}(t, \tau) \in H^{(1)}(L \times L)$; $a_l(t)$, $b_l(t)$, $c_l(t)$, $d_l(t) \in H^{(3-l)}(L)$; $g_l(t) \in H^{(1)}(L)$ ($l$, n = 1, 2), полагаем, что уравнения системы нормированы.

1. Пусть L – единичная окружность. Заметим, что в задачах практического содержания (см., например, [4], [2]) функция сдвига появляется в случае конформного отображения двух или более различных областей на внутренность или внешность единичного круга.

С учетом того, что на окружности выполняются соотношения $\bar{t} = \frac{1}{t}$, получим

$$(N_1\omega_1\omega_2)(t) \equiv a_1(t)[\omega_1(t) + \frac{1}{t}\omega_2'(t) + \omega_2(t)] + b_1(t)\{\omega_1[\alpha(t)] +$$

$$+ \frac{1}{\alpha(t)}\omega_2'[\alpha(t)] + \omega_2[\alpha(t)]\} + \frac{c_1(t)}{2\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \frac{1}{\tau}\omega_2'(\tau) + \omega_2(\tau)}{\tau - t}d\tau +$$

$$+ \frac{d_1(t)}{2\pi i}\int_L \frac{\omega_2(\tau)}{\tau^2\alpha(t)}d\tau + \int_L K_{11}(t,\tau)\omega_1(\tau)d\tau + \int_L K_{12}(t,\tau)\omega_2(\tau)d\tau = g_1(t), \qquad (2)$$

$$(N_2\omega_1\omega_2)(t) \equiv a_2(t)[\omega_1(t) + \frac{1}{t}\omega_2'(t) - \omega_2(t)] + b_2(t)\{\omega_1[\alpha(t)] +$$

$$+ \frac{1}{\alpha(t)}\omega_2'[\alpha(t)] - \omega_2[\alpha(t)]\} + \frac{c_2(t)}{2\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \frac{1}{\tau}\omega_2'(\tau) - \omega_2(\tau)}{\tau - t}d\tau +$$

$$+ \frac{d_2(t)}{2\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \frac{1}{\tau}\omega_2'(\tau) - \omega_2(\tau)}{\tau - \alpha(t)}d\tau + \frac{c_2(t)}{2\pi i}\int_L \frac{\omega_2(\tau)}{t\tau^2}d\tau +$$

$$+ \frac{d_2(t)}{2\pi i}\int_L \frac{\omega_2(\tau)}{\tau^2\alpha(t)}d\tau + \int_L K_{21}(t,\tau)\omega_1(\tau)d\tau + \int_L K_{22}(t,\tau)\omega_2(\tau)d\tau = g_2(t).$$

Введем новые функции

$$W_1(t) = \omega_1(t) + \frac{1}{t}\omega_2'(t) + \omega_2(t),$$
$$W_2(t) = \omega_1(t) + \frac{1}{t}\omega_2'(t) - \omega_2(t). \qquad (3)$$

Рассмотрим характеристическую часть системы (2). С учетом обозначений (3) получим

$$a_1(t)W_1(t) + b_1(t)W_1[\alpha(t)] + \frac{c_1(t)}{2\pi i}\int_L \frac{W_1(\tau)d\tau}{\tau - t} + \frac{d_1(t)}{2\pi i}\int_L \frac{W_2(\tau)d\tau}{\tau - \alpha(t)} = f_1(t),$$
$$a_2(t)W_2(t) + b_2(t)W_2[\alpha(t)] + \frac{c_2(t)}{2\pi i}\int_L \frac{W_2(\tau)d\tau}{\tau - t} + \frac{d_2(t)}{2\pi i}\int_L \frac{W_2(\tau)d\tau}{\tau - \alpha(t)} = f_2(t). \qquad (4)$$

Система (4) представляет собой два характеристических уравнения со сдвигом Карлемана. С учетом результатов, приведенных в [1], получим следующее утверждение.

Теорема 1. Для того, чтобы система (4) была нетеровой, достаточно выполнения условий

1) $\Delta_{1,k}(t) = (c_k(t) - a_k(t))(c_k[\alpha(t)] - a_k[\alpha(t)]) - (d_k(t) - b_k(t)) \times (d_k[\alpha(t)] - b_k[\alpha(t)]) \neq 0,$
$\Delta_{2,k}(t) = (c_k(t) + a_k(t))(c_k[\alpha(t)] + a_k[\alpha(t)]) - (d_k(t) + b_k(t)) \times (d_k[\alpha(t)] + b_k[\alpha(t)]) \neq 0 \quad (k = 1,2)$

при сохраняющем ориентацию сдвиге $\alpha(t)$;

2) $\Delta_k(t) = -(b_k(t) + d_k(t))(d_k[\alpha(t)] - b_k[\alpha(t)]) + (c_k(t) - a_k(t)) \times (a_k[\alpha(t)] + c_k[\alpha(t)]) \neq 0$

при изменяющем ориентацию сдвиге $\alpha(t)$.

При выполнении условий нетеровости индекс системы сингулярных уравнений (4) вычисляется по формулам

1) $$\frac{1}{4\pi}\left\{\arg\frac{\Delta_{1,1}(t)}{\Delta_{1,2}(t)}\right\}_L + \frac{1}{4\pi}\left\{\arg\frac{\Delta_{2,1}(t)}{\Delta_{2,2}(t)}\right\}, \qquad (5)$$

если $\alpha(t)$ – прямой сдвиг;

2) $$\frac{1}{2\pi}\{\arg\Delta_1(t)\}_L + \frac{1}{2\pi}\{\arg\Delta_2(t)\}, \qquad (6)$$

если $\alpha(t)$ – обратный сдвиг.

Индекс системы (1) будет также определяться формулами (5), (6), согласно свойству нетеровых операторов.

2. Пусть D – произвольная область (не обязательно односвязная), ограниченная контуром L ($L \in C_{\mu}^{(2)}$). Проведем следующие преобразования

$$
\begin{aligned}
&(N_1\omega_1\omega_2)(t) \equiv a_1(t)[\omega_1(t) + \overline{t}\,\omega_2'(t) + \omega_2(t)] + b_1(t)\{\omega_1[\alpha(t)] + \\
&+\overline{\alpha(t)}\omega_2'[\alpha(t)] + \omega_2[\alpha(t)]\} + \frac{c_1(t)}{2\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \overline{\tau}\omega_2'(\tau) + \omega_2(\tau)}{\tau - t}\,d\tau + \\
&+\frac{d_1(t)}{2\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \overline{\tau}\omega_2'(\tau) + \omega_2(\tau)}{\tau - \alpha(t)}\,d\tau + \frac{c_1(t)}{2\pi i}\int_L \left[\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\frac{\overline{t} - \overline{\tau}}{\tau - t}\right)\right]\omega_2(\tau)d\tau + \\
&+\frac{d_1(t)}{2\pi i}\int_L \left[\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\frac{\overline{\alpha(t)} - \overline{\tau}}{\tau - \alpha(t)}\right)\right]\omega_2(\tau)d\tau + \int_L K_{11}(t,\tau)\omega_1(\tau)d\tau + \int_L K_{12}(t,\tau)\omega_2(\tau)d\tau = g_1(t), \\
&(N_2\omega_1\omega_2)(t) \equiv a_2(t)[\omega_1(t) + \overline{t}\,\omega_2'(t) - \omega_2(t)] + b_2(t)\{\omega_1[\alpha(t)] + \\
&+\overline{\alpha(t)}\omega_2'[\alpha(t)] - \omega_2[\alpha(t)]\} + \frac{c_2(t)}{2\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \overline{\tau}\omega_2'(\tau) - \omega_2(\tau)}{\tau - t}\,d\tau + \\
&+\frac{d_2(t)}{2\pi i}\int_L \frac{\omega_1(\tau) + \overline{\tau}\omega_2'(\tau) - \omega_2(\tau)}{\tau - \alpha(t)}\,d\tau + \frac{c_2(t)}{2\pi i}\int_L \left[\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\frac{\overline{t} - \overline{\tau}}{\tau - t}\right)\right]\omega_2(\tau)d\tau + \\
&+\frac{d_2(t)}{2\pi i}\int_L \left[\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\frac{\overline{\alpha(t)} - \overline{\tau}}{\tau - \alpha(t)}\right)\right]\omega_2(\tau)d\tau + \int_L K_{21}(t,\tau)\omega_1(\tau)d\tau + \int_L K_{22}(t,\tau)\omega_2(\tau)d\tau = g_2(t).
\end{aligned}
\tag{7}
$$

Заметим, что характеристическая часть системы (7) такая же, как и для системы (2). Откуда следует, что теорема 1 и в случае произвольной области D остается справедливой. Следует отметить, что ядра $\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\frac{\overline{t} - \overline{\tau}}{\tau - t}\right)$ и $\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\frac{\overline{\alpha(t)} - \overline{\tau}}{\tau - \alpha(t)}\right)$ в общем случае не являются вырожденными в отличие от случая области, ограниченной единичной окружности.

The system of singular integral equations with with Carleman's elation is studied in our work. This system summarizes the tasks about the gluing together the pliant surfaces and the classical Carleman's and Riemann's boundary value problems for analytical functions.

***Key words:*** *a singular equation, boundary value problem, index of the equations' system.*

## Список литературы

1. Гахов Ф.Д. Краевые задачи. М: Наука, 1977. 640 с.

2. Володченков А.М., Юденков А.В. Моделирование процесса упруго-пластической деформации с использованием статической функции напряжения. Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2013.№ 4 (28). [Сайт]. URL: http://scientific-notes.ru/pdf/033-002.pdf

3. Володченков А.М., Юденков А.В. Моделирование основных задач плоской теории упругости однородных анизотропных тел краевыми задачами со сдвигом. Обозрение прикладной и промышленной математики. 2006. № 3. С. 482.

4. Лехницкий Г.С. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977. 446 с.

## Об авторе

Римская Л.П. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий и высшей математики ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», *lilirimska@yandex.ru*

**УДК 517.53**

# ТЕПЛИЦЕВЫ ОПЕРАТОРЫ И ВОПРОСЫ ФАКТОРИЗАЦИИ В ГЕЛЬДЕРОВСКИХ ПРОСТРАНСТВАХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Ф.А. Шамоян

***Работа поддержана РФФИ (проект №13-01-97508) и Министерства Образования и Науки РФ (проект №1704. 2014)***

В работе получена полная характеризация теплицевых операторов, действующих в гельдеровских пространствах голоморфных функций в единичном шаре *n*-мерного комплексного пространства $\mathbb{C}^n$, а также в пространствах голоморфных в односвязных областях функций с квазиконформной границей.
***Ключевые слова:*** *оператор теплица, кривая Карлесона, единичный шар, факторизация, класс Гельдера.*

1. **Введение**. Работа посвящена исследованию ограниченности теплицевых операторов в гельдеровских пространствах аналитических функций.

Теплицевы операторы играют существенную роль не только в комплексном и функциональном анализе, но и в прикладной математике, математической экономике, в физике (см. [1], [2], [3]). В начале 70-х годов прошлого столетия автор этой статьи(см. [4], [5]) установил, что теплицевы операторы имеют важные приложения также в теории факторизации аналитических функций.

Приведем определение теплицевого оператора. Пусть $X$ – некоторое функциональное пространство, $Y$ – его замкнутое подпространство, $\varphi$ – мультипликатор пространства $X$, $P$ – проектор, отображающий $X$ на $Y$. Тогда теплицевым оператором с символом $\varphi$ называется следующий линейный оператор $T_\varphi(f) = P(\varphi f),\ f \in X$.

Перейдем к изложению основных результатов работы.

Пусть $B_n$ – единичный шар в *n* – мерном комплексном пространстве $\mathbb{C}^n$, $S_n$ – единичная сфера. Обозначим через $d\sigma(\zeta)$ – вероятностную меру Лебега на $S_n$, инвариантную относительно вращения сферы $S_n$, а через $dv(\zeta)$ – вероятностную меру Лебега на $B_n$.

Пусть далее $H(B_n)$ – множество всех голоморфных функций в $B_n$, $H^p(B_n)$, $0 < p \le +\infty$ – пространство Харди в $B_n$ (см.[6])

Теплицевым оператором на $H^1(B_n)$ с символом $h \in L^\infty(S_n)$ является следующий интегральный оператор

$$T_h(f)(z) = \int_{S_n} \frac{f(\zeta)h(\zeta)d\sigma(\zeta)}{(1-\langle z,\zeta\rangle)^n}$$

где $z = (z_1 \ldots z_n) \in B_n$, $\zeta = (\zeta_1 \ldots \zeta_n) \in S_n$, $\langle z,\zeta\rangle = \sum_{k=1}^{n} z_k \overline{\zeta_k}$

Обозначим также через $\Lambda_\alpha^a(B_n)$, $0 < \alpha < 1$ гельдеровский класс аналитических функций в $B_n$, то есть класс функций $f$, таких что для произвольных $z_1, z_2 \in B_n \bigcup S_n$ выполняется оценка

$$|f(z_1) - f(z_2)| \le c(f)|z_1 - z_2|^\alpha \ *^1$$

[1] *Здесь и в дальнейшем $c = c(\ldots)$ будем обозначать произвольную константу, значение которой не играет особой роли.

В пространстве $\Lambda_\alpha^a$ вводится естественная норма

$$\|f\|_{\Lambda_\alpha^a(B_n)} = \|f\|_\infty + \sup_{z_1,z_2\in B_n} \frac{|f(z_1)-f(z_2)|}{|z_1-z_2|^\alpha}$$

Легко видеть, что $\Lambda_\alpha^a = \Lambda_\alpha^a(B_n)$ относительно указанной нормы превращается в банахову алгебру.

**Определение 1**. *Пусть* $J \in H^\infty(B_n)$. *Говорят, что* $J$ *является внутренней функцией, если* $|J(\zeta)|=1$, *почти всюду на* $S_n$, *относительно меры* $d\sigma$.

Построению внутренних функций в $B_n$ и изучению их основных свойств посвящены работы А. Б. Александрова (см. [7], [8])

**Определение 2.** *Пусть заданы внутренние функции* $J_1$ *и* $J_2$. *Скажем, что* $J_1$ *делит* $J_2$ *если* $J_1/J_2 \in H^\infty(B_n)$.

**Определение 3**. *Говорят, что функция* $\Psi \in H^1(B_n)$ *делится на внутреннюю функцию* $J$, *если* $\Psi/J \in H^1(B_n)$.

Отметим, что в одномерном случае вопросы деления на внутренние функций в подклассах класса Р. Неванлинны играет существенную роль в многих вопросах комплексного и гармонического анализа (см. [9], [10]).

В первой части работы мы получим полное описание тех $h \in L^\infty(S_n)$, для которых теплицев оператор с символом *h* является ограниченным оператором в пространствах типа $\Lambda_\alpha^a(B_n)$. Во второй части мы исследуем аналогичные вопросы в односвязных областях $G \subset \mathbb{C}^1$ с квазиконформной границей.

**2. Теплицевы операторы в классах типа Гельдера аналитических в шаре функций.**

Пусть $\omega$ – функция типа модуля непрерывности, то есть $\omega(t)\ge 0$, $t \in R_+ = [0,+\infty)$ монотонно растущая функция на $R_+$, при этом $\omega(0)=0$ и $\dfrac{\omega(t)}{t}$ не возрастает на $R_+$. Пусть далее $C_A(B_n) = H(B_n) \cap \mathbb{C}(B_n \cup S_n)$.

Обозначим через $\Lambda_\omega^a$ следующий класс функций

$$\Lambda_\omega^a = \{f \in C_A(B_n) : \omega_f(\delta) \le c(f)\omega(\delta)\}$$

где $\omega_f(\delta)$ – модуль непрерывности функции $f$ в $B_n$.

Введем в $\Lambda_\omega^a$ – норму

$$\|f\|_{\Lambda_\omega^a} = \|f\|_\infty + \sup_{z,\xi\in B_n} \left\{ \frac{|f(\zeta)-f(z)|}{\omega(|\zeta - z|)} \right\} \qquad (1)$$

Ясно, что если $\omega(t)=t^\alpha$, то $\Lambda_\omega^a = \Lambda_\alpha^a$, $0<\alpha\le 1$

**Определение 4.** *Скажем, что функция типа модуля непрерывности* $\omega$ *удовлетворяет условию А. Зигмунда, если* $\int_0^{\delta} \frac{\omega(u)}{u} du \le c\omega(\delta),\ 0 < \delta \le 2$.

Основными результатами этого параграфа является доказательство следующего утверждения.

**Теорема 1.** *Пусть h является граничным значением некоторой плюригармонической функции из класса Харди* $h^1(B_n)$. *Тогда следующие утверждения равносильны:*

*1)* $T_h-$ *действует в пространстве* $\Lambda_\omega^a$

*2)* $$\left| \int_{S_n} \frac{h(\zeta)(\langle z,\zeta\rangle)^2 d\sigma(\zeta)}{(1-\langle \zeta, z\rangle)^{n+2}} \right| \le c \frac{\omega(1-|z|)}{(1-|z|)^2}, \quad z \in B_n \qquad (2)$$

Из теоремы 1 непосредственно следует:

**Следствие**. *Пусть h плюригармоническая функция из класса Харди* $h^1(B_n)$, *причем* $h \in L^1(S_n)$, $\omega-$ *удовлетворяет условию А. Зигмунда. Тогда следующие условия эквивалентны:*

*1)* $T_h-$ *действует в пространстве* $\Lambda_\omega^a(B_n)$,

*2)* $h(\zeta) = h_1(\zeta) + \overline{h_2}(\zeta),\ \zeta \in S_n$ *где* $h_1 \in \Lambda_\omega^a(B_n),\ h_2 \in H^\infty(B_n)$ (3)

Доказательству теоремы 1 предпошлем следующую лемму.

**Лемма 1**. *Пусть* $\omega$ – *функция типа модуля непрерывности, удовлетворяющая условию А. Зигмунда. Тогда необходимым и достаточным условием принадлежности* $f$ *классу* $\Lambda_\omega^a$ *является оценка*

$$\left|R^2(f)(z)\right| \le c(f) \frac{\omega(1-|z|)}{(1-|z|)^2}, \quad z \in B_n \qquad (4)$$

*где* $R(f)$, *радиальная производная функции* $f$ *(см. [1], стр. 111)*

Напомним определение радиальной производной.

Пусть $f \in H(B_n)$ и имеет следующее однородное разложение в $B_n$:

$$f(z) = \sum_{k=0}^{+\infty} f_k(z), \text{ тогда } R(f)(z) := \sum_{k=1}^{+\infty} k f_k(z),\ z \in B_n.$$

Доказательство леммы 1 для гельдеровских классов установлено в [1]. (см. [1], стр.114) В общем случае основные идеи доказательства сохраняются. Поэтому доказательство мы опускаем.

Доказательство теоремы 1.

Докажем, импликацию $1) \Rightarrow 2)$

Пусть $T_h-$ является ограниченным оператором в $\Lambda_\omega^a$. Тогда для $\forall f \in \Lambda_\omega^a$, функция $T_h(f)$ принадлежит классу $\Lambda_\omega^a$. Положим $f(z) = 1, z \in B_n$. Тогда

$$T_h(1)(z) = \int_{S_n} \frac{h(\zeta) d\sigma(\zeta)}{(1-\langle z,\zeta\rangle)^n}, \quad z \in B_n$$

Следовательно по лемме 1

$$\left|R^2\left(T_h(f)(1)\right)(z)\right| \le c \frac{\omega(1-|z|)}{(1-|z|)^2},\ z \in B_n \qquad (5)$$

Но нетрудно установить, что

$$R^2\left(T_h\right)(1)(z)=(n+1)n\int_{S_n}\frac{h(\zeta)\left(\langle z,\zeta\rangle\right)^2 d\sigma(\zeta)}{\left(1-\langle z,\zeta\rangle\right)^{n+2}} \tag{6}$$

Отсюда легко следует оценка (2). Импликация $1)\Rightarrow 2)$ установлена. До того как перейти к доказательству $2)\Rightarrow 1)$ заметим, что из 1) следует, что $h(\zeta)=h_1(\zeta)+\overline{h_2}(\zeta)$, $\zeta\in S_n$, где $h_1\in\Lambda_\omega^a(B_n)$, $h_2\in H^\infty(B_n)$. Действительно, поскольку $h=f_1+\overline{f_2}$, где $f_1,f_2-$ аналитические функции из класса $H^1(B_n)$, то

$$\int_{S_n}\frac{f_1(\zeta)+\overline{f_2}(\zeta)d\sigma(\zeta)}{\left(1-\langle z,\zeta\rangle\right)^n}=T_h(1)(z)=f_1(z),\ z\in B_n$$

Поэтому из ограниченности оператора $T_h$ в $\Lambda_\omega^a$ следует, что функция $f_1\in\Lambda_\omega^a$. Не умоляя общности, можно считать, что $f_2(0)=0$. Поэтому

$$\int_{S_n}\frac{\overline{f_2}(\zeta)d\sigma(\zeta)}{\left(1-\langle z,\zeta\rangle\right)^n}=0$$

при всех $z\in B_n$ (см. [6] стр. 25)

Остается положить $h_1(\zeta)=f_1(\zeta), h_2(\zeta)=f_2(\zeta)$, $\zeta\in S_n$. Следовательно если выполняется первое условие теоремы, то

$$T_h(f)(z)=f(z)h_1(z)+\int_{S_n}\frac{f(\zeta)\overline{h_2}(\zeta)d\sigma(\zeta)}{\left(1-\langle z,\zeta\rangle\right)^n}\ ,\ z\in B_n$$

Но так как пространство $\Lambda_\omega^a$ – является банаховой алгеброй, то оператор $M_{h_1}(f)(z)=f(z)h_1(z),\ z\in B_n$ является непрерывным оператором в $\Lambda_\omega^a$. Поэтому если выполняется первое условие теоремы, то оператор

$$T_{\overline{h_2}}(f)(z)=\int_{S_n}\frac{f(\zeta)\overline{h_2}(\zeta)d\sigma(\zeta)}{\left(1-\langle z,\zeta\rangle\right)^n}$$

является непрерывным оператором в $\Lambda_\omega^a$. Используя рассуждения приведенные в работе автора [4] легко доказать, что $h_2\in H^\infty(B_n)$ и при этом $\|h_2\|_{H^\infty(B_n)}\le\left\|T_{h_2}\right\|$.

Продолжим доказательство импликации $2)\Rightarrow 1)$. Учитывая, что $h=\overline{h_2}, h_2\in H^\infty(B_n)$, $h_2(0)=0$, и используя лемму 1, достаточно оценить функцию:

$$R^2\left(T_{\overline{h_2}}(f)\right)(z)=(n+1)n\int_{S_n}\frac{f(\zeta)\overline{h_2}(\zeta)\left(\langle z,\zeta\rangle\right)^2 d\sigma(\zeta)}{\left(1-\langle z,\zeta\rangle\right)^{n+2}},\ z\in B_n$$

где $R$ – как и прежде радиальная производная функции $T_{h_2}(f)$. Используем равенство (см. [6] стр. 29), тогда

$$\int_{S_n}\frac{f(\zeta)\overline{h_2}(\zeta)\left(\langle z,\zeta\rangle\right)^2 d\sigma(\zeta)}{\left(1-\langle z,\zeta\rangle\right)^{n+2}}=\int_{S_n}\left(\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\frac{f\left(\zeta e^{i\theta}\right)\overline{h_2}\left(\zeta e^{i\theta}\right)\left(\langle z,\zeta\rangle\right)^2 e^{-i2\theta}}{\left(1-\langle z,\zeta\rangle e^{-i\theta}\right)^{n+2}}d\theta\right)d\sigma \tag{7}$$

Положим

$$J(z)=\frac{1}{2\pi}\int\limits_{-\pi}^{\pi}\frac{f\left(\zeta e^{i\theta}\right)\overline{h_2}\left(\zeta e^{i\theta}\right)\left(\langle z,\zeta\rangle\right)^2 e^{-i2\theta}}{\left(1-\langle z,\zeta\rangle e^{-i\theta}\right)^{n+2}}d\theta,\qquad \langle z,\zeta\rangle := re^{it}.$$

Тогда из условия $h_2\in H^{\infty}\left(B_n\right)$ следует, что

$$\int\limits_{-\pi}^{\pi}\frac{\overline{h_2\left(\zeta e^{i\theta}\right)}e^{-i2\theta}}{\left(1-re^{-i(t-\theta)}\right)^{n+2}}d\theta=0 \tag{8}$$

при всех $r\in[0,1), t\in[-\pi,\pi]$.

Поэтому $J(z)=\frac{1}{2\pi}\int\limits_{-\pi}^{\pi}\frac{\left(f\left(\zeta e^{i\theta}\right)-f\left(\zeta e^{it}\right)\right)\overline{h_2}\left(\zeta e^{i\theta}\right)\left(\langle z,\zeta\rangle\right)^2 e^{-i2\theta}}{\left(1-re^{-i(t-\theta)}\right)^{n+2}}d\theta$

Следовательно,

$$\left|R^2\left(T_{\overline{h_2}}(\theta)\right)(z)\right|\le(n+1)n\int\limits_{S_n}\int\limits_{-\pi}^{\pi}\frac{\left|f\left(\zeta e^{i\theta}\right)-f\left(\zeta e^{it}\right)\right|h_2\left(\zeta e^{i\theta}\right)d\theta d\sigma(\zeta)}{\left|1-\langle z,\zeta\rangle e^{-i\theta}\right|^{n+2}}\le$$

$$\le(n+1)n\left\|h_2\right\|_{\infty}\left\|f\right\|_{\Lambda^a_{\omega}}\int\limits_{S_n}\int\limits_{-\pi}^{\pi}\frac{\omega\left(\left|e^{it}-e^{i\theta}\right|\right)d\theta d\sigma(\zeta)}{\left|1-\langle z,\zeta\rangle e^{-i\theta}\right|^{n+2}} \tag{9}$$

Заметим теперь, что

$\left|e^{it}-e^{i\theta}\right|=\left|1-e^{i(t-\theta)}\right|\le\left|1-re^{i(t-\theta)}\right|$, при всех $t,\theta\in[-\pi,\pi]$ , $r\in[0,1]$.

Поэтому

$$\omega\left(\left|e^{it}-e^{i\theta}\right|\right)=\omega\left(\left|1-e^{i(t-\theta)}\right|\right)\le\omega\left(\left|1-re^{i(t-\theta)}\right|\right)\le\omega\left(\left|1-\langle z,\zeta\rangle e^{-i\theta}\right|\right),$$

поскольку $\omega$ – не убывающая функция. Тогда из (9) получаем

$$\left|R^2\left(T_h(f)\right)(z)\right|\le(n+1)n\left\|h_2\right\|_{\infty}\left\|f\right\|_{\Lambda^a_{\omega}}\int\limits_{S_n}\int\limits_{-\pi}^{\pi}\frac{\omega\left(\left|1-\langle z,\zeta\rangle e^{-i\theta}\right|\right)d\theta d\sigma(\zeta)}{\left|1-\langle z,\zeta\rangle e^{-i\theta}\right|^{n+2}}.$$

То есть

$$\left|R^2\left(T_h(f)\right)(z)\right|\le(n+1)n\left\|h_2\right\|_{\infty}\left\|f\right\|_{\Lambda^a_{\omega}}\int\limits_{S_n}\frac{\omega\left(\left|1-\langle z,\zeta\rangle\right|\right)d\sigma(\zeta)}{\left|1-\langle z,\zeta\rangle\right|^{n+2}} \tag{10}$$

В последнем неравенстве мы снова воспользовались тождеством (7).

Воспользуемся теперь неравенством:

$$\left|1-\langle z,\zeta\rangle\right|\ge1-\left|\langle z,\zeta\rangle\right|\ge1-|z|,\ \text{при всех}\ z,\zeta\in B_n.$$

Поэтому в виду того, что функция $\frac{\omega(t)}{t}$ – не возрастает, получим

$$\frac{\omega\left(\left|1-\langle z,\zeta\rangle\right|\right)}{\left|1-\langle z,\zeta\rangle\right|}\le\frac{\omega\left(1-|z|\right)}{\left(1-|z|\right)},\ z,\zeta\in B_n$$

Из оценки (10) выводим

$$\left|R^2\left(T_h\left(f\right)\right)\left(z\right)\right| \le \left(n+1\right)n\left\|f\right\|_{\Lambda_\omega^a}\left\|h_2\right\|_\infty \frac{\omega\left(1-\left|z\right|\right)}{\left(1-\left|z\right|\right)}\int\limits_{S_n}\frac{d\sigma\left(\zeta\right)}{\left|1-\langle z,\zeta\rangle\right|^{n+1}},\ z\in B_n$$

Теперь учитывая хорошо известное неравенство (см. [1] стр. 26),

$$\int\limits_{S_n}\frac{d\sigma\left(\zeta\right)}{\left|1-\langle z,\zeta\rangle\right|^{n+1}} \le \frac{c}{\left(1-\left|z\right|\right)},\ z\in B_n \tag{11}$$

приходим к оценке:

$$\left|R^2\left(T_h\left(f\right)\right)\left(z\right)\right| \le \frac{c_1\omega\left(1-\left|z\right|\right)}{\left(1-\left|z\right|\right)^2},\ z\in B_n.$$

Из теоремы 1 непосредственно следует.

**Теорема 2**. *Пусть* $f\in\Lambda_\omega^a$, *при этом* $f\left(z\right)=J_f\left(z\right)\cdot\Psi_f\left(z\right), z\in B_n$, *где* $J_f$ – *внутренняя функция, а* $\Psi_f\in H^1\left(B_n\right)$. *Тогда если* $\widetilde{J}$ *другая внутренняя функция на которую делится* $J_f$, *то* $f\big/_{\widetilde{J}}\in\Lambda_\omega^a$.

Доказательство

Поскольку $J_f\big/_{\widetilde{J}}\in H^\infty\left(B_n\right)$, то $\frac{f}{\widetilde{J}}=\frac{J_f}{\widetilde{J}}\cdot\Psi=\Psi\left(z\right)J_f\left(z\right)\overline{\widetilde{J}\left(z\right)}$ принадлежит классу Харди $H^1\left(B_n\right)$. Поэтому

$$F\left(z\right)=\frac{f\left(z\right)}{\widetilde{J}\left(z\right)}=\int\limits_{S_n}\frac{f\left(\zeta\right)\overline{\widetilde{J}\left(\zeta\right)}d\sigma\left(\zeta\right)}{\left(1-\langle z,\zeta\rangle\right)^n}.$$

По теореме 1 $F\in\Lambda_\omega^a$.

**3. Теплицевы операторы в гельдеровских пространствах аналитических функций в односвязных областях комплексной плоскости с квазиконформной границей.**

Чтобы излагать основной результат этого параграфа введем следующие обозначения. Пусть $G$ – ограниченная односвязная область на комплексной плоскости, $\mathbb{C}=\mathbb{C}^1$, $\Gamma=\partial G$ его граница.

Кривая $\Gamma$ называется квазиконформной или кривой Карлесона, если для произвольной точки $\zeta\in\Gamma$, $mes\left(\Gamma\bigcap K_\rho\left(\zeta\right)\right)\le c_0\rho$, где $K_\rho\left(\zeta\right)$ – круг с центром в точке $\zeta$, $mes$ – линейная мера, указанного множества, $c$ – некоторая константа, независящая от $\zeta$.

Теплицевым оператором с символом $h\in L^\infty\left(\Gamma\right)$ – называется следующий интегральный оператор:

$$T_h\left(f\right)\left(z\right)=\frac{1}{2\pi i}\int\limits_\Gamma\frac{f\left(\zeta\right)h\left(\zeta\right)d\zeta}{\zeta-z},\ z\in G.$$

Класс $\Lambda_\omega^a\left(G\right)$ определяется как в §1. Норма в $\Lambda_\omega^a\left(G\right)$ вводится аналогичным образом. Основным результатом этого параграфа является доказательство следующей теоремы.

**Теорема 3.** *Пусть* $G$ – *односвязная ограниченная область в* $\mathbb{C}$ *с квазиконформной границей* $\Gamma, h\in L^\infty\left(\Gamma\right)$, $\omega$ *удовлетворяет условию А. Зигмунда.*

$$T_h\left(f\right)\left(z\right)=\frac{1}{2\pi i}\int\limits_\Gamma\frac{f\left(\zeta\right)h\left(\zeta\right)d\zeta}{\zeta-z},\ z\in G \tag{12}$$

*Тогда следующие утверждения равносильны:*

*1)* $T_h$ *является ограниченным оператором в пространстве* $\Lambda_\omega^a(G)$

*2) Функция* $h$ *представима в виде* $h(\zeta)=h_1(\zeta)+h_2(\zeta),\ \zeta\in\Gamma,$ (13)

*где* $h_1\in\Lambda_\omega^a(G)$, $h_2$ *является граничным значением некоторой функций из класса* $H^\infty(\mathbb{C}/G)$.

Доказательству теоремы предпошлем следующий вспомогательный результат (см.[11]).

Обозначим через $\rho(z,\partial G)$ расстояние от точки $z$ до границы $\partial G$.

**Лемма 2.** *Пусть* $G$ *– ограниченная односвязная область в* $\mathbb{C}$ *с квазиконформной границей. Тогда если* $f$ принадлежит классу $\Lambda_\omega^a$, *то*

$$\left|f^{(2)}(z)\right|\le\frac{c_f\omega(z,\partial G)}{\rho^2(z,\partial G)},\ z\in G \tag{14}$$

*Обратно, если* $f\in H(G)$ *и удовлетворяет оценке (14), то* $f$ *– является непрерывной функцией в* $G\cup\Gamma$, *при этом модуль непрерывности функции* $f$ *на множестве* $G\cup\Gamma$ *удовлетворяет оценке*

$$\omega_f(\delta)\le c_1\int_0^\delta\frac{\omega(u)}{u}du \tag{15}$$

*при некотором положительном* $c_1$.

**Лемма 3.** (см. [12], 13]) *Пусть* $h\in L^p(\Gamma),1<p<+\infty$. *Тогда функцию* $h$ *можно представить в виде*

$$h(\zeta)=h_1(\zeta)+h_2(\zeta),\ \zeta\in\Gamma, \tag{16}$$

*где* $h_1$ *почти всюду относительно меры Лебега совпадает с граничным значением некоторой функции* $H_1\in E_p(G)$, *а функция* $h_2$ *– почти всюду совпадает с граничным значением функции* $H_2\in E_p(\mathbb{C}/G)$, *где* $E_p(G)$ *и* $E_p(\mathbb{C}/G)$ *классы В. И. Смирнова в соответствующих областях (см. [14]).*

**Лемма 4.** (см. [12], [13]) *Пусть* $\Gamma$ *квазиконформная кривая на комплексной плоскости. Тогда справедлива следующая оценка:*

$$\int\limits_{|\zeta-z|\ge\varepsilon>0}\frac{|d\zeta|}{|\zeta-z|^{1+\alpha}}\le\frac{c(\alpha)}{\varepsilon^\alpha},\ z\in\mathbb{C},\ \alpha>0$$

*где c – некоторая константа, не зависящая от* $z$ *и* $\varepsilon$.

Доказательство теоремы 3 проводится по схеме доказательства теоремы 1. Сначала докажем импликацию $1)\Rightarrow 2)$. Пусть $T_h$ действует в пространстве $\Lambda_\omega^a(G)$. Тогда функция $T_h(1)\in\Lambda_\omega^a(G)$, то есть

$$T_h(1)(z)=\frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma\frac{h(\zeta)}{\zeta-z}d\zeta,\ z\in G$$

принадлежит классу $\Lambda_\omega^a(G)$. Теперь воспользуемся леммой 3, согласно которой

$$h(\zeta)=h_1(\zeta)+h_2(\zeta),\ \zeta\in\Gamma.$$

Не ограничивая общность можно предполагать, что $H_2(\infty)=0$. Тогда из (16) легко вывести, что то $T_h(1)(z)=H_1(z), z\in G$. Поэтому $H_1\in\Lambda_\omega^a(G)$, то есть $h_1$ имеет аналитическое продолжение в $G$, при этом $h_1(z)=H_1(z), z\in G$, $h_1\in\Lambda_\omega^a(G)$. Из условий $h\in L^\infty(\Gamma)$ и $h_1\in\Lambda_\omega^a(G)$ нетрудно вывести, что функция $h_2$ почти всюду относительно меры Лебега совпадает с граничными значениями некоторой функции $H_2\in H^\infty(\mathbb{C}/G)$. Импликация $1)\Rightarrow 2)$ установлена.

Докажем обратную импликацию $2)\Rightarrow 1)$. Из представления (12) и (16) сразу следует, что если $f$ принадлежит классу $\Lambda_\omega^a(G)$, то

$$T_h(f)(z)=f(z)h_1(z)+\frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma\frac{f(\zeta)h_2(\zeta)d\zeta}{\zeta-z},\ z\in G$$

где $f,h_1\in\Lambda_\omega^a(G)$

Так как $\Lambda_\omega^a(G)$ является банаховой алгеброй, то оператор $M_{h_1}(f)=f\cdot h_1$ является ограниченным оператором в пространстве $\Lambda_\omega^a(G)$. Поэтому для доказательства теоремы 3 достаточно установить ограниченность оператора

$$T_{h_2}(f)(z)=\frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma\frac{f(\zeta)h_2(\zeta)d\zeta}{\zeta-z},\ z\in G \tag{17}$$

в пространстве $\Lambda_\omega^a(G)$, где $h_2\in H^\infty(\mathbb{C}/G), h_2(\infty)=0$. Из последних двух условий следует, что

$$\int_\Gamma\frac{h_2(\zeta)d\sigma(\zeta)}{\zeta-z}=0,\ \forall z\in G$$

Поэтому учитывая равенство (17) имеем

$$\left(T_{h_2}(f)(z)\right)^{(2)}=\frac{1}{\pi i}\int_\Gamma\frac{f(\zeta)h_2(\zeta)d\zeta}{(\zeta-z)^3}=\frac{1}{\pi i}\int_\Gamma\frac{\left(f(\zeta)-f(z)\right)h_2(\zeta)d\zeta}{(\zeta-z)^3}$$

Следовательно

$$\left|T_{h_2}{}^{(2)}(f)(z)\right|\le c_f\|h_2\|_\infty\int_\Gamma\frac{\omega(|\zeta-z|)|d\zeta|}{|\zeta-z|^3} \tag{18}$$

Перейдем к оценке последнего интеграла. Положим

$$I(z)=\int_\Gamma\frac{\omega(|\zeta-z|)|d\zeta|}{|\zeta-z|^3}$$

Ясно, что для произвольных $z\in G,\zeta\in\Gamma,|\zeta-z|\ge\rho(z,\Gamma)$, поэтому учитывая, что функция $\frac{\omega(t)}{t}$ – не возрастающая, получаем

$$\frac{\omega(|\zeta-z|)}{|\zeta-z|}\le\frac{\omega(\rho(z,\Gamma))}{\rho(z,\Gamma)},\ \zeta\in\Gamma,z\in G$$

Следовательно

$$I(z)\le\frac{\omega(\rho(z,\Gamma))}{\rho(z,\Gamma)}\int_\Gamma\frac{|d\zeta|}{|\zeta-z|^2}.$$

Применяя лемму 4 приходим к оценке

$$\int_{\Gamma}\frac{|d\zeta|}{|\zeta-z|^2}\le\frac{c}{\rho(z,\Gamma)} \qquad (19)$$

Объединяя оценки (18) и (19) окончательно получим

$$\left|T^{(2)}_{h_2}(f)(z)\right|\le\frac{c\cdot\omega\left(\rho(z,\Gamma)\right)}{\rho(z,\Gamma)^2},\ z\in G$$

Для доказательства теоремы остается применить лемму 2.

Из теоремы 3 легко вывести следующее утверждение.

**Теорема 4**. *Пусть* $f\in\Lambda^a_\omega(G)$, *причем* $f(z)=J(z)\Psi(z)$, $z\in G$. *Тогда если* $\widetilde{J}$ – *такая внутренняя функция, что* $\frac{J}{\widetilde{J}}\in H^\infty(G)$, *то* $\frac{f}{\widetilde{J}}\in\Lambda^a_\omega(G)$.

We give the description of all pluriharmonic function h, for which the Teoplitz operator with symbol h is bounded in the analytic Holder spaces in the ball.

***Key words:*** *unit ball, holomorphic function, Holder spaces, Toeplitz operator, radial derivative, pluriharmonic function.*

## Список литературы

1. A. Bottcher and B. Silberman. Analysis of Toeplitz operators. Springer – Verlag. Berlin 2006.

2. N. K. Nikolski. Tratise on the shift operator, Springer –Verlag, Berlin 1986.

3. N. K. Nikolski. Operators, Function and System. Vol. I, Hardy, Hankel and Toeplitz. Amer. Math. Soc. Mathematical Survys and Monographs. Vol. 92,2002 г, 460 pp.,

4. Ф. А. Шамоян. Об ограниченности одного класса операторов, связанных с делимостью аналитических функций. Известие АН АРМ ССР, серия математика, т. 8 №6, 1973.

5. Ф. А. Шамоян. Об одном классе операторов, связанных с факторизацией аналитических функций, Записки научных семинаров ЛОМИ АН СССР, т. 39, 1974.

6. W. Rudin, Function theory in the unit ball of $\mathbb{C}^n$. New York, Berlin, Springer – Verlag 1980, 438 p.

7. А. Б. Александров. Существование внутренних функций в шаре. Мат. сборник, 1982, т. 118, №2, 147–163.

8. А. Б.Александров. О граничных значениях голоморфных в шаре функций. ДАН СССР. 1983, т. 274, №4, 777–779.

9. F. A. Shamoyan, A bounded criterion for Toeplitz operators in weighted Sobolev spaces of holomorphie functions on the polydisk, Sibirian Math. Journal, Vol. 53, №3б pp. 554-572, 2012.

10. N. Shirokov. Analytic Functions Smooth up to the boandary. Lecture Note in Math, , vol. 1312, pp. 1–215, Springer –Verlag, Berlin, 1988.

11. А. Двейрин. Теорема Харди – Литтлвуда в областях с квазиконформной границей. ДАН УССР, 1982, т. 51, №1.

12. G. David. Operatours Integraux singulary sur cartaines courbes du plan complexe, Ann. Ski. Ecole norm. super. 1984,17, №1.

13. Е. М. Динькин. Методы теории сингулярных интегралов. Современные проблемы математики фундаментальные направления, т. 15, стр. 197–293.

14. Г. М. Голузин Геометрическая теория функций комплексного переменного. Издательство «Наука» 1966.

## Об авторе

Шамоян Ф.А. – доктор физико-математических наук, профессор Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского, заведующий кафедрой математического анализа БГУ, *shamoyanfa@yandex.ru*

**УДК 539.37**

# СТОХАСТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ГИЛЬБЕРТА ДЛЯ n-АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В СТАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ИЗОТРОПНОГО ТЕЛА

А.В. Юденков, А.М. Володченков

В работе рассматривается стохастический вариант краевой задачи Гильберта для полианалитических функций. Доказывается нетеровость задачи. Дается алгоритм решения для областей достаточно общего вида.
***Ключевые слова***. *Краевая задача, характеристический оператор, аналитическая функция.*

Рассмотрим решение стохастической задачи Гильберта для полианалитических функций порядка $n > 2$. Напомним, что классическая задача Гильберта для полианалитических функций порядка n формулируется следующим образом [1].

Определить полианалитическую функцию порядка n.

$$F(z) = U(x,y) + iV(x,y) = \sum_{p-1}^{n} \overline{z^p}\phi_p(z)$$

в области *D* по граничному условию

$$a_k(s)\frac{\partial^{n-1}U}{\partial x^{n-k}y^{k-1}} + b_k(s)\frac{\partial^{n-1}V}{\partial x^{n-k}\partial y^{k-1}} = c_k(t) \qquad (k = 1,2,...,n) \tag{1}$$

Здесь $a_k(s)$, $b_k(s)$, $c_k(s)$ – заданные на L действительные функции длины дуги, удовлетворяющие условию Гельдера вместе со своими производными до порядка $(2n-k-2)$ включительно, причем $a_k^2(s) + b_k^2(s) \neq 0$. Также полагают, что выполняется условие

$a_k^2(s) + b_k^2(s) = 1$.

Граничные условия (1) можно переписать в следующем виде

$$\mathrm{Re}\left[(a_k(s) - ib_k(s))\frac{\partial^{n-1}F(t)}{\partial x^{n-k}\partial y^{k-1}}\right] = c_k(t) \qquad (k = 1,2,...,n) \tag{2}$$

Несложно видеть, что первая граничная задача плоской теории упругости, является частным случаем краевой задачи (1) [2].

Теперь расширим класс функций, для которых рассматривается краевая задача Гильберта таким образом, чтобы граничные условия выполнялись почти наверное.

Дадим определение *X*-полианалитической функции порядка n.

Определение. Функция

$$F(z) = U(x,y) + iV(x,y) = \phi_0(z) + \overline{z}\phi_1(z) + ... + \overline{z^n}\phi_n(z)$$

в области D называется *X*–полианалитической порядка n, если для всех $z \in D$ и всех открытых множеств *w*, для которых $\overline{w} \in D$ *X*–аналитические компоненты $\phi_0(z),...,\phi_n(z)$ представимы в следующем виде

$$\phi_k(z) = U_k(x,y) + iV_k(x,y) = M(U_k(X_{\tau_w}, Y_{\tau_w})) + iM(V_k(X_{\tau_W}, Y_{\tau_W})), (k = 0,...,n) \tag{3}$$

Здесь M(f) – математическое ожидание случайной функции, $\tau_w$ - момент первого выхода двумерного броуновского процесса из множества w.

Функции $U_k$ и $V_k$ связаны между собой соотношениями Коши-Римана.

Можно показать, что справедливо утверждение [3].

Теорема 1. Пусть F – X-полианалитическая функция порядка n, тогда

$A^n F = 0$,

где $Af(z) = \lim\limits_{w \to z} \dfrac{M(f(z_{\tau_w})) - f(z)}{M(\tau_w)}$ – характеристический оператор процесса.

Обратно, если $F \subset C^{2n}(D)$ и $A^n F = 0$, то F – X-полианалитическая функция порядка n.

Сформулируем стохастическую задачу Гильберта для полианалитических функций порядка n.

Определить неизвестную X-полианалитическую функцию порядка в области D комплексного переменного $z = x - iy$, ограниченной контуром L, по n граничным условиям

$$a_k(S_{\tau_D}) \frac{\partial^{n-1} u}{\partial x^{n-k} \partial y^{k-1}} + b_k(S_{\tau_D}) \frac{\partial^{n-1} v}{\partial x^{n-k} \partial y^{k-1}} = C_k(S_{\tau_D})_{S \in L} \tag{4}$$

Здесь $a_k$, $b_k$, $C_k$ – заданные на контуре $L$ действительные функции такие что $a_k$, $b_k$ $\in H^{(2n-\kappa-1)}(D)$, $C_k \in H^{(n-1)}(D)$, $a_\kappa^2 + b_\kappa^2 = 1$ (условие нормировки).

Краевые условия (4) можно переписать в следующем виде

$$\operatorname{Re}\left\{(a_k - ib_k) i^{k-1} \sum_{\alpha=0}^{n-k} C_{n-k}^{\alpha} \sum_{\beta=0}^{k-1} (-1)^{\beta} C_{k-1}^{\beta} \sum_{p=\alpha+\beta}^{n-1} \frac{p!}{(p-\alpha-\beta)!} \overline{S}^{p-\alpha-\beta} \cdot (\phi_p(S_{\tau_D}))^{(n-\alpha-\beta-1)}\right\} = \tag{5}$$

$$= C_k(S_{\tau_D})$$

Пусть конформно отображающая функция $\omega(\xi)$ области D является полиномом.

Подставим в уравнение (5) $\sigma = \omega(s)$, преобразуем условие на контуре L в краевое условие на единичной окружности Г, при этом

$$\overline{\sigma} = \frac{1}{\sigma}.$$

Введем n новых аналитических функций

$$\Phi_k(\omega(\xi)) = \sum_{\alpha=0}^{n-k} C_{n-k}^{\alpha} \sum_{\beta=0}^{k-1} (-1)^{\beta} C_{k-1}^{\beta} \sum_{p=\alpha+\beta}^{n-1} \frac{p!}{(p-\alpha-\beta)!} \overline{\omega}^{p-\alpha-\beta} \left(\frac{1}{\xi}\right) \left(\phi_p(z)\right)_{z=\omega(\xi)}^{(n-\alpha-\beta-1)} \tag{6}$$

Относительно новых функций краевое условие (5) может быть записано в виде

$$\operatorname{Re}\left\{(a_k - ib_k)\Phi_k(\sigma_{\tau_D})\right\} = c_k(\omega(\sigma_{\tau_D})) \tag{7}$$

Краевые условия (7) представляют собой *n* стохастических краевых задач Гильберта для *X*-аналитических функций.

Справедливо следующее утверждение.

Теорема 2. Стохастическая задача Гильберта для полианалитических функций в областях конформно отображающихся на круг полиномами, сводится к системе из n стохастических задач Гильберта для аналитических функций.

Можно показать, что число решений однородной задачи Гильберта для полианалитических функций *l* и число условий разрешимости для неоднородной задачи ν полностью определяются индексами краевых коэффициентов, причем

$$l - \nu = \sum_{k=1}^{n} Ind(a_k - ib_k),$$

то есть задача (3) является нетеровой.

The stochastic variant of the Gilbert's boundary value problem for the polyanalytic function. The neterovity of the problem is proved. The solution algorithm for the universals of the rather common view is given.

***Key words:*** *Boundary value problem, characteristic operator, analytic function.*

**Список литературы**

1. Гахов Ф.Д. Краевые задачи. М: Наука, 1977. 640 с.

2. Володченков А.М., Юденков А.В. Моделирование процесса упруго-пластической деформации с использованием статической функции напряжения. Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2013.№ 4 (28). [Сайт]. URL: http://scientific-notes.ru/pdf/033-002.pdf

3. Юденков А.В., Романков А.В. Стохастическая задача гильберта для бианалитических функций в изотропной теории упругости. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 6. С. 160-164.

**Об авторах**

Юденков А.В. – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий и высшей математики, ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА»

Володченков А.М. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры естественно-научных и гуманитарных дисциплин, Смоленский филиал ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», *alexmw2012@yandex.ru*

**УДК 539.37**

## ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ Т – Т ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ ОТ ЧАСТОТЫ ВОЗБУЖДАЮЩЕГО СВЕТА

В.В. Юденков, А.П. Юденкова

В работе приводится экспериментальное доказательство зависимости эффективности безизлучательного переноса энергии по обменно-резонансному механизму от частоты возбуждающего света. Это в свою очередь служит подтверждением адекватности стохастической модели переноса энергии на основе донорно-акцепторного центра.

***Ключевые слова.*** *Перенос энергии, донор, акцептор, системы Шпольского.*

Изучение переноса энергии электронного возбуждения в жидких и твердых телах составляет одну из наиболее фундаментальных проблем современной физики конденсированного состояния. Целенаправленные исследования в этой области начались с работ Ф.Перрена и С.И.Вавилова. Ф.Перреном была предложена модель сферы действия тушения люминесценции донора [2], [5]. Исследования авторов с использованием высокоинформативных систем Шпольского позволило уточнить указанную модель. В первую очередь использовалась стохастическая модель, как более адекватно описывающая физические процессы [1]. Удалось учесть влияние броуновкского движения и дипольного взаимодействия [4]. В результате была предложена стохастическая модель донорно-акцепторного центра [3]. Согласно этой модели эффективность безизлучательного переноса энергии должна зависеть от частоты возбуждающего света. Заметим, что такой зависимости в системах со сплошным спектром не наблюдалось.

Для проверки высказанного предположения нами проводились исследования влияния длины волны излучения, возбуждающего донор, на Т – Т перенос энергии электронного возбуждения в системах Шпольского.

Использование системы антрон-дибензфуран н-октан показало, что эффективное тушение донора при возбуждении донора в области $S_{\pi\pi}$ перехода длиной волны $\lambda = 309$ нм выше, чем при тушении в области $S_{n\pi}$ перехода (рис. 1). Кроме того, эффективность переноса энергии возрастает внутри $S_{n\pi}$ и $S_{\pi\pi}$ переходов при увеличении частоты возбуждающего света. С увеличением частоты излучения, возбуждающего донор, тушение возрастает, что видно из таблицы 1. Оценка изменений эффективности тушения проводилась одновременно с оценкой интенсивности сенсибилизованной фосфоресценции акцептора от частоты возбуждающего света.

Таблица 1. Эффективность (%) Т – Т переноса энергии возбуждения от антрона к дибензфурану в н-октане при 77 К

| $\lambda_{возб}$ | Концентрация акцептора $C_A \cdot 10^3$ м | | | | | | $R_{эфф}(\overset{0}{A})$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | |
| 376 | 5 | 10 | 20 | 29 | 36 | 43 | 27,5 |
| 360 | 5,6 | 11 | 22 | 32 | 40 | 48 | 29 |
| 340 | 6 | 13 | 24 | 34 | 43 | 51 | 31 |
| 309 | 12 | 23 | 40 | 54 | 64 | 72 | 37 |

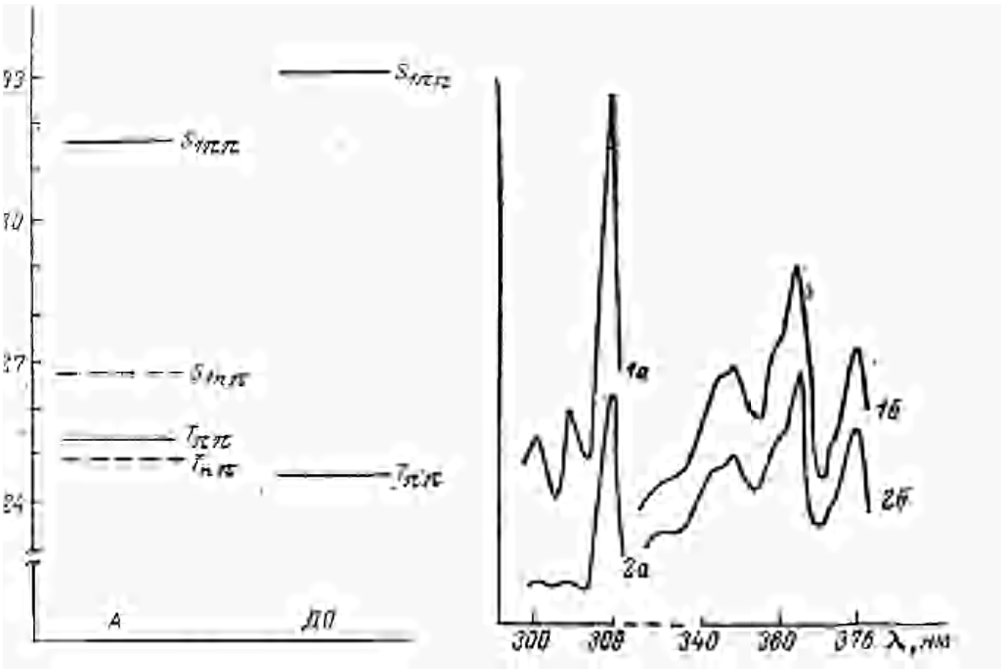



Рисунок 1.

Аналогичные результаты получены для системы антрон – дибензфуран – н-гептан (таблица 2).

Таблица 2. Эффективность (%) Т – Т переноса энергии возбуждения от антрона к дибензфурану в н-гептане при 77 К

| $\lambda_{возб}$ | Концентрация акцептора $C_A \cdot 10^3$ м | | | | | | $R_{эфф}(\overset{0}{A})$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 376 | 4 | 8 | 12 | 15 | 19 | 22 | 25,6 |
| 360 | 5 | 9 | 16 | 18 | 22 | 26 | 27 |
| 340 | 6 | 12 | 16 | 21 | 26 | 32 | 29 |
| 309 | 11 | 20 | 28 | 36 | 43 | 49 | 34,5 |

Для исследования зависимости Т – Т переноса энергии электронного возбуждения от частоты возбуждающего света для акцепторов, у которых синглетный уровень $S_1\pi\pi$ расположен ниже соответствующего уровня, необходимо исключить влияние индуктивно-резонансного (синглет-синглетного) переноса на результаты измерений.

Структура спектров поглощения акцептора 2,7-дибромдибензфурана и дибензтиофена такова, что при возбуждении антрона в области $S_{1n\pi}$ уровня сравнительно узкой полосой, эти соединения не поглощают энергии и не влияют на интенсивность спектра фосфоресценции донора.

Результаты исследования влияния частоты возбуждающего света на эффективность переноса для системы антрон – дибензтиофен в н-октане представлены в таблице 3.

Таблица 3. Зависимость переноса Т – Т энергии от длины волны возбуждающего света для системы антрон – дибензтиофен – н-октан.

| Длина волны возбужд. $\lambda_в$ (нм) | Концентрация акцептора | | | | | | | | | | $R(\overset{0}{A})$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $10^{-3}$ | $2\cdot10^{-3}$ | $3\cdot10^{-3}$ | $4\cdot10^{-3}$ | $5\cdot10^{-3}$ | $6\cdot10^{-3}$ | $7\cdot10^{-3}$ | $8\cdot10^{-3}$ | $9\cdot10^{-3}$ | $10^{-2}$ | |
| 376 | 6,9% | 13,3% | 20,6% | 27% | 33% | 37% | 42% | 47% | 51% | 54% | 32 |
| 360 | 11,6% | 19% | 27% | 34% | 40% | 46% | 51% | 56% | 60% | 64% | 34 |
| 340 | 13,4% | 27% | 36,8% | 45% | 53% | 59% | 65% | 70% | 74% | 77% | 39 |
| 309 | 18% | 39% | 50% | 61% | 71% | 77% | 82% | 86% | 89% | 92% | 46 |

Аналогичная зависимость получена для системы антрон – 2,7дибромдибензфуран – н-октан.

Для системы антрон – флуорен – н-октан исследовать зависимость тушения фосфоресценции донора акцептором от длины волны не удается из-за примеси антрацена в флуорене. Методом зонной плавки удалось снизить концентрацию антрацена в флуорене до 2-4%, но интенсивные линии флуоресценции антрацена в области 398-403 нм накладываются на область 0-0* фосфоресценции антрона. По этой причине непосредственно измерить тушение фосфоресценции антрона флуореном нельзя. Оценить влияние энергии кванта возбуждающего света фосфоресценции донора для данной системы удалось по спектрам возбуждения.

Спектр флуоресценции антрацена и фосфоресценции флуорена в области 460-470 нм имеют слабую интенсивность. Спектр возбуждения антрона регистрировался для квазилинии фосфоресценции 463 нм.

Изменения в спектре возбуждения фосфоресценции антрона при введение в раствор флуорена аналогичны введению в раствор дибензфурана аналогичной концентрации (рисунок 1).

Несколько более сильное тушение фосфоресценции антрона флуореном по сравнению с дибензфураном можно объяснить относительно большим интегралом перекрывания спектров в формуле

Использование в качестве донора энергии ксантона и в качестве акцепторов дибензфурана, дибензтиофена, аценафтена и их бромпроизводных соединений показало, что эффективность переноса также зависит от частоты возбуждающего излучения фосфоресценции донора.

Таким образом, можно сделать вывод, что зависимость эффективности безизлучательного переноса энергии от частоты возбуждающего излучения экспериментально установлена.

The experimental validation of the correspondence the efficiency of the energy's non-radiating transposition by the exchangeable- resonance scheme from the excitation light's frequency. It in return serves the proof of the sufficiency of the energy bridging's stochastic model on account of the donor-acceptor centerpoint.
***Key words:*** *the energy's transposition, donor, acceptor, Shpol'skiy's systems.*

## Список литературы

1. Володченков А.М., Юденков А.В. Моделирование процесса упруго-пластической деформации с использованием статической функции напряжения Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2013.№ 4 (28). [Сайт]. URL: http://scientific-notes.ru/pdf/033-002.pdf

2. Ермолаев В.Л., Бодунов Е.Н., Свешникова Е.Б., Шахвердов Т.А. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Л.: Наука, 1977.

3. Редкозубов С.А., Юденков А.В., Адигамов А.Э., Юденков В.В. Учет влияния вращательного броуновского движения при моделировании безизлучательного переноса энергии. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2007. № 12. С. 58-60.

4. Юденков В.В., Юденкова А.П. Моделирование Т – Т переноса в системах Шпольского на основе донорно-акцепторного центра. Проблемы аграрной отрасли в начале XXI века. Мат. международной конференции. Смоленск, 2002. с 274-277.

5. Dexter D.L. A Theory of Sensitized Luminescense in Solids. J. Chemic Physiks. V.21 N5 1953 P846-847.

## Об авторах

Юденков В.В. – кандидат физико-математических наук, доцент Военной академии войсковой противовоздушной обороны Вооруженных Сил Российской Федерации имени Маршала Советского Союза А.М. Василевского.

Юденкова А.П. – доцент кафедры информационных технологий и высшей математики ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА».

# ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

**УДК 633.878.31 + 630*561.21 + 57.034**

## ДИНАМИКА СРЕДНЕСУТОЧНОГО РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА НЕСУЩИХ ПОБЕГОВ ИВЫ БЕЛОЙ (*SALIX ALBA* L.)

А.А. Афонин, С.А. Зайцев, Е.А. Долгая

Описана динамика среднесуточного радиального прироста ($\Delta R$) несущих побегов ивы белой (*Salix alba*). На одновозрастном генетически выровненном материале доказано влияние индивидуальных особенностей растений на изменчивость ритмики $\Delta R$. Полученные результаты рекомендуется использовать при создании устойчивых высокопродуктивных поликлональных насаждений ивы белой.
***Ключевые слова:*** *ива белая, Salix alba, устойчивость, продуктивность, радиальный прирост, ритмичность.*

*Salix alba* L. 1753 – ива белая (серебристая, ветла; англ. white willow) – типовой представитель секции *Salix* Dum. 1825 (*Albae*) подрода *Salix* (= *Amerina*, = *Armena*) Dum. 1825. На территории Восточной Европы широко распространена в поймах равнинных рек (диагностический вид союза *Salicion albae* Tx. 1955 и ассоциации *Salicetum albae* Issl. (1924) 1926). С цитогенетической точки зрения, ива белая – тетраплоид: $2n = 4x = 76$ [1, 2, 3, 4, 6]. Популярности ивы белой способствует ее способность к аутовегетативному размножению зимними черенками и высокая продуктивность по выходу древесины. Например, в естественных насаждениях ивы белой возрастом 20 лет запас древесины может превышать 300 м$^3$/га с ежегодным приростом 10…16 м$^3$/га×год [5]. Это дает возможность создавать плантации комплексного назначения с длительным периодом оборота, включая энергетические плантации [7]. Для создания устойчивых поликлональных насаждений необходимо иметь коллекции высокопродуктивных биотипов (клонов) с разными ритмами камбиальной активности [1, 3]. Однако разнообразие ритмов среднесуточного радиального прироста несущих побегов ивы белой изучено недостаточно [4], что и определило актуальность данного исследования.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: на генетически выровненном одновозрастном материале, выращенном в однородных эдафо-фитоценотических условиях, выявить разнообразие ритмов радиального прироста несущих побегов ивы белой (*Salix alba* L. 1753).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходного материала ($F_0$) использовались первичные семьи *S. alba*, выращенные из семян, собранных в 2003 г. с маточных (пестичных) особей, произрастающих в однотипных ивняках (*Salicetum albae* Issl. (1924) 1926) поймы р. Десны. Семья *al*03-02-хх получена посевом семян, собранных 14.06.2003 в центральной пойме, в точке с координатами 53,2208 с.ш., 34,38009 в.д. Семья *al*03-06-хх получена посевом семян, собранных 15.06.2003 в прирусловой пойме, в точке с координатами 53,189762 с.ш., 34,268689 в.д. Все члены каждой семьи являются меросибсами, поскольку у них одна мать, но доноры пыльцы неизвестны. Наиболее продуктивные сеянцы указанных первичных семей культивировались в салицетуме Брянского государственного университета. В 2008 г. ортет al 03-02-08♀ был опылен пыльцой ортета *al* 03-06-01♂: по принципу «скрещивание лучших с лучшими». В результате была получена синтетическая аутбредная семья ($F_1$) *al* 08-(28×61)-хх (в дальнейшем *al*-хх). Все члены этой семьи являются сибсами. Наиболее продуктивные сеянцы *al*-хх культивировались в салицетуме Брянского государственного университета. Расположение – по тригонально-центрированной схеме с расстоянием между посадочными местами 2 м [1, 3].

Материал для данного исследования собирался на протяжении вегетационного сезона 2012 г. (на пятом году жизни сеянцев). За дату начала вегетации было принято 1 мая (среднемноголетняя дата устойчивого перехода среднесуточных температур через +10 ºС), за дату окончания – 1 сентября (к этому времени радиальный прирост практически прекращается).

Каждые 4…7 суток на каждом сеянце замеряли диаметры несущих побегов, сформированных в 2010 и 2011 гг. Диаметр побегов с точностью ± 0,1 мм замерялся штангенциркулем на расстоянии 20 см от их оснований. Измерения производили в двух направлениях (N-S и O-W), а затем вычисляли среднее значение. Текущий радиус побегов – $R$, мм – вычисляли путем деления среднего диаметра на 2. Фактический текущий среднесуточный радиальный прирост ($\Delta R_{ф}$, мм/сут) рассчитывался по формуле:

$$\Delta R_{ф} = (R_{k+1} - R_{k-1}) \div (t_{k+1} - t_{k-1}) ,$$

где $R$ – текущий диаметр несущего побега (мм), $k$ – порядковый номер наблюдения, $t$ – порядковый день вегетационного сезона.

Обработка полученных результатов производилась с помощью редактора электронных таблиц Microsoft Excel (MS Office 2003, 2010).

Для окончательного анализа использовались высокопродуктивные сеянцы рассматриваемой аутбредной семьи: *al* 03, *al* 06, *al* 07, *al* 08 (средний годичный радиальный прирост – не менее 5 мм).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сезонная динамика среднесуточного радиального прироста 2-летних и 3-летних побегов сеянцев *al* 3, *al* 6, *al* 7, *al* 8 показана на рисунке 1 (по оси абсцисс порядковый день вегетационного периода, по оси ординат среднесуточный радиальный прирост; в правой части диаграмм указаны номера сеянцев). Для каждой группы побегов вычислены и визуализированы усредненные ряды динамики.

Анализ усредненных рядов динамики показал, что в один и тот же год наблюдений несущие побеги с разным абсолютным возрастом демонстрируют различные типы сезонной динамики среднесуточного радиального прироста. Для трехлетних несущих побегов характерно наличие двух пиков камбиальной активности – раннелетнего и позднелетнего. Эти пики разделены периодом относительного покоя в середине лета. Для двухлетних побегов выявляется более сложная закономерность: в середине периода летнего относительного покоя наблюдается всплеск камбиальной активности. Выявленные закономерности носят обобщенный характер. На их фоне более или менее отчетливо выделяются ряды динамики среднесуточного радиального прироста отдельных сеянцев.

Сравнительный анализ полученных рядов сезонной динамики радиального прироста разновозрастных несущих побегов ивы белой (рисунок 2; по оси абсцисс порядковый день вегетационного периода, по оси ординат среднесуточный радиальный прирост; в легенде указаны годы формирования несущих побегов) показал следующее. Разновозрастные побеги сеянцев *al* 3 (рис. 3а) и *al* 8 (рис. 3г) характеризуются сходными рядами динамики, что позволяет рассматривать побеги 2-го и 3-го годов как единые побеговые системы. Различие между указанными сеянцами заключается в том, что в побеговой системе сеянца *al* 3 имеется два периода интенсивного радиального прироста, разделенные периодом относительного покоя, а в побеговой системе сеянца *al* 8 в середине периода летнего относительного покоя наблюдается всплеск камбиальной активности. Разновозрастные побеги сеянцев *al* 6 (рис. 3б) и *al* 7 (рис. 3в) характеризуются различными рядами динамики, что указывает на относительную автономность побегов 2-го и 3-го годов. В обоих случаях динамика радиального прироста побегов 3-го года описывается двухвершинными кривыми, а динамика радиального прироста побегов 2-го года – трехвершинными, с дополнительным среднелетним пиком камбиальной активности.

Таким образом, сравнительный анализ полученных результатов позволяет утверждать, что индивидуальные особенности одновозрастных сеянцев *S. alba*, выращенных в однородных условиях, обусловлены комбинациями различных типов радиального нарастания побегов. Данное обстоятельство следует учитывать при описании формовой (внутрипопуляционной) изменчивости *S. alba*, а также при оценке материала в селекции этого вида.

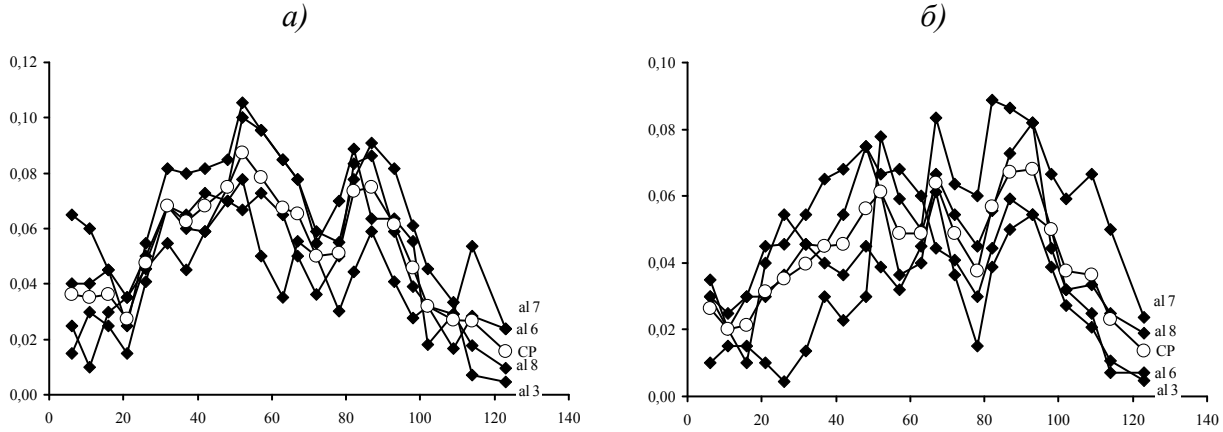



Рисунок 1 – Сезонная динамика среднесуточного радиального прироста несущих побегов сеянцев ивы белой. а) – трехлетние побеги, б) – двухлетние побеги.

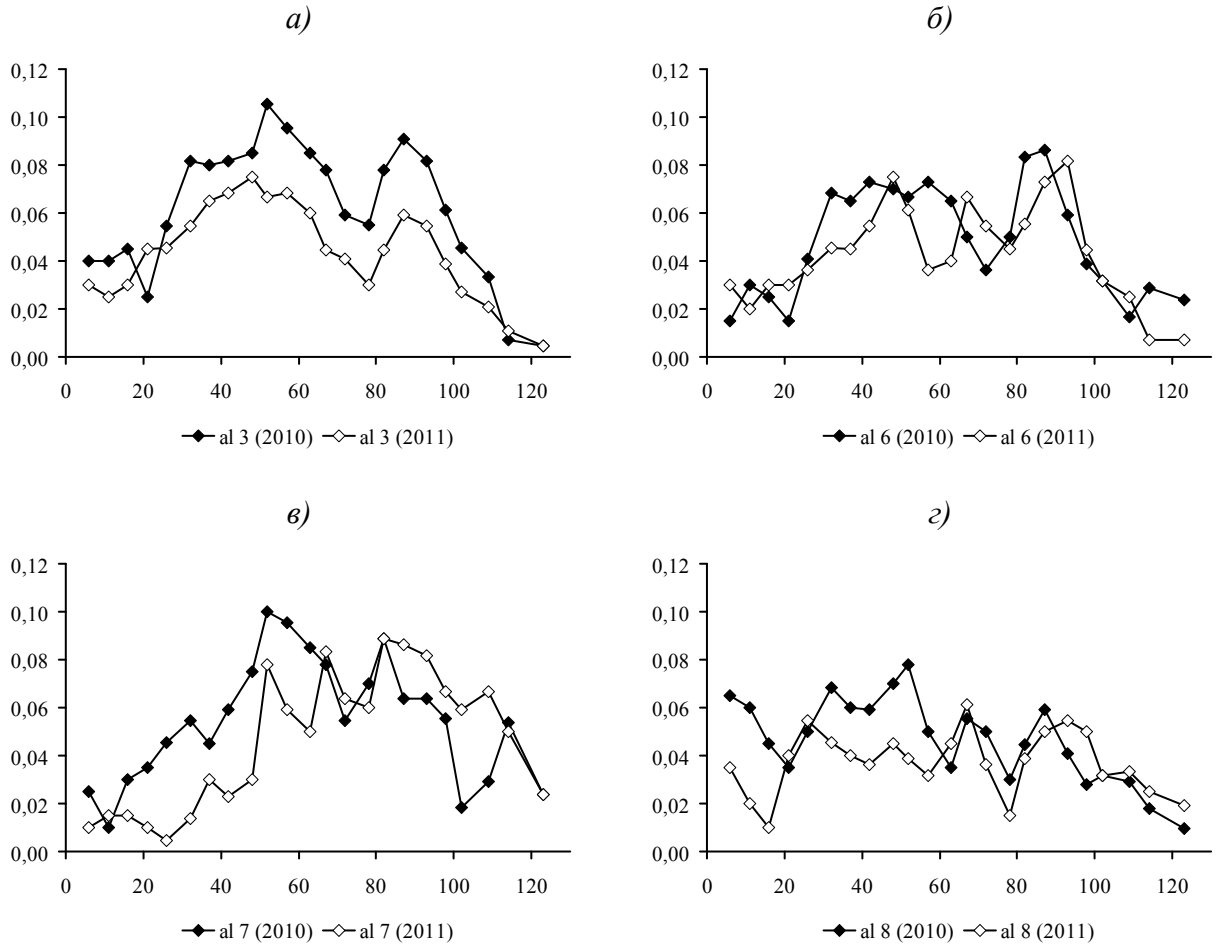



Рисунок 2 – Возрастная изменчивость сезонной динамики среднесуточного радиального прироста несущих побегов сеянцев ивы белой.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Схема селекционного процесса, основанная на аутбредном скрещивании «лучших с лучшими», позволяет получить высокопродуктивные биотипы ивы белой.

2. При аутбридинге высокопродуктивных особей ивы белой в их потомстве наблюдается расщепление по ритмам радиального прироста побегов, что указывает на гетерозиготность высокопродуктивных биотипов.

3. Динамика сезонного радиального прироста несущих побегов ивы белой характеризуется

определенной ритмичностью. На имеющемся материале выявлено два типа рядов динамики: двухвершинные и трехвершинные.

4. Индивидуальные особенности одновозрастных аутбредных сибсовых сеянцев *S. alba*, выращенных в однородных условиях, обусловлены комбинациями различных типов радиального нарастания побегов.

5. Выявленное разнообразие ритмов развития несущих побегов рекомендуется использовать при разработке теоретических основ проектирования высокопродуктивных насаждений ивы белой на основе комбинирования биотипов, характеризующихся различными ритмами радиального прироста несущих побегов.

6. Выявленные закономерности индивидуальной изменчивости ритмов радиального прироста несущих побегов рекомендуется учитывать при разработке рекомендаций по созданию устойчивых высокопродуктивных поликлональных насаждений ивы белой, включая энергетические плантации.

Described the dynamics of the mean daily radial growth ($\Delta R$) bearing shoots of white willow (*Salix alba*). On coeval genetically aligned material proved the influence of individual features of the plants on the variability of rhythm $\Delta R$. The obtained results it is recommended to use when creating a sustainable highly productive polyclonal plantings of white willow.

***Key words:*** *white willow, Salix alba, sustainability, productivity, radial growth, rhythmic.*

## Список литературы

1. Афонин А.А. Динамика нарастания лидерных побегов аутбредных сеянцев ивы белой (*Salix alba* L.) / А.А. Афонин, Л.Н. Анищенко, Е.В. Борздыко, И.В. Кротикова // Вестник БГУ. – Естественные и точные науки. – 2011. – №4. – С. 81–86.

2. Афонин А.А. Изменчивость побегов ивы белой // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2003. – № 2–3. – С. 15–18.

3. Афонин А.А. Сравнительная морфодинамика нарастания лидерных побегов сеянцев ивы белой (*Salix alba* L.) / А.А. Афонин, Л.Н. Анищенко, Е.В. Борздыко, И.В. Кротикова // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований за 2011 г. – Брянск: РИО Брянского государственного университета, 2012. – С. 65–74.

4. Афонин А.А. Сравнительная морфодинамика однолетних побегов ив Брянского лесного массива: монография. – Брянск: Издательство «Курсив», 2011. – 145 с.

5. Морозов И.Р. Ивы СССР, их использование и применение в защитном лесоразведении. – М.–Л.: Гослесбумиздат, 1950. – 167 с.

6. Скворцов А.К. Ивы СССР. – М.: Наука, 1968. – 262 с.

7. Фучило Я.Д. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь: Науково-методичні рекомендації / Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна, О.Я. Фучило, В.М. Літвін. – К.: Логос, 2009. – 80 с.

## Об авторах

Афонин А.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биологии ФБГОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» *afonin.salix@gmail.com*

Зайцев С.А. – аспирант кафедры биологии ФБГОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» *Ziserega@mail.ru*

Долгая Е.А. – студентка естественно-географического факультета ФБГОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» *katya.ekaterina230604@yandex.ru*

**УДК 632.928**

# ВАРИАЦИЯ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ПЛАСТИД *BETULA* L. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

М.Э. Баландайкин

Отображается специфика ответной реакции *Betula* L. на стресс, порождаемый действием разнородных биоэкологических факторов, в совокупности которых по дестабилизирующей способности главенствующее положение занимает фитопатологический. Отклик заключается в перестройке структуры системы основных фотосинтетических пигментов листа.
***Ключевые слова:*** *Inonotus obliquus (Pers.) Pil., Betula pendula Roth., хлорофилл, каротиноиды, пигменты.*

**Введение.** Фоторецепторная система фотосинтеза может выполнять индикационную роль в процессах роста и развития растительного организма. По девиациям отдельных ее параметров исследователь способен проследить не только степень влияния качества совокупности условий окружающей среды на растение, но и участие отдельных стресс-факторов. Одним из них является воздействие инфекционных агентов различного генезиса. Об этом и пойдет речь в данной работе.

**Экспериментальная часть.** Пигментный состав листовых пластин березы определялся в соответствии с методикой, изложенной в Практикуме по физиологии растений [7].

В способе измерения экстинций растворов предпочтение было отдано молекулярно-абсорбционному спектрофотометрическому анализу как наиболее точному волновому методу количественного определения содержания пигментов в ассимиляционном аппарате и позволяющему выполнять анализ смесей веществ с близкими максимумами поглощения без их предварительного разделения в отличие от определения концентраций на фотоэлектроколориметре.

Концентрации хлорофиллов a, b и каротиноидов устанавливались по оптической плотности на спектрофотометре СФ-46 (спектральный диапазон – 190-1100 нм) в видимой области – 400-800 нм, с соответствующими ей кюветами из шлифованного оптического стекла. Толщина рабочего слоя кювет – 10 мм. Одна кювета (контрольная) заполнялась чистым растворителем (85%-й раствор ацетона), другая – поочередно рабочими растворами.

Плотность экстракта на спектрофотометре измерялась при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения хлорофиллов a и b в красной области спектра – 663, 644 нм соответственно и при длине волны абсорбционного максимума каротиноидов – 452,5 нм.

Концентрации пигментов рассчитывались по Реббелену: $C_{хл.a} = 10{,}3D_{663} - 0{,}918D_{644}$; $C_{хл.b} = 19{,}7D_{644} - 3{,}87D_{663}$; $C_{хл.a+хл.b} = 6{,}4D_{663} + 18{,}8D_{644}$; $C_{кар} = 4{,}75D_{452{,}5} - 0{,}226C_{хл.a+хл.b}$. В уравнениях $C_{хл.a}$, $C_{хл.b}$, $C_{хл.a+хл.b}$ и $C_{кар}$ - соответственно концентрации хлорофиллов a, b, их суммы и каротиноидов, мг/л; $D$ - экспериментально полученные величины оптической плотности при соответствующих длинах волн [7].

По установленной концентрации пигмента в вытяжке вычислялось его содержание в исследуемом материале с учетом объема гомогената и массы пробы:

$$F\ [\text{мг/г сыр.массы}] = \frac{V \cdot C}{P},$$

где $F$ - содержание пигмента в растительном материале, [мг/г сыр.массы]; $V$- объем гомогенизированного извлечения, [л]; $C$ - концентрация пигмента, [мг/л]; $P$ - навеска растительного материала, [г]. Также осуществлялся расчет соотношений пигментов Chl a/Chl b и (Chl a+b)/car.

Концентрации основных фотосинтетических пигментов в листьях определялись у автохтонного ценозообразователя Ульяновского региона – березы повислой (*Betula pendula* Roth.), произрастающей в центральной части города Барыша с выраженным доминированием аэрополлютантов в составе техногенных эмиссий (но все же у здоровых экземпляров деревьев), на границе с многолетней невозобновившейся вырубкой, в полезащитной лесной полосе и насаждении. В последнем изучались деревья следующих категорий: инфицированные факультативным ксилоса-

протрофом *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil. с разной степенью поражения (оценивалась по меристическим признакам чаги f. *sterilis* (Vanin) Nikol. и была репрезентирована двумя стадиями: 1 – до достижения стерильными экзогенными мицелиальными наростами средних размеров по литературным данным [10], и 2 – свыше средних метрических характеристик), подрост березы бородавчатой, береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), гибрид этих двух видов, а также здоровые экземпляры деревьев березы повислой, которые служили в качестве условного контроля.

Так как в настоящем эксперименте число результатов измерений $n \leq 15$, то их принадлежность к нормальному распределению не проверялась [8]. Статистическая же обработка данных осуществлялась методом попарных сравнений, который допускает проведение математического анализа сравниваемых выборок по параметрам нормального распределения либо распределения Стьюдента в физиологических и биохимических исследованиях благодаря возможности сопоставления пар измерений [11].

В биологических исследованиях зачастую считается достаточным 5%-ный уровень значимости – вероятность ошибочной оценки P=0,05 [5]. Именно поэтому здесь он и применялся.

Средняя квадратичная ошибка различий, наблюдаемых между парными вариантами, рассчитывалась: $m_d = \sqrt{\left(\left(\sum d^2 / n\right) - D^2\right) / \left(n-1\right)}$, где d – расхождение между парными значениями сравниваемых величин; D – разница между средними величинами сравниваемых совокупностей.

Величина критерия достоверности вычислялась по следующей формуле: $t = D/m^d$. При этом вносилась и поправка Бонферрони.

**Обсуждение результатов и выводы.** Полученные значения концентраций хлорофиллов a, b и каротиноидов, а также отношений пигментов занесены в таблицу 1.

Таблица 1

**Пигментный состав листьев березы, произрастающей в Барышском участковом лесничестве: некоторые биотопы и категории деревьев**

| Категории, месторасположение и вид деревьев | $C_{хл.a}$, мг/г сыр. массы | $C_{хл.b}$, мг/г сыр. массы | $C_{хл.a+b}$, мг/г сыр. массы | $C_{кар}$, мг/г сыр. массы | $C_{хл.a} / C_{хл.b}$ ($\bar{x}$) | $C_{хл.a+b} / C_{кар}$ ($\bar{x}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Центр г. Барыша | 1,67±0,05 | 0,69±0,03 | 2,35±0,07 | 0,62±0,07 | 2,42 | 3,77 |
| Граница с вырубкой | 2,01±0,07 | 0,96±0,06 | 2,97±0,10 | 0,65±0,03 | 2,09 | 4,57 |
| Лесная полоса | 2,31±0,05 | 1,21±0,06 | 3,52±0,10 | 0,75±0,03 | 1,91 | 4,73 |
| Деревья с чагой 1 ст. | 1,67±0,08 | 1,25±0,08 | 2,92±0,12 | 0,44±0,11 | 1,33 | 6,69 |
| Деревья с чагой 2 ст. | 1,29±0,10 | 0,79±0,07 | 2,08±0,12 | 0,32±0,09 | 1,63 | 6,50 |
| Подрост *B. pendula* | 2,55±0,05 | 1,13±0,01 | 3,68±0,07 | 0,87±0,03 | 2,24 | 4,25 |
| *Betula pubescens* | 1,94±0,03 | 0,85±0,07 | 2,79±0,08 | 0,64±0,03 | 2,30 | 4,38 |
| Гибридные экземпляры | 2,53±0,08 | 1,18±0,03 | 3,71±0,09 | 0,76±0,07 | 2,14 | 4,87 |
| *B. pendula* с насаждения | 2,00±0,04 | 1,22±0,05 | 3,21±0,08 | 0,57±0,08 | 1,64 | 5,62 |

Частичная модификация критерия Стьюдента с поправкой Бонферрони доводит количество сравнений до 8, с полной поправкой было бы 36, и за счет снижения критического уровня t значительно повышает чувствительность метода – с t=5,59 (0,001, 6) до 4,12 (0,006, 6) при стандартном t 2,45 (0,05, 6); табл. 2.

Таблица 2

**Оценка разности средних концентраций основных фотосинтетических пигментов в опытных образцах и листовых пластинах здоровой *B. pendula* с насаждения по t-критерию Стьюдента**

| Категории, месторасположение и вид деревьев | t, $C_{хла}$ | t, $C_{хлb}$ | t, $C_{хла+b}$ | t, $C_{кар}$ |
|---|---|---|---|---|
| *Betula pendula* в центре города Барыша | 4,49 | 7,85 | 6,93 | 0,43 |
| Граница лесного массива с вырубкой (*B. pendula*) | 0,10 | 2,86 | 1,62 | 0,80 |
| Лесная полоса из *Betula pendula* | 4,21 | 0,09 | 2,12 | 1,77 |
| Деревья березы повислой с чагой 1 стадии | 3,17 | 0,29 | 1,72 | 0,84 |
| Деревья березы повислой с чагой 2 стадии | 5,68 | 4,29 | 6,74 | 1,79 |
| Подрост повислой березы из лесонасаждения | 7,35 | 1,44 | 3,81 | 2,97 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Betula pubescens* из лесонасаждения | 0,98 | 3,74 | 3,20 | 0,67 |
| Гибридные экземпляры двух видов берез | 5,07 | 0,60 | 3,55 | 1,55 |
| Контроль: здоровая *B. pendula* в лесонасаждении | – | – | – | – |

Таким образом, по второму методу статистически достоверными оказываются различия концентраций отдельных пигментов в мезофилле со здоровой березой повислой, слагающей насаждение, у следующих категорий деревьев.

У подроста березы повислой ($C_{хл.a}$=2,55±0,05 мг/г сыр.массы), деревьев с чагой на второй условной стадии развития ($C_{хл.a}$=1,29±0,10 мг/г сыр.массы), гибридных экземпляров повислой и пушистой берез ($C_{хл.a}$=2,53±0,08 мг/г сыр.массы), деревьев, произрастающих в центральной части г. Барыша с доминацией аэрополлютантов в составе ксенобиотиков ($C_{хл.a}$=1,67±0,05 мг/г сыр.массы) и формирующих полезащитную лесополосу ($C_{хл.a}$=2,31±0,05 мг/г сыр.массы), концентрация хлорофилла типа a в листовых пластинах значимо отличается относительно здоровой *B. pendula* из лесонасаждения ($C_{хл.a}$=2,00±0,04 мг/г сыр.массы).

По содержанию хлорофилла b и общей концентрации хлорофиллов в листовом аппарате повислая береза с насаждения ($C_{хл.b}$=1,22±0,05 мг/г сыр.массы и $C_{хл.a+b}$=3,21±0,08 мг/г сыр.массы) преобладает над деревьями, располагающимися в центре города ($C_{хл.b}$=0,69±0,03 мг/г сыр.массы, $C_{хл.a+b}$=2,35±0,07 мг/г сыр.массы), и березой, инфицированной *I. obliquus*, имеющей стерильные экзогенные наросты мицелия ксилотрофа на стволе 2 ст. ($C_{хл.b}$=0,79±0,07 мг/г сыр.массы, $C_{хл.a+b}$ =2,08±0,12 мг/г сыр.массы).

Сколько-нибудь статистически надежно со здоровой *B. pendula*, представляющей древостой ($C_{кар}$=0,57±0,08 мг/г сыр.массы), по опыту не дифференцировалась ни одна из репрезентированных выборочных совокупностей по общему бюджету каротиноидов в паренхиме мезофилла. Отдельные отличия концентраций фотосинтетических пигментов пластид во всех остальных, не перечисленных прежде случаев по отношению к *B. pendula* из лесонасаждения, соответственно, достоверными не были признаны.

Однако при элементарном использовании t-критерия Стьюдента для сравнения всего лишь двух групп деревьев – с f. *sterilis* (Vanin) Nikol. 1 стадии и из базовой совокупности – концентрации хлорофилла a их листовой паренхимы окажутся неинвариантными ($C_{хл.a}$=1,67±0,08 мг/г сыр.массы против $C_{хл.a}$=2,00±0,04 мг/г сыр.массы). Значимыми станут и несоответствия между $C_{хл.a}$ (t=2,56), $C_{хл.b}$ (t=3,73) и $C_{хл.a+b}$ (t=4,27) деревьев с наростами чаги на 1 и 2 ст. развития при употреблении последнего метода математического анализа (при этом $t_{кр}$=2,45).

Несмотря на доверительную статистическую оценку степени варьирования выборочных средних арифметических, которая, кстати сказать, весьма показательна (табл. 2), все же концентрации отдельных пигментов порфириновой, полиизопреноидной природы и их пропорции в серии сопоставляемых выборок не всегда остаются близкими между собой, хотя t-критерий и свидетельствует об обратном. Ведь даже в случае неопровержения нулевой гипотезы вопрос о преимуществе одной совокупности перед другой остается открытым [5]. Поэтому следует подробнее остановиться на рассмотрении межгруппового изменения содержания основных фотосинтетических пигментов в листьях.

Как свидетельствуют результаты испытаний, наибольшей из всех выборок концентрацией хлорофилла a фотосинтезирующей системы располагает подрост березы повислой (2,55±0,05 мг/ г сырой массы). Он обладает и наивысшей $C_{кар}$ (0,87±0,03 мг/г сыр.массы), а также достаточно вы-

соким общим содержанием хлорофиллов (3,68±0,07 мг/ г сырого веса), уступающим лишь аналогичному фотосинтетическому параметру гибридных экземпляров ($C_{хл.a+b}$=3,71±0,09 мг/г сыр.массы), что может быть следствием различной требовательности древесной породы к свету на разных этапах ее онтогенеза. На ювенильной, виргинильной и имматурной она минимальна, а к возрасту возмужания достигает максимума. То есть теневыносливость вида выше в более молодом возрасте, а формирующиеся теневые листья имеют большую концентрацию молекул хлорофилла. При дальнейшем увеличении возраста растения требовательность к свету постепенно уменьшается. Это объясняется высокой адаптационной способностью аппарата ассимиляции в ювенильном, виргинильном и имматурном периодах. Впоследствии данная способность теряется.

По содержанию хлорофилла a и суммы каротиноидов в паренхиме листовых пластин (соответственно 2,53±0,08 и 0,76±0,07 мг/ г сыр.массы) гибридные деревья располагаются на втором месте после подроста березы бородавчатой в рядах постепенного снижения концентраций пигментов, а по сумме хлорофиллов a, b даже превосходят его, занимая первую позицию (3,71±0,09 мг/ г сыр.массы; т. к. в конкретном случае у них концентрация хлорофилла типа b в листьях выше, нежели у подроста). Подобное, а именно неплохая в целом фоторецепторная характеристика фотосинтетических структур, на наш взгляд, может быть свидетельством гетерозиса, обусловливающего повышенную гетерозиготность гибридам и их биохимическое обогащение и позволяющего гибридным экземплярам первого поколения превосходить по жизнестойкости, продуктивности и др. признакам лучшую из родительских форм: судя по результатам эксперимента (табл. 1), в плане жизнеспособности первая генерация гибридов двух видов превосходит как березу пушистую, так и повислую березу. Последнее достигается благодаря переходу генов в гетерозиготное состояние, при котором рецессивные летальные и полулетальные аллели, снижающие жизнеспособность гибридов, не проявляются. Также в результате гетерозиготации могут образовываться несколько аллельных вариантов энзима, действующих в сумме более эффективно, чем в гомозиготном состоянии разрозненно. Гибридная сила через биохимическое обогащение приводит и к усилению обмена веществ, непосредственно влияющего на иммунные свойства растительного организма. Во втором и последующих поколениях гетерозис обычно затухает.

По содержанию всех пигментов – первичных фотосенсибилизаторов в листьях, а также величине отношения концентраций хлорофиллов и каротиноидов деревья, образующие полезащитную лесную полосу, превосходят березу, произрастающую на границе лесонасаждения с вырубкой (табл. 1), что, несомненно, указывает на лучшие условия роста (большая освещенность, меньшая интенсивность внутривидовой конкуренции) и меньшую активность протеолитических ферментов, продуктов магнийпорфириновой природы первых.

У деревьев с границы насаждения и вырубки по сравнению с *B. pendula*, организующей древостой и занимающей глубь лесонасаждения, выше лишь $C_{кар}$ (0,65±0,03 мг/ г сырого веса) и $C_{хл.a}/C_{хл.b}$ – 2,09. Параметр $C_{хл.a}$ у этих двух выборочных совокупностей почти одинаков. В контексте настоящей работы надлежит заметить, что для березы повислой свет является лимитирующим фактором, поскольку она относится к типичным светолюбам. Согласно шкале относительной теневыносливости древесных пород, составленной М.К. Турским (1881) по совокупности их внешних признаков, береза бородавчатая по светолюбию уступает лишь лиственнице, располагаясь по мере увеличения теневыносливости (степени убывания требовательности к свету) на втором месте в ряду основных лесообразователей; береза пушистая отстоит дальше – на 12 месте (после ольхи серой, но перед липой).

Береза пушистая по $C_{хл.a}$, $C_{хл.a+b}$ и $C_{хл.a+b}/C_{кар}$ листьев уступает повислой березе, но зато предупреждает последнюю по $C_{кар}$ и $C_{хл.a}/C_{хл.b}$ (табл. 1). Здесь именно такой характер динамики показателей фотосинтетической активности, вероятнее всего, указывает на худшие эдафические условия роста *B. pubescens* относительно *B. pendula*, а потому на перераспределение проявления конкурентных преимуществ не в ее пользу (в данном биотопе почвы свежие – эдатоп А2, тогда как пушистая береза предпочитает гигрофильные условия среды обитания), поскольку, как следует из работы [13], в целом межвидовые различия у берез повислой и пушистой, произрастающих в оптимальных для каждой из них условиях, по содержанию базовых пигментов фотосинтеза

отсутствуют. У этих двух видов существуют лишь разные направления адаптации фотосинтетических центров к условиям светового режима.

Одни из самых низких в серии сравниваемых выборок значения концентрации хлорофилла a в листовых пластинках у деревьев из центральной части г. Барыша и с чагой на первой условной стадии формирования мицелиальной продукции (фонды 1,67±0,05 и 1,67±0,08 мг/ г сыр.массы), наименьшая же – у деревьев, имеющих экзогенные стерильные наросты факультативного ксилотрофа на стволе 2 стадии развития (1,29±0,10 мг/ г сыр.массы). По параметру $C_{кар}$ листьев береза с чагой 1 ст. уступает деревьям с центра города и в общем ряду снижения уровня содержания каротиноидов находятся на предпоследнем месте (0,44±0,11 мг/ г сыр.массы). Необходимо особо отметить, что у последней совокупности наибольшая из всех величина соотношения $C_{хл.a+b}/C_{кар}$ (6,69) и наименьшая пропорция $C_{хл.a}/C_{хл.b}$ (1,33). Значения рассматриваемых показателей с увеличением времени воздействия *I. obliquus* на березу (с 1 по 2 стадию; за исключением разве что $C_{хл.a}/C_{хл.b}$ ) уменьшаются (табл. 1).

В паренхиме мезофилла деревьев с чагой, находящейся на 2 ст., наименьшие из всех репрезентированных выборок $C_{хл.a}$, $C_{хл.a+b}$ и $C_{кар}$ (соответственно 1,29±0,10, 2,08±0,12 и 0,32±0,09 мг/ г сыр.массы). По содержанию (дефициту) хлорофилла типа b в морфологических структурах фотосинтеза они уступают лишь березе, расположенной в центре города.

По-видимому, снижение уровня содержания хлорофиллов (в т. ч. феофитинизация молекул) и каротиноидов относительно нормы можно рассматривать как нарушение функционирования фоторецепторного фотосинтетического аппарата, а следовательно, гомеостаза дерева в целом. Притом лишь хлорофилл a из основных пигментов фотосинтеза обладает наибольшей стабильностью. В нашем случае при неспецифическом и интегрированном действии эколого-биологических факторов разнородного генеза на березу в ее листовых пластинах снижение $C_{хл.a}$ проходит соразмерно с увеличением тяжести стресса у растительного организма. Поскольку поддержание стабильного уровня концентрации молекул хлорофилла a, имеющего представительство как в реакционных центрах, так и в антенном комплексе, при большей изменчивости «антенных» хлорофилла b и каротиноидов, является выражением поддержания физиологической нормы, так необходимой для оптимизации протекания фотосинтетических процессов. В целом, как на это указывается в специальной литературе [3], фонды молекул хлорофилла b и каротиноидов обычно более изменчивы, так как первые, синтезируясь в дополнительном количестве, компенсируют недостаточное освещение (поступление световых квантов ниже уровня насыщения), а вторые (каротиноиды), помимо участия в фотосинтезе, выполняют роль важнейших компонентов антиоксидантной системы. Они выступают в качестве эффективной защиты от свободных радикалов, которые неизбежно образуются в результате метаболических реакций не только в листьях, но и в других вегетативных органах растений.

Снижение бюджетов доминирующих фотосинтетических пигментов в ассимиляционных системах растений вследствие воздействия ксенобиотиков подтверждается сведениями, содержащимися в ряде работ [2, 4].

Так, исследования, проведенные Е.Ю. Колмогоровой (2009) [4] и касающиеся изучения ответной реакции пигментного комплекса некоторых древесных пород (береза, рябина, лиственница и сирень) на загрязнение атмосферного воздуха эмиссиями автотранспорта, показали, что в результате стрессового действия последнего у *Betula pendula* (как, впрочем, и у других таксономических видов) в большей степени снижается содержание хлорофилла b по сравнению с хлорофиллом a. Нечто подобное также произошло и в настоящем эксперименте: листья деревьев, выросших в урбанизированной среде со специфической архитектоникой – центре города – и постоянно подвергающихся влиянию поллютантов, обладали большей величиной $C_{хл.a}/C_{хл.b}$ относительно повислой березы, образующей лесонасаждение на значительном удалении от основных источников выбросов антропотехногенных токсикантов. Все же отсутствие в Барыше многоэтажных архитектурных конструкций благоприятно сказывается на почти беспрепятственном воздушном оттоке и интегральной дефляции из города определенной доли ксенобиотиков, само собой разумеется, за исключением их персистентной составляющей. Увеличение по сравнению с контрольным участком, т. е.

здоровой *B. pendula*, слагающей древостой, отношения хлорофиллов a/b паренхимы листьев у деревьев из центрального городского биотопа, вероятно, свидетельствует о глубоких изменениях в хлорофилл-белковых комплексах мембран, гран тилакоидов, содержащих электротранспортную цепь пластид, хлоропластов, происходящих под влиянием атмосферного загрязнения.

В связи со сказанным следует особо подчеркнуть, что антропогенное загрязнение токсикантами лесных массивов в ряде районов нашей страны иногда может приобретать впечатляющие формы и масштаб, вызывая последующую дигрессию и усыхание насаждений, расстройство биомов. Атмосферные эмиссии, как правило, всегда располагают весьма обширным полисопряженным комплексом и довольно сложным спектром аэроксенобиотиков: смесью газов, паров и твердых частиц, в состав которых входят разнообразные гомо- и гетерогенные химические вещества. Наиболее распространенными газовыми агентами являются сернистый ангидрид, соединения фтора, хлора, окислы азота, непредельные углеводороды и другие. Твердые частицы, поступающие в атмосферу, чаще всего состоят из несгоревших частиц угля, золы, сульфатов и сульфитов металлов (железа, меди, цинка, свинца), кремнезема, хлоридов, соединений кальция, натрия, магния и др. В состав жидких аэрозолей входят пары кислот, фенолов и других веществ, а также соединения, образующиеся в результате взаимодействия газов и твердых частиц с водяным паром.

Лучше всего изучено влияние на древесные растения кислых газов, особенно сернистого ангидрида (двуокиси серы). Он парализует процесс фотосинтеза, что приводит, согласно исследованиям Н.П. Красинского (1940, 1950), к фотодинамическому действию хлорофилла – окислению стромы, а затем и всего содержимого хлорофиллового зерна [1].

Первые признаки нарушений в организме растения под влиянием стрессора – сернистого ангидрида – трудно обнаруживаются даже с помощью биохимических исследований и электронного микроскопа. Только после глубоких, чаще всего необратимых изменений, заканчивающихся разрушением пигментов, клеточных и субклеточных структур, у растений появляются внешне различимые признаки повреждений листьев. Постоянное поступление в приземный слой воздуха ничтожных количеств сернистого газа (менее 0,1 $мг / м^3$) вызывает деформацию листовых пластин в виде морщинистости, скрученности без заметного изменения окраски.

При остром поражении сернистым ангидридом (более 2 $мг / м^3$), по наблюдениям Г.М. Илькуна (1971), уже через 1-2 ч происходит побурение и гибель листьев, чаще отдельных их участков в виде пятнышек с четко очерченной границей между живыми и отмершими клетками и тканями. Поврежденные участки листа обычно локализованы по периферии и в середине между жилками. При слабой концентрации серы двуокиси (менее 0,5 $мг / м^3$) и ее длительном действии происходят слабые поражения листовых пластинок, они дихромируются (обесцвечиваются).

Лиственные породы значительно устойчивее к воздействию данного сернистого стрессора, нежели хвойные. Оценка газоустойчивости *B. pendula*, которая выбрана нами в качестве модельного объекта исследований, противоречива и часто не аргументирована. В ряде работ отмечается, что ее активно фотосинтезирующие структуры легко поражаются ангидридом даже при кратковременных газовых атаках или восстанавливаются в течение летнего вегетационного периода. Наряду с этим имеются указания, что береза относится к среднеповреждаемым и даже малоповреждаемым видам. Объясняя эти противоречия, Ю.З. Кулагин (1974) считает, что газоустойчивость березы очень сильно зависит от времени воздействия газовых атак. Если газовые поражения приурочены к концу июня – июлю, они (как и осенние) мало опасны, так как к этому времени все главнейшие процессы роста и формирования побегов, цветения и развития семян уже в основном заканчиваются. Средней силы частичные ожоги приводят лишь к преждевременному листопаду. Однако в объяснениях Ю.З. Кулагина также содержатся противоречия, поскольку при июльской дефолиации листва не восстанавливается и очень часто происходит гибель дерева. Кроме того, предполагается, что газовые атаки не настолько сильные и после них происходит только частичное уничтожение ассимилирующих образований. Интересен вывод автора о неустойчивости к означенному стрессору березы пушистой, что часто не учитывается при оценке березы без ее конкретной видовой принадлежности [1].

Промышленные газы поступают в листья через устьица нижнего эпидермиса и приходят в непосредственный контакт с губчатой паренхимой мезофилла. В апопласте губчатой паренхимы происходит накопление вредных веществ, которые в результате диффузии и поглощения цитозолем попадают внутрь клетки.

Техногенные газообразные эмиссии вызывают в клетках и тканях листьев самые различные повреждения, которые являются следствием дестабилизации нормального хода физиологических процессов. Они приводят к нарушению регулирующей деятельности устьиц, разрушению протоплазмы и хлоропластов, утолщению стенок мезофилла, подавлению процесса деления и растяжения клеток, некрозу тканей и другим патологическим явлениям. Под влиянием газового загрязнения происходит ингибирование, подавление фотосинтеза, нарушение водообмена и многих биохимических процессов, снижение транспирации, общее угнетение роста и развития древесных пород.

Общей причиной фитотоксичности кислых промышленных газов, по мнению Г.М. Илькуна (1971), является резкое снижение катионно-анионного равновесия. Поэтому растения с повышенным содержанием свободных катионов кальция, калия и натрия более устойчивы [1].

Говоря о действии агентов техногенеза на древесные растения, нельзя не отметить характер поступления токсикантов в растительный организм, эндогенную локализацию и активность загрязняющих веществ. Сейчас уже очевидно, что основным источником ксенобиотиков в системе растение-эдафотоп является аэрозольное их осаждение из воздуха, поскольку почва, будучи основным резервуаром минерального питания растений, влияет на элементарный состав последних опосредованно из-за наличия у растений защитно-приспособительных свойств, проявляющихся в избирательном поглощении элементов из питательных сред и регуляции внутренней среды. А так как многие поллютанты концентрируются в клетках преимущественно в хлоропластах и вакуолях, то в строении фотосинтезирующих клеток, особенно в хлоропластах, проявляются серьезные изменения. По данным В.К. Жирова и др. (2007), в сильно нарушенных экосистемах наблюдается заметное уменьшение объема клеток ассимиляционной паренхимы, объема и количества хлоропластов при достаточном плотном их прилегании друг к другу [6].

Что же касается фитопатологического действия *I. obliquus* на пигментный состав фоторецепторной системы фотосинтеза березы повислой, то, по-видимому, здесь можно допустить интерпретацию, представленную в работе [12].

**Выводы и заключение.** Таким образом, резюмируя вышеизложенное, можно подойти к следующему. Воздействие скошенного трутовика на фоторецепторный комплекс фотосинтеза деревьев с учетом синергетического действия остаточных факторов постепенно приводит к снижению концентраций всех основных фотосинтетических пигментов в листовом аппарате (функция времени), являясь одним из сильнейших стрессоров для березы. Причем на фоне общего снижения количества отдельных пигментов в мезофилле зараженных деревьев по сравнению со здоровыми в фотосинтезирующих структурных центрах первых заметно вырастает удельное содержание каротиноидов относительно скорости пополнения фонда хлорофиллов, а величина отношения концентраций хлорофиллов a и b, наоборот, уменьшается (судя по $C_{хл.a}/C_{хл.b}$ и $C_{хл.a+b}/C_{кар}$, табл. 1). Феофитинизация и деградация порфириновых молекул со временем происходит постольку, поскольку в условиях стресса высокая фотосинтетическая активность древесным растениям не требуется, и поэтому происходит последовательная редукция аппарата фотосинтеза.

Уместно отметить, что в подобных исследованиях необходимо наиболее полно учитывать всю специфику поведения составляющих пигментной системы растений при предполагаемых эмпирических обстоятельствах, как обособленно, так и комплексно. Так, например, сведения относительно использования содержания хлорофилла и других пигментов в качестве биоиндикационных признаков в литературе довольно противоречивы. Ряд немецких ученых считает этот показатель недостаточно информативным и специфичным, хотя первой стадией видимых хлорозов и дихромации листьев как раз и является разрушение тетрапирролов под влиянием неблагоприятных факторов. В то же время другие исследователи, в том числе русские, показали, что у чувствительных к загрязнению видов (липы, клена) наблюдается уменьшение концентрации хлорофилла еще до появления видимых изменений и это может служить достаточно надежным неспецифическим биоиндикационным признаком [9].

Specificity of response *Betula* L is displayed, on the stress generated by action of various bioecological factors, in aggregate which on destabilising ability predominating position occupies the phytopathologic. The response consists in restructuring of system of the basic photosynthetic pigments of sheet.
***Key words:*** *Inonotus obliquus (Pers.) Pil., Betula pendula Roth., chlorophyll, lipochromes, pigments.*

**Список литературы**

1. Воронцов, А.И. Патология леса / А.И. Воронцов. – М. : Лесная промышленность, 1978. – 272 с.
2. Ерофеева, Е.А. Двухфазная зависимость некоторых эколого-морфологических и биохимических параметров листовой пластинки березы повислой от уровня автотранспортного загрязнения / Е.А. Ерофеева, В.С. Сухов, М.М. Наумова // Поволжский экологический журнал. – 2009. – №4. – С. 288-295.
3. К методологии экофизиологических исследований листьев древесных растений / Л.М. Кавеленова [и др.] // Поволжский экологический журнал. – 2008. – №3. – С. 200-210.
4. Колмогорова, Е.Ю. Реакция пигментного комплекса древесных растений на загрязнение атмосферного воздуха выбросами автотранспорта / Е.Ю. Колмогорова // Экологические проблемы промышленных городов. Сборник научных трудов. Под редакцией профессора Т.И. Губиной. – Ч. 1. – Саратов, 2009. – С. 162-164.
5. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1990. – 352 с. – ISBN 5-06-000471-6.
6. Неверова, О.А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды / О.А. Неверова // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – Т. 1. – №1. – 2009. – С. 82-92.
7. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с. – ISBN 5-10-001653-1.
8. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов измерений [Текст]: ГОСТ 8.207-76. – 8 с.
9. Слонов, Л.Х. Экология растений и фотосинтез / Л.Х. Слонов. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2009. – 38 с.
10. Сурков, В.А. Экологические группы грибов / В.А. Сурков, М.Е. Павлова. – М, 1998. – 27 с.
11. Чупахина, Г.Н. Физиологические и биохимические методы анализа растений: Практикум / Г.Н. Чупахина. – Калининград. : Калинингр. ун-т, 2000. – 59 с.
12. Чураков, Б.П. Фитопатология / Б.П. Чураков, Д.Б. Чураков. – М. : Изд-во Московского гос. ун-та леса, 2007. – 424 с. – ISBN 5-8135-0375-7.
13. Юдина, П.К. Изменение содержания пигментов *B. pendula* и *B. pubescens* вдоль широтного и высотного градиентов на Урале / П.К. Юдина, С.В. Мигалина, В.Д. Горбунова // Экология: от генов до экосистем. – ИЭРиЖ УрО АН. – Екатеринбург. : Изд-во «Академкнига», 2005. – С. 321-324.

**Об авторе**

Баландайкин М.Э. – аспирант кафедры лесного хозяйства экологического факультета Института медицины, экологии и физической культуры (ИМЭиФК) Ульяновского государственного университета (УлГУ).

**УДК 611.018: 612.018**

## ОТКРЫТИЕ КАУДАЛЬНОЙ НЕЙРОСЕКРЕТОРНОЙ СИСТЕМЫ (КНСС) ЧЕЛОВЕКА, МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ

А.П. Бахтинов

Из пояснично-крестцового отдела спинного мозга человека, млекопитающих животных и птиц биохимически выделен уротензин II – доказательство у них каудальной нейросекреторной системы.
***Ключевые слова**: уротензин II, спинной мозг, пояснично-крестцовый отдел, человек, млекопитающие животные, птицы, каудальная нейросекреторная система позвоночных.*

У костистой рыбы Auguilla Japonica впервые открыта КНСС P. Enami[1955]. В хвостовом отделе спинного мозга этой рыбы им описаны крупные секреторные нейроны, инкретирующие уротензин 1 (UI) и уротензин 2 (UII), которые по его мнению регулируют осмос и нерест.

После открытия КНСС P. Enami ученые США, Канады, Европы, Австралии и Японии стали

активно изучать различные аспекты данной проблемы у различных видов и пород океанических и пресноводных рыб, утверждая, что только этому классу позвоночных, присуща КНСС.

Ganguly D. a. Rey A.в 1961г.[8] морфологически описали и обосновали наличие КНСС у других позвоночных - амфибий, однако научное сообщество мира скептически отнеслись к данному научному сообщению.

В 1992г. ConlonJ.M., O'HartaF. etal [7] улягушки R.Ridibunda выделили UII и определили его первичную структуру, подтвердив сообщение Ganguly D. a. Rey A. Несмотря на эти научные исследования мировое сообщество ученых исследовало КНСС только у рыб до 1999г., когда CouloamY., JerouS., Tostivint et al [10] точечными методами открыли предшественник UII – его циклическую часть – Cys-Phe-Ter-Lys-Tyr-Cys-Val которые сохранены от миноги до человека – свидетельство у этих позвоночных наличия КНСС.

В изучении проблемы КНСС занимались ученые СССР и РФ. В Ленинграде И.И. Саенко защитила кандидатскую диссертацию, посвященную исследованию КНСС у лососевых [5] и продолжала далее изучение структуры и иннервации КНСС этих позвоночных светооптических и электронномикроскопически [6, 7]

В Владивостокском государственном медицинском институте проблема нейросекреции изучалась П.А. Мотавкиным и А.П. Бахтиновым с 1972г. [1], а затем А.П. Бахтиновым, В.С. Бахтиновой и К.А. Мещерской с 1977г. [4], когда, после выделения гомогенного UII оригинальным биохимическим способом А.П. Бахтиновым, был выделен из ПКО спинного мозга человека UII, вначале названный по первичному эффекту Vasotoninumhominis (V-H) [2]. В 1979г. на основе этих опытов и гистохимических исследований ПКО спинного мозга человека, кошки, собаки, кролика, открытых у них гомори-положительных и ПАС-положительных секреторных включений было обосновано положение о наличии у человека и млекопитающих животных КНСС [3]. Нейросекреция в мотонейронах у них была подтверждена люминисценцией с специфической кроличьей антисывороткой (АС) и люминисцирующей АС против кроличьего гамма-глобулина. Последующее открытие UII у домашней курицы и дикого голубя непрямым методом гемагглютинации в 1977г. [2] было обосновано и доказано открытие КНСС у человека, млекопитающих животных и птиц[3] на 20 лет раньше, чем зарубежными учеными [9, 10].

Urotensin II discharged from lumbosacral part of spinal cord of human, mammals and birds. It is a proof of the presence of caudal neurosecretory system.
***Key worlds:*** *urotensin II, spinal cord, lumbosacral part, human, mammlas, birds, caudal neurosecretory system of vertebrates.*

**Список литературы**

1. Бахтинов А.П. Интраспинальный орган человека [текст]/ А.П. Бахтинов // Матер. Науч. гистол. конф., посв. 50-летию образов. СССР. – Л. 1972. – С. 170-171.

2. Бахтинов А.П. Способ получения биологически активного вещества из спинного мозга человека. Удост. на рац. предл. № 345/79, выд. Бриз Владивостокского гос. мед.ин-та 5 декабря 1977г.

3. Бахтинов А.П. Морфофункциональные исследования каудального отдела спинного мозга человека и млекопитающих животных [текст] / А.П. Бахтинов // Состояние и перспективы развития морфологии //Матер.квсес. совещ. «Наука» - М. – 1979. – С. 243-248.

4. БахтиновА.П. Биологические методы исследования Вазотонина-Н [текст] К.А. Мещерская, А.П. Бахтинов, В.С. Бахтинова // Бюлл. предлож. рационал. здравоохр. (Прим. отд. ВОИР.ВГМИ) – Владивосток. – 1977. – С. 33-34.

5. Саенко И.И. Функциональная морфология КНСС у Chondrosteiи Teleostei[текст] / И.И. Саенко: автореф. дис. … канд. биол. наук. – Л., 1972

6. Саенко И.И. Исследование каудальной нейросекреторной системы у лосося SalniosalarL. (К исследованию биологии рыб) [текст] / И.И. Саенко // Проблемы биологии и экологии атлантического лосося. – Л., 1985. – С. 46-59.

7. Саенко И.И. Нейросекреция в спинном мозге осетров [текст] И.И. Саенко// Физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 1991, авг. – Т.77(8). – С. 84-91.

8. Enami P. Studies in neurosecretion. II Caudal neurossecrtory system in the eel. (Auguilla Japonica) // S. Med. Sri.- 1955, №1/ - V.4. – P. 23-36.

9. Conlon S.M., O'Harte F., Smith D.D., Tonon M.C., Vaagry H. Isolation and primary structure of urotensin II from the brain of tetrapod, the frog Ranaridibunda // BiochemBiophys Res Commun. 1992 okt. 30; res (2): s. 78-83/

10. Conlon J.M., Tostivint H., Vaugry H Somatostalin and urotensin II relates peptides: molecular div. rsity and evolutionary perspectives // Rerul. Pept. 1997. Mar. 26; 69 (2): 95-103.

11. Ganguli D. a. Rey A. Caudal neurosecretory System in the vertebrates // Sciemn-ce and Culture (Jnd). 1961: № 27 - P/ 585-586/

**Об авторе**

Бахтинов А.П. – доктор медицинских наук, профессор кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, *an.baktinov2014@yandex.ru*

**УДК 581.55 + 633.2.03**

# ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОРМОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ И СЕЯНЫХ ЛУГОВ БАССЕЙНА РЕКИ ИПУТЬ В РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕНЫХ РАЙОНАХ БРЯНСКОЙ И ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Д. Булохов

***Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 13-04-90350 РБУ-а в рамках научного проекта «Состояние и оценка техногенного загрязнения естественных и сеяных лугов, их рациональное использование и охрана на приграничных территориях Брянской (Россия) Гомельской (Беларусь) и Черниговской (Украина) областей в постчернобыльский период».***

Приведены результаты химического анализа воздушно-сухой массы травостоя основных типов лугов реки Ипуть. Сено основных типов пойменных лугов является высококачественным кормом, содержащим все необходимые элементы питания. Питательная ценность сена зависит от сроков уборки и культуртехнического состояния кормового угодья.

***Ключевые слова:*** *тип луга, химический состав травостоя, питательная ценность сена, пойма реки Ипуть, Брянская область.*

Повышение качества корма – одна из важнейших задач кормопроизводства, решение которой позволит увеличить производство животноводческой продукции. Оценку кормов следует рассматривать как связывающее звено, соединяющее важные интересы и цели как производителей корма, так и животноводов. Общеизвестна роль естественных лугов как кормовой базы животноводства. Для оценки продуктивности типа луга необходимо знать не только количественные показатели, но и оценить качество продукции, ее питательную ценность. Цель статьи – дать оценку питательной ценности сена с основных типов пойменных лугов, выявить динамику питательных веществ в течение вегетационного периода и установить оптимальные сроки сенокошения.

Настоящая работа продолжает серию публикаций об особенностях луговых сообществ на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению [4, 5, 6].

Для оценки питательной ценности сена основных типов лугов использованы результаты химического анализа воздушно-сухой массы травостоя. Химический анализ проводился в различные сроки вегетационного периода от бутонизации до осеменения видов-доминантов травостоя (15 мая – 15 июля). В табл. 1 даны результаты исследования химического состава сена основных типов пойменных лугов реки Ипуть в пределах Брянской (Россия) и Гомельской (Беларусь) областей. В воздушно-сухой пробе определяли: сырой протеин, сырую клетчатку, сырой жир, каротин, безазотистые экстративные вещества (БЭВ), золу, кальций, фосфор, калий (табл. 1). На основе полученных данных давалась оценка питательной ценности сена (табл. 2).

Ниже дается краткая характеристика основных типов лугов, диагноз для опознания в полевых условиях и оценка качества сена. Типология пойменных лугов долины реки Ипуть ранее уже разрабатывалась [1, 2, 3].

**Тип Болотномятликово-луговолисохвостовый**

Широко распространен в центральной части поймы р. Ипуть по ровным пониженным участкам на влажных и сырых пойменных слоистых и слоисто-зернистых глеевых легко- и среднесуглинистых почвах.

Диагноз типа. В травостое доминирует лисохвост луговой с участием мятлика болотного. В связи с флуктуацией доминантов можно опознать по диагностической (экологической) группе видов: лисохвост луговой, мятлик болотный, вероника длиннолистная, тысячелистник хрящеватый. Урожайность сена в зависимости от характера использования и культуртехнического состояния – 19,8–38 ц/га.

Химический состав сена дан в табл. 1, 2. Анализ таблиц показывает, что максимум сырого протеина (17,92%), каротина (40%), кальция (0,49) и фосфора (0,39) содержится в сене, скошенном 20–25 мая в фазе колошения лисохвоста лугового. В дальнейшем отмечается убыль этих ценных питательных веществ, и к 15 июня их становится вдвое меньше. Если на 2 июня в 1 кг сена содержалось 0,57 кормовых единиц, 69,97 г переваримого протеина, то на 4 июля – кормовых единиц – 0,49; переваримого протеина – 52,44 г. Одновременно резко сокращается содержание каротина, кальция и фосфора. На основании полученных данных можно заключить, что позднее скашивание лисохвостовых лугов снижает питательную ценность сена, как правило, примерно в 2 раза. Целесообразно скашивать лисохвостовые луга 1–10 июня. Эти сроки сенокошения дают возможность заготовить сено не только хорошего качества, но и получить два укоса.

**Тип Двукисточниковый**

Распространен в пойме реки Ипуть по плоским низинам и неглубоким межгривным западинам на дерновых зернистых глеевых и болотно-перегнойных глеевых тяжелосуглинистых почвах.

Диагноз типа. Облик травостоя определяет двукисточник тростниковидный. Характерна диагностическая группа видов: окопник лекарственный, омежник водный, подмаренник болотный. Урожайность сена – 30–40 ц/га.

Питательная ценность корма в этом типе достаточно высока. Содержание протеина 11,91–8,58 г, каротина – 10–30,1 vг, кальция – 0,42–0,68 г и т. д. (табл. 1). Качество и питательная ценность корма зависит от сроков скашивания. Например, в образце 1 кг сена, скошенного 1 июня, содержание переваримого протеина составило 111,91 г, а 1 июля – 46,31 г. Лучшее время для скашивания – 1–5 июня (фаза колошения, начало цветения). В зависимости от погодных условий сроки скашивания могут измениться. Главным ориентиром могут служить фенофазы двукисточника тростниковидного, скашивать который необходимо до начала цветения. Отава сообществах этого типа луга отрастает быстро. Вполне реально двухукосное использование типа. Через 1,5 месяца после скашивания отава дает 17–20 ц/га сена хорошего качества.

**Тип Обыкновеннотаволгово-красноовсяницевый**

Распространен широко в прирусловой части пойм, по низким гривам в центральной пойме на свежих, дерновых слоистых супесчаных почвах.

Диагноз типа. Опознается по положению в элементе рельефа и доминированию в травостое овсяницы красной. Так как овсяница красная имеет широкий синэкологический ареал и не всегда выступает доминантом, то тип опознается по группе диагностических видов: таволга обыкновенная, лапчатка серебристая, земляника зеленая, нивяник обыкновенный, манжетка обыкновенная. Урожайность сена – 23–28 ц/га. Как и в предыдущих типах, оптимальное содержание переваримого протеина приходится на конец мая начало июня, т. е. в фазе колошения злаков и начало цветения бобовых. На 2 июня (фаза колошения овсяницы красной) в 1 кг воздушно сухой массы содержалось 56,34 г переваримого протеина, 6,14 г кальция, 28 мг каротина, 2,14 мг фосфора; на 16 июня содержание переваримого протеина уменьшилось до 9 г.

**Тип Разнотравно-луговотимофеевковый**

Распространен в прирусловой пойме.

Диагноз типа. Опознается по доминированию в травостое тимофеевки луговой с участием овсяницы луговой. При флуктуации обилие этих видов может значительно варьировать; тип можно опознать по группе диагностических видов: борщевик сибирский, герань луговая, подмаренник мягкий, щавель конский. Единично появляется в травостое таволга вязолистная. Урожайность сена – 30 ц/га. Оптимальный срок сенокошения – фаза колошения тимофеевки луговой. Химический анализ показывает, что содержание сырого протеина (10 июня, конец фазы колошения) – 14,62 г, переваримого протеина в 1 кг сена – 87,72 г (табл. 2).

**Тип Щучковый**

Весьма широко распространен в пойме реки. Этот тип луга возникает под влиянием выпаса из болотномятликово-луговолисохвостового, луговотимофеевкового.

Диагноз типа. Опознается по доминированию в травостое щучки дернистой. В табл. 1 и 2 приведены данные химического анализа и питательной ценности дернистощучкового типа сенокосного использования. В сообществах этого типа значительное участие в травостое принимают лисохвост луговой, овсяница луговая, бобовые. Питательная ценность травостоя достаточно высокая. При абсолютном доминировании щучки дернистой, особенно при пастбищном характере использования луга типа можно подвергать поверхностному улучшению с дискованием дернины, подсевом травосмеси и внесением удобрений.

**Тип Остроосоковый**

Широко распространен в пойме реки Ипуть. Занимает глубокие понижения с дерновыми перегнойно-глеевыми и иловато-перегнойно-глеевыми, торфянисто-глеевыми суглинистыми почвами.

Диагноз типа. Опознается по доминированию в травостое осоки острой. Урожайность сена – 30–38 ц/га. В связи с длительным затоплением обычно не скашивается. Сенокошение возможно вручную и только частично, в сухие годы проводится механизированная уборка. Питательная ценность травостоя типа довольно высокая. Например, питательность сена (укос 12 июня, фаза созревания семян) – 61,26 г переварного протеина, каротина – 14 мг, кальция – 5,94 г, фосфора – 3,93 г. Оптимальные сроки скашивания остроосоковых лугов – конец цветения осоки острой. В это время осоковое сено хорошего качества

**Тип Большеманниковый**

Занимает глубокие низины в поймах рек на перегнойно-иловато-глеевых почвах. Широко распространен пойме реки Ипуть, особенно в среднем и нижнем течении.

Диагноз типа. Опознается по доминированию в травостое манника большого. Урожайность сена – 38–46 ц/га. Сено хорошего качества (табл. 2). Как правило, луга этого типа скашиваются только в сухие годы.

**Тип Бекманниевый**

Опознается по доминированию в травостое бекмании обыкновенной. Сообщества встречаются небольшими участками в неглубоких низинах и по окраинам межгривных западин в центральной пойме с перегнойно-глеевыми сырыми, слабокислыми, богатыми почвами. Урожайность сена – 25–36 ц/га. Сено хорошего качества.

**Типы Плавающеманниковый, Коленчатолисохвостовый, Ситниково-собачьеполевицевый** занимают небольшие площади. Название каждого типа дано по виду, доминирующему в травостое. Каждый из названных типов и распознается по виду-доминанту. Питательная ценность сена для этих типов дана в табл. 1, 2.

Таблица 1

Химический состав сена основных типов лугов реки Ипуть и ее притоков в пределах Брянской (Россия) и Гомельской (Беларусь)областей

| Сроки укоса | Химический состав, % | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Гироскопическая вода | Сырой протеин | Жир | Клетчатка | БЭВ | Зола | Са | Р | К | Каротин, мг/кг |
| **Болотномятликово-луговолисохвостовый** | | | | | | | | | | |
| 20.05 | 10,20 | 19,92 | 2,0 | 19,67 | 43,77 | 7,46 | 0,49 | 0,39 | 1,59 | 40,0 |
| 1.06 | 8,90 | 10,20 | 2,6 | 30,10 | 40,80 | 8,22 | 0,34 | 0,25 | 1,30 | 34,3 |
| 10.06. | 9,56 | 10,71 | 2,7 | 28,82 | 42,72 | 8,19 | 0,65 | 0,28 | 1,42 | 32,0 |
| 15.06 | 8,13 | 9,05 | 2,3 | 30,96 | 49,40 | 7,46 | 0,24 | 0,22 | 1,37 | 21,0 |
| 1.07 | 10,24 | 8,74 | 1,3 | 28,19 | 41,17 | 7,67 | 0,21 | 0,19 | 1,20 | 4,0 |
| **Двукисточниковый** | | | | | | | | | | |
| 1.06 | 9,80 | 1153 | 1,4 | 31,90 | 38,00 | 7,00 | 0,68 | 0,27 | 1,37 | 30,1 |
| 15.06 | 8,70 | 12,91 | 2,0 | 34,60 | 42,70 | 7,30 | 0,54 | 0,2.1 | 1,28 | 22,0 |
| 15.07 | 9,30 | 8,58 | 1,2 | 30,81 | 46,13 | 4,69 | 0,42 | 0,15 | 1,00 | 10,0 |
| **Остороосоковый** | | | | | | | | | | |
| 15.06 | 4,54 | 11,34 | 1,2 | 30,84 | 45,69 | 7,55 | 0,59 | 0,39 | J.30 | 14,0 |
| 15.07 | 16,39 | 11,22 | 1,5 | 22,82 | 44,28 | 8,29 | 0,72 | 0,27 | 1,49 | 7,0 |
| **Обыкновеннотаволгово-красноовсяницевый** | | | | | | | | | | |
| 5.06 | 10,73 | 8,75 | 1,8 | 29,12 | 44,87 | 6,52 | 0,48 | 0,21 | 1,10 | 25,0 |
| 15.06 | 10,15 | 12,81 | 2,3 | 21,29 | 47,27 | 8,48 | 0,75 | 0,32 | 1,20 | 22,0 |
| 15.07 | 8,62 | 7,87 | 2,4 | 29,51 | 48,16 | 5,83 | 0,54 | 0,15 | 1,20 | 16,0 |
| **Разнотравно-луговотимофеевковый** | | | | | | | | | | |
| 5.06 | 9,67 | 14,62 | 1,3 | 29,20 | 40,40 | 6,29 | 0,62 | 0,26 | 1,30 | 12,0 |
| 15.06 | 10,50 | 10,30 | 1,3 | 27,40 | 40,50 | 7,40 | 0,70 | 0,28 | 1,40 | 10,2 |
| 15.07 | 7,03 | 9,27 | 1,1 | 30,95 | 46,93 | 5,81 | 0,50 | 0,22 | 1,20 | 6,0 |
| **Щучковый** | | | | | | | | | | |
| 15.06 | 9,3 | 8,7 | 1,3 | 35,2 | 48,3 | 7,6 | 0,97 | 0,22 | 1,20 | 9,6 |
| **Двукисточниковый** | | | | | | | | | | |
| 1.06 | 8,66 | 15,22 | 1,8 | 28,18 | 42,62 | 5,31 | 0,55 | 0,24 | 0,95 | 17,0 |
| 15.06 | 8,81 | 7,^9 | 2/3 | 30,70 | 47,24 | 5,46 | 0,50 | 0,24 | 1,50 | 7,0 |
| 1.06 | 15,13 | 8,48 | 2,0 | 28,10 | 43,80 | 6,40 | 0,53 | 0,21 | 1,87 | 6,0 |
| **Ситниково-собачьеполевицевый** | | | | | | | | | | |
| 1.06 | 9,94 | 9,34 | 1,9 | 25,76 | 47,25 | 6,54 | 0,91 | 0,33 | 1,30 | 24,0 |
| **Разнотравно-луговоовсяницевый** | | | | | | | | | | |
| 1.06 | 9,38 | 10,40 | 1,4 | 25,49 | 47,10 | 7,53 | 1,06 | 0,29 | 1,30 | 13,0 |
| 15.06 | 8,20 | 11,50 | 1,8 | 28,30 | 40,20 | 7,80 | 0,85 | 0,27 | 1,20 | 13,0 |
| **Плавающеманниковый** | | | | | | | | | | |
| 5.06 | 8,56 | 9,88 | 1,5 | 29,01 | 45,73 | 6,82 | 0,26 | 0,29 | 1,20 | 17,0 |
| 1.07 | 9,14 | 7,43 | 1,3 | 27,06 | 50,93 | 5,44 | 0,58 | 0,17 | 1,40 | 10,0 |
| **Большеманниковый** | | | | | | | | | | |
| 15.06 | 14,10 | 10,84 | – | 28,22 | 40,78 | 6,10 | 0,43 | 0,29 | – | 22,0 |
| **Бекманниевый** | | | | | | | | | | |
| 5.06 | 10,20 | 10,84 | 1,1 | 28,22 | 31,50 | 6,40 | 0,54 | 0,20 | 1,00 | 34,0 |
| 15.07 | 9,50 | 9,34 | – | 29,50 | 40,78 | 7,60 | 0,68 | 0,32 | 1,60 | 29,0 |
| **Коленчатолисохвосовый** | | | | | | | | | | |
| 15.06 | 9,80 | 11,22 | – | 24,70 | 48,45 | 5,80 | 0,55 | 0,30 | – | 27,0 |

Таблица 2

Питательная ценность сена основных типов луга реки Ипуть

| Тип луга | Содержание в 1 кг сена | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Дата укоса | Кормовых единиц | Переваримого протеина, г | Каротина, мг | Са, г | Р, г |
| Болотномятликово-луговолисо хвостовый | 11.05 | 0,61 | 107,52 | 42 | 4,93 | 3,94 |
| | 17.05 | 0,60 | 99,96 | 40 | 8,12 | 3,23 |
| | 21.05 | 0,56 | 55,74 | 21 | 8,27 | 3,10 |
| | 2.06 | 0,57 | 69,96 | 23 | 5,31 | 3,5С |
| | 15.06 | 0,55 | 54,30 | 13 | 6,56 | 2,72 |

| Тип луга | Содержание в 1 кг сена | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Дата укоса | Кормовых единиц | Переваримого протеина, г | Каротина, мг | Ca, г | P, г |
| | 4.07 | 0,49 | 52,44 | 10 | 2,15 | 1,96 |
| Двукисточниковый | 1.06 | 0,82 | 111,91 | 30 | 6,82 | 2,72 |
| | 1.07 | 0,42 | 46,31 | 10 | 4,26 | 1,55 |
| Остроосоковый | 12.06 | 0,44 | 61,26 | 14 | 5,94 | 3,93 |
| | 5.07 | 0,44. | 60,58 | 7 | 7,22 | 2,78 |
| Большеманниковый | 1.07 | 0,40 | 58,52 | 22 | 4,29 | 2,98 |
| Разнотравно-тимофеевковый | 12.06 | 0,58 | 87,72 | 22 | 6,18 | 2,62 |
| | 7. 07 | 0,55 | 55,65 | 6 | 5,03 | 2,18 |
| Обыкновеннотаволгово-красноовсяницевый | 21.05 | 0,59 | 76,86 | 22 | 7,51 | 3,20 |
| | 2.06 | 0,58 | 56,34 | 28 | 6,14 | 2,41 |
| | 10.06 | 0,52 | 52,49 | 34 | 4,84 | 2,13 |
| | 16.06 | 0,55 | 47,24 | 25 | 5,41 | 1,54 |
| Ситниково-собачьеполевицевый | 5.07 | 0,51 | 46,74 | 6 | 3,20 | 2,04 |
| | 11.06 | 0,57 | 58,86 | 24 | 9,10 | 3,29 |
| Плавающеманниковый | 12.06 | 0,57 | 59,28 | 17 | 2,67 | 2,91 |
| | 19.06 | 0,54 | 44, 58 | 10 | 5,80 | 1,74 |
| Коленчато-лисохвостовый | 2.06 | 0,58 | 67,32 | 27 | 5,50 | 2,80 |
| Вязолистнотаволгово-крупнозлаковый | 11.06 | 0,56 | 62,40 | 13 | 10,69 | 2,90 |
| Щучковый | 5.06 | 0,56 | 91,32 | 17 | 5,52 | 2,39 |
| | 20.05 | 0,54 | 50,91 | 7 | 3,16 | 2,42 |

В Новозыбковском и Злынковском районах Брянской области широкое распространение имеют сеяные луга. Обычно на таких лугах используют не травосмеси, а отдельные виды, которые и формируют эти сообщества. Особенно часто встречаются сообщества, в которых травостои сформированы *Dactylis glomerata, Bromopsis inermis, Festuca arundinacea, Festuca pratensis, Phleum pratense* (табл. 3). Урожайность цена в таких сообществах может достигать 40 ц/га.

На залежах (табл. 3) нередко возникают сообщества, сформированные *Elytrigia repens, Agrostis gigantea, Agrostis tenuis.* Эти виды формируют пырейные, гигантскополевицевые и токополевицевые сообщества.

Таблица 3

Химический состав и питательная ценность сеяных лугов радиационно-заргрязненных районов Брянской области

| Виды-доминанты травостоев лугов | Содержание сырых питательных веществ, г/кг сухой массы | | | | | | Содержание в 1 кг корма | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | протеина | жира | кетчатки | БЭВ | золы | переваримого протеина | переваримого протеина | кормовых единиц | обеспеченность 1 корм. ед. переваримым протеином |
| *Dactylis glomerata* | 90 | 29 | 304 | 505 | 72 | 54 | 15 | 0,22 | 70 |
| *Bromopsis inermis* | 119 | 42 | 262 | 490 | 87 | 86 | 30 | 0,34 | 89 |
| *Festuca arundinacea* | 120 | 27 | 326 | 452 | 98 | 62 | 18 | 0,37 | 78 |
| *Festuca pratensis* | 104 | 24 | 324 | 450 | 98 | 62 | 18 | 0,27 | 68 |
| *Phleum pratense* | 81 | 25 | 310 | 520 | 64 | 44 | 16 | 0,29 | 54 |
| *Agrostis gigantea* | 80 | 30 | 290 | 536 | 64 | 47 | 14 | 0,28 | 51 |
| *Elytrigia repens* | 98 | 46 | 308 | 476 | 72 | 59 | 25 | 0,23 | 77 |
| *Agrostis tenuis* | 87 | 31 | 319 | 512 | 51 | 44 | 17 | 0,27 | 64 |

**Заключение**

Анализ химического состава и питательной ценности сена с основных типов пойменных лугов позволяет сделать следующие выводы.

1. Сено основных типов пойменных лугов долины реки Ипуть по химическому составу является высококачественным кормом, содержащим все необходимые элементы питания. Питательная ценность сена зависит от сроков уборки и культуртехнического состояния кормового угодья.

2. Перенос уборки на более ранние сроки и увеличение числа укосов до 2-х позволяет собрать за вегетационный период больше сена с высоким содержанием переваримого протеина и других питательных веществ.

3. Оптимальный интервал времени первого укоса – конец колошения злаков, начало цветения бобовых, а для отав – примерно от 40-го до 60-го дня отрастания. Соблюдение указанных сроков является важным для интенсивного использования естественных лугов при хороших показателях кормовой ценности сена без дополнительных затрат.

Results of the chemical analysis of air-dry weight of herbage of the basic types of floodplain meadows of the Iput river are done. Hay of the floodplain meadows is the high-quality forage containing all necessary food elements. Nutritional value of hay depends on cleaning terms.
***Key words:*** *type of meadows, the chemical composition of grass, the nutritional value of hay, flood plain Iputs, Bryansk region.*

**Список литературы**

1. Булохов А. Д. Травяная растительность Юго-Западного Нечерноземья России. Брянск: Изд-во БГУ, 2001. 296 с.

2. Булохов А. Д. Типология лугов Брянской области. РИО БГУ, Брянск 2009. 219 с.

3. Булохов А. Д., Семенищенков. Ю. А, Сапегин Л. М., Дайнеко Н.М. Типология пойменных лугов реки Ипуть в пределах Брянской (Россия) и Гомельской областей (Беларусь) // Вестник БГУ. Точные и естественные науки, №4, 2013. С. 63–68.

4. Дайнеко Н. М., Тимофеев С. Ф., Булохов А. Д., Панасенко Н. Н. Анализ состояния луговых ассоциаций Ветковского района Гомельской области и приграничного Злынковского района Брянской области после катастрофы на ЧАЭС // Экологический вестник, Минск. 2014. № 1 (27). С. 23–30.

5. Булохов А. Д., Дайнеко Н. М., Лукаш А. В., Панасенко Н. Н., Семенищенков Ю. А., Сковородникова Н. А. Аккумуляция $^{137}Cs$ растениями луговых экосистем приграничных территорий Брянской, Гомельской и Черниговской областей // Научный диалог. 2014. № 1 (25). С. 5–13.

6. Булохов А. Д., Анищенко Л. Н., Панасенко Н. Н., Семенищенков Ю. А., Сковородникова Н. А. Тяжелые металлы компонентов луговых ценозов в условиях техногенной нагрузки // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. Режим доступа: *www.science-education.ru/117-13337.* Дата обращения: 12.10.2014.

**Об авторе**

Булохов А.Д. – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», *kaf-bot2002@mail.ru*

**УДК 574.5**

## СТАДИИ ЗАРАСТАНИЯ И СУКЦЕССИОННЫЙ СТАТУС ВОДОЁМОВ (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Ю.А. Ворочай

Обследовано шесть крупных водохранилищ и четыре озера в Брянской области. Выявлены виды-доминанты, описаны сукцессионные ряды, построены схемы зарастания и рассчитана степень зарастания водоёмов, позволившие определить сукцессионный статус водоёмов.
***Ключевые слова****: водоёмы, зарастание, биомониторинг, биоиндикация*

Существенное влияние на состояние вод в озёрах и водохранилищах оказывают природные геометеорологические условия. Однако на сегодняшний день наиболее важным фактором воздействия является регулярное антропогенное влияние, негативно сказывающееся на качестве вод. Положение водоёмов в рельефе суши способствует аккумуляции в них различных веществ, циркулирующих в пределах водосбора. Вместе с водами ручьёв, рек, родников и атмосферных осадков в водоёмы поступают органические и минеральные вещества, зачастую являющиеся причи-

ной их эвтрофикации. Так как водоемы в Брянской области имеют важное хозяйственное значение, необходимо разработать критерии диагностики степени зарастания, определения их возраста для управления процессами зарастания [1].

Цель работы – установить степень, характер и способы зарастания водоёмов, обобщить данные о биондикаторных особенностях макрофитной и прибрежно-водной растительности. Схемы сукцессионных рядов необходимы для определения стадий становления водных экосистем, для прогнозирования направленности динамических процессов отдельных водоёмов и акватории в целом, выявлении неблагоприятных факторов, ускоряющих процессы «старения» водных объектов [1, 3].

Исследования проводились на водных объектах Брянской области в течение полевых сезонов 2012-2014 гг. Обследовано шесть водохранилищ: Белоголовльское с площадью зеркала 0,87 км$^2$ (Жуковский р-н), Страшевичское – 0,75 км$^2$ (Жирятинский р-н), Новоселковское – 0,9км$^2$ (Брянский р-н), Белобережское – 1,575км$^2$ (Брянский р-н), Бабинец – 0,45 км$^2$ (Стародубский р-н), Лутнянское – 1км$^2$ (Клетнянский р-н), а также четыре озера: Солька – 0,3 км$^2$ (Трубчевский р-н), Большой Жерон – 0,769 км$^2$ (Трубчевский р-н), Малый Жерон – 0,193 км$^2$ (Трубчевский р-н), Заломенье – 0,35 км$^2$ (Гордеевский р-н). В ходе исследования нами применялись методы экологического профилирования на трансектах, расположенных вдоль берега и по всему размеру водного объекта. Схемы распределения растительных сообществ в озерах составлялись на основе карт района исследований по В. Г. Папченкову (2001) [5]. На выкопировках карт озер наносили схемы зарастания с соблюдением масштаба с использованием глазомерного способа. Определяли степень зарастания (Пс) озер [6] и площадь зарослей (Пз) растений по формулам:

Пс = (Пз/Па)×100 %, где Пс – показатель степени зарастания, в %, Пз – площадь зарослей, м$^2$, Па — площадь акватории озера, м$^2$. Показатель степени зарастания иллюстрирует площадь, занятую растительностью на момент исследования водоема.

Площадь зарослей рассчитывали по формуле Пз = ∑(Пц×ПП), где Пц – площадь ценоза, в состав которого входит определенный вид на составляемой картосхеме, м$^2$, ПП – проективное покрытие каждого вида, входящего в исследуемое сообщество, выраженное в долях процента.

Пф характеризует интенсивность зарастания озера или водохранилища. Производили расчет чистой первичной продукции гидрофитов с учетом коэффициента 2 для гидрофитов и коэффициента 1,2 для гелофитов (Распопов, 2003) [6]. Схемы многолетних сукцессионных рядов водной растительности представлены для материковых озер и водохранилищ в зависимости от двух путей заболачивания: поясного и сплавинного [4, 7]. Характер заболачивания устанавливался визуально.

Результаты представлены в таблице.

Таблица – Продукционные характеристики водохранилищ и озёр

| Название водоёма | Степень зарастания (%) | Класс зарастания | Чистая первичная продукция (т/год) | Интенсивность зарастания (кг/м$^2$) | Тип заболачивания (преобладающий) |
|---|---|---|---|---|---|
| Белобережское водохранилище | 81 | 7 | 4,1 | 2,50 | поясный |
| Лутнянское водохранилище | 69 | 7 | 3,88 | 2,81 | поясный |
| Новосёлковское водохранилище | 57 | 6 | 2,52 | 2,20 | сплавинный |
| водохранилище Бабинец | 19 | 4 | 2,12 | 0,87 | поясный |
| Страшевичское водохранилище | 8,0 | 3 | 0,12 | 0,73 | поясный |
| Белоголовльское водохранилище | 4,0 | 2 | 0,02 | 0,45 | поясный |
| озеро Большой Жерон | 100 | 8 | 4,7 | 7,9 | сплавинный |
| озеро Заломенье | 29 | 4 | 1,92 | 1,11 | поясный |
| озеро Солька | 17 | 2 | 0,19 | 0,82 | сплавинный |
| озеро Малый Жерон | 10 | 2 | 0,02 | 0,53 | сплавинный |

О ходе сукцессий в водоемах можно судить путем изучения поясов растительности, сменяющих друг друга по мере изменения условий существования водоёма. При поясном зарастании пресноводных стоячих водоёмов остатки организмов оседают на дно, что постепенно вызывает

повышение его уровня. Шесть водоёмов из десяти исследованных имеют поясный тип зарастания. При сплавинном типе зарастания с берега на поверхность воды наплывает зыбучий ковер из мхов и некоторых цветковых растений с мощными корневищами. Такой тип – у четырёх из десяти исследованных водоёмов.

Из шести исследованных водохранилищ наивысший класс зарастания на момент наблюдения зарегистрирован для Белобережского и Лутнянского, наименьший – для Белоголовльского. Для крупнейших озёр Брянской области 8 класс зарастания у Большого Жерона, 2 класс – у озера Солька и Малого Жерона.

Сукцессионные ряды крупных водохранилищ рассмотрены ранее [2]. Значительный интерес представляют процессы зарастания и продукционные процессы самых крупных озёр Брянской области.

Зарастание уникального реликтового озера Большой Жерон идёт в направлении заиления. Схема зарастания на отдельном участке показана на рис. 1.

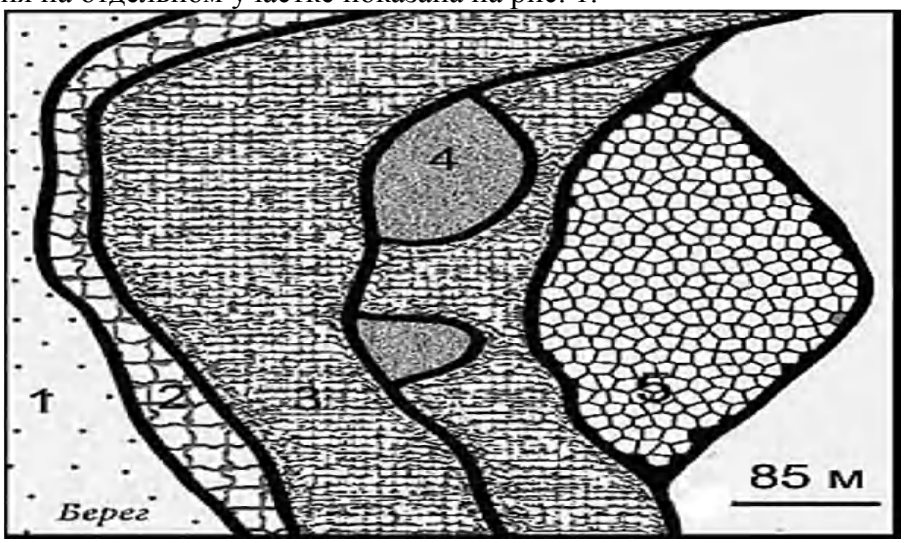



Рисунок 1 – Схема зарастания прибрежного участка оз. Большой Жерон

Условные обозначения: 1 – черноольшаник; 2 - сообщество тростника южного; 3 - сообщество телиптериса болотного и тростника южного; 4 - сообщество рогоза широколистного; 5 - сообщество манника плавающего.

При обследовании озера в течение полевых сезонов 2007-2008 гг. открытой водной глади выявлено не было, в 2012-2013 гг. – примерно 8,5 % озера было свободно от покрывающего ковра плейстофитов – телореза алоевидного. Вероятно, это обусловлено уменьшением скорости размножения доминантного вида ценозов, а также ручной очисткой водной глади Большого Жерона местным населением. Несмотря на «старый» сукцессионный возраст озера возможно в дальнейшем проведение рекультивационных мероприятий и «омоложение» водного объекта. Экологические профили водоёма достаточно однообразны: например, смены видов в экологическом ряду: манник плавающий → роголистник, ряска малая, пузырчатка → телорез алоевидный (рис.2).

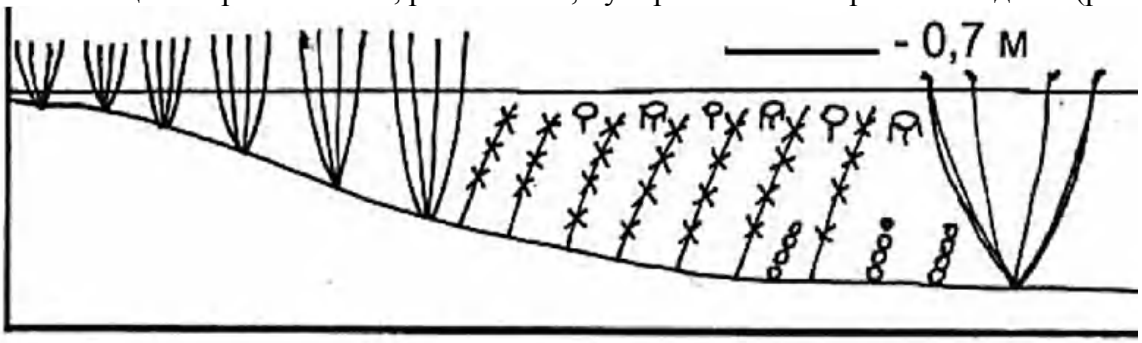



Рисунок 2 – Экологический ряд оз. Большой Жерон

На Большом Жероне полностью исчезли «подводные луга», водоем превращается из гидрофитного в фитопланктонный. Вероятно, такое сильное зарастание связано с нарушением водного режима озера, т.е. проточности, и как следствие увеличение трофности воды.

На оз. Заломенье и Малом Жероне общая схема зарастания сходна и показана на рисунке 3.

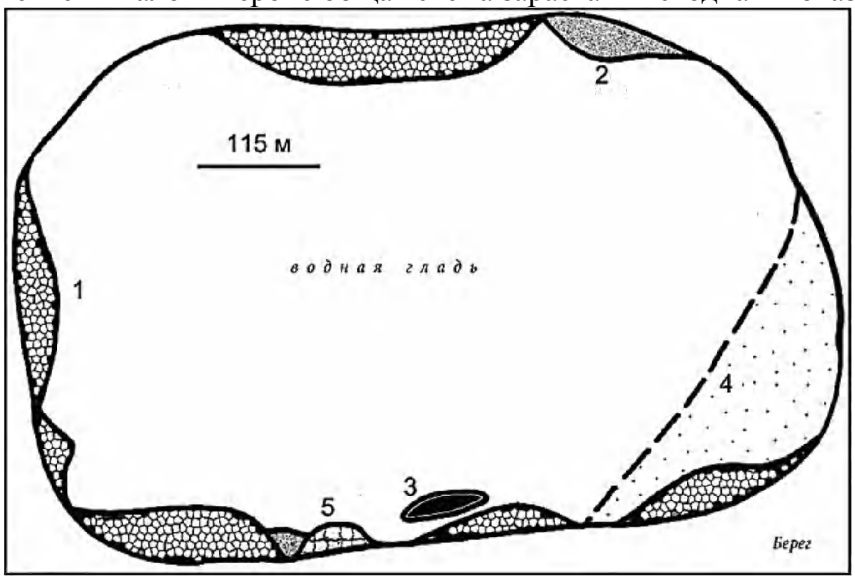



Рисунок 3 – Схема зарастания участков озёр (Малый Жерон и Заломенье)

Условные обозначения: 1 - сообщества тростника южного; 2 - сообщества рогоза широколистного и камыша озерного; 3 - сообщество стрелолиста стрелолистного; 4 - сообщества прикрепленных гидрофитов (кувшинки белой, кубышки желтой, рдеста плавающего); 5 - сообщество манника плавающего.

На озёрах Заломенье и Малый Жерон зарегистрированы разнообразные смены видов в экологических рядах, некоторые из них представлены на рисунках:

1) стрелолист стрелолистный → кувшинка чисто белая (рис.4)

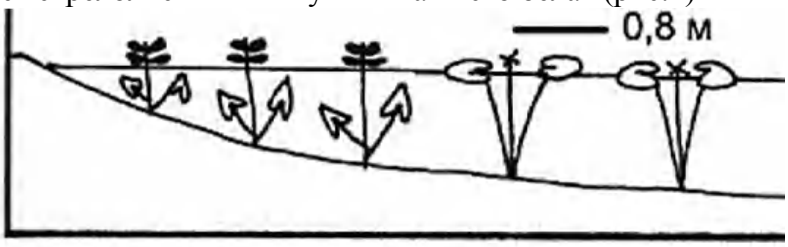



Рисунок 4 – Экологический ряд озёр

2) манник плавающий (рис.5)

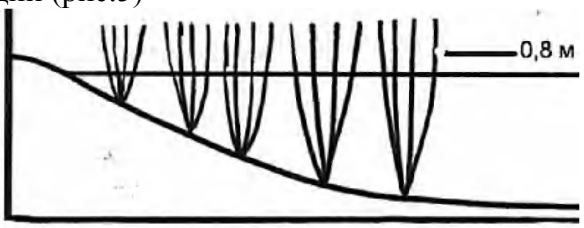



Рисунок 5 – Экологический ряд озер

3) стрелолист стрелолистный → болотница болотная (рис.6).

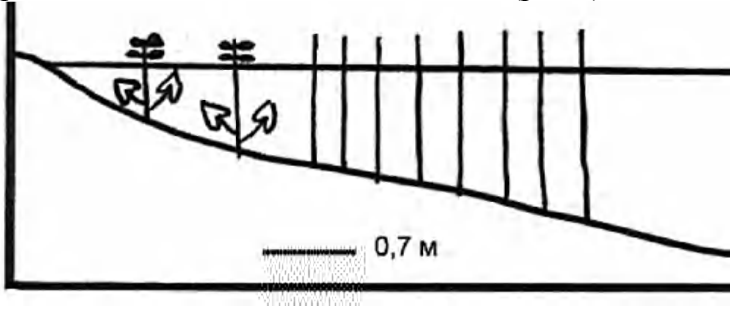



Рисунок 6 – Экологический ряд озёр

Малый Жерон и Заломенье – типичные гидрофитные водоёмы с малым эвтрофированием вод.

Озеро Солька характеризуется средним зарастанием водной глади, сформированным плейстофитным видом телорезом алоэлистным, а также сообществами рдеста плавающего и кубышки желтой (рис. 7).

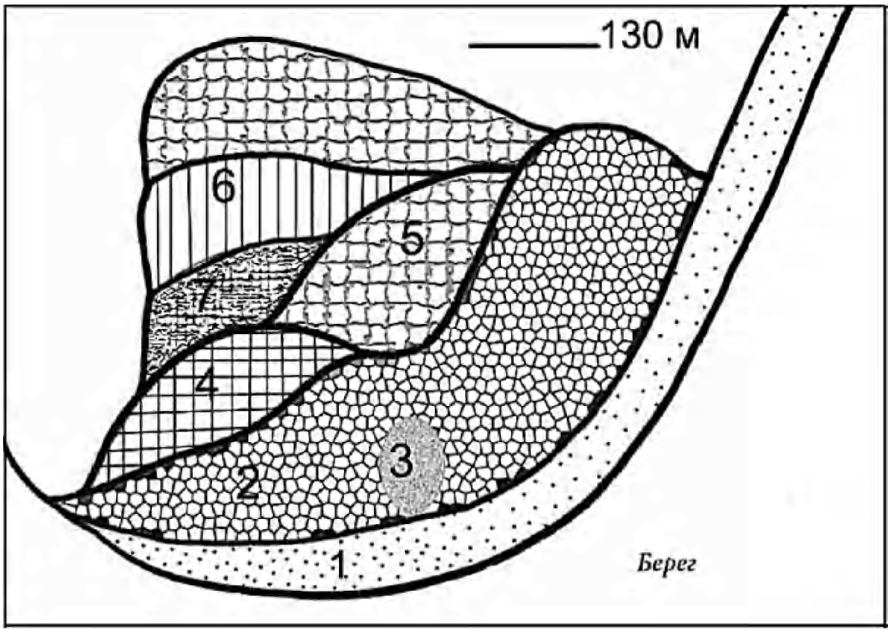



Рисунок 7 – Участок берега оз. Солька

Условные обозначения: 1 - сообщество манника большого; 2 - сообщества кубышки жёлтой; 3 - сообщество поручейника широколистного; 4 - сообщество водокраса лягушачьего; 5 - сообщество телореза алоевидного; 6 - сообщество белокрыльника болотного и полевицы побегоносной; 7 - сообщество тростника южного

На оз. Солька зарегистрированы самые разнообразные микросукцессионные ряды макрофитной и прибрежно-водной растительности (рис. 8-9):

1) манник большой → телорез алоевидный и водокрас лягушачий → тростник южный → белокрыльник болотный → поручейник широколистный (рис.8).

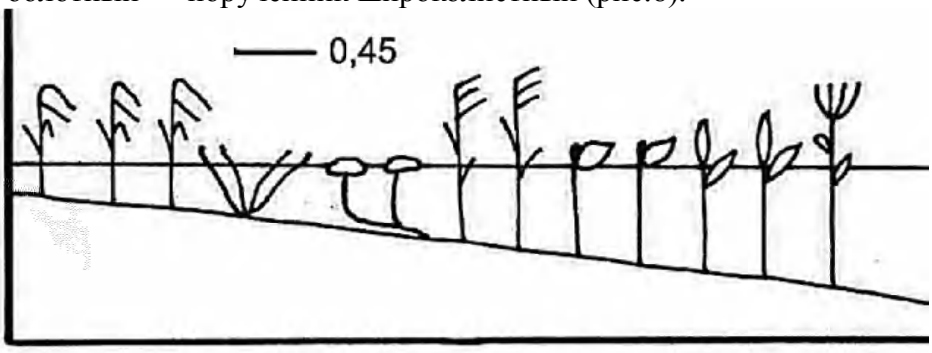



Рисунок 8 – Экологический ряд растительности оз. Солька

2) тростник южный → камыш озёрный → телорез алоевидный → кубышка жёлтая (рис.9).

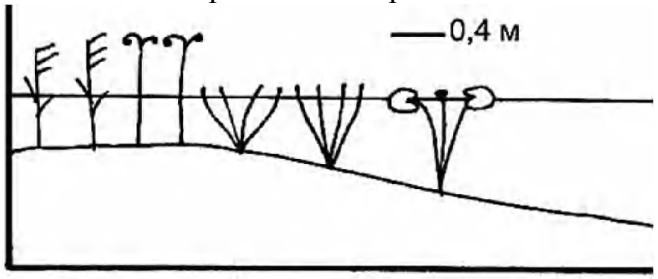



Рисунок 9 – Экологический ряд растительности оз. Солька

Озеро Солька – типичный гидрофитный водоём с высоким видовым разнообразием.

Озеро Большой Жерон – фитопланктонный водоем 8 класса зарастания с наибольшей чистой

первичной продукцией, Малый Жерон, Заломенье и Солька – гидрофитные. Значительный вклад в создании биомассы и больших показателей чистой продукции вносит *Stratiotes aloides* L., вид, играющий значительную роль в процессах зарастания водных объектов в междуречье Ипути и Десны. Микросукцессионные ряды и показатели продуктивности водных объектов свидетельствует о финальных стадиях сукцессии Большого Жерона, о начальных этапах этого процесса на остальных озёрах.

Surveyed six major reservoirs and four lakes in the Bryansk region. The species is dominant, described the successional series, constructed of eutrophication and the calculated degree of eutrophication of water bodies, which allowed to determine the successional status of water bodies.
***Key words:*** *ponds, overgrown, biomonitoring, bioindication*

**Список литературы**

1 Анищенко, Л.Н. Флора и растительность настоящих водных макрофитов водоемов и водотоков Юго-Западного Нечерноземья России / Л.Н. Анищенко, Т.Н. Буховец. – Брянск: Изд-во «Курсив», 2009. – 202 с.

2 Ворочай Ю.А. Микросукцессионные ряды и продуктивность прибрежно-водной и водной растительности водохранилищ Брянской области // Вестник Брянского государственного университета. Точные и естественные науки. № 4 (2). 2012. – Брянск: РИО БГУ, 2012. – С. 126-133.

3 Корсаков Г.К. Зарастающие водоемы и их использование для ондатроводства / Г.К. Корсаков, А.А. Смиренский. – М.: Изд-во технич. литературы по вопросам заготовок, 1956. – 136 с.

4 Лепилова Т.К. Инструкция для исследования высшей водной растительности // Инструкция по биол. исследованиям вод / Под ред. К.М. Дерюгина. – Л.: Изд-во Гос. гидрол. ин-та, 1934. Ч. 1. Раздел А. Вып. 5. – 48 с

5 Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья / В. Г. Папченков. – Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. – 200 с.

6 Распопов И. М. Продукция макрофитов водоёмов с замедленным водообменом: основные понятия, методы изучения // Гидроботаника: Методология, методы: Матер. Школы по гидроботанике (Борок, 8-12 апреля 2003 г.). – Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2003. – С. 146-150.

7 Сукачёв В.Н. Некоторые общие теоретические вопросы фитоценологии // Вопросы ботаники. Вып. 1. – М.; Л., 1954. – С. 201-309.

**Об авторе**

Ворочай Ю.А. – аспирант кафедры экологии и рационального природопользования, Брянский государственный университет *eco_egf@mail.ru*

**УДК 612.11**

## ВЛИЯНИЕ АПИПРОДУКТА «БИЛАР» НА ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ БЕЛЫХ МЫШЕЙ ПРИ НАГРУЗКЕ

С.С. Голощапова, Ф.Б. Литвин

В статье рассматриваются вопросы влияния апипродукта «Билар» на показатели крови белых мышей при физических нагрузках. Изменения показателей крови в опыте свидетельствуют об адаптации организма к предельным физическим нагрузкам и повышении работоспособности организма.
***Ключевые слова:*** *мыши, Билар, нагрузки, форменные элементы крови, ферменты.*

Одна из главных проблем физиологии спорта заключается в раскрытии закономерностей микроциркуляторного обеспечения транскапиллярного обмена веществ и энергии при мышечной деятельности. Наряду с морфологическими и гемодинамическими характеристиками, реологический компонент системы микроциркуляции вносит существенный вклад в потенцирование физической работоспособности спортсменов [1, с. 69]. Установлена содружественная связь между параметрами микроциркуляции и реологии крови, с целью достижения более эффективного транс-

порта дыхательных газов и субстратов окисления в тканевые микрорегионы при срочной и долговременной мышечной тренировке [2, с. 159]. Исследование крови - одна из важнейших информативных процедур диагностики состояния организма. Анализы крови отражают состояние систем организма, по ним выделяются доклинические и ранние клинические стадии болезни, скрытые инфекции, нарушения иммунной системы, предрасположенность к аллергии, сбои в работе органов выделения, болезни печени и обмена веществ. В спорте реологические характеристики позволяют получить важную информацию о функциональном состоянии организма в тренировочно-соревновательной деятельности, при утомлении и восстановлении [3 с. 168]

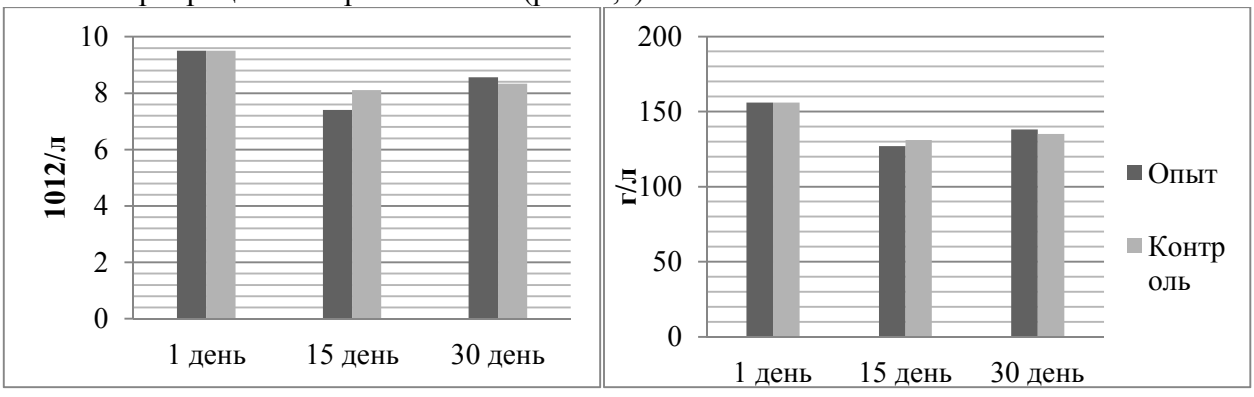
Положительное влияние на организм продуктов пчеловодства отмечается в ряде работ [4, с. 107; 5, с. 110; 6, с. 111], но недостаточной изученностью характеризуется продукт, получаемый из трутневого расплода [7.с 68.]. Апипродукт в форме порошка под названием Билар личиночного происхождения обладает лечебно-профилактическим действием (особенно антиоксидантным, иммуномодулирующим, противоопухолевым, актопротекторным и др.). Энерго- и иммуностимулирующие свойства позволяют использовать его в качестве актопротекторного препарата для повышения физической работоспособности, в том числе и при спортивных нагрузках, повышения устойчивости газового состава и кислотно-щелочного равновесия крови [8, с 17].

Цель работы – изучение влияния продукта «Билар» на показатели крови белых мышей при курсовом приеме продукта в условиях дозированной физической нагрузки.

Материалы и методы. Исследования проведены на белых беспородных мышах-самцах (n=50). Определение актопротекторной ценности вещества проводилось при физической нагрузке. Для моделирования физической нагрузки использовали тредбан, позволяющий задавать нагрузку определенной интенсивности [9, с. 39]. Нами выполнено исследование по изучению влияния «Билара» на изменения показателей крови при выполнении стандартной нагрузки. Животные получали водный раствор Билара per os в дозировке 10 мг/кг. При введении препарат растворяли в 0,3 мл воды и через зонд вводили мышам в желудок. Мышам контрольной группы вводили аналогичный объем дистиллированной воды [8, с.43]

Схема проведения эксперимента следующая: животным с предварительно выработанным рефлексом бега по движущейся ленте за 1 час до выполнения нагрузки перорально вводили водный раствор Билара. Физическая работоспособность определялась путем выполнения предельной нагрузки (при средней скорости движения ленты 29,3 м/мин.). Предельной нагрузкой считался «бег до отказа», показателем отказа являлась неспособность животного продолжать бег против движущейся ленты, несмотря на электростимуляцию. После нагрузки у животных производили тотальный забор крови [9, с.41] в первый день эксперимента, на 15 день и 30 день эксперимента. Определялись следующие показатели: количество эритроцитов ($10^{12}$/л), концентрация гемоглобина (г/л), количество тромбоцитов ($10^9$/л), количество лейкоцитов($10^9$/л), лейкоцитарная формула (процентное отношение палочкоядерных нейтрофилов, сегментоядерных нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов и эозинофилов, базофилов, %). Также был проведен анализ изменения активности ферментов в крови: аспартатаминотрансферазы (АсАТ, МЕ/л), аланинаминотрансферы (АлАТ, МЕ/л) и щелочной фосфатазы (ЩФ, МЕ/л).

Результаты исследования. В результате проведенных исследований отмечается изменение количества эритроцитов в крови мышей (рис. 1,а).



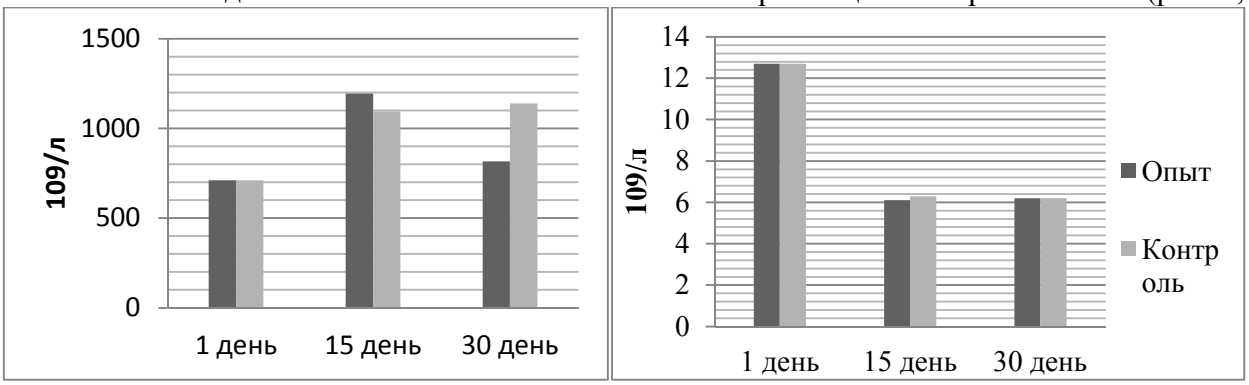

а б

Рис 1. Количество эритроцитов (а) и концентрация гемоглобина (б) в крови белых мышей при приеме Билара.

Следует отметить снижение количества эритроцитов как в опытной, так и контрольной группе мышей на 15 день опыта, что является нормальной неспецифической реакцией на регулярные физические нагрузки при условии роста функциональных возможностей организма. К 30 дню эксперимента количество эритроцитов в опытной группе возрастает и достоверно превышает данный показатель в контрольной группе на 15,5 %. О.В. Резенькова в своих исследованиях [9, с.116] также отмечает достоверное увеличение количества эритроцитов в опытной группе при приеме адаптогена (экстракта солодки) при выполнении физической нагрузки. Вероятно, апипродукт стимулирует эритропоэз и выход эритроцитов в кровяное русло, тем самым повышая концентрацию гемоглобина. Сходные результаты получены Мельниковым А. А., Викуловым А.Д. [3, с. 169], которые объясняют повышение концентрации гемоглобина появлением в крови молодых эритроцитов с большим объемом и большим содержанием гемоглобина.

Вслед за динамикой концентрации эритроцитов наблюдается подобные изменения по содержанию гемоглобина у белых мышей опытной и контрольной групп (рис. 1б). К 15 дню уменьшение концентрации гемоглобина составило 18,6% в опытной и 16,0% в контрольной группах. К 30 дню снижение сменяется ростом концентрации на 8,6% в опытной группе и на 3,0 % - в контрольной. Динамика полученных результатов согласуется с мнениями [10, с. 256] о том, что концентрация гемоглобина в крови зависит от общего количества эритроцитов и содержания в каждом из них гемоглобина. Прирост гемоглобина имеет преимущества для транспорта кислорода в условиях физической нагрузки [14, p. 723 ; 15, p. 1214].

Также необходимо отметить изменение количества тромбоцитов в крови мышей (рис. 2,а).




а б

Рис.2 Количество тромбоцитов (а) и количество лейкоцитов (б) в крови белых мышей при приеме Билара.

Достоверное снижение в опытной группе к 30 дню количества тромбоцитов на 31,7% опыта по сравнению с 15 днем уменьшает возможность образования тромбоцитарных агрегатов в крови и, как следствие, снижает вязкость крови, предупреждает развитие шунтирования обменных сосудов и способствует более гомогенному тканевому кровотоку, раскрытию дополнительных капилляров и повышению функциональной плотности капилляров, что, в своей совокупности, улучшает оксигенацию тканей.

Не менее важное значение для оценки иммунобиологического статуса организма имеет содержание лейкоцитов в крови (рис.2,б). Количество лейкоцитов снижается к 30 дню в 2 раза, как в опытной, так и контрольной группах. В обычных физиологических условиях в периферической крови обнаруживаются лейкоциты 5 видов: псевдоэозинофилы (гетерофилы, нейтрофилы), эозинофилы, базофилы, моноциты и лимфоциты [11, с. 19].

В лейкоформуле мышей опытной группы уровень эозинофилов не имел существенных отличий от соответствующих показателей в контроле. При этом содержание сегментоядерных клеток было ниже мышей из опытной группы на 8,1-16,5% по сравнению с контролем, что свидетельствует о повышении защитной функции организма (табл. 1). Увеличение содержания моноцитов до 12,5 % в опытной группе к 30 дню эксперимента свидетельствует об их участии в регуляции функциональной активности других клеток (эозинофилов) и обеспечивают реакцию неспецифической защиты организма против микробов, секретируют вещества, регулирующие лизосомные протеазы. Базофилы не были обнаружены ни в одной из проб.

Таблица 1.

Лейкоцитарная формула крови белых мышей при приеме Билара

| День | Группа | ПН,% | СН,% | Л,% | М,% | Э,% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Опыт | 3,1±0,3 | 22,1±0,9 | 61,6±2,4 | 12,1±0,5 | 0,9±0,1 |
| 15 | | 1,1±0,2 | 26,3±1,6 | 64,3±4,1 | 5,1±0,4 | 3,1±0,9 |
| 30 | | 1,9±0,4 | 27,2±2,9 | 55,3±3,1 | 12,5±1,3 | 3,1±0,3 |
| 1 | Контроль | 3,1±0,3 | 22,1±0,9 | 61,6±2,4 | 12,1±0,5 | 0,9±0,1 |
| 15 | | 2,3±0,3 | 31,5±1,5 | 64,3±3,9 | 0,9±0,1 | 1,0±0,1 |
| 30 | | 5,2±0,4 | 29,6±1,8 | 58,1±4,1 | 6,1±0,9 | 1,0±0,1 |

ПН - палочкоядерные нейтрофилы; СН - сегментоядерные нейтрофилы; Л – лимфоциты;
М – моноциты; Э – эозинофилы.

Таким образом, наблюдается понижение уровня лейкоцитов в крови и изменения в лейкоформуле, которые в общем контексте могут свидетельствовать об адаптации организма и повышении защитной функции организма.

Исследования ряда ферментов, дают представление о том, что на изменение гомеостаза, нарушения работы отдельных органов и систем в первую очередь реагируют энзимы путем изменения своей активности, то есть происходят количественные и качественные преобразования ферментных систем. Измеряемая в сыворотке крови, энзиматическая активность является результатом совместной и согласованной работы клеточных структур (процессов синтеза и распада ферментов), функции мембран, скорости инактивации и периода полураспада отдельных ферментов [12, с. 61]. При этом исследования ферментов в работе [13, с. 16] позволяет выявить различия в типах обеспеченности биоэнергетики митохондрий. Изменения активности АлАТ, которая считается маркером процессов ресинтеза глюкозы, показано на рис. 3.

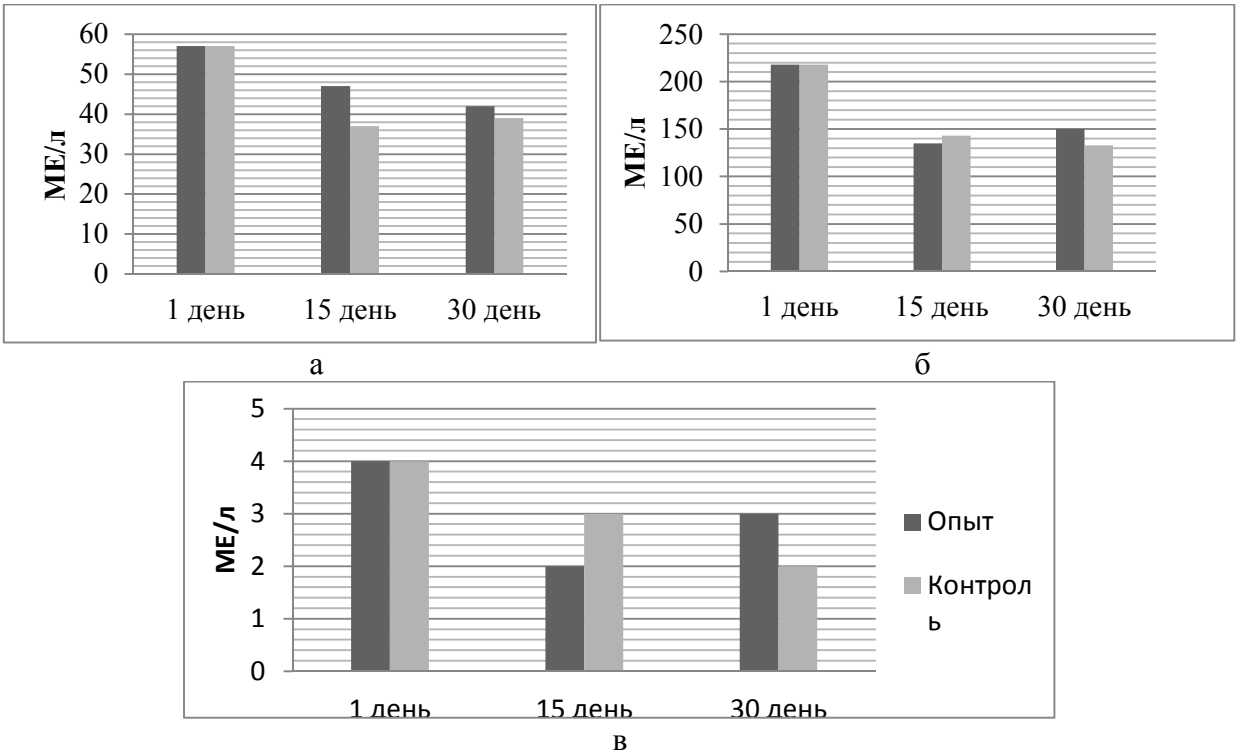



Рис 3. Содержание АлАТ (а) и АсАТ (б) и ЩФ (в) в крови белых мышей при приеме Билара.

Наблюдается отрицательная динамика снижения активности фермента в крови мышей. Изменение активности АсАТ, которая считается маркером активации биэнергетики митохондрий показано на рис 3б. Активность данного фермента снижается к 15 дню в обеих группах, но повышается в контрольной группе к 30 дню. ЩФ считается маркером интенсивности окислительного фосфорилирования в митохондриях. Отмечается снижение активности ЩФ в опытной группе к 15 дню исследования по сравнению с 1 днем в контроле и увеличение к 30 дню (рис 3,б).

Таким образом, в группе мышей получавших Билар границы мышечной работоспособности были расширены за счет усиления биоэнергетики митохондрий, выражающегося в приросте окислительного фосфорилирования в митохондриях.

Работоспособность животных в опытной группе к концу эксперимента достоверно превышает работоспособность мышей контрольной группы на 35,5%.

Заключение. Состав крови - один из наиболее лабильных показателей функционального состояния организма животных и человека, быстро и точно реагирующий на применение различных продуктов. Чем больше под их влиянием будет изменяться обмен веществ, тем сильнее и глубже будут изменения в крови. Так, у мышей опытной группы, получавшей апипродукт Билар, повышается уровень эритропоэза и синтеза гемоглобина, кровоток становится более гомогенным, снижается возможность образования тромбоцитарных агрегатов, светлых включений, повышается защитная функции организма. Мышечная работоспособность увеличивается за счет прироста окислительного фосфорилирования в митохондриях. Данные процессы свидетельствуют о расширении после курсового приема Билара адаптивных возможностей организма белых мышей, что нашло свое подтверждение в реологической картине крови и повышении физической работоспособности белых мышей экспериментальной группы.

The questions about influence apiproduct «Bilar» on blood parameters of laboratory mice on physical activity are considered. The changes in test group are indicated about organism adaptation for maximum physical activity and increasing organism capacity.
***Key worlds:*** *laboratory mice, «Bilar», physical activity, blood corpuscles, enzymes.*

**Список литературы**

1. Баранов В.В. Идентификация форменных элементов крови в капиллярном русле на основе анализа видеоизображений высокого разрешения / В. В. Баранов, С. М. Кленин, М. И. Кузнецов и др.// Клин. физиология кровообращения. 2006. № 2.С.69–74

2. Муравьев А.В. Микроциркуляция и гемореология: модели адаптации/ А.В. Муравьев, В.Н. Левин, П.В., Михайлов П.В., Ахапкина А.А. и др.// Микроциркуляция и гемореология (от ангиогенеза до центрального кровообращения) IX Международная конференция (29 июня-2 июля, 2013) Ярославль: Изд. ЯЛТУ им К.Д. Ушинского, 2013. С. 159.

3. Мельников А.А. Реологические свойства крови у спортсменов: монография / А.А. Мельников, А.Д. Викулов. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2008. 491 с.

4. Дерюгина А.В. Апитерапия больных дисциркуляторной энцефалопатией I и II стадий / А.В. Дерюгина, Е. А. Антипенко, В.Н. Крылов, О. Ю. Баринова // Материалы Первого Российского конгресса по комплементарной медицине. (31 мая - 01 июня 2013). Москва. С. 107.

5. Криволапов-Москвин И. Программа «Апитокс» в лечении рассеянного склероза/ И. Криволапов-Москвин, Ю. Король, А. Криволапов, Д. Криволапов, Е. Фатеева // Материалы Первого Российского конгресса по комплементарной медицине. (31 мая - 01 июня 2013). Москва. С.110

6. Крылов В.Н. Апитерапия - природный метод лечения и профилактики / В.Н. Крылов, И.В. Криволапов-Москвин И.В. // Материалы Первого Российского конгресса по комплементарной медицине. (31 мая - 01 июня 2013). Москва. С.111

7. Прохода И.А. Товароведная характеристика новых апидобавок из продуктов пчеловодства и ее использование в продуктах иммуномодулирующего действия / И.А. Прохода //Научный журнал «Вестник». Брянск, 2009. №4. С. 64-67.

8. Бурмистрова Л.А. Физико-химический анализ и биохимическая оценка биологической активности трутневого расплода: автореф. дисс. канд биол. наук / Л.А. Бурмистрова. Рязань, 1999. 22 С.

9. Резенькова О.В. Изучение влияния экстракта солодки голой на процессы адаптации организма: дисс. канд. биологических наук / О.В. Резенькова. Ставрополь,2003. 175 с.

10. Березов, Т. Т. Биологическая химия / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. М.: Медицина, 2008. 704 с.

11. Бессарабов, Б. Ф. Лабораторная диагностика клинического и иммунобиологического статуса у сельскохозяйственной птицы / Б. Ф. Бессарабов, С. А. Алексеева, Л. В. Клетикова. М.: КолосС, 2008 . 151 с.

12. Клетикова, Л. В. Особенности обмена белка, глюкозы и триглицеридов при введении в

рацион цыплят пробиотических препаратов / Л. В. Клетикова, Б. Ф. Бессарабов // Научный поиск. 2012. № 1 (3). С. 60-64.

13. Герасимов Е.М., Третьяк Л.Н., Ячевский В.Н. Влияние антистрессовых спортивных напитков на восстановление работоспособности после мышечных перегрузок / Е.М. Герасимов, Л.Н. Третьяк, В.Н. Ячевский // Вестник восстановительной медицины, 2011. N 5. С.16-20.

14. Calbet J.A.L Effect of blood haemoglobin concentration on VO2 max and cardiovascular function in lowlanders accclimatisaed to 5260 m. // J.A.L. Calbet, G. Radegan, Boushel R. et al. // J. Physiol. 2002. V. 545. P. 715 -728.

15. Calbet J.A.L Plasma volume expansion doesn't increase maximum cardiac output or VO2 max in lowland acclimatization to altitude / J.A.L. Calbet, G. Radegan, Boushel R. et al.// Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol. 2004. V. 287. P. H1214-H1224.

**Об авторах**

Голощапова С.С. – аспирант кафедры биологии, Брянский государственный университет, *sv.goloshchapova@gmail.com*

Литвин Ф.Б. – доктор биологических наук, профессор Смоленской академии физической культуры, спорта и туризма, *bf-litvin@yandex.ru.*

**УДК 599.426**

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРДЦА И ЛЕГКИХ НЕТОПЫРЯ МАЛОГО (*PIPISTRELLUS PYGMAEUS*)

В.В. Гриб, Е.Н. Зайцева, Е.В. Зайцева, И.Л. Прокофьев

В статье приведены данные по морфологии сердца и легких *Pipistrellus pygmaeus*. В ходе исследований были изучена макрометрические показатели сердца и легких, а также исследована зависимость массы сердца нетопыря малого от общей массы тела.

***Ключевые слова:*** *рукокрылые, Pipistrellus pygmaeus, сердце, легкие, морфология*

### Введение

Рукокрылые – это единственная группа млекопитающих, которые способны летать как птицы. [1, p. 957] Эволюция данных животных шла по пути приспособления к полету и, соответственно, освоения воздушной среды обитания, что сопровождалось глубокими изменениями их биологической организации. [2,3] Как известно органы способны изменяться в зависимости от образа жизни и нагрузки, оказываемой, на организм, в том числе на сердце и легкие. Вместе с тем размеры сердца летучих мышей более близки к размерам сердца птиц, нежели млекопитающих.[4, с.175] У самой мелкой летучей мыши, пятиграммового нетопыря (Pipistrellus), сердце в два раза крупнее, чем это предсказывается для нормального млекопитающего такого же размера, и очень близко к величине, предсказываемой для птиц.[4, с.175] Следовательно в строении тела рукокрылых имеется ряд важных морфологических приспособлений к полету:

1. хорошо развитые летательные мышцы [1, p. 960],
2. относительно большие размеры сердца и легких [5, p. 248; 6, p. 52; 7, p. 3050],
3. высокая частота сердечных сокращений и взмахов крыльями [8, p. 35],
4. большие минутный объем сердца и диффузионный объем легких [7, p. 3052, 9, p. 30]
5. оптимальный альвеолярно-капиллярный барьер [1, p. 963]
6. физически приспособленные дыхательные пути [10, p. 8].

Данные адаптации обеспечивают эффективное поступление кислорода в организм рукокрылых и доставку его к тканям, что необходимо для поддержания высокой скорости метаболизма [7, p. 3062].

Целью исследования было выявить черты адаптации к полету в морфологии сердца и легких у нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus*). Полученные результаты исследования расширят и дополнят сведения по морфологии летучих мышей.

## Материал и методы исследований

Объектом исследования был выбран нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*) **-** Малый нетопырь – очень маленькая летучая мышь. Мех короткий и очень густой. Брюшная сторона светлее спины, которая обычно песочного или рыжевато-коричневого цвета. Уши и лицевая маска относительно светлые, коричневые. В основном более сильно тяготеет к лесам по берегам рек, низменностям и различным водным объектам. Селится в постройках человека, реже – в дуплах деревьев и других щелевидных укрытиях. Спаривание происходит после окончания лактации, с выраженным гоном или на зимовках. В выводке 1-2 детеныша. Рождение обычно происходит во второй половине июня. Выводковые колонии включает от нескольких десятков до сотен особей. Вылет на охоту происходит в ранних сумерках. Охотится на ограниченной территории. Охотится в основном на представителей отряда *Diptera*, *Hymenoptera*, поденок и златоглазок. [11, с.61.]

Для изучения в июле 2014г местными жителями нам были переданы 6 особей (3-♂, 3-♀) нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus*) из деревни Кукуевки Навлинского района, расположенной в 1 км. от реки Десны. Животные имели признаки серьезных повреждений тела, полученные в результате разрушения домашней постройки, где они обитали.

Особь перед умерщвлением, взвешивали на торсионных весах, затем обескровливали, путем вскрытия сонной артерии и яремной вены в течение 90-120 секунд в висячем положении (Комаров А.В., 1981). Анатомическое вскрытие тела летучей мыши проводили согласно методике предложенной А.В. Жаровым (2000). При работе с рукокрылыми полностью соблюдали Международные принципы Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным.

Объектами исследования служили сердце и легкие взрослых особей нетопыря малого При исследовании было проведено полное макроморфометрическое описание сердца и легких.

После извлечения сердце освобождали от сгустков крови и взвешивали на электрических весах ВЛКТ-500М, тем самым определяя абсолютную массу. После взвешивания проводилось измерение длины сердца (от места отхождения аорты до верхушки), ширины (расстояние между боковыми поверхностями сердца на уровне оснований желудочков) и толщины сердца (наибольший переднезадний размер, обычно на уровне основания желудочков) [12, с. 304]. На основе полученных результатов определялась форма сердца методом визиографии с определением индекса [13, с. 32]:

$$\text{ИС} = \frac{\text{ширина сердца}}{\text{длина сердца}} \times 100\%$$

Если индекс был до 65%, то форму сердца считали конусовидной, от 65% до 75% - эллипсовидной, и более 75% - шаровидной [14].

## Результаты и их обсуждение

При исследовании самок малого нетопыря были получены следующие результаты: ИС(1)=62%; ИС(2)=57%; ИС(3)=62%. Следовательно, форма сердца у исследуемых особей - конусовидная. Средняя масса сердца составляет 0,43±0,02 (табл.1). Также было проведено исследование индекса сердца самцов: ИС(1)=62%; ИС(2)=62%; ИС(3)=54% Сердце конусовидной формы. Средняя масса сердца 0,38±0,05 (табл.1).

Таблица 1.

Параметры сердца нетопыря малого *(Pipistrellus pygmaeus)*

| *Pipistrellus pygmaeus* | Число особей | Масса тела, $M_b$ (г) | Масса сердца, $M_H$ (г) | Отношение $M_H/M_b \cdot 100\%$ |
|---|---|---|---|---|
| ♀ | 3 | 4,21±0,2 | 0,48±0,05 | 11,4 |
| ♂ | 3 | 3,18±0,1 | 0,38±0,05 | 11,9 |

Используя полученные данные, были построены графики зависимости массы сердца от общей массы тела самок и самцов нетопыря малого (аллометрические графики) (рис.1).

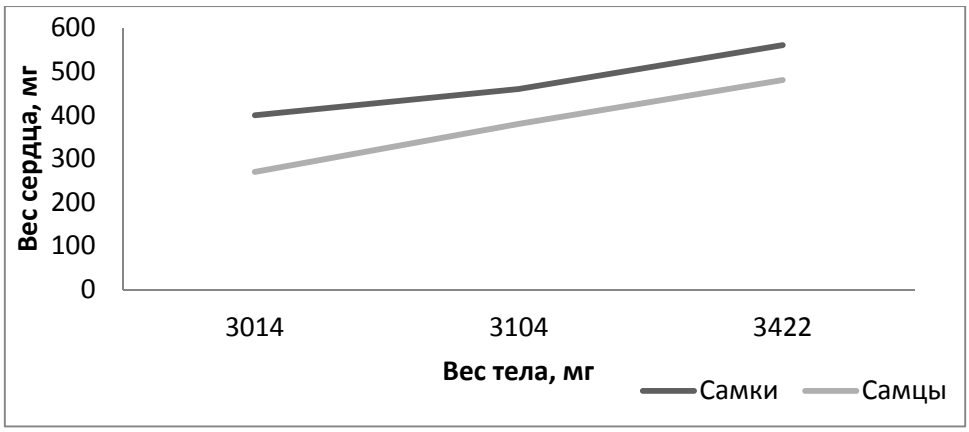



Рис.1 Аллометрическое соотношение массы сердца самок и самцов нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus*)

Таким образом, у нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus*) имеются адаптации к полету, которые выражаются в увеличенном размере сердца.

Также были проведены измерения легких нетопыря малого. Полученные данные отображены в таблице 2.

Таблица 2.

Параметры легких нетопыря малого *(Pipistrellus pygmaeus)*

| *Pipistrellus pygmaeus* | Число особей | Масса (г) | Длина (мм) | | Ширина (мм) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Правое | Левое | Правое | Левое |
| ♀ | 3 | 0,38±0,04 | 8,3±0,2 | 8,6±1,9 | 5,0±0,5 | 4,0±0,5 |
| ♂ | 3 | 0,39±0,08 | 8,3±0,7 | 7,0±0,5 | 4,0±0,0 | 3,6±0,2 |

По общей массе легких самцы и самки не имеют существенных различий. Из таблицы видно, что длина левого легкого немного превышает длину правого, ширина правого немного превышает ширину левого легкого.

Заключение. Результаты исследования макро-морфологии нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus)* могут быть рассмотрены в качестве морфологической нормы, характеризующей вид обитающий на территории Брянской области. Диагностического критерия при оценке состояния рукокрылых под воздействием экзогенных и эндогенных факторов, а также в учебном процессе на биологических факультетах высших и средних учебных заведений, при написании соответствующих разделов учебных руководств и пособий по морфологии рукокрылых.

The results of morphological study of heart and lungs are presented in this article. We studied macrometric measures of heart and lungs and dependence of heart mass from general body mass.
***Key words:*** *bats, Pipistrellus pygmaeus, heart, lungs, morphology.*

**Список литературы**

1. Mathieu-Costello, O. Geometry of blood-tissue exchange in bat flight muscle compared with bat hindlimb and rat soleus muscle / O. Mathieu-Costello, J. M. Szewcsak, R. B. Logerman, P. J. Agey // American Journal of Physiology, 262. - 1992. – Pp. 955–965.

2. Кузякин, А.П. Летучие мыши / А.П. Кузякин. – М.: Высшая школа, 1950. – С. 234–387.

3. Стрелков, П.П. Экологические наблюдения за зимней спячкой летучих мышей (Chiroptera. Vespertilionidae) Ленинградской области // Морфология и экология позвоночных / П.П. Стрелков. – Л., 1971. – С. 251–303.

4. Шмидт – Ниельсен, К. Размеры животных: почему они так важны? / К. Шмидт – Ниельсен. – М.: Мир, 1987. – 259 с.

5. Jurgens, J. D. Blood oxygen transport and organ weight of small bats and small non-flying mammals / J. D. Jurgens, H. Bartels, R. Bartels // Respiration Physiology, 45. 1981. – pp. 243–260.

6. Maina, J. N. The structural functional correlation in the design of the bat lung. A morphometric

study / J. N. Maina, A. S. King // Journal of Experimental Biology, 111. 1984. – pp. 43–63.

7. Maina, J. N. What it takes to fly: the structural and functional respiratory refinements in birds and bats / J. N. Maina // Journal of Experimental Biology, 203. 2000. – pp. 3045–3064.

8. Thomas, S. P. The physiology of bat flight / S. P. Thomas // Recent advances in the study of bats. - Cambridge: Cambridge University Press, 1987. - 470 pp.

9. Maina, J. N. Comparative respiratory morphology: themes and principles in the design and construction of the gas exchangers / J. N. Maina // The Anatomical Record, 261. 2000. – pp. 25 – 44.

10. Canals, M. A simple geometrical pattern for the branching distribution of the bronchial tree, useful to estimate optimality departures / M. Canals, F. F. Novoa, M. Rosenmann // Acta Biotheoretica, 52. 2004. – pp. 1–16.

11. Горбачев, А.А. Пространственно-временная структура фауны рукокрылых (*MAMMALIA, CHIROPTERA*) Брянской области/: дисс. канд. биол. наук/ А.А.Горбачев. Брянск, 2013. – 210 с.

12. Жедёнов, В. Н. Легкие и сердце животных и человека / В. Н. Жедёнов. - М.: Высшая школа, 1961. - С. 215 - 412.

13. Чиркова, Е. Н. Морфология сердца и его внутренних структур млекопитающих разных экологических групп: дис. канд. биол. наук / Е. Н. Чиркова. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2009. – с. 32.

14. Горбачев А.А. Особенности морфологии сердца и легких позднего кожана (EPTESICUS SEROTINUS SCHREBER, 1774)/ А. А. Горбачев, Е. В. Зайцева, И. Л. Прокофьев.//Вестник Брянского государственного университета. Точные и естественные науки.-Брянск: РИО БГУ, 2012. №4.-С. 66-69

**Об авторах**

Гриб В. В. – аспирантка Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского, *vica.grib@gmail.com*

Зайцева Е.Н. – студентка Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского

Зайцева Е.В. – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой зоологии и анатомии Брянского государственного университета И.Г. Петровского, *z_ev11@mail.ru*

Прокофьев И.Л. – кандидат биологических наук, доцент Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, *bioindication.lab@gmail.com*

**УДК 504.38:631.4**

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ИНДЕКСА СУХОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПОЧВОЗАЩИТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

М. В. Долганова, В. Т. Демихов

***Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №13-05-97521***

В статье проанализированы пространственно-временные колебания индекса сухости на территории Брянской области, оказывающие влияние на интенсивность процессов почвообразования, дефляцию почв и актуализирующие вопрос о необходимости научно обоснованного почвозащитного земледелия.
***Ключевые слова:*** *климат, дефляция, индекс сухости, почвозащитное земледелие, фитомелиорация.*

В последнее время достаточно отчетливо просматривается тенденция изменения глобального и регионального климатов, в связи с чем, изучение современных трансформаций климатических условий субъектов страны приобретает все большее не только теоретическое, но и практическое значение, определяемое высокой степенью влияния климатического фактора на природные и социально-экономические процессы в регионе.

Во многих климатических сценариях и прогнозах неоднократно подчеркивалось, что изменение климатических условий будет связано с увеличением частоты неблагоприятных явлений, в том числе с ростом повторяемости засух, усилением засушливости на территории ряда регионов России, и Брянская область не является исключением [5, с. 3; 8, с. 9; 10, с. 12], что подчеркивает актуальность исследования и необходимость повышения научного внимания к проблеме дефляции.

Важность оценки и определения тенденций пространственного распределения засух на территории области связаны не только с высокой степенью их влияния на процесс почвообразования, необходимостью прогнозирования изменений ландшафтов, но и на условия ведения сельскохозяйственной деятельности, отражаясь, в первую очередь, в снижении урожайности сельскохозяйственных культур [7, с. 65].

Исследование пространственно-временных колебаний индекса сухости на территории Брянской области проводилось на основе данных климатического архива ВНИИГМИ-МЦД за период с 1966 по 2013 годы по шести метеостанциям.

Для определения условий атмосферных засух использовался индекс сухости Д. А. Педя [9, с. 19], получивший широкое распространение в отечественных работах начиная с 1970-х годов и рассчитываемый по формуле:

$$Si = \Delta T/\sigma T - \Delta R/\sigma R,$$

где ΔT, ΔR – аномалии температуры воздуха и осадков; σT, σR – среднеквадратическое отклонение ΔT и ΔR.

$$\Delta T = T_i - T_н,$$

где $T_i$ – текущее значение среднемесячной температуры; $T_н$ – многолетняя норма среднемесячной температуры.

$$\Delta R = R_i - R_н,$$

где $R_i$ – текущее значение количества осадков за месяц; $R_н$ – многолетняя норма количества осадков за месяц.

Индекс Si показывает аномалии температурно-влажностных условий и позволяет анализировать их изменения во времени и в пространстве относительно нормы. По значению Si можно судить об интенсивности атмосферной засухи: чем больше Si, тем явление сильнее, и наоборот. По величине индекса выделяют следующие классы засух:

$1 \le Si < 2$ – слабая засуха,

$2 \le Si < 3$ – средняя засуха,

$3 \le Si$ – сильная засуха.

Главным научным сотрудником ВНИИГМИ-МЦД Шерстюковым Б. Г. для метеостанций Брянской области были вычислены значения индекса сухости Д. А. Педя и подсчитана повторяемость атмосферных засух по их классам за период с 1966 по 2004 годы [10, с. 115]. Нами же рассчитаны аналогичные показатели за последнее десятилетие, проведен сравнительный анализ и выявлены территориальные и временные закономерности (таблица 1).

Таблица 1

Повторяемость различных классов атмосферных засух (% по индексу Д.А. Педя) по метеостанциям Брянской области за период с 2005 по 2013 гг. по отношению к 1966–2004 гг.*

| Классы засух | Месяцы / Метеостанции | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Слабая | Брянск | 33,3 (+8,3) | 11,2 (-13,8) | 33,3 (+15,4) | 11,1 (-3,2) | 44,5 (+27,0) | 22,2 (+6,0) | 22,2 (+0,8) |
| | Жуковка | 11,1 (-12,0) | 22,2 (+1,7) | 22,2 (-0,9) | 11,1 (-4,3) | 22,2 (+9,4) | 11,1 (-4,3) | 11,1 (-6,8) |
| | Карачев | 12,0 (-11,7) | - (-23,7) | 50,0 (+31,1) | 25,0 (+1,3) | 12,5 (-8,6) | - (-18,4) | 25,0 (+14,5) |
| | Красная Гора | 33,3 (+17,9) | - (-20,5) | 11,1 (-4,3) | 22,2 (-0,9) | 22,2 (+1,1) | 33,4 (+15,0) | 11,1 (-10,0) |
| | Трубчевск | 44,5 (+21,4) | 33,3 (+5,1) | 44,5 (+24,0) | - (-15,4) | 33,5 (+15,6) | 33,3 (+17,9) | 22,5 (+6,8) |
| | Унеча | 37,5 (+24,7) | 50 (+29,5) | 12,5 (+5,4) | - (-17,9) | 12,5 (-5,4) | 25 (+14,7) | 25 (+4,5) |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Средняя | Брянск | 11,1 (+11,1) | - (-3,6) | 11,1 (+7,5) | 11,1 (+11,1) | - | 22,2 (+18,6) | - |
| | Жуковка | - (-5,1) | 11,1 (+6,0) | 11,1 (+6,0) | 33,3 (+28,2) | 11,1 (-1,7) | 22,2 (+17,1) | - (-2,6) |
| | Карачев | 38,0 (+32,7) | 37,5 (+29,6) | 12,5 (+9,8) | 12,5 (+7,2) | - (-5,3) | 25,0 (+19,7) | 12,5 (+4,6) |
| | Красная Гора | - (-10,3) | 22,2 (+14,5) | 11,1 (+8,5) | 11,1 (+3,4) | 11,1 (+8,5) | 22,2 (+14,3) | 11,1 (+8,5) |
| | Трубчевск | 22,2 (+14,5) | 33,2 (+25,5) | 22,2 (+17,1) | 33,3 (+25,6) | - (-12,8) | 11,1 (+8,5) | - (-5,1) |
| | Унеча | - (-15,4) | 12,5 (+9,9) | 12,5 (+4,8) | 12,5 (+4,8) | 25 (+17,3) | 12,5 (-0,3) | - (-2,6) |
| Сильная | Брянск | 11,1 (+11,1) | 11,1 (+11,1) | - | 11,1 (+11,1) | - | 11,1 (+11,1) | 11,1 (+11,1) |
| | Жуковка | - | - (-5,1) | 10,7 (+4,6) | 7,8 (+2,6) | - (-2,6) | - (-5,1) | 11,1 (+8,5) |
| | Карачев | - | 12,5 (+9,9) | 12,5 (+12,5) | 12,5 (+12,5) | 12,5 (+12,5) | - (-2,6) | - (-2,6) |
| | Красная Гора | - | - | - (-5,1) | 7,4 (+2,6) | - | 11,1 (+8,5) | - (-2,6) |
| | Трубчевск | - | - (-2,6) | - (-2,6) | 11,1 (+8,5) | 11,1 (+8,5) | 11,1 (+6,0) | 11,1 (+8,5) |
| | Унеча | - | - (-5,1) | - (-2,6) | 12,5 (+7,4) | - (-2,6) | 12,5 (+9,9) | 12,5 (+9,9) |

*в скобках показана величина тренда, %

По средним многолетним данным территория Брянской области относится к зоне с нормальным или слабо избыточным увлажнением, однако реальный ход увлажнения неустойчив, он изменяется от сильно избыточного до сильно недостаточного. Аналогичная неустойчивость увлажнения наблюдается и внутри года. В среднем за апрель–август выпадает около 340 мм осадков или 58 % от годовых норм. Испаряемость за этот период составляет около 740 мм, т. е. превышает сумму осадков на 400 мм. С учетом осеннего, зимнего и весеннего запасов почвенной влаги в метровом слое, который колеблется от 120 до 240 мм слоя осадков, общий запас влаги можно оценить примерно в 460–580 мм. Следовательно, увлажнение будет недостаточным, а дефицит влаги летом составит от 160 до 280 мм [11, с. 104].

Анализ таблицы 1 позволяет сделать обоснованный вывод об усилении засушливости на территории Брянской области. Повторяемость слабой засухи увеличилась на четырёх станциях кроме Жуковки и Красной Горы. Относительно однозначная тенденция характерна для средней и сильной засухи, их повторяемость усилилась по данным почти всех метеостанций и для всех семи анализируемых месяцев. В целом вероятность длительных засух в области невелика, 5–13 % лет. Кратковременные засухи повторяются на севере области в 16 % лет, на юге в 44 % лет. Слабые засухи повторяются у нас почти ежегодно. Строгой последовательности в повторяемости засух не обнаруживается. Иногда они следуют через 1–2 года, реже 2 года подряд, нередко через 7–10 лет. Все засухи определяются особенностями механизма циркуляции атмосферы в летний период, который проявляется в господстве блокирующих антициклонов [11, с. 104].

Увеличение засушливости климата области с одновременным ростом площади пашни и сокращением площади ветрозащитных полос, относительно высокой долей супесчаных и песчаных почв в почвенном покрове (44,6 %), – способствуют, особенно в последние десятилетия, усилению негативных последствий от ветров даже умеренной силы. Поэтому всё более актуальной становится проблема дефляции [1, с. 21; 4, с. 72], которая уже охватывает 34,2 % пашни области [2, с. 42].

В России в борьбе с водной эрозией и дефляцией широко распространен, и обоснован опыт использования фитомелиораций [6, с. 74]. Проведенные нами исследования показывают, что в целом сопротивление почв дефляции по физическому смыслу аналогично сопротивлению размыву, и характеризуется способностью почвы противостоять разрушающему действию воздушного потока. В связи с этим установлено, что при увеличении сопротивления размыву одновременно увеличивается и показатель сопротивления почв дефляции. Сельскохозяйственные культуры и естественные травяные сообщества, имеющие высокий показатель почвозащитной противоэрозионной

способности, обладают и высокой противодефляционной способностью, варьирующей у сельскохозяйственных культур от 125 (картофель), 300 (зерновые культуры) до 2300 (многолетние травы), естественной травяной растительности – от 3000 (душистоколосково-мятликово-полевичное) до 6000 (кострово-щавелево-кострецовое, ползучелютиково-лугово-клеверное сообщества) ньютонов, что во многом определяется их зависимостью от одних и тех же показателей (от степени проективного покрытия почвы, массы внутрипочвенных растительных остатков, соотношения эколого-морфологических групп, типа почв и их степени смытости и дефлированности) [3, с. 34].

Внедрение полученных результатов в практику землепользования, использование одного из современных направлений развития почвозащитного земледелия – адаптивно-ландшафтного, позволяющего максимально использовать потенциал почвенно-климатических ресурсов территории области и зонального принципа специализации сельскохозяйственных предприятий, позволят повысить дефляционную устойчивость почв, которая становится все более актуальной, особенно в условиях неудовлетворительного агроэкологического состояния земельных ресурсов Брянской области и эффективность сельскохозяйственной деятельности.

Актуальным является создание информационной базы данных для оценки реакции динамичных компонентов ландшафтов Брянской области на изменения климата.

The article analyzes the spatial-temporal variations of the index of dryness on the territory of the Bryansk region, affecting the intensity of the processes of soil formation, soil deflation and actualising the question about the need for science-based conservation agriculture.
***Key words:*** *climate, deflation, the index of dryness, conservation agriculture, vegetative reclamation.*

**Список литературы**

1. Воробьев Г. Т. Почвы Брянской области. Брянск: Грани, 1993. 160 с.

2. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Брянской области в 2012 году». Часть 1 / Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области; сост.: Е.Ф. Ситникова, О.В. Екимова, О.Н. Новикова. Брянск, 2013. 244 с.

3. Долганова М.В., Демихов В.Т. Противодефляционная способность культурной и естественной травяной растительности // Научно-исследовательские публикации. 2014. № 11 (15). С. 32–39.

4. Аудит эффективности использования земель Брянской области в 2010-2012 годах // Информационный бюллетень №1 (17). Брянск, 2014. С. 39–82.

5. Клещенко А.Д. 2000. Современные проблемы мониторинга засух // Труды ВНИИСХМ, 2000. Вып. 33. С. 3–13.

6. Моргун Ф.Т., Шикула Н.К., Тарарико А.Г. Почвозащитное земледелие. К.: Урожай, 1988. 256 с.

7. Мещерская А. В., Мирвис В. М. Засуха 2010 г. на фоне многолетнего изменения засушливости в основных зерносеящих районах европейской части России // Труды ГГО. 2011. Вып. 563. С. 318.

8. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1. Изменения климата. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2008. 227 с.

9. Педь Д.А. О показателе засух и избыточного увлажнения // Труды ГМЦ СССР. 1975. Вып. 156. С.19–38.

10. Шерстюков Б.Г. Пространственные и сезонные особенности изменений климата в период интенсивного глобального потепления: диссертация ... доктора географических наук: 25.00.30 / Шерстюков Борис Георгиевич. Обнинск, 2007. 327 с.

11. Шевченков П. Г., Демихов В. Т. Климат и климатические ресурсы // Природа и природные ресурсы Брянской области. Брянск: Изд-во «Курсив», 2012. С. 92–130.

**Об авторах**

Долганова М.В. – кандидат биологических наук, доцент кафедры географии и землеустройства естественно-географического факультета Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского. *dolganova0801@yandex.ru*

Демихов В.Т. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры географии и землеустройства естественно-географического факультета Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского. *fir-sasha@ yandex.ru*

**УДК 576.08**

# О ВЛИЯНИИ ДИМЕФОСФОНА НА МОРФОЛОГИЮ МОЗЖЕЧКА БЕЛОЙ КРЫСЫ

И.Д. Ипастова, Н.П. Перфильева

В статье приведены результаты морфометрического исследования головного мозга и мозжечка здоровых белых половозрелых крыс, которым в течение длительного времени вводили лекарственный препарат димефосфон. Результаты этой работы представляют собой научный и практический интерес, поскольку, с одной стороны, этот фосфорсодержащий препарат вот уже более 30 лет успешно используют в клинической практике, тогда как с другой стороны, многие исследователи уверены в том, что большинство синтетических фосфорорганических соединений нейротоксичны.
***Ключевые слова:*** *димефосфон, мозжечок, белая крыса, морфология, морфометрия, фосфор*

Димефосфон (диметиловый эфир 1,1-диметил-3-оксобутилфосфоновой кислоты) — фосфорорганическое соединение (ФОС), впервые синтезированное в 1952 году в Казани в институте органической и физической химии им. А.Е. Арбузова и в 1983 году разрешенное к промышленному выпуску для лечебных целей [1]. В настоящее время в России применение димефосфона в клинической практике регламентировано Регистром лекарственных средств (2014). Этот отечественный препарат широко используют при травмах и различных заболеваниях нервной системы, в том числе при нарушениях мозгового кровообращения, для нормализации функциональной активности мозга при послеоперационных и посттравматических церебральных нарушениях, нейрохирургической операционной и черепно-мозговой травмах, болезни Меньера и вегетативной дисфункции в качестве вазоактивного средства.

Однако терапевтические эффекты димефосфона у некоторых исследователей вызывают скептическое отношение, поскольку принято полагать, что большинство синтетических ФОС нейротоксичны — они угнетают ключевой фермент нейромедиаторного обмена ацетилхолинэстеразу с последующим ингибированием нейромедиатора ацетилхолина и несостоятельностью всей нейрогуморальной регуляции [2]. Кроме того, в научной литературе мы обнаружили сведения, что ФОС обусловливают различные патогистоморфологические изменения в ЦНС и, в частности, в мозжечке [3,4,5]. Так, например, установлено, что при воздействии ФОС в мозжечке крыс происходят дегенеративные процессы в клетках-зернах: их форма искажается до овальной или грушевидной, происходит хроматолиз, пикноз и отек перикарионов, некроз. Поскольку вопрос безопасности димефосфона относительно морфологии нервной ткани до настоящего времени оставался без внимания (публикаций на этот счет в доступной нам научной медицинской литературе мы не обнаружили), мы провели экспериментальное исследование. **Цель** исследования состояла в изучении влияния димефосфона на морфологию мозжечка. В ходе работе были решены следующие **задачи**: определены макро- и микроморфометрические показатели мозжечка у половозрелых белых здоровых крыс, получающих и не получающих димефосфон; проведен сравнительный анализ морфометрических показателей; установлено, оказывает ли препарат негативное влияние на морфологию мозжечка.

**Методы исследования.** В работе были использованы 90 половозрелых белых крыс. Животных произвольно разделили на три равные по численности группы: контрольную (КГ) и две экспериментальных (ЭГ-1 и ЭГ-2). Экспериментальным крысам в течение 10 дней внутрибрюшинно вводили димефосфон один раз в день в следующих количествах: ЭГ-1 — в терапевтической дозе 500 мг/кг; ЭГ-2 – в летально-токсической дозе $DL_{50}$ – 2500 мг/кг. После убоя животных и анатомического препарирования головного мозга и мозжечка проводили морфометрическое исследование: вычисляли их объем, массу при помощи взвешивания на аналитических весах, высоту, длину и ширину посредством штангенциркуля; у мозжечка также определяли длину и ширину червя и полушарий. Рассчитывали процентное отношение объёма и массы мозжечка к головному мозгу.

Затем изготовляли гистологические срезы толщиной 5-9 мкм, окрашивали гематоксилином-эозином и азотнокислым серебром по методу Бильшовского-Грос. Дальнейшее микроморфометрическое исследование проводили при помощи окулярной линейки, сетки и окуляр-микрометра МОВ–1-15х с рассчитанной при помощи объект–микрометра ценой деления; а также планиметра.

Определяли диаметр извилин на их вершине, в середине и у основания, высоту и расстояние между ними, толщину коры мозжечка и ее слоёв, белого вещества, большой и малый диаметры клеток Пуркинье, диаметр их ядер, нейроглиальный индекс (НГИ). По формулам вычисляли количество извилин на 1 мм$^2$ поверхности мозжечка, процентное соотношение белого и серого вещества, объём цитоплазмы и ядер клеток Пуркинье, ядерно-цитоплазменное отношение (ЯЦО). Формулы, по которым проводили расчёты, приведены в статье, посвященной макро- и микроморфологии мозжечка белой крысы [6]. Рассчитывали средние арифметические величины и их среднеквадратичные отклонения (M±m).

**Результаты исследования.**

**Макроморфология головного мозга и мозжечка.** Как показали результаты исследования, при введении димефосфона крысам у них изменяются макроморфометрические показатели головного мозга и мозжечка (табл. 1). Так, использование димефосфона в терапевтических дозах приводит к незначительному увеличению объема и массы головного мозга на 1,2 и 0,6% соответственно, тогда как применение препарата в летально-токсических дозах обусловливает существенный рост этих показателей на 8,6 и 4%, а также увеличение ширины головного мозга— на 3,6%, высоты — на 2,2%, длины — на 1,3% (рис. 1).

Что касается мозжечка, следует отметить, что макроморфометрические показатели не только у крыс из группы ЭГ-2, но и ЭГ-1 существенно отличаются от таковых у контрольных животных. У грызунов, получавших димефосфон в летально-токсических дозах, объём и масса мозжечка увеличиваются на 4,8 и 8,3% соответственно, линейные показатели также возрастают: ширина — на 2,6%, длина — на 4,7%, высота — на 2%, длина и ширина червя — на 2,5%, длина и ширина полушарий — на 4 и 11,4%. При введении препарата в терапевтических дозах наблюдается противоположная динамика: объем и масса мозжечка уменьшаются на 9,5 и 8,3%, длина — на 1,6%, ширина — на 0,7%, высота — на 2%; длина и ширина червя – на 2,5%, длина и ширина полушарий – на 2%. Все это отражается на относительной массе и объёме мозжечка: так, например, введение препарата в терапевтических дозах способствует уменьшению этих показателей в среднем на 1%.

Таким образом, применение димефосфона у здоровых крыс отражается на макроморфологии головного мозга и мозжечка следующим образом. Во-первых, при длительном воздействии препарата как в терапевтической, так и в летально-токсических дозах все макроморфометрические показатели головного мозга (объем, масса, линейные показатели) возрастают. Примечательно, что чем выше дозировка лекарственного средства, тем выраженнее эти изменения. Во-вторых, аналогичные макроморфометрические показатели мозжечка при введении летально-токсической дозы увеличиваются от 2 до 11,4%, при введении терапевтических доз — уменьшаются от 0,7 до 10,5%.

Табл. 1. Макроморфометрические показатели головного мозга и мозжечка белых крыс в норме и при воздействии димефосфона (M±м) p≤0,05

| Группы животных / Параметры | КГ | ЭГ-1 | ЭГ-2 |
|---|---|---|---|
| Головной мозг | | | |
| Объем, мл$^3$ | 1,62±0,02 | 1,64±0,15 | 1,76±0,17 |
| Масса, г | 1,73±0,04 | 1,74±0,03 | 1,80±0,03 |
| Ширина, см | 1,40±0,06 | 1,42±0,03 | 1,45±0,03 |
| Длина, см | 2,39±0,08 | 2,33±0,05 | 2,36±0,08 |
| Высота, см | 0,90±0,03 | 0,88±0,03 | 0,92±0,02 |
| Мозжечок | | | |
| Объем, мл$^3$ | 0,21±0,06 | 0,19±0,01 | 0,22±0,01 |
| Масса, г | 0,24±0,02 | 0,22±0,01 | 0,26±0,01 |
| Ширина, см | 1,11±0,05 | 1,50±0,01 | 1,15±0,01 |
| Длина, см | 0,64±0,01 | 0,63±0,01 | 0,67±0,01 |
| Высота, см | 0,51±0,01 | 0,50±0,01 | 0,52±0,01 |
| Длина червя, см | 0,84±0,02 | 0,82±0,03 | 0,86±0,02 |
| Ширина червя, см | 0,38±0,02 | 0,37±0,01 | 0,39±0,02 |
| Длина полушария, см | 0,50±0,01 | 0,49±0,02 | 0,52±0,03 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ширина полушария, см | 0,35±0,01 | 0,37±0,01 | 0,39±0,01 |
| Масса мозжечка от массы головного мозга, % | 13,87 | 12,64 | 14,44 |
| Объем мозжечка от объема головного мозга, % | 12,96 | 11,60 | 12,50 |

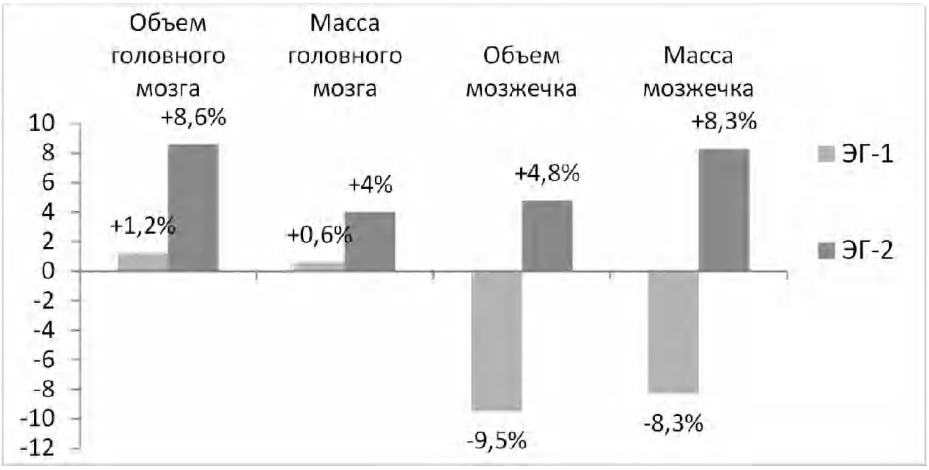



Рис. 1. Изменение массы и объема головного мозга и мозжечка у экспериментальных белых крыс

**Микроморфология мозжечка**

Результаты последующих морфометрических измерений мозжечка подтвердили выявленную нами закономерность, что при введении димефосфона крысам в терапевтических дозах снижаются его объём, масса и линейные показатели. Так, у крыс ЭГ-1 уменьшается высота вторичных извилин на 21,5%, диаметр — на 19,2%, расстояние между ними — на 35% (табл. 2, рис. 2). Вместе с этим снижается и толщина белого вещества на 33,3%, коры — на 5,9% и, в частности, зернистого и молекулярного слоев — на 18,7 и 5,8% соответственно. При этом отношение площади серого вещества к площади извилины остаётся практически неизменным, хотя в целом площадь извилин сокращается почти на 7% (в том числе коры — на 7,6%), а площадь белого вещества возрастает на 20%. Количество извилин на 1 мм$^2$ поверхности мозжечка увеличивается на 76,8%.

Многократное введение крысам летально-токсических доз препарата приводит к дальнейшему снижению большинства микроморфологических показателей. В частности, высота извилин сокращается на 36,9%, диаметр — на 24,4%, расстояние между ними — на 40%. Вместе с этим уменьшается толщина белого вещества на 50%, коры — на 8,8% (зернистого и молекулярного слоев — на 12,5 и 5,8% соответственно). Кроме того, введение летально-токсических доз приводит к изменению процентного содержания серого вещества в мозжечке в сторону увеличения на 2,7%. Плотность извилин возрастает на 67,5%.

Обобщая, следует заключить, что многократное использование димефосфона приводит к уменьшению большинства основных микроморфометрических показателей мозжечка (высоты, диаметра и расстояния между извилинами, толщины белого и серого вещества) при значительном росте количества извилин на единицу площади. В частности, при использовании препарата в терапевтических дозировках различные морфометрические показатели уменьшаются от 5 до 20%, при введении препарата в летально-токсических дозах — от 6 до 40%.

Табл. 2. Микроморфометрические показатели извилин мозжечка белых крыс в норме и при воздействии димефосфона (M±м) $p \leq 0,05$

| Группы животных / Параметры | КГ | ЭГ-1 | ЭГ-2 |
|---|---|---|---|
| Извилины | | | |
| Высота извилин, мм | 1,49±0,10 | 1,17±0,21 | 0,94±0,01 |
| Диаметр извилины на вершине, мм | 0,43±0,01 | 0,39±0,02 | 0,35±0,01 |
| Диаметр извилин у основания, мм | 0,78±0,05 | 0,63±0,03 | 0,59±0,05 |
| Средний диаметр извилины, мм | 0,61±0,01 | 0,51±0,01 | 0,47±0,03 |
| Расстояние между извилинами, мм | 0,20±0,04 | 0,13±0,02 | 0,12±0,02 |
| Площадь, мм$^2$ | 0,72±0,14 | 0,67±0,07 | 0,71±0,11 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Удельная площадь | 8,46±0,02 | 13,92±0,03 | 13,97±0,01 |
| Площадь белого вещества, мм$^2$ | 0,05±0,01 | 0,06±0,01 | 0,04±0,01 |
| Площадь серого вещества, мм$^2$ | 0,66±0,14 | 0,61±0,07 | 0,68±0,10 |
| Отношение площади серого вещества к извилине, % | 91,71 | 91,04 | 94,37 |
| Количество извилин на 1 мм$^2$ | 11,75±0,01 | 20,78±0,03 | 19,68±0,04 |
| Составляющие извилины | | | |
| Толщина коры, мм | 0,34±0,02 | 0,32±0,01 | 0,31±0,01 |
| Толщина зернистого слоя, мм | 0,16±0,02 | 0,13±0,01 | 0,14±0,01 |
| Толщина молекулярного слоя, мм | 0,17±0,01 | 0,16±0,01 | 0,16±0,01 |
| Толщина белого вещества, мм | 0,09±0,03 | 0,06±0,01 | 0,04±0,01 |

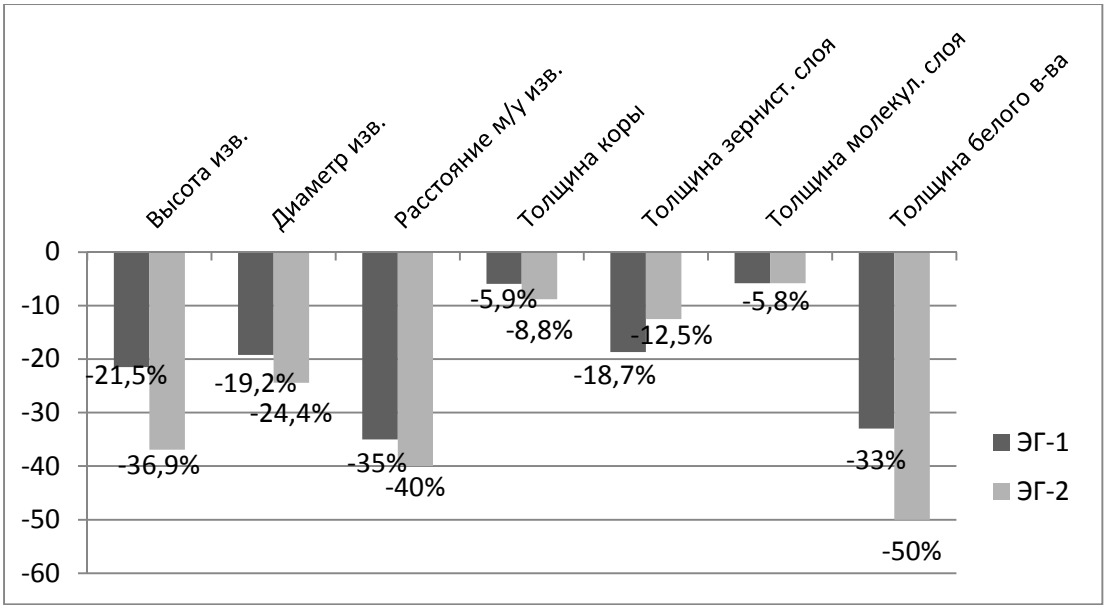



Рис. 2. Изменение морфометрических показателей извилин мозжечка у экспериментальных белых крыс

**Цитоархитектоника.**

У экспериментальных крыс в сравнении с контрольными плотность нейронов коры мозжечка оказывается существенно ниже. Наименьшее количество нервных клеток выявлено у грызунов, многократно получавших димефосфон в летально-токсических дозах. Плотность нейронов молекулярного слоя у крыс ЭГ-1 и ЭГ-2 уменьшилась на 27,8 и 29% соответственно, зернистого слоя — на 9,1 и 14%, ганглионарного — на 28% и 48% (табл. 3, рис. 3). Что касается последних, замечено, что у крыс экспериментальных групп, в особенности ЭГ-2, стройные ряды плотно расположенных друг к другу клеток Пуркинье поредели, на их месте образовались пустоты, дегенерирующие клетки, клетки-тени, соединительная ткань. Похожую картину наблюдали и в зернистом слое: в норме равномерно расположенные клетки-зерна у крыс ЭГ-2 располагаются хаотично — компактными группами, разреженно.

Кроме этого, у экспериментальных крыс уменьшаются объемы перикарионов и ядер нейронов Пуркинье: при введении терапевтических доз препарата эти изменения незначительны, при использовании летально-токсических доз — наиболее выражены. У животных ЭГ-1 объем тел нейронов остается практически неизменным, объем ядра уменьшается на 9%, что приводит к росту ЯЦО (табл. 4). По всей видимости, это свидетельствует о замедлении синтеза обеспечивающих жизненные процессы в нейронах белков и функционирования самих нервных клеток. На этом фоне НГИ возрастает на 3,2%, что, по всей видимости, обусловлено реагированием глиоцитов на воздействие димефосфона размножением и активным функционированием этих клеток. У крыс ЭГ-2 несоответствие морфометрических показателей нейронов значениям нормы еще более выражены: объем перикарионов и ядер нейронов Пуркинье уменьшаются на 11,6 и 49%, ЯЦО снижается на 42%. Более того, НГИ уменьшается на 13,7%, что указывает на снижающуюся активность глиоцитов и их гибель.

Таким образом, длительное воздействие димефосфона на организм здоровых половозрелых

крыс как в терапевтических, так и в летально-токсических дозах приводит к следующим морфологическим изменениям в мозжечке.

1. Уменьшается плотность нейронов коры мозжечка, при этом наиболее чувствительными к действию димефосфона оказываются нейроны Пуркинье и корзинчатые клетки.

2. Снижается объем тел и, в особенности, ядер нейронов Пуркинье.

Табл. 3. Плотность нейронов коры мозжечка в норме и при воздействии димефосфона (M±м) p≤0,05

| Количество клеток на 1 мм$^2$ | КГ | ЭГ-1 | ЭГ-2 |
|---|---|---|---|
| Клетки Пуркинье | 30,36±2,71 | 22,00±1,81 | 15,84±1,11 |
| Корзинчатые нейроны | 128, 00±10,35 | 92,56±8,79 | 90,64±7,34 |
| Клетки-зерна | 1029,32±46,51 | 935,08±42,59 | 878,04±35,21 |

Табл. 4. Морфометрическая характеристика клеток Пуркинье в норме и при воздействии димефосфона (M±м) p≤0,05

| Группы / Параметры | КГ | ЭГ – 1 | ЭГ - 2 |
|---|---|---|---|
| Объем цитоплазмы, тыс. мкм$^3$ | 64,71±0,01 | 65,53±0,01 | 57,21±0,01 |
| Объем ядра, тыс. мкм$^3$ | 11,40±0,02 | 10,41±0,02 | 6,10±0,02 |
| ЯЦО | 0,19±0,03 | 0,20±0,01 | 0,11±0,03 |
| НГИ | 6,16±0,30 | 6,36±0,28 | 5,32±0,39 |

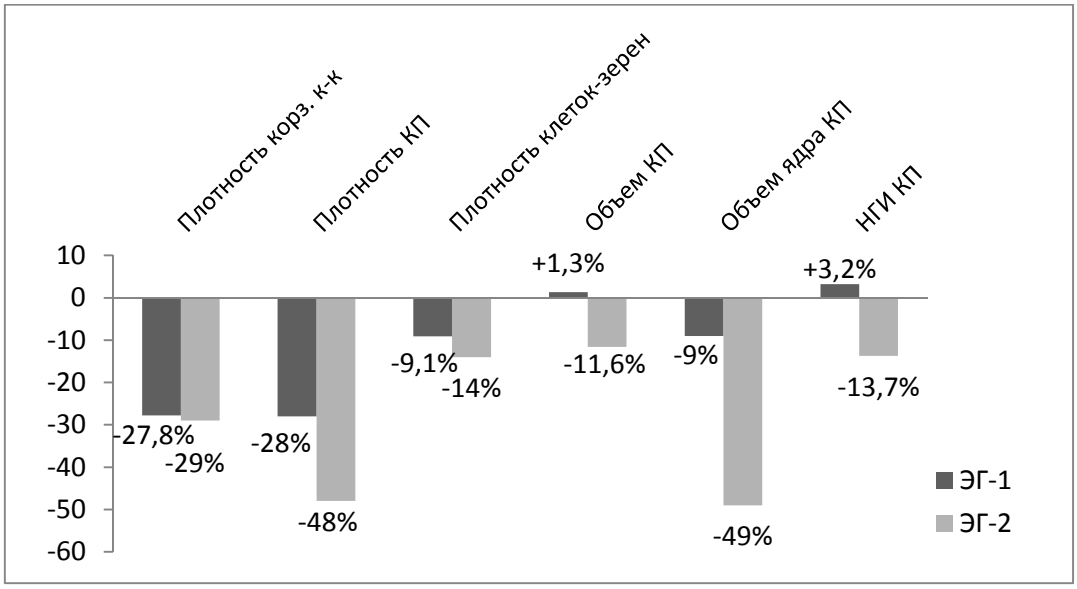



Рис. 3. Изменение морфометрических показателей нейронов коры мозжечка у экспериментальных крыс

**Выводы.**

В завершение следует отметить, что многократное введение димефосфона здоровым животным обусловливает отклонение морфометрических показателей мозжечка от нормы и проявляется как на макроморфологическом уровне организации — изменением объема и массы мозжечка, так и на микромофологическом – уменьшением размеров извилин, толщины белого и серого вещества, плотности и величины нейронов коры. Эти адаптационно-структурные изменения нервной ткани наиболее выражены при введении препарата крысам в летально-токсических дозах.

Как полагают некоторые исследователи, выявившие негативное влияние других ФОС на морфологию мозжечка крысы, в их основе лежит следующий механизм. В процессе метаболизма ФОС образуются активные производные, которые, во-первых, нарушают целостность ДНК нейронов, вступая с ДНК в реакцию метилирования и, во-вторых, блокируют механизмы восстановления ДНК нервных клеток [6]. По всей видимости, этот механизм справедлив и для димефосфона, при воздействии которого на организм лабораторных крыс уменьшается плотность и размеры нейронов

мозжечка, что объясняет также изменение и других морфометрических показателей мозжечка.

И тем не менее, в контексте проблемы негативного влияния димефосфона на морфологию мозжечка крысы нельзя не учитывать, что димефосфон более чем за 30 лет использования в клинической практике хорошо зарекомендовал себя в различных клинических ситуациях и к настоящему времени известно о многочисленных благоприятных свойствах этого фосфорорганического препарата — вазоактивных, антиацидотических, антиоксидантных, антигипоксических, противовоспалительных, ранозаживляющих, бактериостатических, иммунокорригирующих, антиаритмических, нейротропных [1,2,7].

The article presents the results of the morphometric study of the brain and cerebellum healthy white adult rats who received prolonged periods of dimephosphone. The results obtained are of scientific and practical interest since, on the one hand, the phosphorus-containing medication for more than 30 years successfully used in clinical practice, while on the other hand, many researchers believe that most synthetic organophosphorus compounds are neurotoxic.
***Key words**: dimephosphone, cerebellum, white rat, morphology, morphometry, phosphorus*

**Список литературы**

1. Гараев Р.С. Изыскание новых лекарственных средств в рядах фосфорорганических соединений / Р.С. Гараев // Казанский государственный медицинский университет. – 2008. – № 5. – С. 585–590.

2. Малышев В.Г. Влияние димефосфона на гомеостаз организма: монография / В.Г. Малышев, И.В. Федосейкин. – Москва: Наука, 2007. – 215 с.

3. Fonnum F. The contributions of excitotoxicity, glutathione depletion and DNA repair in chemically induced injury to neurones: exemplified with toxic effects on cerebellar granule cells / F. Fonnum, E.A. Lock // J. Neurochem. –2004. – Vol. 88(3). – P. 513–531.

4. Mehl A. The effect of trichlorfon and methylazoxymethanol on the development of guinea pig cerebellum / A. Mehl, T.M. Schanke, A. Torvik [et al.] // Toxicol. Appl. Pharmacol. – 2007. – Vol. 219(2-3). – P. 128-35.

5. Hazarika R. Neurotoxic impact of organophosphate pesticide phosphomedon on the albino rat / R. Hazarika // J. Environ. Biol. – 2014. – Vol. 35(2). – P. 427–430.

6. Fonnum F. Cerebellum as a target for toxic substances / F. Fonnum, E.A. Lock // Toxicol. Lett. – 2000. – Vol. 112-113. – P. 9-16.

7. Анчикова Л.И. К механизму действия отечественного препарата димефосфона / Л.И. Анчикова, И.Х. Валеева, И.А. Студенцова // Казанский медицинский журнал. – 2005. – Т. 86. – № 2. – С. 92–97.

**Об авторах**

Ипастова И.Д. – аспирантка кафедры анатомии, физиологии и гигиены человека ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный педагогический университет», *ii@praesens.ru*

Перфильева Н.П. – доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии, физиологии и гигиены человека ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный педагогический университет»

**УДК 612.273+615.2**

## ИЗУЧЕНИЕ АНТИГИПОКСИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Н.П. Катунина, Е.Н. Стратиенко, О.В. Кухарева, Ф.Н. Цеева, И.М. Гнеушев

Среди 12 новых физиологически совместимых антиоксидантов (ФСАО) выявлено комплексное соединение меди под шифром πQ-1032, которое в условиях воздействия острой гипоксии по широте эффективных доз (1, 5, 10, 25, 50 и 100 мг/кг) и степени антигипоксической активности (увеличение продолжительности жизни мышей на 22-113%) превосходит другие испытанные вещества, а также известные антигипоксанты эмоксипин, этомерзол, мексидол, нооглютил, натрия оксибутират. πQ-1032 рекомендуется для дальнейшего более глубокого изучения и возможного применения в клинике в качестве антигипоксического средства.
***Ключевые слова**: гипоксия, антигипоксант, физиологически совместимый антиоксидант.*

Одной из задач современной экспериментальной и клинической фармакологии является поиск лекарственных средств, повышающих продолжительность жизни и выживаемость человека в условиях острой гипоксии.

В клинике гипоксия редко является этиотропным фактором. Чаще она осложняет течение основного заболевания систем транспорта кислорода (сердечно-сосудистая, дыхательная недостаточность и др.) и сочетается с нарушением регуляторных функций и включением типовых и специфических патологических реакций. Явления гипоксии сопровождают самые различные патологические состояния, которые встречаются при заболеваниях сердечно-сосудистой системы, дыхательного аппарата, а также при некоторых инфекционных болезнях и острых отравлениях [4, 8].

Локальные нарушения энергетического обмена, сопровождающиеся кислородным голоданием клеток и тканей, отмечены при травме мозга, послеоперационном парезе и параличе кишечника, менингоэнцефалитах, воздействии чрезмерной интенсивности. Специфическую группу гипоксических состояний составляет ишемия различных органов: мозга, сердца, легких, почек, печени, плода [9].

В последнее время интерес врачей к гипоксии возрос в связи с промышленным загрязнением среды, высотными полетами, освоением глубин Мирового океана, высокогорных районов и космоса. В связи с этим проблема повышения устойчивости человека к гипоксии приобретает особую значимость для морской, авиационной и космической медицины.

В настоящее время для обеспечения выживаемости человека при действии гипоксии используют в основном индивидуальные средства защиты, тренировки. Однако поддержание жизнедеятельности на достаточно высоком уровне в условиях гипоксии с помощью лекарственных средств специфического действия имеет ряд преимуществ. В зависимости от возникающей ситуации возможно их применение как с профилактической, так и с лечебной целью. В настоящее время арсенал лекарственных средств подобного спектра действия не полностью отвечает требованиям практической медицины. Поэтому поиск новых химических соединений и разработка на их основе лекарственных препаратов, быстро и адекватно повышающих продолжительность жизни и выживаемость в условиях острой гипоксии, является актуальной проблемой экспериментальной и клинической фармакологии.

Интересными и перспективными в плане поиска новых химических соединений для повышения продолжительности жизни в условиях острой гипоксии являются металлсодержащие антиоксиданты, синтезированные доктором химических наук Э.А. Парфеновым в Российском онкологическом научном центре РАМН [6]. Установлено, что ряд медьсодержащих антиоксидантов обладают антигипоксической, противовоспалительной, противоопухолевой, бронходилаторной, противоаллергической, гастропротективной и актопротекторной активностью [2, 3, 7]. Однако антигипоксическая активность многих новых металлосодержащих антиоксидантов в эксперименте не исследована.

Целью нашего исследования являлся поиск и изучение новых антигипоксических средств среди металлосодержащих антиоксидантов.

Опыты выполнены на 1166 белых мышах-самцах линии SHR (20-26 г) полученных из питомника Научного центра биомедицинских технологий РАМН (п. Андреевка Московской области). Исследования проводили в соответствии с «Международными рекомендациями по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985) и Правилами лабораторной практики в Российской Федерации (приказ МЗ РФ № 267 от 19.06.2003 г.).

В качестве перспективных химических соединений для поиска лекарственных средств, обладающих антигипоксическим действием в условиях острой гипоксии, было исследовано 12 медьсодержащих антиоксидантов под шифром πQ-. В качестве лекарственных средств сравнения было взято 5 препаратов, обладающих антигипоксическими и/или антиоксидантными свойствами (натрия оксибутират, этомерзол, эмоксипин, мексидол и нооглютил).

Исследованные химические соединения растворяли в дистиллированной воде и вводили внутрибрюшинно в дозах 0,5-100 мг/кг за 1 ч до воздействия экстремального фактора. Препараты сравнения вводили тем же путем в дозах 25, 50 и 100 мг/кг. Животным контрольной группы в тот же срок и тем же путем вводили равный объем дистиллированной воды.

Антигипоксическую активность оценивали в нескольких моделях острой гипоксии в соответствии с «Методическими рекомендациями по экспериментальному изучению препаратов, предлагае-

мых для клинического изучения в качестве антигипоксических средств» под редакцией Л.Д. Лукьяновой (1990), одобренных Фармакологическим комитетом МЗ СССР [5]. Острую гемическую гипоксию (ОГеГ) создавали введением под кожу натрия нитрита в дозе 400 мг/кг ($ЛД_{100}$). Острую гипоксию с гиперкапнией (ОГсГк) у мышей вызывали помещением каждого животного в аптечный штанглаз из прозрачного стекла с притертой стеклянной пробкой объемом 250 мл. Острую гистотоксическую гипоксию (ОГтГ) моделировали введением под кожу спины 0,2% раствор натрия нитропруссида в дозе 20 мг/кг. Острую гипобарическую гипоксию (ОГбГ) вызывали в соответствии с методическими рекомендациями О.Н. Атрошенко и Е.Н. Стратиенко (1995) в электровакуумной печи «Вита», путем «поднятия» животных на «высоту» 10000 м со средней скоростью 50 м/с [1]. Антигипоксическое действие исследуемых веществ оценивали по продолжительности жизни животных в минутах.

Статистическую обработку цифровых данных опытов проводили с помощью пакета стандартных компьютерных программ STATISTICA for Windows 6.0. Объем выборки составлял 8-12 животных для каждой группы.

Установлено, что новые комплексные соединения меди оказывали неоднозначное влияние на продолжительность жизни мышей в условиях острой гипоксии. Эти результаты зависели от модели острой гипоксии, химического соединения и дозы (таблица).

Показано, что на модели ОГсГк среди 12 исследованных новых ФСАО 6 веществ увеличивали, 5 – не изменяли, и 1 уменьшало время жизни мышей. Степень выраженности антигипоксического действия и широта эффективных доз были больше у πQ-1032. Так, при введении этого вещества продолжительность жизни мышей по сравнению с контролем достоверно увеличивалась в четырех дозах (10, 25, 50 и 100 мг/кг) на 23, 34, 32 и 23%. πQ-1022 и πQ-1036 оказывали сходный антигипоксический эффект в условиях ОГсГк в трех дозах. Так, πQ-1022 в дозах 25, 50 и 100 мг/кг повышало продолжительность жизни мышей соответственно на 17, 26 и 27%, а πQ-1036 в дозах 10, 25 и 50 мг/кг – соответственно на 23, 32 и 19%. πQ-1034 в тех же условиях опыта повышало резистентность мышей к действию острой гипоксии в двух дозах (25 и 50 мг/кг) на 29 и 23%, а πQ-1021 и πQ-1038 – только в одной: соответственно 50 мг/кг – на 27% и 25 мг/кг – 15%. Среди лекарственных средств сравнения наиболее эффективным в условиях ОГсГк оказался нооглютил, который в дозах 25, 50 и 100 мг/кг увеличивал продолжительность жизни мышей на 11, 22 и 36% соответственно.

Таблица

Сравнительное влияние комплексных соединений меди и лекарственных средств сравнения на продолжительность жизни мышей при различных моделях гипоксии

| № п/п | Шифр химического соединения | Доза, мг/кг | Продолжительность жизни мышей (в % к контролю) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ОГсГк | ОГбГ | ОГеГ | ОГтГ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | πQ-1021 | 50 | 127 ± 3* | – | – | – |
| 2 | πQ-1022 | 25 | 117 ± 3* | 159 ± 12* | 102 ± 4 | 102 ± 9 |
| 3 | πQ-1022 | 50 | 126 ± 3* | 170± 5* | – | – |
| 4 | πQ-1022 | 100 | 127 ± 3* | 215 ± 8* | – | – |
| 5 | πQ-1032 | 10 | 123 ± 4* | 138 ± 12* | 126 ± 4* | 110 ± 4 |
| 6 | πQ-1032 | 25 | 134 ± 3* | 162 ± 6* | 126 ± 5* | 122 ± 3* |
| 7 | πQ-1032 | 50 | 132 ± 5* | 185 ± 13* | 134 ± 6* | 126 ± 2* |
| 8 | πQ-1032 | 100 | 123 ± 4* | 213 ± 6* | 136 ± 6* | 129 ± 2* |
| 9 | πQ-1034 | 25 | 129 ± 5* | 111 ± 13 | 96 ± 8 | 104 ± 5 |
| 10 | πQ-1034 | 50 | 123 ± 4* | – | – | – |
| 11 | πQ-1036 | 10 | 123 ± 3* | 129 ± 9 | 101 ± 4 | 102 ± 5 |
| 12 | πQ-1036 | 25 | 132 ± 6* | 131 ± 9 | 119 ± 7* | 113 ± 5 |
| 13 | πQ-1036 | 50 | 119 ± 3* | – | 138 ± 4* | 124 ± 2* |
| 14 | πQ-1036 | 100 | 111 ± 3 | – | 137 ± 3* | 103 ± 6 |
| 15 | πQ-1037 | 10 | 85 ± 4* | 139 ± 17 | 94 ± 3 | 81 ± 9 |
| 16 | πQ-1037 | 25 | 84 ± 3* | 119 ± 15 | 96 ± 6 | 79 ± 8* |
| 17 | πQ-1038 | 25 | 115 ± 3* | 104 ± 14 | 107 ± 9 | 103 ± 7 |
| 18 | πQ-1039 | 25 | 104 ± 5 | 93 ± 15 | 119 ± 4* | 107 ± 4 |
| 19 | πQ-1040 | 25 | 106 ± 5 | 146 ± 13* | 124 ± 5* | 109 ± 4 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | πQ-1040 | 50 | – | 179 ± 17* | 126 ± 5* | – |
| 21 | πQ-1040 | 100 | – | 192 ± 9* | 130 ± 5* | – |
| 22 | Мексидол | 25 | 93 ± 6 | 103 ± 8 | 101 ± 4 | 101 ± 5 |
| 23 | Мексидол | 50 | 108 ± 6 | 102 ± 11 | 102 ± 6 | 104 ± 4 |
| 24 | Мексидол | 100 | 124 ± 5* | 95 ± 12 | 119 ± 3* | 107 ± 5 |
| 25 | Этомерзол | 25 | 95 ± 8 | 97 ± 10 | 120 ± 3* | 124 ± 2* |
| 26 | Этомерзол | 50 | 97 ± 9 | 113 ± 6 | 134 ± 3* | 111 ± 3* |
| 27 | Этомерзол | 100 | 129 ± 3* | 162 ± 9* | 104 ± 2 | 97 ± 5 |
| 28 | Эмоксипин | 25 | 97 ± 5 | 98 ± 11 | 119 ± 4* | 116 ± 4* |
| 29 | Эмоксипин | 50 | 115 ± 5 | 102 ± 16 | 104 ± 6 | 104 ± 5 |
| 30 | Эмоксипин | 100 | 131 ± 4* | 118 ± 14 | 99 ± 6 | 98 ± 4 |
| 31 | Ноотлютил | 25 | 111 ± 3* | 170 ± 6* | 112 ± 5 | 108 ± 5 |
| 32 | Ноотлютил | 50 | 122 ± 4* | 138 ± 5* | 122 ± 3* | 112 ± 5 |
| 33 | Ноотлютил | 100 | 136 ± 5* | 135 ± 6* | 126 ± 4* | 121 ± 2* |
| 34 | Натрия оксибутират | 25 | 99 ± 9 | 111 ± 13 | 100 ± 3 | 98 ± 4 |
| 35 | Натрия оксибутират | 50 | 106 ± 9 | 109 ± 15 | 121 ± 2* | 101 ± 5 |
| 36 | Натрия оксибутират | 100 | 134 ± 4* | 114 ± 12 | 126 ± 4* | 104 ± 4 |

**Примечание.** В таблице символом (*) обозначены достоверные различия ($P<0,05$) по сравнению с контролем.

Мексидол, эмоксипин, этомерзол и натрия оксибутират в дозе 100 мг/кг оказывали положительный эффект на продолжительность жизни мышей, который составил соответственно 24, 31, 29 и 34%.

На модели ОГбГ установлено, что продолжительность жизни и выживаемость мышей увеличивали три из 12 веществ. Наибольшая широта эффективных доз и степень выраженности антигипоксической активности были у соединения под шифром πQ-1032. Так, при его введении в дозах 10, 25, 50 и 100 мг/кг продолжительность жизни подопытных мышей увеличивалась соответственно на 38, 62, 85 и 113%. При инъекции πQ-1032 в дозе 100 мг/кг доля выживших мышей достоверно увеличивалась на 40%. πQ-1022 и πQ-1040 проявляли антигипоксическую активность в трех дозах, равных 25, 50 и 100 мг/кг. При введении в этих дозах πQ-1022 продолжительность жизни мышей увеличивалась соответственно на 59, 70 и 115%, а под влиянием πQ-1040 – на 46, 79 и 92%. Из исследованных средств сравнения наиболее активным оказался ноотлютил, проявляющий антигипоксическую активность в трех дозах (25, 50 и 100 мг/кг), увеличивая время жизни мышей на 70, 38 и 35%. При введении препарата дозе 25 мг/кг доля выживших мышей увеличивалась на 40%. Этомерзол был эффективен в дозе 100 мг/кг, под влиянием которого положительный эффект превышал контроль на 62%.

На модели ОГеГ антигипоксический эффект проявляли 4 из 12 соединений. Под влиянием πQ-1032 продолжительность жизни мышей увеличивалась при введении четырех доз (10, 25, 50 и 100 мг/кг) соответственно на 26, 26, 34 и 36% по сравнению с контролем. πQ-1036 и πQ-1040 оказывали антигипоксический эффект в трех дозах, равных 25, 50 и 100 мг/кг. Этот эффект был сходным. Под влиянием πQ-1036 время жизни животных увеличивалось на 19, 38 и 37%, а при введении πQ-1040 – на 24, 26 и 30%. После инъекции πQ-1039 время жизни мышей увеличивалось только под влиянием одной дозы, равной 25 мг/кг (на 19%). Натрия оксибутират и ноотлютил оказывали противогипоксическое действие при ОГеГ в дозах 50 и 100 мг/кг, увеличивая продолжительность жизни мышей на одинаковую величину. Под влиянием этих доз натрия оксибутирата время жизни животных увеличивалось на 21 и 26%, а под влиянием ноотлютила – на 22 и 26%. Этомерзол также оказывал противогипоксическое действие в двух дозах, равных 25 и 50 мг/кг, под влиянием которых время жизни мышей увеличивалась соответственно на 20 и 34%.

На модели ОГтГ 2 из 12 исследованных новых физиологически совместимых антиоксидантов увеличивали, девять – не изменяли, и одно уменьшало время жизни мышей. πQ-1032 оказывало противогипоксическую активность в трех дозах (25, 50 и 100 мг/кг), что проявлялось увеличением времени жизни мышей соответственно на 22, 26 и 29%. πQ-1036 увеличивало продолжительность жизни подопытных мышей в одной дозе (50 мг/кг) на 24%. В тех же условиях опыта при введении 25 и 50 мг/кг этомерзола продолжительность жизни подопытных животных была больше контроля на 24 и 11%, эмоксипина в дозе 25 мг/кг и ноотлютила в дозе 100 мг/кг соответственно на 16 и 21%.

Таким образом, в работе исследована антигипоксическая активность 12 новых медьсодержащих антиоксидантов в 4 моделях экспериментальной гипоксии: острой гемической гипоксии,

острой гистотоксической гипоксии, острой гипобарической гипоксии и острой гипоксии с гиперкапнией. Изучение и анализ результатов проведенных нами опытов свидетельствуют о том, что комплексное соединение меди под шифром πQ-1032 является эффективным корректором гипоксических состояний при четырех моделях острой гипоксии. Это соединение по широте эффективных доз и степени активности превосходит другие испытанные вещества, а также известные лекарственные средства сравнения, обладающие антигипоксическими и/или антиоксидантными свойствами мексидол, эмоксипин, этомерзол, нооглютил и натрия оксибутират.

There is a complex composition of cuprum, πQ-1032 in cipher, revealed among 12 new physiologically compatible antioxidants (PCAO). This composition with the range of effective doses (1, 5, 10, 25, 50, and 100 mg/kg) and the degree of antihypoxic activity (22-113% increase in the life interval of mice) considerably exceeds other studied substances and well-known antihypoxants Emoxipine, Etomerzolum, Mexidolum, Nooglutilum, Natrii oxibutyras under acute hypoxia. πQ-1032 may be recommended for further study and its possible application as an antihypoxant in clinics.
***Key words:*** *antihypoxic, hypoxia, antihypoxic, physiologically compatible antioxidants.*

## Список литературы

1. Атрошенко, О.Н. Сравнительное изучение влияния антигипоксантов и новых производных 3-оксипиридина на выживаемость белых мышей в условиях острой гипобарической гипоксии / О.Н. Атрошенко, Е.Н. Стратиенко // Фундаментальные исследования как основа создания лекарственных средств: Сб. тез. I Росс. науч. общества фармакологов. – М., 1995. – с. 25.

2. Катунина, Н.П. Поиск антигипоксантов среди новых медьсодержащих производных никотиновой кислоты / Н.П. Катунина, М.П. Катунин, Э.А. Парфенов // Человек и лекарство. Тез. докл. XII Рос. нац. конгр. – М., 2005. – С. 761.

3. Катунина, Н.П. Влияние новых антигипоксантов на функцию центральной нервной системы / Н.П. Катунина, Н.Н. Самойлов, В.П. Галенко-Ярошевский, Е.Н. Стратиенко, М.П. Катунин // Бюл. эксперим. биол. и мед. – 2007. – Т. 143, Прил. 3. – С. 127-128.

4. Лесиовская, Е.Е. Метапрот при экстремальных воздействиях / Е.Е. Лесиовская – СПб: «Полет», 2010. – 103 с.

5. Лукьянова, Л.Д. Методические рекомендации к экспериментальному изучению препаратов, предназначенных для клинического изучения в качестве антигипоксических средств / Л.Д. Лукьянова – М., 1990. – 18 с.

6. Парфёнов, Э.А. Физиологически совместимые антиоксиданты: Дис. ... д-ра хим. наук / Э.А. Парфёнов – М., 1999. – 48 с.

7. Цеева, Ф.Н. Изучение актопротекторной активности новых комплексных соединений меди: Автореф. … канд. мед. наук / Ф.Н. Цеева – Смоленск, 2005. – 28 с.

8. Шабанов, П.Д. Клиническая фармакология метапрота (методические рекомендации для врачей) / П.Д. Шабанов – СПб.: ВМедА, 2010. – 96 с.

9. Шабанов, П.Д. Метаболические корректоры гипоксии / П.Д. Шабанов, И.В. Зарубина, В.Е. Новиков, В.Н. Цыган – СПб., 2010. – 960 с.

## Об авторах

Катунина Н.П. – доцент кафедры физического воспитания и основ медицинских знаний ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», доктор биологических наук, доцент. *npkatunina@mail.ru*

Стратиенко Е.Н. – профессор кафедры физического воспитания и основ медицинских знаний ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», доктор медицинских наук, профессор.

Кухарева О.В. – доцент кафедры физического воспитания и основ медицинских знаний ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», кандидат медицинских наук.

Цеева Ф.Н. – доцент кафедры физического воспитания и основ медицинских знаний ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», кандидат медицинских наук.

Гнеушев И.М. – врач, ГАУЗ «Брянская городская больница №1».

**УДК 528.9 + 57.015**

# К ОЦЕНКЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ КРУПНОМАСШТАБНОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГО-ФЛОРИСТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Д.А. Кобозев, Ю.А. Семенищенков

***Исследования проведены при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-04-97510 р_центр_а «Лесная растительность бассейна реки Днепр в пределах Российской Федерации».***

В статье приведены результаты оценки пространственной гетерогенности лесной растительности при крупномасштабном картографировании на основе данных эколого-флористической классификации по методу Ж. Браун-Бланке. С использованием формальных критериев установлены различия в гетерогенности лесной растительности ключевых территорий в Южном Нечерноземье России.
***Ключевые слова:*** *крупномасштабное картографирование, лесная растительность, флористическая классификация, гетерогенность, Южное Нечерноземье России.*

**Введение.** Пространственная неоднородность, гетерогенность – важнейшее свойство лесной растительности, обусловленное естественными процессами спонтанного развития лесного насаждения и сложным характером лесопользования. Помимо важнейших природных физико-географических факторов, для лесопокрытых территорий Центральной России типологическая мозаичность определяется в большой степени разноплановым антропогенным воздействием и, в первую очередь, рубками леса и характером восстановления лесов коренных типов.

Мозаичность наглядно демонстрируется на планах лесоустройства и геоботанических картах крупного масштаба, в частности, широко применяемого в лесоустройстве масштаба 1 : 25 000. В данном масштабе принято картографировать породно-возрастной состав насаждений, лесные же *ассоциации*, установленные на основе доминантной классификации, в таком масштабе фактически не могут быть закартографированы. Это связано с тем, что состав доминантов в разных ярусах, имеющий наибольшее значение для установления ассоциаций, может значительно варьировать в границах выдела.

Число выделов и их геоботаническая интерпретация на планах лесонасаждений и на геоботанических картах, разработанных на основе данных эколого-флористической классификации, не совпадают. В одну «эколого-флористическую» ассоциацию обычно укладываются несколько доминантных ассоциаций, которые при этом могут соответствовать либо вариантам, либо фациям. Действительно, к одной флористической ассоциации могут быть отнесены насаждения разного возраста, доминантного состава, бонитета и других показателей продуктивности, которые на планах лесоустройства обычно соответствуют отдельным выделам.

В настоящей статье продемонстрированы возможности оценки гетерогенности лесной растительности при крупномасштабном геоботаническом картографировании с использованием данных эколого-флористической классификации [12]. Геоботанические карты на основе таких данных редки в связи с очевидной трудоемкостью их создания [13]. Эта классификация основывается на сравнении полных флористических списков сообществ, а в последнее время в связи с существованием обширных фитоценотических баз данных, возможна только при тщательном их сравнительном анализе. Несмотря на определенную субъективность, свойственную всем классификационным подходам, это позволяет устанавливать синтаксоны, сопоставимые по флористическому и экологическому объему с аналогичными единицами различной зонально-географической принадлежности. Единицы же доминантной классификации всегда сохраняют локальность, обусловленную стенотопностью и пределами экологической амплитуды доминирующих видов [7].

Основная картографируемая единица при крупном масштабе – *ассоциация* с набором *вариантов*, устанавливаемых по эколого-фитоценотическому принципу, в том числе, по доминированию отдельных видов в разных ярусах, передающему «образность» синтаксономических единиц, а также *фаций*, объединяющих временные сообщества на стадиях сукцессии и безранговых *сообществ* [7, 8]. Фактически такие картографируемые ассоциации в большой мере соответствуют

«эпитаксонам» В. Б. Сочавы [9] с набором динамически близких к ним типов лесных сообществ более низкого уровня синтаксономической иерархии. Сообщества, формирующиеся в лесных культурах, могут быть встроены в систему «естественных» синтаксонов (как единицы низших рангов) в случае, если их флористические отличия не превышают уровня ассоциации [14].

**Материалы и методы.** Основой для анализа гетерогенности лесной растительности послужили авторские геоботанические планы масштаба 1 : 25 000 ключевых лесных участков, расположенных в разных ботанико-географических подпровинциях в пределах Южного Нечерноземья России. В тексте дается краткое описание их фитоценотического разнообразия. Синтаксономия лесной растительности этих территорий разработана авторами на основе метода Ж. Браун-Бланке [12] в 2012–2014 гг. по программе изучения лесной растительности бассейна Верхнего Днепра и сопредельных территорий.

Гетерогенность растительности проанализирована на уровне ассоциации с использованием показателей, имеющих широкое применение в современных геоботанике, картографии и ландшафтоведении [1–4, 7, 10, 11, 15–17]:

*разноообразие* на основе адаптированной к картографируемым объектам растительности меры энтропии Шеннона: $\dot{H} = -\Sigma ( S_i/ S_{общ.} \cdot \log S_i/ S_{общ.} )$, где $S_i$ – суммарная площадь выделов, занятых одним сообществами одной единицы установленного уровня синтаксономической иерархии;

*разнообразие* с использованием индекса Маргалефа: $D_{mg} = (m – 1) / \log S$; индекса Менхиника: $D_{mn} = m / \sqrt{S}$;

*дробность растительности* на основе коэффициента дробности: $K_r = n / S_{общ.}$, где n – общее число выделов (контуров), $S_{общ.}$ – общая площадь лесного массива (определяется как сумма площадей всех выделов);

*средняя площадь выдела*: $S_m = S_{общ.} / n$;

*сложность растительности*: $K_d = n / S_m$;

*степень доминантности* растительности с использованием меры выровненности: $D = \log (m) / \dot{H}$, где m – число синтаксонов, сообщества которых отмечены на изучаемой территории.

**Результаты и их обсуждение.** Сравнительный анализ гетерогенности растительности проведен на следующих ключевых лесных участках.

1) Хмелитское лесничество (Смоленская обл., Вяземский р-н, Валдайско-Онежская подпровинция), расположенное на территории обильно заболоченной полого-холмистой равнины в пределах Вяземской возвышенности с дерново-подзолистыми, реже торфяно-болотными и болотными почвами. Распространены лесные сообщества 4 ассоциаций; наиболее широко представлены зональные неморальнотравные широколиственно-еловые леса асс. ***Rhodobryo rosei–Piceetum abietis*** Korotkov 1986 и производные березняки, осинники и сероольшаники на их месте. Сообщества других ассоциаций занимают очень небольшие площади; в основном это заболоченные сфагновые ельники и пушистоберезово-еловые леса, а также сфагновые олиготрофные и пушистоберезовые низинные болота [5].

2) Десногорское лесничество (Смоленская обл., Рославльский р-н, Полесская подпровинция). Расположенно в окр. г. Десногорск и примыкает к береговой линии Десногорского водохранилища Смоленской АЭС; в рельефе преобладают преимущественно пологоволнистые, местами увалистые поверхности с отдельными всхолмлениями. В почвенном покрове наиболее распространены дерново-подзолистые, реже – торфяно-болотные и болотные почвы. Представлены сообщества 5 ассоциаций; наиболее широко – широколиственно-еловые леса асс. ***Rhodobryo–Piceetum*** и производные березняки и осинники на их месте. Второй по общей площади, занимаемой сообществами, синтаксон – асс. ***Vaccinio vitis-idaeae–Pinetum sylvestris*** Caj. 1921 – зеленомошные и кустарничково-зеленомошные сосняки. Остальные синтаксоны малопредставительны [6].

3) Беляевское лесничество (Калужская обл., Юхновский р-н, Валдайско-Онежская подпровинция) занимает полого-холмистую равнину, разделенную р. Угра и её притоками с с преимущественно дерново-подзолистыми почвами. Выявлено 7 ассоциаций лесной растительности с преобладанием неморальнотравных сложных ельников асс. ***Rhodobryo–Piceetum*** и производных лесов на их месте, а также сосняков зеленомошных и кустарничково-зеленомошных асс. ***Vaccinio–Pinetum***.

4) Березичское лесничество (Калужская обл., Козельский р-н, Полесская подпровинция)

расположено на полого-холмистой равнине, разделенной долинами р. Жиздра и её притоков, с высоким разнообразием в почвенном покрове с участием серых лесных, дерново-подзолистых, альфегумусовых, торфяных и др. типов почв. Выявлено 7 ассоциаций лесной растительности. Доминируют по площади широколиственные липово-, вязово-, кленово-, ясенево-дубовые зональные мезофитные широколиственные леса асс. ***Aceri campestris–Quercetum roboris*** Bulokhov et Solomeshch 2003. Существенно меньшие площади заняты неморальнотравными широколиственно-еловыми лесами асс. ***Rhodobryo–Piceetum***, а также сосняками зеленомошными, кустарничково-зеленомошными асс. ***Vaccinio–Pinetum*** и неморальнотравными асс. ***Corylo avellanae–Pinetum sylvestris*** Bulokhov et Solomeshch 2003.

5) Хинельское лесничество (Брянская обл., Севский р-н, Полесская подпровинция) занимает полого-холмистую равнину, разделенную долинами ручьев, с пёстрым сочетанием серых лесных и дерново-подзолистых, торфяных и торфяно-болотных почв. Выявлено 7 ассоциаций лесной растительности. Наибольшие площади занимают здесь широколиственные и производные от них берёзовые и осиновые леса союза ***Aceri campestris–Quercetum roboris***. Значительна роль неморальнотравных сосняков асс. ***Corylo–Pinetum***; вклад в фитоценотическое разнообразие вносят не характерные для других изучаемых лесных массивов сообщества асс. ***Lathyro nigri–Quercetum roboris*** Bulokhov et Solomeshch 2003 и ***Vaccinio myrtillis–Quercetum roboris*** Bulokhov et Solomeshch 2003. Сообщества других синтаксонов занимают небольшие площади.

Сравнение значений показателей разнообразия (табл.) позволяет судить о том, что минимальной гетерогенностью характеризуется участок на территории Хмелитского лесничества. Низкие значения индексов разнообразия (Ḣ, $D_{mg}$, $D_{mn}$) коррелируют с небольшим числом установленных синтаксонов, среди которых неморальнотравные сложные ельники вместе с их производными лесами занимают почти 91% изучаемой территории. Это подтверждается наиболее высоким среди исследуемых участков значением индекса доминирования (D = 3,76). Одновременно данный участок характеризуется и максимальными по площади выделами – среднее значение площади выдела в 2–3 раза бóльшим по сравнению с другими участками. Следует отметить, что очертания выделов, формируемых насаждениями в большей степени естественного происхождения, как правило, имеют неровные очертания и сложную форму. Антропогенные выделы (вырубки, лесные культуры) чаще всего имеют правильные очертания – квадратные, прямоугольные или трапециевидные.

Таблица

Показатели гетерогенности лесной растительности ключевых участков

| Лесничества | S, км$^2$ | $S_m$, км$^2$ | Ḣ | D | $K_r$ | $K_d$ | $D_{mg}$ | $D_{mn}$ | m* | n |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Хмелитское | 84,5 | 0,093 | 0,16 | 3,76 | 10,78 | 982,7 | 0,68 | 0,44 | 4 | 911 |
| Десногорское | 16,5 | 0,037 | 0,29 | 2,41 | 26,97 | 12054,1 | 1,42 | 1,22 | 5 | 446 |
| Беляевское | 88,07 | 0,065 | 0,47 | 1,82 | 15,29 | 21138 | 1,34 | 0,75 | 7 | 1347 |
| Березичское | 110,8 | 0,045 | 0,55 | 1,64 | 22,22 | 54711,2 | 1,49 | 0,76 | 8 | 2462 |
| Хинельское | 51,66 | 0,048 | 0,48 | 1,94 | 20,78 | 22375,0 | 1,77 | 1,11 | 8 | 1074 |

*Примечание. В расчётах учитывались не только выделы, занятые сообществами установленных синтаксонов, но и лишённые растительности (в качестве отдельного картографируемого типа выделов).

Более высокие значения пространственного разнообразия растительности характерны для Десногорского лесничества, несмотря на его значительно меньшую площадь. Это связано с пёстрой ландшафтной структурой этой территории и связанным с ней разнообразием типов местообитаний. Выделы во многих случаях мелкоконтурны, среднее значение площади выдела существенно меньше, чем на предыдущем участке.

Лесные массивы зоны широколиственных лесов (Березичское, Хинельское лесничества) характеризуются бóльшими значениями по индексам разнообразия, сложности ($K_d$); доминирование растительности отдельных синтаксонов в них выражено в меньшей степени – значения индекса доминирования существенно ниже, чем для участков зоны широколиственно-еловых лесов. Максимальные же значения разнообразия, сложности и дробности на фоне низкой доминантности растительно-

сти характерны для Березичского лесничества, объединяющего большое число типов местообитаний, разнообразных по почвенно-грунтовым условиям и положению в ландшафте. В целом значения индексов Шеннона, Маргалефа и Менхиника на исследуемых территориях имеют схожую динамику; их уменьшение коррелирует с возрастанием индекса доминантности растительности.

Выявленные различия гетерогенности растительности изучаемых территорий соответствуют и общей тенденции нарастания комплексности растительности на ботанико-географическом градиенте от подтаежной подзоны к зоне широколиственных лесов, которая в настоящее время нуждается в подкреплении фактическими данными.

*Авторы выражают благодарность с. н. с. ГУ «Национальный парк «Угра», к. б. н. Виктории Владимировне Телегановой за организацию геоботанических исследований в Калужской области, заведующей Музеем-усадьбой М. И. Глинки в с. Новоспасское Татьяне Михайловне Чибисовой за организацию исследований в Ельнинском районе Смоленской области*.

In the paper the results of the assessment of spatial heterogeneity of forest vegetation for large-scale mapping on the base of the Braun-Blanquet approach are done. With use of formal criteria the differences in the heterogeneity of forest vegetation of key areas in Southern Russia Nechernozemie defined.
***Key words:*** *large-scale mapping, forest vegetation, Braun-Blanquet approach, heterogeneity, Southern Nechernozemye of Russia.*

**Список литературы**

1. Калуцкова Н.Н., Снятков И.А. Ландшафтное разнообразие заповедников таежной и подтаежной зон европейской части России // Вестник Тамбовского ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, № 2. – С. 616–619.

2. Марцинкевич Г.И., Счастная И. И. Оценка ландшафтного разнообразия природных и природно-антропогенных комплексов Беларуси // Природопользование. Вып. 11. – Мн., 2005. – С. 98–105.

3. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение: пер. с англ. – М.: Мир, 1992. – 184 с.

4. Пузаченко Ю. Г., Дьяконов К. Н., Алещенко Г. М. Разнообразие ландшафта и методы его измерения // География и мониторинг биоразнообразия. – М., 2002. – 98 с.

5. Семенищенков Ю. А. Лесная растительность Государственного историко-культурного и природного Музея-заповедника А. С. Грибоедова «Хмелита» (Смоленская область): синтаксономия и экология // Изв. Смоленского гос. ун-та. – 2014. – № 1(25). – С. 315–325.

6. Семенищенков Ю. А., Ужекин А. В. Лесная растительность Десногорского городского лесничества // Бюллетень Брянского отделения РБО. – 2013. – № 2 (2). – С. 71–80.

7. Семенищенков Ю. А., Телеганова В. В. Опыт составления геоботанической карты лесной растительности на основе эколого-флористической классификации (на примере Галкинского лесничества НП «Угра») // Природа и история Поугорья. Вып. 7. – Калуга: Изд-во науч. лит. Н. Ф. Бочкаревой, 2013. – С. 68–72.

8. Семенищенков Ю. А., Телеганова В. В., Шапурко А. В., Кобозев Д. А. На пути к созданию геоботанической карты лесной растительности национального парка «Угра» (Калужская область) // Растительность Восточной Европы и Северной Азии. Мат. Междунар. науч. конф. (Брянск, 29 сентября – 3 октября 2014 г.). – Брянск: ГУП «Брянское полиграфическое объединение», 2014. – С. 125.

9. Сочава В. Б. Растительные сообщества и динамика природных систем // Докл. ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. Вып. 20. – Новосибирск, 1968. – С. 12–22.

10. Черных Д. В. Количественная оценка сложности и разнообразия ландшафтного покрова Русского Алтая // Изв. Алтайского гос. ун-та. Сер.: Биологические науки. Науки о Земле. Химия. – 2011. – № 3/2. – С. 60–65.

11. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд. иностр. лит., 1963. – 830 с.

12. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. 3. Aufl. – Wien; N.-Y., 1964. – 865 S.

13. Falinski J. B. Kartografia geobotaniczna. Vol. 1–3. – Varsavia, 1990–1991.

14. Hadač E., Sofron J. Notes on syntaxonomy of cultural forest communities // Folia Geobot. Phytotax. – 1980. – Vol. 15. – P. 245–258.

15. Margalef R. Information Theory in Ecology // International Journ. of General Systems. – 1958. – Vol. 3. – P. 36–71.

16. Menhinick E. F. Estimations of Insect Populations Density in Herbaceous Vegetation with Emphasis on Removal Sweeping // Ecology. – 1963. – № 44. – P. 617–621.

17. Songa B., Huangc D., Wanga R., Masaed S. Xua F., Wanga W., Zhanga G., Zhanga X., Qiaoe J. A measure for spatial heterogeneity of vegetation in the Center of Inner Mongolia // Progress in Natural Science. – 2008. – Vol. 18, Issue 3. – P. 289–295.

**Об авторах**

Кобозев Д. А. – аспирант кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, *kobozev.dmitrii@mail.ru.*

Семенищенков Ю. А. – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, *yuricek@yandex.ru*

**УДК 612.8 : 159.91 : 615.3**

## ДОФАМИНЕРГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОЗГА

О.И. Колотилова, И.И. Коренюк, Д.Р. Хусаинов, И.В. Черетаев

В обзоре рассматриваются литературные данные о структурно-функциональной организации дофаминергической системы, ее роли в деятельности мозга и всего организма в целом. Дана общая характеристика основных типов центральных дофаминовых рецепторов и рассмотрены эффекты агонистов и антагонистов этих рецепторов. Анализируются возможные причины сложности и многогранности эффектов, обусловленных действием дофамина на различных уровнях ЦНС.

***Ключевые слова:*** *дофамин, дофаминергическая система, центральная дофаминергические рецепторы, агонисты, антагонисты.*

К моноаминергическим системам мозга относят объединения дофаминергических, норадренергических и серотонинергических нейронов мозгового ствола и их аксоны, которые иннервируют практически все основные отделы центральной нервной системы (ЦНС) [6, 30]. Установлено, что эти медиаторные системы играют важную роль в общей регуляции поведения [28].

Одной из важнейших аминергических систем ствола головного мозга является ДА-система, т.к. она оказывает существенное модуляторное действие на психофизиологические состояния животных и человека [19, 22]. Дофамин является предшественником норадреналина и, играет самостоятельную роль в нейрохимических механизмах мозга. Основное количество дофамина находится в хвостатом ядре и скорлупе [14], меньше в черной субстанции среднего мозга.

В дофаминэргической системе мозга различают семь отдельных подсистем (первые три являются основными): нигростриатная, мезокортикальная, мезолимбическая, тубероинфундибулярная, инцертогипоталамическая, диенцефалоспинальная и ретинальная.

Тела нейронов нигростриатной, мезокортикальной и мезолимбической субсистем расположены на уровне среднего мозга, образуют комплекс нейронов черной субстанции и вентрального поля покрышки. Они составляют непрерывную клеточную сеть, проекции которой частично перекрываются, поскольку аксоны этих нейронов идут вначале в составе одного крупного тракта (медиального пучка переднего мозга), а затем оттуда расходятся в разные мозговые структуры. Кроме того, в мозге отмечается и диффузное распределение дофаминергических элементов (отдельных клеток с отростками) [17, 30].

*Нигростриатная субсистема*. Аксонами нейронов этого тракта выделяется около 80 % дофамина головного мозга. Тела дофаминовых нейронов, образующих этот путь, находятся в основном в компактной части чёрной субстанции, но часть волокон берет начало также от нейронов латерального отдела вентрального тегментума. Клетки компактной части чёрной субстанции дают проекции в дорсальный стриатум (полосатое тело), а клетки вентрального тегментума — в вентральный стриатум (прилежащее ядро).

*Мезокортикальная субсистема*. Тела нейронов, образующих мезокортикальный тракт, находятся в вентрального тегментум, а основные проекции этих нейронов достигают коры. Показано, что один и тот же нейрон может давать проекции к множеству корковых и субкортикальных мишеней. Скорость проведения импульсов по аксонам не более 2 м/с. [14, 17, 20, 30] Мезокортикальная субсистема оказывает большое влияние на активность нейронов, образующих корково-корковые, корково-таламические и корково-стриатные пути [5].

*Мезолимбическая субсистема*. Источники дофаминергических проекций этой субсистемы расположены в области вентрального тегментума и частично в компактной части чёрной субстанции. Их отростки идут в поясную извилину, энториальную кору, миндалину, обонятельный бугорок, *n. accumbens*, гиппокамп, парагиппокампальную извилину, перегородку и другие структуры лимбической системы мозга. Имея обширные связи, мезолимбическая система оказывает влияния также на лобную кору и гипоталамус [26].

*Тубероинфундибулярная субсистема* образована аксонами дофаминовых нейронов, расположенных в аркуатном ядре гипоталамуса, которые направляются к наружному слою срединного возвышения. Этот тракт осуществляет контроль секреции пролактина [8, 30].

*Инцертогипоталамическая субсистема* начинается от zona incerta и оканчивается в дорсальном и переднем отделах медиального таламуса, а также в перивентрикулярной области. Она принимает участие в нейроэндокринной регуляции [26, 30].

*Диенцефалоспинальная субсистема* представлена нейронами заднего гипоталамуса, отростки которых достигают задних рогов спинного мозга [8, 30].

*Ретинальная субсистема* расположена в пределах сетчатки глаза [30]. Особенности этого тракта среди других дофаминергических трактов делают его достаточно автономным.

Дофаминовые терминали образуют синапсы:

- аксошипиковые и аксодендритные синапсы (их более 90 %);
- аксосоматические и аксоаксональные (менее 10 %).

Синтез дофамина происходит внутри нейрона и состоит из двух этапов. Исходным веществом для синтеза дофамина и других катехоламинов является аминокислота – тирозин. Тирозин, подвергаясь гидроксилированию при участии тирозингидроксилазы образует L-3,4-дигидроксифенилаланин (L-ДОФА). Синтез дофамина из L-ДОФА катализируется ДОФА-декарбоксилазой [35].

Для нервных окончаний дофаминовых нейронов характерна компартментация нейромедиатора. В настоящее время принято выделять три внутринейрональных компартмента (пула) дофамина [21]. Пул новосинтезируемого дофамина высвобождается посредством экзоцитоза при деполяризации нервных терминалей. Везикулярный пул является основным местом хранения дофамина внутри терминали и не принимает участия в высвобождении нейромедиатора. Из него восполняется дофамин, высвобождающийся путем экзоцитоза, если скорость высвобождения превышает скорость синтеза. В цитоплазматическом пуле, дофамин непосредственно связан с механизмами его обратного захвата [26]. Согласно другой классификации, выделяют лабильное и стабильное депо, к которым соответственно, относятся цитоплазматический и везикулярный пулы нейромедиатора [30].

*Дофаминовые рецепторы.*

На сегодняшний день описаны пять типов дофаминовых рецепторов ($D_1$-$D_5$), которые различаются строением, некоторыми фармакологическими свойствами и локализацией в отделах мозга [15, 35]. Дофаминовые рецепторы являются метаботропными – они не связаны непосредственно с ионными каналами, а ассоциированы с регуляторными G-белками, находящимися на внутренней стороне постсинаптической мембраны. Связывание дофамина с рецептором побуждает G-белки активировать или тормозить фермент аденилатциклазу, которая в свою очередь управляет синтезом вторичного мессенджера – цАМФ [34].

По характеру связи с синтезом цАМФ рецепторы дофамина делят на два семейства [30, 34]. К первому ($D_1$-подобные рецепторы) относят $D_1$ и $D_5$, они связаны с Gs-белками и при взаимодействии с дофамином активируют аденилатциклазу. Ко второму семейству ($D_2$-подобные рецепторы) относят $D_2$, $D_3$ и $D_4$ рецепторы [3, 4, 34], которые связаны с Gi-белками и ингибируют аденилатциклазу, снижая уровень цАМФ в клетках.

Важно отметить, что $D_2$ и $D_3$ подтипы рецепторов могут быть локализованы пресинаптиче-

ски и участвуют в пресинаптической ауторегуляции дофаминергической передачи, оказывая влияние на импульсную активность дофаминовых нейронов, синтез, высвобождение и метаболизм дофамина [15, 24].

Известно, что введенный в организм дофамин не проникает через гематоэнцефалический барьер и в связи с этим не оказывает действия на дофаминовые рецепторы ЦНС. Вещества, стимулирующие дофаминовые рецепторы, называются дофаминомиметиками, или агонистами дофаминовых рецепторов, а вещества, блокирующие дофаминовые рецепторы — дофаминолитиками, или антагонистами дофаминовых рецепторов [1, 15].

*Дофаминомиметики.*

Эти вещества подразделяют на 2 группы:

1) *Дофаминомиметики непрямого действия*, влияют на пресинаптические дофаминовые рецепторы, регулирующие синтез и выделение дофамина и норадреналина. К этой группе из отечественных препаратов относят леводопа, мидантан (амантадина гидрохлорид) и др., которые стимулируют синтез дофамина, задерживают его разрушение, способствуют освобождению дофамина из гранул пресинаптических нервных окончаний. Их используют для лечения паркинсонизма. Другой группой дофаминомиметиков непрямого действия являются психостимуляторы, обладающие дофаминергическими свойствами [26]. К ним относят фенамин (амфетамин) — способствует освобождению дофамина и норадреналина из гранул пресинаптических нервных окончаний, тормозит активность моноаминоксидазы и обратный нейрональный захват дофамина; меридил (метилфенидат) — также психостимулятор, обладает способностью освобождать дофамин из гранул пресинаптических нервных окончаний; аналогичны им по действию психостимулятор центедрин и другие препараты [25];

2**)** *Дофаминомиметики прямого действия*, влияют на постсинаптические дофаминовые рецепторы [23].

Дофамин — дофаминомиметик прямого действия, при введении в организм больных в дозе 2-10 мкг/кг увеличивает почечный кровоток на 40 % и экскрецию почками натрия в 3 раза. Дофамин вызывает увеличение силы сердечных сокращений, мало меняя частоту последних, повышает артериальное давление. Его применяют при сердечно-сосудистой недостаточности (при кардиогенном шоке), нефросклерозе, острой почечной недостаточности, отравлении барбитуратами. Он повышает антитоксическую функцию печени; в отличие от адреналина не вызывает отека легких.

*Избирательные агонисты дофаминовых рецепторов.*

К относительно избирательным агонистам дофаминовых рецепторов принадлежат препараты бромокриптин, ленготрил, перголид, лизурид и др. На сердечно-сосудистую систему их действие проявляется в снижении артериального давления. Гипотензивный эффект может быть связан с возбуждением постсинаптических рецепторов или с уменьшением выброса норадреналина в результате активации β2-рецепторов ганглиев или симпатических нервных окончаний. Кроме того, дофаминергические агонисты обладают способностью угнетать синтез ДНК в гипофизе, повышать уровень кортизола, прогестерона, снижать уровень пролактина и гормона роста [7, 31, 32].

Бромокриптин (фармакологический синоним: парлодел) — дофаминомиметик прямого действия. Его применяют при различных видах гиперпролактинемии, аменорее у женщин, бесплодии, нарушении потенции у мужчин, задержке полового развития у детей; наиболее часто — при аденоме гипофиза, которая может возникнуть в результате приема психотропных, гипотензивных средств, гормональных контрацептивов. Бромокриптин используют для уменьшения лактации, лечения мастита, акромегалии, а также применяют при паркинсонизме в больших дозах (30-100 мг в сутки), при противопоказаниях к леводопе. Побочные действия бромокриптина: раздражение желудочно-кишечного тракта, тошнота, рвота, обмороки, ортостатическая гипотензия.

*Дофаминолитики (нейролептики).*

К дофаминолитикам относят препараты нейролептического действия. Это вещества, которые блокируют постсинаптические дофаминовые рецепторы, причем чувствительность этих рецепторов к нейролептикам различна. Одновременно происходит и блокирование пресинаптических дофаминовых рецепторов. В настоящее время принято считать, что подавление дофаминергической передачи нервных импульсов в различных областях ЦНС вызывает отличия в спектре психотропной ак-

тивности и характере побочных эффектов препаратов этой группы. По действию нейролептиков через пресинаптические дофаминовые рецепторы (или ауторецепторы) можно отобрать такие препараты из этой группы, которые, обладая антипсихотической активностью, лишены побочных экстрапирамидных эффектов [Sesack S. R.]. Механизм действия нейролептиков показан на рис .1.

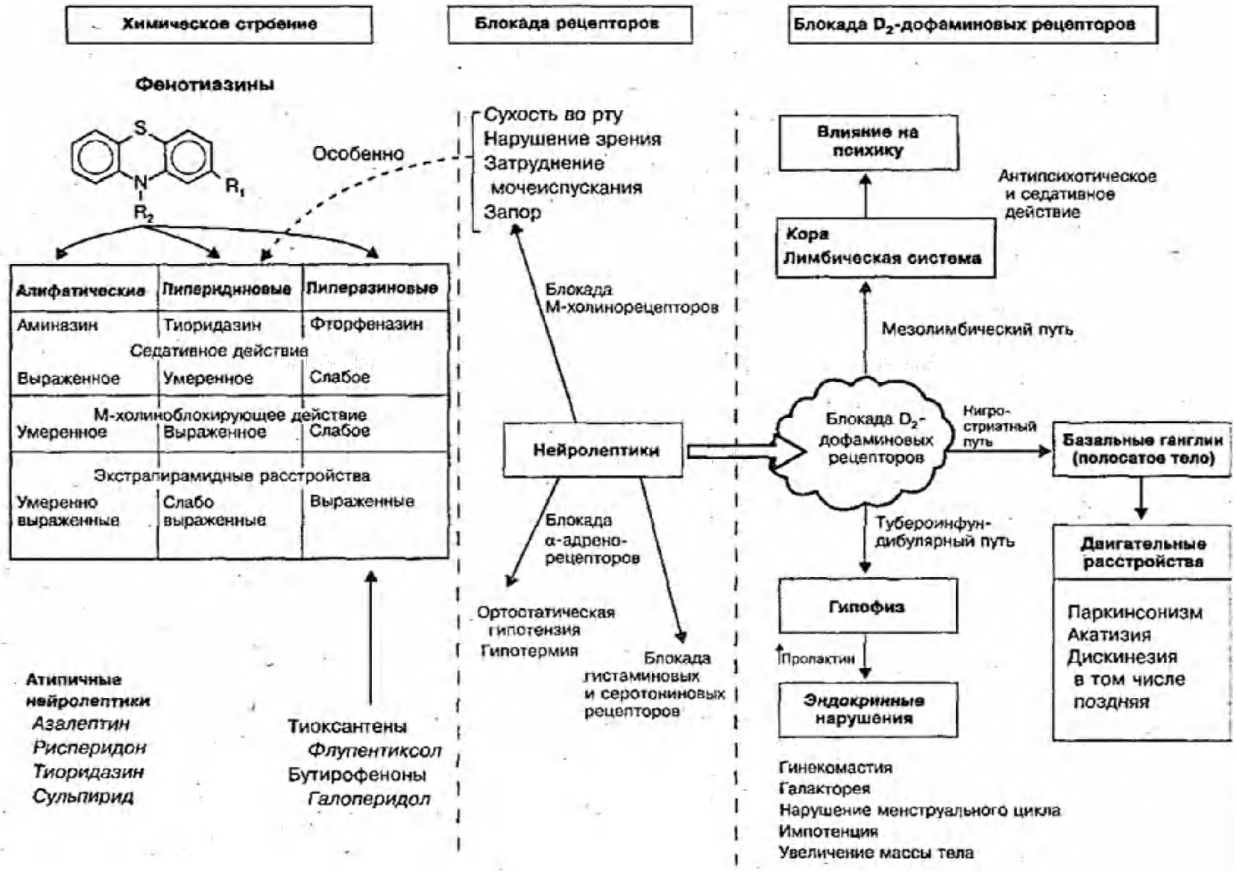



Рис.1. Механизм действия нейролептиков [33].

Считается, что нейролептики устраняют многие проявления шизофрении, в том числе позитивную симптоматику заболевания (галлюцинации и бред), слабо влияя на такие негативные симптомы, как социальная апатия, эмоциональное оскуднение, аутизм. Они являются антагонистами дофаминовых рецепторов, что свидетельствует о повышении активности при шизофрении мезолимбических и мезокортикальных дофаминергических путей (см. рис.1, справа). Это положение подтверждает тот факт, что фенамин (амфетамин), усиливающий высвобождение норадреналина и дофамина в нервных синапсах, может вызвать психотическое состояние, сходное с параноидной шизофренией, у психически здоровых людей. Также известно, что нейролептики блокируют дофаминовые рецепторы в базальных ганглиях (стриатуме), что часто приводит к появлению двигательных расстройств (экстрапирамидных нарушений) [18].

Антипсихотические средства имеют различную химическую структуру, однако все они блокируют дофаминовые рецепторы. Фенотиазины подразделяются в зависимости от строения боковой цепи, присоединенной к атому азота фенотиазинового кольца, на следующие группы [30, 35]:

1. Алифатические производные (содержат пропиламиновую боковую цепь). Алифатические производные фенотиазина обладают относительно слабой антипсихотической активностью и вызывают много побочных эффектов [Netto S.M]. Аминазин (хлорпромазин) был первым фенотиазином, достаточно широко применяемым при шизофрении, несмотря на выраженные побочные эффекты. Препарат оказывает сильный седативный эффект, он особенно эффективен при психомоторном возбуждении. Аминозин может вызывать реакции повышенной чувствительности в виде агранулоцитоза, гемолитической анемии, кожной сыпи, холистатической желтухи, фотосенсибилизации;

2. Пиперидиновые производные (содержат в боковой цепи ядро пиперидина). Основным препаратом этой группы является тиоридазин (меллерил, сонапакс). Препарат эффективен у пациентов пожилого возраста, не вызывает сонливости, обладает выраженной антихолинергической активно-

стью, двигательные нарушения при его применении возникают реже, чем при использовании других нейролептиков. Тиоридазин может вызывать сексуальные расстройства (в том числе нарушении эякуляции), иногда (при использовании в высоких дозах) – дегенерацию сетчатки;

3. Пиперазиновые производные (содержат в боковой цепи ядро пиперазина). К этой группе относятся: фторфеназин (флуфеназин, модитен), этаперазин (перфеназин) и трифтазин (трифлуоперазин). Седативное и антихолинергическое действие препаратов этой группы менее выражено, чем у аминазина. Однако, при их применении возможно появление двигательных расстройств, особенно у пожилых пациентов.

Нейролептики другой химической структуры [21, 26, 30, 35]:

• Бутерофеноны. Галоперидол оказывает выраженное антипсихотическое действие, обусловленное блокадой деполяризации или уменьшением степени возбуждения допаминовых нейронов (снижение высвобождения) и блокадой постсинаптических $D_2$-рецепторов в мезолимбических и мезокортикальных структурах головного мозга. Оказывает умеренное седативное действие, обусловленное блокадой α-адренорецепторов ретикулярной формации ствола головного мозга; выраженное противорвотное действие, обусловленное блокадой $D_2$-рецепторов триггерной зоны рвотного центра; гипотермическое действие и галакторея, обусловленная блокадой дофаминовых рецепторов гипоталамуса. Длительный прием сопровождается изменением эндокринного статуса, в передней доле гипофиза повышается продукция пролактина и снижается продукция гонадотропных гормонов. Блокада дофаминовых рецепторов в дофаминергических путях чёрно-полосатой субстанции способствует развитию экстрапирамидных двигательных реакций, а в тубероинфундибулярной системе – уменьшает высвобождение соматотропного гормона. Практически не оказывает холиноблокирующего действия. Устраняет стойкие изменения личности, бред, галлюцинации, мании, усиливает интерес к окружающему. Эффективен у пациентов, резистентных к другим нейролептикам. Оказывает некоторое активирующее действие. У гиперактивных детей устраняет избыточную двигательную активность, поведенческие расстройства (импульсивность, затрудненную концентрацию внимания, агрессивность).

• Атипичные нейролептики (азалептин, рисперидон, тиоридазин, сульпирид). Эти препараты называются «атипичными» так как они редко вызывают двигательные нарушения. Азалептин (клозапин) является единственным истинным атипичным нейролептиком, потому что он практически не вызывает экстрапирамидных расстройств и эффективен при резистентности к лечению другими антипсихотическими средствами. Препарат может вызывать нейтропению и агранулоцитоз, поэтому его применяют в основном при неэффективности других антипсихотических средств. Азалептин в терапевтических дозах блокирует в основном $D_4$-рецепторы, оказывая слабое влияние на $D_2$-рецепторы стриапаллидарной системы. Вместе с тем азалептин блокирует м-холинорецепторы и 5-$HT_2$-рецепторы. Возможно, что атипичное действие азалептина связано с его м-холиноблокирующей активностью, так как антихолинергические средства уменьшают выраженность двигательных нарушений, вызванных применением нейролептиков. Однако тиоридазин, также оказывающий м-холиноблокирующее действие, может вызвать экстрапирамидные расстройства. Рисперидон – это антипсихотическое средство без седативного эффекта, оказывающее слабое антихолинергическое и α-адренблокирующее действие. Рисперидон является антагонистом 5-$HT_2$-рецепторов и $D_2$-рецепторов. Сульпирид является антагонистом $D_2$-рецепторов, оказывает седативное действие, обычно хорошо переносится пациентами. Препарат широко используют при шизофрении, имеет большое сродство к мезолимбическим $D_2$-рецепторам, чем к стриатным $D_2$-рецепторам.

*Роль дофаминергической системы в функционировании ЦНС*

Известно, что дофамин играет важную роль в функционировании ЦНС, оказывая влияние на различные проявления психической деятельности животных и человека [33, 34]. На сегодняшний день хорошо известно, что мозговые процессы с участием дофамина в значительной степеней нарушаются при развитии депрессии [13]. Показано, что активация $D_1$/$D_5$-рецепторов в гиппокампе устраняет длительную депрессию [3, 4]. Вероятно, что такие изменения в нейронных сетях являются одним из ключевых механизмов обеспечения условно-рефлектроной деятельности мозга. Показано, что дофамин в префронтальной коре крысы может приводить к трансформации длительной депрессии в длительную потенциацию, и этот эффект требует активации как $D_1$, так и $D_2$-рецепто-

ров [13]. У людей, проявлявших симптомы обширной депрессии, наблюдается усиленное химическое взаимодействие между рецепторами $D_1$ и $D_2$ нейромедиатора дофамина в головном мозге. С дисфункцией дофаминергической системы прежде всего связывают развитие паркинсонизма, шизофрении, а также синдрома дефицита внимания и гиперактивности у детей и подростков [35].

Моторные нарушения при паркинсонизме, в том числе развитие тремора, считают следствием дефицита нигростриатных дофаминергических влияний. В результате усиливаются тормозные воздействия энтопедункулярного ядра на нейроны моторных ядер таламуса и фазируется поток афферентных импульсов в двигательную кору [15, 24]. Причиной когнитивных нарушений при данном заболевании (памяти, речи, зрительной ориентации и т.д.) является, вероятно, недостаточность дофаминергических проекций в кору и лимбическую систему. Дисфункция $D_1$-рецепторов префрональной коры также может быть служить основой негативных моторных и когнитивных симптомов.

Генетическая предрасположенность к шизофрении обусловлена индивидуальными особенностями в наборе изоформ рецепторов $D_3$ и, возможно, $D_4$, что приводит к их гиперчувствительности [1]. Предполагают также, что причиной шизофрении является гипоактивность дофаминергической системы, вызывающая дофаминергическую сенситизацию, периодически перемежающаяся с дофаминергической гиперактивностью. При этом нарушается функционирование кортико-стриато-таламо-кортикальной цепи, что отрицательно влияет на процессы внимания, мышления и приводит к психотическим синдромам.

Действительно, эксперименты на животных показывают, что повышенная активность дофаминергической системы приводит к нарушению обработки сенсорной информации. Кроме того, гиперфункция дофаминергической системы может приводить к чрезмерному усилению сигнал/шум в нейронных цепях, что способствует инициации стереотипных ответов [26].

Предполагается, что развитие паркинсонизма и шизофрении может быть также связано с нарушениями баланса активности дофаминергической и глутаматергической систем. При этом активация дофаминергической системы и угнетение глутаматергической системы улучшают двигательные функции, но вызывают развитие психотических состояний; снижение активности дофаминергической системы и активация глутаматергической системы оказывают обратное действие.

Имеются многочисленные данные о субоптимальной активности дофаминергической системы при эндогенной депрессии [25]. Так у депрессивных пациентов обнаружен повышенный пролактиновый ответ на сулпирид (антагонист $D_2$- рецепторов). Авторы исследования заключают, что у депрессивных испытуемых повышена чувствительность данного рецептора как следствие недостаточного уровня дофамина в ЦНС. Интересно отметить, что длительный хронический стресс приводит к снижению фоновой импульсной активности дофаминергических нейронов вентрального тегментума/чёрной субстанции у крыс, что может служить одним из факторов развития депрессии [23].

Синдром дефицита внимания и гиперактивности – часто встречающееся нарушение психического развития (обнаруживается у 3-6 % школьников), которое у детей включает в себя неадекватно высокую поведенческую (в том числе моторную) активность, импульсивность, невнимательность, трудность сосредоточения на одной задаче. У взрослых данная патология проявляется в асоциальном поведении, чувстве страха, депрессии. Такие симптомы характерны для поражений лобных отделов неокортекса. Традиционно принято считать, что причиной данного заболевания является редукция дофаминергической системы, что приводит к дисфункции префронтальной коры. Данная точка зрения подкрепляется исследованиями нейронных систем специально выведенной генетической линии гиперактивных крыс [31].

В настоящее время выделяют два подтипа синдрома дефицита внимания и гиперактивности. В первом случае наблюдается дизрегуляция деятельности индивида, ярко выражена гиперактивность, понижен тормозный контроль. Причиной, как считают, является дисфункция мезокортикальной ветви дофаминергической системы, проецирующейся к центрам коркового контроля, прежде всего к префронтальной коре. Во втором случае выявляется нарушение мотивационной сферы. Это может быть следствием дисфункции мезолимбической ветви, связанной с процессами подкрепления и проецирующейся, в частности, к n. *accumbens* [31, 32].

В настоящее время выдвинуто предположение, что в основе когнитивных механизмов синдрома дефицита внимания и гиперактивности лежит аномальный баланс дофамина, не только с норадреналином, но и с другими нейромедиаторами. Причем поведенческие нарушения могут

быть обусловлены и избыточной активностью дофаминергической системы [33]. Генетическую предрасположенность к синдрому дефицита внимания и гиперактивности связывают с изоформами генов транспортера дофамина, рецептора $D_2$ и $D_4$. На основании этого предполагают участие $D_4$ в организации исследовательского поведения. Высказывают предположение, что определенные генетически предопределенные варианты рецепторов дофаминергической системы могут лежать в основе «синдрома дефицита подкрепления». Синдром проявляется при сочетании ряда наследуемых черт с неблагоприятными воздействиями среды (ранние стрессы, родительский алкоголизм и т.д.). Главной особенностью является пониженная активность дофаминергической системы. Синдром приводит к повышенному риску возникновения импульсивных и компульсивных расстройств: алкогольной, никотиновой, кокаиновой, героиновой и иных зависимостей, аутизму, насильственному и асоциальному поведению [30, 31].

Также, дофамин играет ключевую роль в системе «приближающего поведения». Это система положительной обратной связи, которая активируется стимулом, связанным с поощрением или прекращением (пропуском) наказания. Такая система повышает пространственно-временную близость к стимулу, что позволяет ей направлять поведение организма к целям, обеспечивающим выживание особи.

Сейчас не подлежит сомнению важность роли дофаминергической передачи в контроле мотивационных, исследовательских и познавательных процессов, а также адаптации к стрессовым ситуациям [5, 23]. В опытах на крысах было показано, что электрическое раздражение области вентрального тегментума/чёрной субстанции, где расположены дофаминовые нейроны, может служить источником самостимуляции. Предполагают, что дофаминовые нейроны могут играть важную роль в мозговой системе вознаграждения [1]. Дофаминергическую систему рассматривают как детектор благоприятности среды: она активируется событиями, которые лучше, чем ожидалось; не реагирует – при совпадении с ожиданием и тормозится – если события хуже, чем ожидалось [6]. Так, у крыс обнаружено снижение уровня исследовательской активности в результате разрушения мезокортикальных дофаминергических нейронов, тогда как при инъекции апоморфина, агониста дофаминергических рецепторов, происходило восстановление исследовательского поведения [9].

В связи с тем, что у больных шизофренией (в развитии которой важную роль играют нарушения дофаминергической системы) искажено восприятие времени, предполагают, что дофаминергическая система участвует в контроле «внутренних часов» мозга [3, 4]. Предполагается также роль дофаминергической системы в появлении зрительных галлюцинаций. Так, считают, что за галлюцинации может быть ответственно увеличение дофаминергического влияния в префронтальной коре, повышение активности нейронов этой области коры и прилежащего ядра [11].

Имеются многочисленные свидетельства участия дофаминергической системы в процессах памяти. Электрическое раздражение чёрной субстанции ухудшает формирование реакции пассивного избегания [32]. Хирургическая или нейрохимическая инактивация чёрной субстанции приводит к нарушениям простых и сложных форм в познавательной сфере. Причем с усложнением когнитивных задач увеличиваются трудности в их решении, возрастают и сроки компенсации. Для условных рефлексов они составляют одну-две недели, функция обобщения и абстрагирования не восстанавливаются в течение двух месяцев [21]. Дофаминергическая система обеспечивает поздние, произвольные стадии внимания и его устойчивость [30].

Дофаминергическая система играет важную роль в организации агрессивного поведения. Так, показано, что системное применение агонистов дофамина и их микроинъекции в амигдалу, латеральный и медиальный гипоталамус, центральное серое вещество облегчают запуск агрессивных реакций [8]. Аутоагрессия у человека может быть связана с дисфункцией дофаминергической системы. Об этом свидетельствуют исследования депрессивных пациентов, которые в дальнейшем предпринимали попытки суицида [15].

Многочисленные данные свидетельствуют об участии дофамина в регуляции парадоксального сна [1, 5, 13]. Предполагают, что за сновидения при парадоксальном сне может быть ответственно увеличение дофаминергического влияния в префронтальной коре, последующая активация корковых нейронов и увеличение активности клеток прилежащего ядра [9].

Считают, что дофаминергическая система играет важную роль в формировании условных

рефлексов. Так, при обучении в ответ на условный стимул появляется пачечный разряд дофаминергических нейронов чёрной субстанции [12]. Активность дофаминергических нейронов зависит от биологически значимых стимулов [8]. В ответ на новый или подкрепляющий стимул дофаминергические нейроны генерируют пачечный разряд [7]. При сочетании условного и подкрепляющего стимулов дофаминергические нейроны начинают реагировать только на условный стимул и перестают отвечать на подкрепляющий [1, 21].

Традиционно дофаминергическую систему связывают с организацией двигательных актов [2, 7]. Известно, что гибель дофаминовых нейронов вентрального тегментума/чёрной субстанции является причиной развития болезни Паркинсона, сопровождающейся разнообразными двигательными расстройствами [22, 34]. Исследования инструментальных условных рефлексов на обезьянах показали, что при разрушении дофаминовых клеток введением нейротоксинов в большей степени страдает фаза инициации движения и меньше его реализация [31]. В связи с этим предполагают, что дофаминергические нейроны принимают участие не только в контроле движений, но и в запуске двигательного акта [7]. Однако необходимым условием для этого должна быть самоинициируемость движения и направленность его на определенный результат (достижение положительного подкрепления). Структурной основой для этого могут быть дофаминовые пути, которые контролируют активность нейронов базальных ганглиев и субталамических ядер в цепи неокортекс-стриатум-таламус-неокортекс.

**Заключение**

Все вышеизложенное позволяет заключить, что дофаминергическая система является важным объединением, которое регулирует функции головного мозга, запускает и переключает различные поведенческие состояния, принимая участие в основных актах двигательной активности. Дофаминзависимые физиологические механизмы лежат в основе реализации биологической активности различных фармпрепаратов — дофаминомиметиков и нейролептиков, а нарушения данной медиаторной системы могут приводить к различным патологиям в организме: шизофрении, тревожно-депрессивным и паническим расстройствам.

This review examines data regarding structural and functional arrangement of dopaminergic system and its role in activities of the brain and body as a whole. General features of basic types of central dopaminergic receptors are given. Effects of agonists and antagonists of these receptors are shown. Possible reasons for complexity and diversity of effects, that are caused by dopamine on different areas of CNS are analyzed.
***Key words:*** *dopamine, dopaminergic system, dopaminergic receptors, agonist, antagonist.*

**Список литературы**

1. Оленев, С.Н. Конструкция мозга / С.Н. Оленев. – Л.: Медицина, 1987. – 208 с.
2. Отеллин, В.А. Нигрострионигральная система / В.А. Отеллин, Э.Б. Арушанян. – М.: Медицина, 1989. – 217 с.
3. Раевский, К.С. Дофаминергические системы мозга: рецепторная гетерогенность, функциональная роль, фармакологическая регуляция / Раевский К.С. , Сотникова Т.Д., Гайнетдинов Р.Р. // Успехи физиол. наук. 1996. Т. 27, № 4. С. 3-29.
4. Раевский, К.С. Функциональная роль и фармакологическая регуляция дофаминергической системы мозга / К.С. Раевский // Вестник РАМН. 1998. Т. 8. С. 19-24.
5. Сторожук, В.М. Дофаминергическая модуляция нейронной активности в коре головного мозга бодрствующего животного / В.М. Сторожук. К.: Изд-во «Наукова думка», 2008. 112 с.
6. Хухо, Ф. Нейрохимия. Основы и принципы / Ф. Хухо. М.: Мир, 1990. 384 с.
7. Шаповалова, К.Б. Возможные нейрофизиологические и нейрохимические механизмы участия стриатума в инициации и регуляции произвольного движения / К.Б. Шаповалова // Физиол. журн. СССР. 1985. Т. 71, № 5. С. 537-553.
8. Шуваев, В.Т. Базальные ганглии и поведение / В.Т. Шуваев, Н.Ф. Суворов. СПб.: Изд-во «Наука», 2001. 278 с.
9. Arbuthoutt, G.W. Brain microdialysis studies on control of dopamine release and metabolism in vivo / Arbuthoutt G.W., Fairbrother I.S., Butcher S.P. // Journal of neurosci. methods. 1990. V. 34. P. 73-81.

10. Aston-Jones, G. Conditioned responses of monkey locus coeruleus neurons anticipate acquisition of discriminative behavior in vigilance task / Aston-Jones G., Rajkowski J., Kubiak P. // Neuroscience. 1997. V. 80, № 3. P. 697-715.

11. Belekhova, M.G. Neurophysiology of the brain / M.G. Belekhova // Biology of the reptilia. 1979. V. 10. P. 287-359.

12. Carlsson, A. Presynaptic dopaminergic autoreceptors as targets for drugs / A. Carlsson // Presynaptic receptors and neuronal transporters. 1991. P. 43-48.

13. Civelli, O. Molecular diversity of the dopamine receptors / O. Civelli, R.J. Bunzow, D.K. Grandy //Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. 1993. V. 32. P. 281-307.

14. Cloninger, C.R. A new conceptual paradigm from genetics and psychobiology for the science of mental health / Cloninger, C.R. // Australian and New Zealand J. Psychiatry. 1999. V. 33, № 2. P. 174-186.

15. Cui, R.Q. High resolution DC-EEG analysis of the Bereitschaftspotential and post movement onset potentials accompanying uni- or bilateral voluntary finger movements / R.Q. Cui, L. Deecke // Brain Topogr.1999. V. 11, № 3. P. 233-249.

16. Czachura, J.F. Effects of acute and chronic administration of fluoxetine on the activity of serotonergic neurons in the dorsal raphe nucleus of the rat / J.F. Czachura, K. Rasmussen // Naunyn Schmiedebergs Arch. Pharmacol. 2000. V. 362, № 3. P. 266-275.

17. Damen, E.J. Changes in heart rate and slow brain potentials related to motor preparation and stimulus anticipation in a time estimation task / E.J. Damen, C.H. Brunia // Pshychophysiology.1987. V. 24, № 6. P. 700-713.

18. Dopamine modulates temporal dynamics of feedforward inhibition in rat prefrontal cortex in vivo / P.L. Tierney, A.M. Thierry, J. Glowinski [et al.] // Cerebral Cortex. 2008. V. 10. P. 2251-2262.

19. Distinguishing characteristics of serotonin and non-serotonin-containing cells in the dorsal raphe nucleus: electrophysiological and immunohistochemical studies / L.G. Kirby, L. Pernar, R.J. Valentino et al. // Neuroscience. 2003. V. 116, № 3. P. 669-683.

20. Goerendt, I.K. Dopamine release during sequential finger movements in health and Parkinson's disease: a PET study / I.K.Goerendt, C. Messa, A.D. Lawrence // Brain. 2003. V. 126, № 2. P. 312-325.

21. Hansen, J.C. The temporal dynamics of human auditory selective attention / J.C. Hansen, S.A. Hillyard // Psychophysiology.1988. V. 25, № 3. P. 316-329.

22. Hansenne, M. Catecholaminergic function and temperament in major depressive disorder: a negative report / M. Hansenne, M. Ansseau / Psychoneuroendocrinology. 1998. V. 23, № 5. P. 477-483

23. Hegerl, U. Clinical application of event related potentials in psychopharmacotherapy / U. Hegerl, J. Gallinat, P. Mavrogiorgou / Biological Psychiatry. – 1997. V. 42, № 11. P. 213S.

24. Hill, S.Y. Developmental delay in P300 production in children at high risk for developing alcohol-related disorders / S.Y. Hill, S. Shen, J. Locke, S.R. Steinhauer // Biological Psychiatry. 1999. V. 46, № 7. P. 970-981.

25. Hollerman, J.R. Dopamine neurons report an error in the temporal prediction of reward during learning / J.R. Hollerman, W. Schultz // Nature neuroscience. 1998. V. 1, № 4. P. 304-309.

26. Jacobs, B.L. Norepinephrine-serotonin interaction in brain / Jacobs, B.L. // Pol. J. Pharmacol. Pharm. 1991. V.43, № 3. P. 231-239.

27. Kawahara, Y. Tonic regulation of the activity of noradrenergic neurons in the locus coeruleus of the conscious rat studied by dual-probe microdialysis / Y. Kawahara, H. Kawahara, B.H. Westerink // Brain Research. 1999. V. 823, № 1-2. P. 42-48.

28. Marek, G.J. The electrophysiology of prefrontal serotonin systems: therapeutic implications for mood and psychosis / G.J. Marek, G.K. Aghajanian // Biological Psychiatry. 1998. V. 44, № 11. P. 1118-1127.

29. McCarthy, G. A metric for thought: a comparison of P300 latency and reaction time / G. McCarthy, E. Donchin // Science. 1981. V. 211, № 4477. P. 77-80.

30. Netto, S.M. Anxiogenic effect of median raphe nucleus lesion in stressed rats / S.M. Netto, R. Silveira, N.C. Coimbra // Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry. 2002. V. 26, № 6. P. 1135-1141.

31. Richfield, E. Comparative distribution of dopamine D1 and D2 receptors in the cerebral cortex of the rats, cats and monkeys / E. Richfield, A. Young, J. Penney // J. Comp.Neurol. 1989. V. 286, № 4. P. 409-426.

32. Schultz, W. Predictive reward signal of dopamine neurons / W. Schultz // J. Neurophysiol. 1998. V. 80, № 1. P. 1-27.

33. Sesack, S.R. Ultrastructural associations between dopamine terminals and local circuit neurons in the monkey prefrontal cortex: a study of calretinin-immunoreactive cells / S.R. Sesack, C.N. Bressler, D.A. Lewis // Neurosci. Lett. 1995. V. 10, № 1. P. 9-12.

34. The bereitschaftspotential is abnormal in Parkinson's disease / J.P. Dick, J.C. Rothwell, B.L. Day et al. // Brain. 1989. V. 112, № 1. P. 233-244.

35. Tryptophan depletion effects on EEG and MEG responses suggest serotonergic modulation of auditory involuntary attention in humans / Abhveninen J., Kahkonen S., Pennanen S. et al. // Neuroimage. 2002. V. 16. P. 1052-1061.

**Об авторах**

Колотилова О.И. - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, *oxy1978@mail.ru.*

Коренюк И.И. - доктор биологических наук, профессор Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, *ikoreniuk@yandex.ru.*

Хусаинов Д.Р. - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, *gangliu@yandex.ru*

Черетаев И.В. - кандидат биологических наук, младший научный сотрудник Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, *5612178@ukr.net*

**УДК 911.37 (470.31)**

# ТРАНСФОРМАЦИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

М.Н. Куница

Анализируются процессы современной трансформации демографической структуры населения Центральной России. Раскрыты ее общие и региональные особенности на двух уровнях. Выявлены главные угрозы и тенденции развития демографической структуры, ведущие направления региональной демографической политики.
***Ключевые слова:*** *население, трансформация, демографическая структура, естественное и миграционное движение населения, демографическая угроза, региональная демографическая политика.*

Для современного периода развития России характерны кардинальные изменения социально-экономических отношений, функционирования населения. Роль демографической структуры определяется особенностями ее потенциала, проявлением и соотношением трех ведущих функций – лимитирующей, дифференцирующей и оптимизирующей [4]. Характер оптимизирующей и лимитирующей обусловлен величиной и структурой демографического потенциала, интенсивностью демографических процессов (естественного, социального, миграционного типов движения населения), степенью конфликтности экономико-, социально-, расселенческо-, эколого-демографических взаимосвязей. Достижение «демографического оптимума» (по А. Сови) возможно при сбалансированности всех типов отношений, эффективности демографической политики. Лимитирующая функция связана с активным проявлением неблагоприятных для расселения региона демографических процессов, усиливающих диспропорции, проблемность и противоречивость его развития. Дифференцирующая функция определяет территориальную неоднородность и разнообразие демографической структуры как важного условия сбалансированного функционирования системы расселения и всего региона. Соотношение функций – динамично.

Значение демографической структуры как фактора и индикатора общественного развития нарастает. Особенно интенсивно это проявляется в Центральной России (Центральном федеральном округе – ЦФО) с кризисной социально-демографической ситуацией. На развитие населения оказывает влияние комплекс гетерогенных факторов: социально-экономических, историко-политических, биологических, этно-демографических, природно-экологических. Анализируемый период (с 1990 года) – очень сложен. Его характеризует деформация долговременной эволюции демографического перехода в условиях становления новых государственных структур и типов социально-экономических отношений,

экономических кризисов, трансформации социально-политических процессов, смены демографических волн, экологической Чернобыльской катастрофы. Радиоактивному загрязнению подверглись 10 субъектов ЦФО. Основной ареал – Брянская, Калужская, Тульская и Орловская области, где расположено 82% «чернобыльских» поселений. Самая пострадавшая – Брянская область. Здесь представлены все зоны загрязнения, в пределах которых проживает четверть ее населения.

Процессы трансформации демографической структуры отличают повышенный динамизм, пульсационность, структурная и территориальная сложность. Основными тенденциями являются: «волнообразный» характер изменения численности населения, ранний демографический переход, депопуляция, деформация половозрастной и семейной структур, демографическое старение, активизация, усложнение «характера миграций, социальная сверхполяризация общества. Положительные тренды последних лет несколько ослабили негативные процессы.

В современный период общероссийская демографическая роль ЦФО усиливается. Она во многом определяется особенностями округа как крупнейшего региона с максимальной естественной убылью и наибольшим уровнем миграционного притока в стране, выраженным комплексом проблем демографической безопасности.

Демографический кризис лимитирует сбалансированное развитие регионов ЦФО. Происходит трансформация системы угроз.

Одна из главных – снижение демографического потенциала. В настоящее время активизацию процесса сокращения численности населения в округе сменила обратная тенденция. Сложная динамика (рост – падение – рост) определила некоторое увеличение (несколько более 2 %) количества жителей Центра. Это обусловило высокий «рейтинг» региона среди федеральных округов: 3 место после Северо-Кавказского и Южного с более значимым положительным трендом. ЦФО – постоянный лидер концентрации населения страны. Ее уровень даже вырос: с 25,8 % в 1990-1991 годах до 27,0 % в 2013 году. Однако существенна региональная дифференциация процессов.

Уменьшение численности типично для 14 областей со сложной динамикой и для Тульской – с постоянным сокращением людности. Максимальное количество жителей (20 – 16 %) потеряли Тверская, Ивановская, Тульская, Костромская, Смоленская, Тамбовская и Курская, большое (15 – 10 %) – Брянская, Рязанская, Владимирская, Орловская, Ярославская области. В них высокая естественная убыль не компенсировалась миграционным притоком или усиливалась оттоком. В Воронежской, Калужской и Липецкой областях с менее неблагоприятной демографической ситуацией интенсивность сокращения ниже (6 – 5 %). Положительная тенденция роста населения характерна для Москвы (36 %), Белгородской (12 %) и Московской (7 %) областей, где наблюдалась смена функции активного миграционного притока (снижение уровня депопуляции – замещение естественной убыли – увеличение населения в «тандеме» с естественным приростом в последние годы в столице).

Население стало уменьшаться даже в значительном количестве городских поселений. Однако, уровень концентрации горожан – постоянно наибольший среди округов (сейчас почти 30 % российского).

В сельской местности процесс сокращения людности – длителен. Темпы сокращения – максимальны в России. Удельный вес ЦФО в сельском населении страны снизился с 21,5 % в 1990 году до 19,0 % в 2013 году. Наиболее активна депопуляция в регионах с доминированием мелко- и мелко-среднеселенного расселения, обширными территориями периферии, социально-экономической депрессии. Основная проблема – ослабление, а в ряде районов – исчерпание демографического потенциала. Особо выражена она в Тверской, Ивановской, Калужской, Костромской, Смоленской, Рязанской областях, потерявших 18-28 % жителей. Для наиболее радиоактивно загрязненных ареалов Брянской области характерна демографическая деградация. На другом полюсе – относительно благополучные Белгородская и Московская области с миграционно стимулированным ростом количества сельских жителей.

Депопуляция во многом обусловлена кризисом процессов воспроизводства населения. Это – еще одна угроза региональному развитию.

Важная социально-демографическая проблема ЦФО – низкий уровень рождаемости– длительна. Округ находится на последней позиции в России. Несмотря на изменение тренда с негативного на позитивный (падение показателя в конце XX в. – рост с начала XXI в.) в результате положительного влияния демографической волны, реализации мер демографической политики и Национального проекта «Здоровье» она остается значимой. Коэффициент рождаемости в 2012-2013 годах несколько превысил

уровень 1990 года (11,4 - 11,3 ‰ против 11,2 ‰) [3]. Однако даже выросший (до 1,47 в 2012 году) суммарный коэффициент рождаемости не обеспечивает простого воспроизводства населения.

Значительны региональные различия. Произошла смена «лидеров». Данную позицию утратили Белгородская и Брянская области, «приобрели» - Костромская, Московская, Ярославская (12,8–12,0 ‰ в 2012–2013 гг.). Наиболее низки коэффициенты в Тамбовской, Тульской, Воронежской, Смоленской и Рязанской областях (9,5–11,0 ‰). Разрыв между «полюсами» уменьшается. В последние годы сельская местность восстановила лидерство по уровню рождаемости, перекрыв городской показатель. Высока внебрачная рождаемость (21,3 % - 20,4 %), хотя положение в округе – одно из лучших в России.

Ожидается уменьшение интенсивности деторождения вследствие сужения репродуктивной когорты населения наряду с постарением рождаемости, нестабильностью семейных отношений [2]. Негативен фактор социально-экономического кризиса. Данная тенденция проявилась уже в 2013 году в России, ЦФО в целом и ее 11 из 18 регионов. Проблема – комплексна. Важный приоритет «поддержания» рождаемости – реализация демографической политики.

Высокая смертность – выраженная демографическая угроза. Наблюдался «кризис смертности» вследствие резкого ее роста – до 17,9 ‰ в 2003 году [1]. Для современного периода характерен положительный тренд ее снижения вследствие, в частности, развития системы здравоохранения и особенностей демографической волны. Однако общий коэффициент смертности жителей Центра остается высоким – 13,9 –13,6 ‰ в 2012–2013 годах [3]. По его уровню ЦФО обычно делил «лидерство» с Северо-Западным округом, а в последние годы уступил его Приволжскому. Велики региональные различия. Выражена полярность. В настоящее время смертность варьирует от 9,9 – 9,6 ‰ в Москве до 17,4 – 18,3 ‰ в Тверской и Тульской областях. Положение в городах значительно лучше, чем в сельской местности, где показатели – максимальны в стране. Структура причин смерти населения ЦФО и России аналогична: болезни системы кровообращения, новообразования, внешние, болезни органов пищеварения, заболевания дыхательной системы. Удельная смертность от первых двух причин в Центре больше, а от третьей – существенно меньше общероссийской. Важная проблема – повышенный уровень смертности в трудоспособной когорте, особенно мужской. Актуальна задача снижения ее предотвратимой составляющей. Несмотря на современное сокращение значительна младенческая смертность. Однако ситуация в ЦФО – одна из лучших в стране. Доминирует летальность от состояний, возникших в перинатальный период. Значительна доля врожденных аномалий, которая в округе в целом и в большинстве его субъектов превышает российский показатель. Сложна проблема генетического здоровья жителей.

На фоне старения населения, сокращения трудоспособной категории и роста демографической нагрузки на нее прогнозируется смена тренда – увеличение смертности [2]. Активизация развития здравоохранения – фактор сдерживания негативных процессов.

Важный критерий ВОЗ, определяющий качество населения, – средняя ожидаемая продолжительность жизни. В конце XX века ее уровень в целом соответствовал среднероссийскому, в начале XXI века несколько превысил его. Длительный период снижения сменился ростом в результате сокращения возрастных коэффициентов смертности. В 1990 году СОПЖ составил 69,7, 2000 году – 66,07, 2005 году – 66,29, 2012 году – 71,43 года [1, 5]. Региональными «полюсами» являются Москва и Белгородская область с максимальными и особо проблемные – Тверская, Тульская и Смоленская области с минимальными показателями. Большая разница (11 лет) в продолжительности жизни мужчин и женщин – свидетельство социального неблагополучия.

Естественная убыль населения является выраженной угрозой региональному развитию. Демографический переход от невысокого прироста к убыли произошел в 1989 году – ранее, чем в целом в стране. В сельской местности она наблюдается в течение длительного периода – более 30 лет. В последние годы проявилась положительная тенденция уменьшения показателя вследствие повышения рождаемости и сокращения смертности. Современный уровень убыли населения (-2,5 – -2,3 ‰ в 2012–2013 годах) позволяет оценить ее как докризисную согласно критерию демографической безопасности [3]. Однако это – максимум в стране. Выражена региональная дифференциация процессов. Население Москвы «восстановило» естественный прирост (1,4 – 1,7 ‰). Наименее неблагоприятная ситуация типична для Московской и Белгородской областей с докризисной ситуацией (-2,4 – -1,8 ‰). Другой полюс с длительными особо кризисными процессами, низкой рождаемостью и высокой смертностью – Тульская, Тверская, Смоленская, а сейчас и Тамбовская области.

В них и в настоящее время показатели составляют -7,6 – -5,8 ‰. Нарастают социально-демографические контрасты «центр – периферия», «зоны депопуляции – роста». Сложна ситуация на радиоактивно загрязненном юго-западе Брянской области.

Главная проблема – депопуляция региона, особенно сельской местности. Суженный тип воспроизводства населения будет и в ближайшей перспективе одним из индикаторов социально-экономического развития ЦФО. Ожидается возобновление негативных тенденций рождаемости, смертности и воспроизводства [2]. Реализация федеральной и региональных демографических программ должна способствовать ослаблению кризиса.

Качественное изменение половозрастной структуры – важный индикатор демографической угрозы. Усиливается ее регрессивность, разбалансированность. Положительный тренд современного увеличения удельного веса детей и подростков недостаточно интенсивен. В 1990 голу он составил 20,9 %, в 2012 - 2013 годах – всего 14,4 – 14,8 % – минимум в стране [5]. Прирост трудоспособного населения сменяется его сокращением: с «пика» 62,6 % в 2006 году до 60,0 – 59,3 % в 2012 – 2013 годах. Тенденция уменьшения доли пенсионеров исчерпана, начался обратный процесс. Уже сейчас она достигла 25,9 % – максимума среди округов. Уровень демографической старости – наибольший в России. Потенциал трудоспособной когорты в селах ниже, а старшей возрастной группы – существенно выше, чем в городских поселениях. Самая разбалансированная половозрастная структура в Тульской, Тверской, Рязанской, Тамбовской областях. Современные негативные тенденции – фактор будущего ухудшения положения на рынке труда. Среди направлений смягчения проблемы – рационализация миграционной политики.

Важная черта демографического развития – высокий динамизм механического движения, усложнение его «характера» и структуры. В течение анализируемого периода ЦФО выполняет функции миграционного фокуса. Произошла смена тренда снижения объема перемещений на рост в последние годы. Активность процессов больше среднероссийской. Удельный вес округа в миграционном обороте страны достаточно стабилен: 20 % в 1995 году, 20 % в 2000 году, 23 % в последние годы. Динамика прироста сложна. Положительное сальдо миграции в ЦФО – длительно максимальное в стране. Его некоторое уменьшение с 6,2 ‰ в 2012 году до 6,0 ‰ в 2013 году сопровождалось переходом лидерства к Северо-Западному округу [1, 7, 8]. В Белгородской и Московской областях приток выполняет замещающую функцию, в Москве – «совместно» с естественным приростом.

Меняется соотношение разных типов миграции населения. После периода уменьшения значение внешних снова растет. Роль ЦФО остается достаточно высокой: от 25 % в 2000 году, 33 % в 2010 году, 30 % в 2012 - 2013 годах.

Активное сальдо в последние годы формируется не только за счет ближнего, но и дальнего зарубежья. Доминируют связи со странами СНГ и Балтии. Наиболее интенсивны они с соседом первого порядка – Украиной. Изменился «рейтинг» остальных: снизился – Казахстана, вырос – среднеазиатских государств, Молдавии, Армении. Важна разработка эффективной системы привлечения и интеграции мигрантов в российский социум в условиях необходимости стимулирования их притока для компенсации убыли трудовых ресурсов, предотвращения конфликтов. Одно из направлений – активизация Государственной программы по оказанию содействия добровольному переселению в Россию соотечественников. Хотя их потенциал в СНГ сузился, он составляет примерно 5 млн. человек [6]. Значение программы возрастает, но ее роль еще невелика. ЦФО притягивает максимум данных мигрантов (48 - 49 % в 2012 - 2013 годах). Лидеры – Калужская и Липецкая области. В обмене с дальним зарубежьем формируется иммиграционный статус Германии, Израиля, сохраняется эмиграционное лидерство США.

Доминируют внутрироссийские перемещения. Центростремительный характер потоков определил роль ЦФО как миграционного фокуса притока. Усиливаются его темпы. За 1989-2002 годы прирост составил 787,2 тыс. человек (ежегодный – 56,2 тыс. чел.), 2003-2007 годы – 417,5 тыс. человек (ежегодный – 83,5 тыс. чел.), 2008-2013 годы – 1112,6 тыс. человек (ежегодный – 185,4 тыс. чел.) [1, 5, 7, 8]. Это – наибольшие величины в России. Регионы максимальной концентрации мигрантов – Москва и Московская область. Второй полюс – Белгородская область. В результате произошло некоторое улучшение демографической ситуации (половозрастной структуры, естественного воспроизводства). Одновременно обострился комплекс проблем, в частности жилищной, трудоустройства.

Растет доля внутрирегиональных миграций. Наиболее интенсивно такое движение в Брянской, Орловской и Костромской, наименее – столичном регионе, особенно Московской и Калужской областях.

В демографическом развитии территории важную роль сыграл особый вид миграций – беженцы и вынужденные переселенцы из стран СНГ и Чеченской республики. Их поток, пополнявший потенциал населения, был практически исчерпан. В 2012 году насчитывалось около 6,2 тыс. человек, в 2013 году – 4,4 тыс. человек зарегистрированных мигрантов [7, 8]. Наибольшая плотность типична для Белгородской, минимальная – для Ярославской, Костромской, Ивановской областей. С весны 2014 года вследствие военных действий на юго-востоке Украины активность потока существенно выросла. Базовый принимающий регион кроме основных Южного и Северо-Кавказского – ЦФО, особенно приграничные Воронежская, Белгородская, Курская, Брянская области.

Происходит качественная трансформация структуры перемещений: по типам (смена доминанты вынужденной на экономическую) и направлениям. Большая емкость рынка труда определяет высокую концентрацию рабочей силы. Выраженные полюса притяжения трудовых мигрантов – Москва, Московская и Белгородская области.

Новый вид миграций – вынужденные чернобыльские переселения наиболее интенсивны в Брянской области. Тренд уменьшения их активности сменился ростом в последние два года. Они продолжают являться важным фактором развития радиоактивно загрязненных территорий. Значительно менее выраженный их поток в Калужской и Тульской областях сейчас совсем не прослеживается.

Сложен тренд миграций со сменой положительного и отрицательного сальдо в большинстве субъектов ЦФО. Самая негативная ситуация с долговременным доминированием выезда, усиливающего депопуляцию, в Брянской, Костромской, Курской, Орловской областях. Особо проблемны периферийные районы сельской глубинки всех регионов ЦФО. Происходит усиление миграционного «расслоения» территорий на региональном и локальном уровнях, в частности активности процессов «центр-периферия».

Демографические процессы в ЦФО характеризуются выраженной территориальной дифференциацией (таблица).

**Таблица**

**Трансформация типологической структуры демографических процессов в г. Москве и областях ЦФО**

| Год | Типы динамики численности населения | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | увеличение | | | уменьшение | | |
| | демографические процессы – факторы динамики | | | демографические процессы – факторы динамики | | |
| | Е+ и М+ | Е+ > М– | Е– < М+ | Е+ < М– | Е– > М+ | Е– и М– |
| 1990 | Белгородская | | г. Москва<br>Калужская<br>Липецкая<br>Московская<br>Орловская<br>Рязанская<br>Ярославская | Брянская | Воронежская<br>Ивановская<br>Костромская<br>Смоленская<br>Тверская<br>Тульская | Владимирская<br>Курская<br>Тамбовская |
| 2000 | | | г. Москва<br>Белгородская | | Владимирская<br>Воронежская<br>Ивановская<br>Калужская<br>Костромская<br>Липецкая<br>Московская<br>Орловская<br>Тульская<br>Ярославская | Брянская<br>Курская<br>Рязанская<br>Смоленская<br>Тамбовская<br>Тверская |
| 2010 | | | г. Москва<br>Белгородская<br>Московская | | Владимирская<br>Воронежская<br>Ивановская | Брянская<br>Калужская<br>Костромская |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Липецкая<br>Тульская | Курская<br>Орловская<br>Рязанская<br>Тамбовская<br>Смоленская<br>Тверская<br>Ярославская |
| 2013 | г. Москва | | Белгородская<br>Московская<br>Ярославская | | Владимирская<br>Воронежская<br>Калужская<br>Курская<br>Липецкая<br>Рязанская<br>Тамбовская<br>Тверская<br>Тульская | Брянская<br>Ивановская<br>Костромская<br>Орловская<br>Смоленская |

естественный прирост (Е+), естественная убыль (Е–), миграционный прирост (М+), миграционная убыль (М–)

Проведенные исследования позволили выделить несколько типов геодемографической структуры (ГДС) с различной динамикой процессов, современной ситуацией, комплексом угроз и приоритетов региональной демографической политики. Один полюс – первый тип со сменой «относительно благоприятная – относительно неблагоприятная – относительно благоприятная» ГДС, основными рисками старения населения и высокого уровня миграционной зависимости от притока (Москва). Главные цели демографической политики: сохранение устойчивого естественного прироста, ограничение миграционного притока, минимизация нелегальной миграции. Другой полюс – седьмой тип с «длительной наиболее неблагоприятной» ГДС, сильными рисками развитию территорий: депопуляцией, суженным воспроизводством, активным старением населения, большой демографической нагрузкой, высоким уровнем миграционной зависимости при доминировании притока (Тверская, Тульская, Смоленская, Тамбовская области). Приоритеты политики: сокращение высокой естественной убыли до предкризисного уровня, снижение регрессивности половозрастной структуры, стимулирование притока, рационализация структуры потока, уменьшение интенсивной депопуляции, особенно сельской местности.

Значительны различия демографических процессов не только на межрегиональном, региональном, но и на локальном уровне. Особо сложна ситуация и система демографических угроз в чернобыльском регионе России. Здесь снижен порог демо-экологической безопасности, происходит ухудшение качества населения. Выражена дифференциация процессов, рисков и направлений демографической политики в зонах с разной плотностью радиоактивного загрязнения. Наиболее характерна она для основного ареала поражения – Брянской области.

Необходимое условие перехода к сбалансированному функционированию районов ЦФО – снижение остроты демографического кризиса, важным направлением преодоления которого является реализация региональной социально-демографической политики.

The processes of modern transformation of demographic structure of the population of Central Russia are analyses. Its general and regional features are revealed at two levels. The main threats and tendencies of the development of the demographic structure, the leading directions of the regional demographic policy are defined.
***Key words:*** *population, transformation, demographic structure, natural movement and spatial mobility of population, demographic threat, regional demographic policy.*

## Список литературы

1. Демографический ежегодник России. 2013. М.: Росстат, 2013. 186 с.
2. Демографический прогноз до 2030 года: http: //www. gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/progn.3
3. Естественное движение населения Российской Федерации в 2013 году: http: //www. gks.ru/bgd/regl/b14_106/Main.htm
4. Куница М.Н. Геодемографическая структура населения староосвоенного региона: особенности, дифференциация, проблемы в Центральном федеральном округе России. Брянск: Изд-

во РИО БГУ, 2009. 312 с.

5. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2013: http: //www. gks.ru/bgd/regl/b13_14p/IssWWW.exe/Stg/d1/02-05

6. Рыбаковский Л.Л. Демографическое развитие России в условиях глобализации //Демографическое развитие: вызовы глобализации (Седьмые Валентеевские чтения): Международная конференция /под ред. В.А. Ионцева, Н.В. Зверевой, Г.Е. Ананьевой, В.П. Тышкевич. М.: МАКС Пресс, 2012. С. 36-46.

7. Численность и миграция населения Российской Федерации в 2012 году: http: //www. gks.ru/bgd/regl/b13_107/Main.htm

8. Численность и миграция населения Российской Федерации в 2013 году: http: //www. gks.ru/ bgd/regl/b14_107/Main.htm

**Об авторе**

Куница М.Н. – кандидат географических наук, доцент Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, *geodem@mail.ru*

**УДК 528.854.4; 631.4**

# СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАХОТНЫХ УГОДИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.В. Лобанов, А.Ю. Зверева, М.В. Коханько, Е.В. Хорина,
Б.В. Тришкин, А.В. Полякова, А.П. Ужакина

Рассмотрены природные и антропогенные факторы пространственных различий спектральных характеристик пахотных угодий Брянской области и закономерности их сезонной и многолетней динамики. Обосновано влияние особенностей почв и ландшафтов на распределение значений NDVI

***Ключевые слова:*** *агроландшафты, дистанционный мониторинг, NDVI (normalized difference vegetation index), сезонная динамика*

Использование спектральных характеристик поверхности для оценки таксономической принадлежности почв обсуждается достаточно давно в связи с перспективами дистанционного мониторинга сельскохозяйственных земель [4,5,6,8,9].

Степень соответствия между почвенными выделами и фрагментами спутниковых снимков с однородным цветом и текстурой определяется различиями погодных условий, сочетанием почвенных факторов, состоянием естественной и культурной растительности. После обработки, исключающей действие атмосферы, различия между выделами определяются характеристиками почв и агроценозов относительно устойчивыми во времени и заметно изменяющимися по сезонам и годам. Группу устойчивых характеристик составляют: содержание гумуса, отдельных химических веществ механический состав, особенности структуры почвы; группу относительно изменчивых - влажность, температура почвы, проективное покрытие поверхности. Различия спектральной яркости выделов могут ослабляться или усиливаться погодными условиями, поэтому для дешифрирования характеристик почв представляется обоснованным учитывать сезонные и многолетие изменения их состояния, обусловленные динамикой ландшафтов [11]. Систематизация сведений о спектральных характеристиках антропогенно изменённых почв остается мало разработанным направлением. Во-первых, вследствие сравнительной новизны самих почвенных таксонов, особенно невысоких уровней классификации; во-вторых, большого разнообразия способов обработки почвы как фактора дифференциации их характеристик в пространстве и времени.

## Объекты и методы исследования

Распределение спектральных характеристик антропогенно изменённых почв рассмотрено нами на примере пахотных земель Брянской области по 265 ключевым участкам площадью 100 га, представляющих наиболее распространённые таксоны почв региона. Размер участков обоснован известными результатами исследований допустимой экстраполяции значений характеристик

почв, полученных на ключевых разрезах [10]. Спектральные свойства поверхности предложено характеризовать показателем NDVI (normalized difference vegetation index) – соотношением коэффициентов спектральной яркости в ближнем инфракрасном и красном диапазоне:

$$NDVI=(R_{NIR}–R_{RED})/(R_{NIR}+R_{RED}),$$ где

$P_{NIR}$ – коэффициент спектральной яркости, отношение плотности потока энергии от поверхности, зарегистрированной спектрорадиометром, и расчётной плотности полностью отражённого потока в диапазоне 841-846 нм при одинаковых условиях освещения; $P_{RED}$ – то же для диапазона 620-670 нм.В ближнем инфракрасном диапазоне значение плотности потока ($R_{NIR}$) складывается из отражения и теплового излучения от поверхности. Значения плотностей потока рассчитаны по данным спектрорадиометра MODIS уровня обработки 2 – показатель MOD09 [1,2].

Исходные данные, полученные с сервера доступа к информации проекта EOS (Earth Observing System) составляют средние за 8 дней значения спектральной яркости поверхности с исключением рассеивания или поглощения излучения атмосферой при лучших условиях освещения. По исходным данным рассчитаны среднемесячные значения NDVI за вегетационные периоды 2010-2013 гг. Сведения о значениях NDVI, распределённые по наиболее распространённым таксонам почв приведены в табл. 1. Такой подход к систематизации материала позволяет оценить влияние антропогенных факторов на дифференциацию почвенного покрова. Близость спектральных характеристик поверхности угодий с почвами разных таксонов отражают общую тенденцию сглаживания природных различий в районах с одинаковой сельскохозяйственной специализацией. В некоторых случаях происходит обратный процесс – разная эффективность землепользования усиливает природные контрасты.

Таблица 1

Средние значения индекса NDVI почв пахотных почв Брянской области

| **Распределение значений показателя MOD09 в 2013 г** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Таксон почв** | **Март** | **Апрель** | **Май** | **Июнь** | **Июль** | **Август** | **Сентябрь** | **Октябрь** | **Среднее** |
| дерново-подзолистые | 0,009 | 0,308 | 0,688 | 0,731 | 0,730 | 0,625 | 0,616 | 0,527 | 0,529 |
| дерново-подзолистые глееватые | 0,005 | 0,330 | 0,685 | 0,710 | 0,727 | 0,613 | 0,599 | 0,478 | 0,518 |
| Дерново-глеевые и дерново-подзолистые глеевые | 0,014 | 0,329 | 0,682 | 0,720 | 0,722 | 0,589 | 0,596 | 0,585 | 0,529 |
| Дерново подзолистые смытые | 0,007 | 0,225 | 0,647 | 0,755 | 0,740 | 0,630 | 0,559 | 0,496 | 0,508 |
| светло-серые | -0,005 | 0,271 | 0,674 | 0,756 | 0,731 | 0,649 | 0,600 | 0,380 | 0,507 |
| серые и темно-серые лесные | -0,005 | 0,210 | 0,678 | 0,746 | 0,735 | 0,672 | 0,605 | 0,332 | 0,497 |
| **Распределение значений показателя MOD09 в 2012 г** | | | | | | | | | |
| дерново-подзолистые | 0,010 | 0,343 | 0,697 | 0,794 | 0,734 | 0,676 | 0,634 | 0,360 | 0,531 |
| дерново-подзолистые глееватые | 0,009 | 0,308 | 0,688 | 0,731 | 0,730 | 0,625 | 0,616 | 0,527 | 0,529 |
| Дерново-глеевые и дерново-подзолистые глеевые | 0,007 | 0,335 | 0,721 | 0,798 | 0,746 | 0,699 | 0,649 | 0,303 | 0,532 |
| Дерново подзолистые смытые | 0,011 | 0,337 | 0,673 | 0,806 | 0,752 | 0,666 | 0,611 | 0,500 | 0,545 |
| светло-серые лесные | -0,002 | 0,353 | 0,715 | 0,764 | 0,716 | 0,634 | 0,634 | 0,401 | 0,527 |
| серые и темно-серые лесные | -0,003 | 0,371 | 0,705 | 0,761 | 0,690 | 0,624 | 0,601 | 0,490 | 0,530 |
| **Распределение значений показателя MOD09 в 2011 г** | | | | | | | | | |
| дерново-подзолистые | 0,083 | 0,455 | 0,640 | 0,620 | 0,636 | 0,504 | 0,644 | 0,620 | 0,525 |
| дерново-подзолистые глееватые | 0,075 | 0,448 | 0,605 | 0,643 | 0,654 | 0,556 | 0,630 | 0,578 | 0,524 |
| Дерново-глеевые и дерново-подзолистые глеевые | 0,001 | 0,499 | 0,626 | 0,586 | 0,614 | 0,511 | 0,605 | 0,620 | 0,508 |
| Дерново подзолистые смытые | 0,238 | 0,365 | 0,591 | 0,628 | 0,696 | 0,610 | 0,617 | 0,602 | 0,543 |
| светло-серые лесные | 0,019 | 0,440 | 0,654 | 0,693 | 0,665 | 0,650 | 0,645 | 0,645 | 0,551 |
| серые и темно-серые лесные | 0,028 | 0,355 | 0,630 | 0,711 | 0,667 | 0,685 | 0,625 | 0,616 | 0,540 |
| **Распределение значений показателя MOD09 в 2010 г** | | | | | | | | | |
| Дерново-подзолистые | -0,002 | 0,335 | 0,626 | 0,749 | 0,715 | 0,569 | 0,589 | 0,559 | 0,517 |
| Дерново-подзолистые глееватые | -0,007 | 0,331 | 0,630 | 0,715 | 0,669 | 0,522 | 0,542 | 0,540 | 0,493 |
| Дерново-глеевые и дерново-подзолистые глеевые | -0,005 | 0,324 | 0,660 | 0,776 | 0,750 | 0,599 | 0,607 | 0,564 | 0,534 |
| Дерново подзолистые смытые | -0,005 | 0,308 | 0,606 | 0,785 | 0,718 | 0,582 | 0,586 | 0,556 | 0,517 |
| Светло-серые лесные | -0,009 | 0,320 | 0,614 | 0,717 | 0,674 | 0,513 | 0,544 | 0,526 | 0,487 |
| Серые и темно-серые лесные | -0,012 | 0,324 | 0,572 | 0,708 | 0,646 | 0,484 | 0,527 | 0,518 | 0,471 |

**Результаты исследований и их обсуждение**

Распределение значений NDVI зависит от соотношения коэффициентов спектральной яркости в обоих диапазонах, в свою очередь обусловленных состоянием почв и растительности. Влияние почв наиболее заметно в периоды между завершением снеготаяния и началом вегетации (обычно конец марта – апрель), завершением активной вегетации и установлением снежного покрова (конец сентября – ноябрь). В период вегетации – от апреля до сентября значения индекса обусловлены преимущественно состоянием растительности.

Сезонные изменения NDVI подобны на участках почв с разными таксонами (рис. 1-4) и

вполне согласуются с представлениями о динамике факторов, определяющих спектральные свойства поверхности [3].

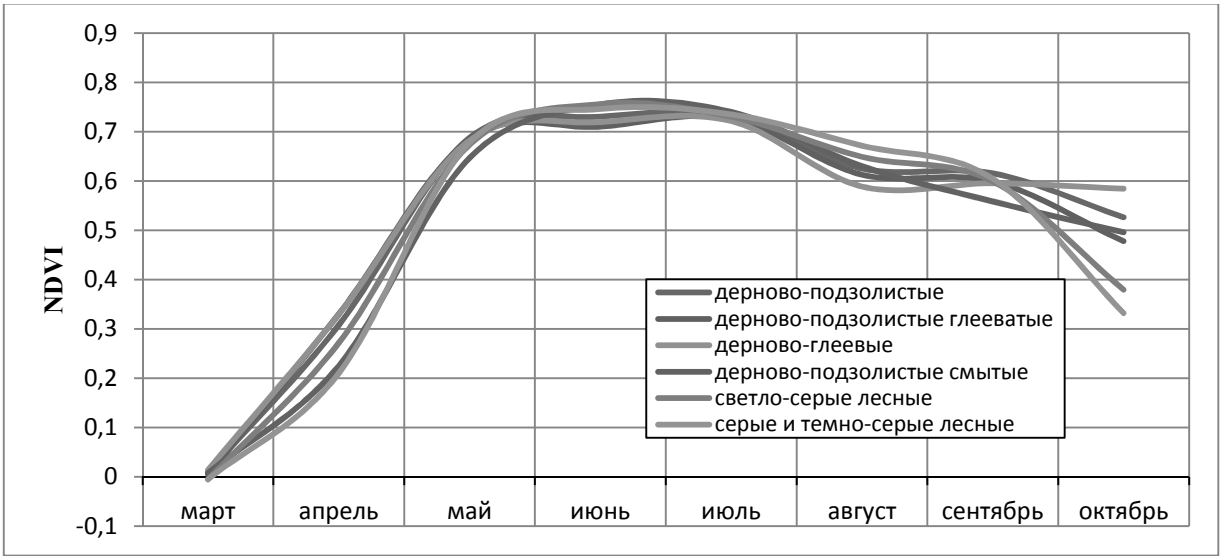



Рис. 1. Динамика значений NDVI для наиболее распространённых таксонов пахотных почв Брянской области в 2013 г.

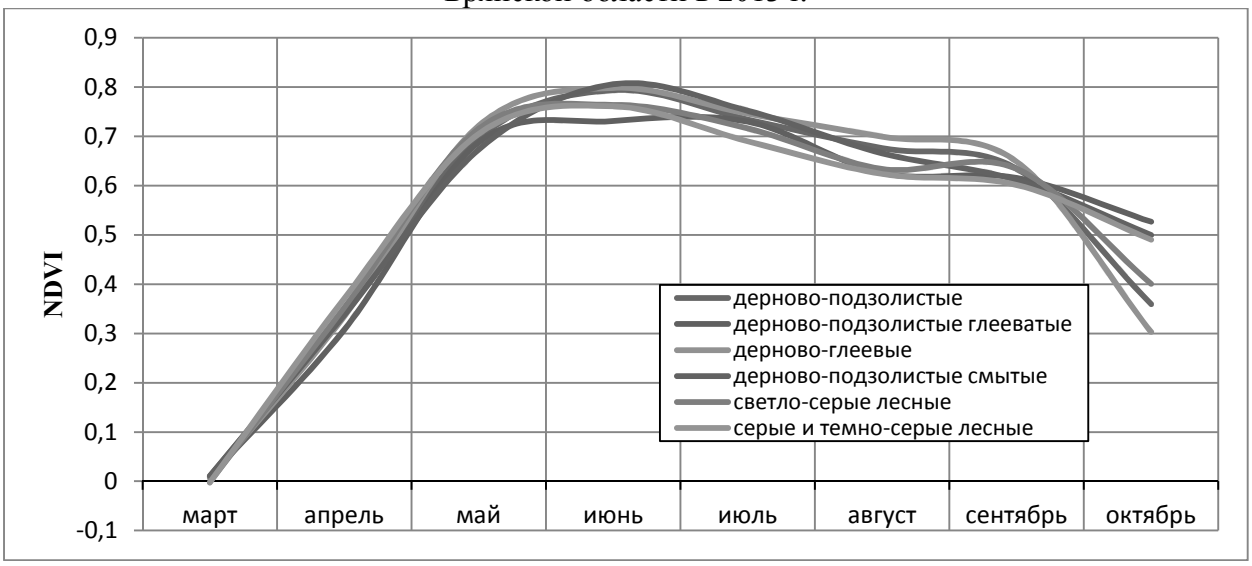



Рис. 2. Динамика значений NDVI для наиболее распространённых таксонов пахотных почв Брянской области в 2012 г.

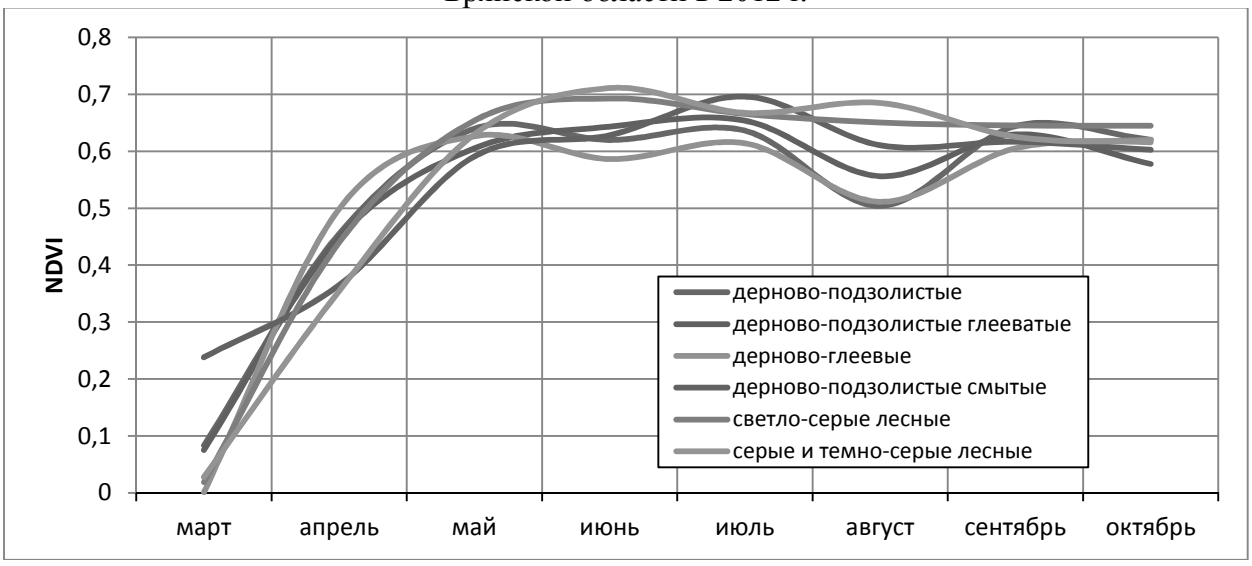



Рис. 3. Динамика значений NDVI для наиболее распространённых таксонов пахотных почв Брянской области в 2011 г.

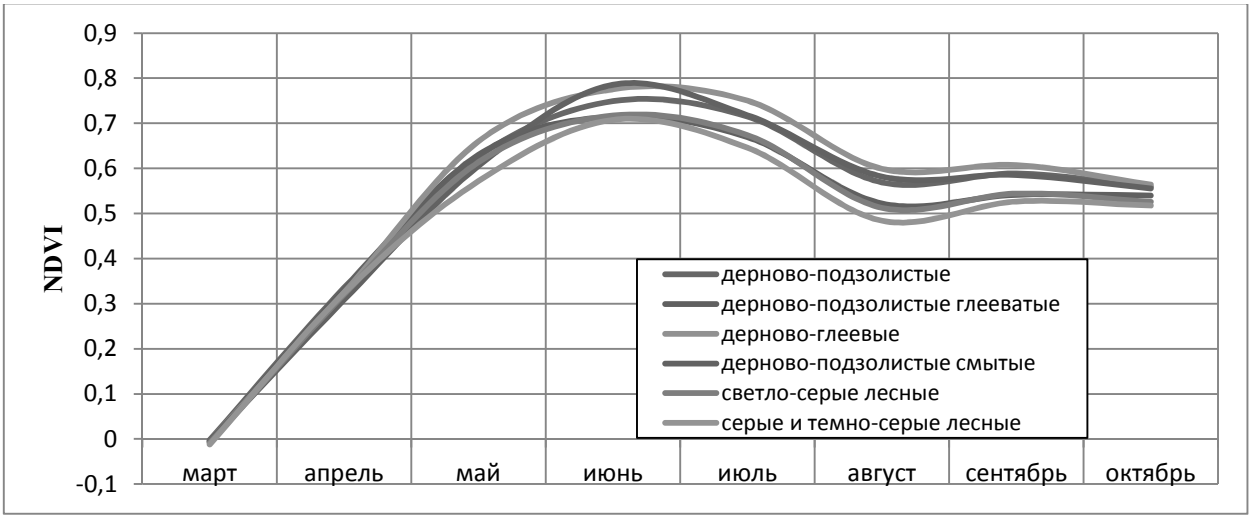



Рис. 4. Динамика значений NDVI для наиболее распространённых таксонов пахотных почв Брянской области в 2010 г.

До начала вегетационного периода значения индекса близки к нулю, что связано с активным поглощением солнечной радиации, насыщенным водой снегом и открытыми участками почвы. Начало вегетационного периода – конец марта – начало мая характеризуется резким увеличением значений NDVI. Температура, эффективное излучение и яркость поверхности почвы в ближнем инфракрасном диапазоне возрастают быстрее, чем доля отражённой радиации, в том числе в красном диапазоне спектра. В мае - начале июня рост значений NDVI обусловлен иным сочетанием факторов - увеличением проективного покрытия и поглощением хлорофиллом значительной доли солнечной радиации в красной области спектра. В июле значения NDVI достигают максимума, его распределение отражает различия биопродуктивности угодий. В конце июля – начале сентября вегетация большинства видов замедляется – уменьшается поглощение излучения в красной области спектра и значение NDVI. В относительно засушливые годы на графике динамики индекса (2010 г) проявляется резкий минимум с глубиной, зависящей от дефицита почвенной влаги. Причины увеличения индекса в сентябре - октябре вероятно аналогичны весеннему сочетанию факторов спектральной яркости, но с иным «знаком» динамики. Поток отражённого излучения, в том числе в красном диапазоне уменьшается вследствие осенних дождей и сокращения проективного покрытия быстрее, чем снижается температура почвы и эффективное излучение.

Общие особенности сезонной динамики индекса сохраняются в ряду лет, но средние месячные значения существенно различаются в зависимости от соотношения агроклиматических факторов – температуры, осадков, относительной влажности. В жаркие засушливые (август-сентябрь 2010 г) и сравнительно холодные периоды (апрель 2013 г) NDVI существенно снижается, с уменьшением продуктивности агроценозов и поглощенного растительностью излучения в красной области спектра (табл. 2).

Таблица 2

Среднемесячные значения NDVI и температуры воздуха, T°C

| Год | Показатели | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2013** | NDVI | 0,009 | 0,277 | 0,682 | 0,74 | 0,735 | 0,637 | 0,608 | 0,476 |
| | T°C | -4,7 | 8,7 | 18,9 | 20,6 | 19,4 | 19,3 | 11,0 | 7,4 |
| **2012** | NDVI | 0,007 | 0,348 | 0,701 | 0,784 | 0,727 | 0,662 | 0,626 | 0,402 |
| | T°C | -1,0 | 10,9 | 17,9 | 18,5 | 22,8 | 19,0 | 14,2 | 7,7 |
| **2011** | NDVI | 0,081 | 0,418 | 0,635 | 0,646 | 0,652 | 0,577 | 0,638 | 0,62 |
| | T°C | -1,6 | 9,0 | 16,8 | 20,8 | 23,5 | 19,4 | 13,8 | 6,9 |
| **2010** | NDVI | -0,005 | 0,328 | 0,624 | 0,743 | 0,702 | 0,554 | 0,576 | 0,551 |
| | T°C | -0,2 | 10,7 | 19,2 | 22,5 | 26,6 | 24,9 | 14,7 | 5,2 |

Влияние таксона почв на особенности динамики проявляются неоднозначно. Закономерно связана с ландшафтными особенностями только изменчивость спектральных характеристик, влияние на распределение значений NDVI существенно слабее. Действие фактора сглаживается разнообразием систем земледелия и уровня эффективности обработки почвы, неодинаковыми

погодными условиями и особенностями сезонной динамики ландшафтов и размером ареала распространения таксона (в данном случае в границах области). Наименее изменчивы средние за вегетационный период значения индекса в ареале распространения дерново-глеевых (0,508 - 0,534) и дерново-подзолистых (0,517 - 0,531) почв; наиболее – светло-серых (0,487 - 0,551) и серых лесных (0,471 - 0,540) почв. На разброс значений влияет площадь и влагообеспеченность территории ареала. Мезоклиматические различия сглаживают амплитуду колебаний NDVI в ареале дерново-подзолистых почв – наиболее распространённого типа в пахотных угодьях Брянской области. Дерново-глеевые почвы типичны для ландшафтов с большой влагообеспеченностью. Небольшая изменчивость влажности почвы и соответственно биопродуктивности угодий определяет небольшие различия яркости в инфракрасной и красной области спектра и сглаженную динамику NDVI. Природные условия ареала распространения светло-серых и серых лесных почв сравнительно более однородны. Это эрозионные ландшафты на границе лесной и лесостепной зоны (восточная часть Брянской области), с частым дефицитом влаги в тёплый период года. Здесь резче, в сравнении с агроландшафтами центральной и западной части области, выражены сезонные колебания погодных условий, регистрируется более высокая амплитуда NDVI.

Распределение NDVI в пространстве и времени характеризуют закономерную качественную связь индекса с разнообразием морфологической структуры сезонной и многолетней динамикой ландшафта. Количественные зависимости NDVI и составляющих его коэффициентов спектральной яркости в ближнем инфракрасном и красном диапазоне с физико-механическими или агрохимическими характеристиками антропогенно изменённых почв на современном уровне изученности природы их связи отличаются невысокой устойчивостью. Неоднозначность математических зависимостей связана с изменчивостью соотношения спектральной яркости почв разных таксонов в годы с разными погодными условиями, хотя в каждом случае характер распределения может быть обоснован особенностями функционирования агроландшафтов. В частности, разница значений NDVI участков с дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами; типичными и оглееенными вариантами дерново-подзолистых почв составляет от первых сотых до двух десятых долей (табл. 1). Перспективы построения более надёжных моделей связаны с накоплением и систематизацией сведений о сезонной и многолетней динамике характеристик антропогенно изменённых почв, как основы организации дистанционного мониторинга их состояния.

Natural and anthropogenic factors of spatial differences in the spectral characteristics of the Bryansk region arable land and the regularities of their seasonal and long-term dynamics are considered. The influence of the soils and landscapes characteristics on the distribution of NDVI values are installed
***Keywords:*** *agricultural landscapes, remote sensing, NDVI (normalized difference vegetation index), seasonal dynamics*

## Список литературы

1. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика – 2011- №3. С. 98-102

2. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика – 2009 - № 3. С. -28-32.

3. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений: учебное пособие / Р. А. Шовенгердт ; пер. с англ. А. В. Кирюшина, А. И. Демьяникова. – Москва: Техносфера, 2010. – 560 с.

4. Ben Dor, E Imaging Spectrometry for Soil Applications /E. Ben Dor, R.G. Taylor, J. Hill, J.A.M. Demattê, M.L. Whiting, S. Chabrillat, S. Sommer // Advances in Agronomy –Vol. 97, 2008, Pages 321–392

5. Ben-Dor, E. Using Imaging Spectroscopy to study soil properties // Remote Sens. Environ. Vol. 113, 2009, P.38–55

6. Corbane, C. Remote sensing of soil surface characteristics from a multiscale classification approach / C. Corbane, D. Raclot, F. Jacob, J. Albergel, P. Andrieux // CATENA, Volume 75, Issue 3, 2008, P. 308-318

7. EOSDIS. NASAs Earth Observing System : Data and Information System. – Режим доступа : http://reverb.echo.nasa.gov/reverb

8. Lagacherie, P. Estimation of soil clay and calcium carbonate using laboratory, field and airborne hyperspectral measurements / Lagacherie, P., Baret, F., Feret, J., Netto, J.M., Robbez-Masson, J.M. //

Remote Sens. Environ. Vol. 112 (3), 2008, P. 825–835.

9. Mulder, V.L. The use of remote sensing in soil and terrain mapping / V.L. Mulder, S. de Bruin, M.E. Schaepman, T.R. Mayr // Geoderma, 2011 – vol. 162 P. 1–1

10. Thompson, J., Soil–landscape modeling across a physiographic region: Topographic patterns and model transportability / J. A. Thompson, E. M. Pena-Yewtukhiw, H. J. Grove // Geoderma, 2006 – v. 133, P. 57-70.

11. Wardlow, B. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains / Brian D. Wardlow, Stephen L. Egbert, Jude H. Kastens // Remote Sensing of Environment, 2007 – vol. 108 P. 290–310

**Об авторах**

Лобанов Г.В. – кандидат географических наук, доцент, кафедра экологии и рационального природопользования, Брянский государственный университет имени акад. И.Г. Петровского (Брянск), *lobanov_grigorii@mail.ru.*

Зверева А.Ю. – аспирант кафедры географии и землеустройства, Брянский государственный университет имени акад. И.Г. Петровского (Брянск), *zverek1206@mail.ru*

Коханько М.В. – лаборант-исследователь НИЛ «Информационные технологии в естественных науках», Брянский государственный университет имени акад. И.Г. Петровского *kohanko88@mail.ru*

Хорина Е.В. – кандидат географических наук, преподаватель, Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Центросоюза Российской Федерации "Российский университет кооперации" Брянский филиал *khorina@list.ru*

Тришкин Б.В. – кандидат биологических наук, профессор кафедры управления и информационных технологий, Московский психолого-социальный университет (Брянский филиал), *pyramyd@mail.ru*

Полякова А.В. – НИЛ «Информационные технологии в естественных науках», Брянский государственный университет имени акад. И.Г. Петровского (Брянск), *slavyanka56@mail.ru*

Ужакина А.П. – студентка 5 курса естественно-географического факультета Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского *a.uzhakina2012@yandex.ru*

**УДК 551.4.08; 620.91**

## ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛА МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА ВЕРХНЕГО ДНЕПРА)

Г.В. Лобанов, Е.А. Сабайда, Б.В. Тришкин, А.Ю. Зверева,
А.В. Полякова, М.А. Новикова, М.В. Коханько

Рассмотрены подходы к оценке природного потенциала малой гидроэнергетики малых и средних рек на примере бассейна верхнего Днепра. Предложены методы получения данных о геоморфологических и гидрологических факторах гидроэнергетического потенциала. Приведена картографическая модель гидроэнергетического потенциала на примере бассейна р. Судость

***Ключевые слова:*** *малая гидроэнергетика, цифровая модель рельефа, структура речных систем, бассейн верхнего Днепра*

***Методология оценки гидроэнергетического потенциала***

Одним из способов обеспечения устойчивого развития регионов полагают использование потенциала возобновляемых источников энергии. Их эксплуатация позволяет, во-первых, уменьшить расходы на создание и поддержание коммуникаций энергоснабжения и снизить зависимость малых селитебных и хозяйственных объектов от крупных энергетических станций; во-вторых в некоторой степени предотвратить негативное влияние предприятий «большой энергетики» на окружающую среду. Потенциал возобновляемой энергетики региона определяется сочетанием природных, технических и экономических факторов её развития (Himanshu Nautiyala). Природная составляющая потенциала рассматривается через энергетические характеристики природных

процессов. Одной из наиболее значимых составляющих природного потенциала региона представляются энергетические характеристики отдельных водотоков или гидрологической сети территории («гидроэнергетический потенциал»).

Физический смысл природного гидроэнергетического потенциала **(P)** выражается соотношением:

$$P=\rho \times Q \times g \times h \quad (1)$$

где ρ - плотность воды (кг/м$^3$), Q – расход (м$^3$/с), g - ускорение свободного падения (кг/мс$^2$), h - уклон. Модель дополняется поправочными коэффициентами эффективности, величина которых зависит от технических характеристик гидроагрегатов (Kosnik).

Эффективное использование гидроэнергетического потенциала предполагает иерархический подход к его оценке. Достаточная изученность факторов для оценки природного потенциала ограничена уровнем крупных объектов - рек высоких порядков, их бассейнов, административно-территориальных единиц высоких рангов. На уровне рек и бассейнов малых порядков имеющийся объём данных, чаще всего не позволяет выявить пространственные особенности распространения гидропотенциала для определения наиболее перспективных для его освоения объектов. Обоснованные результаты имеются по отдельным водотокам или их участкам, для которых, имеются ряды гидрологических данных, сведения о геолого-геоморфологических особенностях пойменно-русловых комплексов.

Расчёт природного потенциала водотоков высоких порядков используется в обосновании строительства крупных гидроэнергетических объектов, на которые в основном ориентировалось развитие отрасли во второй половине XX века. Достоверность оценки определяется частотой гидропостов и полнотой рядов гидрологических наблюдений для них. Гидрологические характеристики для отрезков течения между гидропостами получают интерполяцией данных.

Водотоки малых порядков считаются перспективными для развития малой гидроэнергетики, которая рассматривается как совокупность энергетических установок мощностью до нескольких десятков мегаватт. Границы диапазона малой гидроэнергетики устанавливают в зависимости от факторов гидропотенциала территории, типичных мощностей энергетической системы (Petras Punysa). Определение водотоков перспективных для развития малой энергетики представляет научно-прикладную проблему, связанную с двумя ограничивающими обстоятельствами. Во-первых, недостатком фактических данных для расчёта и сравнения величины потенциала по описанной выше модели. Во-вторых, отсутствием альтернативной методики его оценки, основанной на теоретической модели определяющих его величину факторов.

Обеспечение фактическими данными о водотоках малых порядков, по-видимому, относится к отдалённой перспективе развития исследований. Главная проблема связана с недостатком данных о гидрологических характеристиках водотоков. Непрерывные ряды гидрологических наблюдений отсутствуют, имеют значительные перерывы или представлены данными одного гидропоста, что исключает возможность интерполяции характеристик водотоков в пространстве и времени. Использование современных методов инструментальных гидрологических измерений (акустические методы измерения скорости и расхода) существенно расширяет перспективы получения фактических данных, но создаёт проблему сопоставления с результатами, полученными традиционными методами.

Альтернативный подход к оценке природной составляющей гидропотенциала заключается в анализе пространственного распределения факторов, определяющих его величину и выделения перспективных для хозяйственного освоения участков без расчёта абсолютных значений. Перспективным методом в развитии подхода представляется создание и использование пространственных моделей потенциала малой энергетики средствами ГИС-технологий на основании теоретических представлений о значимости факторов и характере их связи с величиной гидропотенциала. Модельной территорией для пространственного анализа геоморфологических и гидрологических факторов гидропотенциала выбран бассейн верхнего Днепра, оценка его величины выполнена для бассейна р. Судость (правый приток р. Десна в среднем течении).

***Характеристика объекта исследования***

Бассейн верхнего бассейна Днепра расположен в западной части Восточно-Европейской равнины. Территория характеризуется умеренно-континентальным климатом, относится к области избыточного и достаточного увлажнения (лесная зона). Средняя температура января изменяется от -

8° на юго-западе до -10° на северо-востоке. Количество осадков изменяется в зависимости от мезоклиматических условий в пределах 500-600 мм, с колебаниями в отдельные годы от 400 до 950 мм. В геоморфологическом отношении территория представляет аллювиально-флювиогляциальную пологоволнистую равнину с преобладающими высотами 100-200 м Поверхность равнины сложена преимущественно песчано-глинистыми аллювиальными и водно-ледниковыми отложениями и, в меньшей степени, глинистым (моренным) комплексом днепровского оледенения (Рыбальский).

Левобережные притоки бассейна верхнего Днепра относятся к равнинным рекам с меандрирующим морфодинамическим типом русла. Свободным условиям развития горизонтальных деформаций способствует широкая пойма с относительной высотой 3 - 5 м. Поверхность ее осложнена множеством стариц, грив и валов, нередко занята болотами. В долине Десны ширина поймы достигает 4-6 км.

Бассейн р. Судость характеризуется разнообразным геоморфологическим строением. Долина Судости в верхнем и среднем течении разделяет правобережную возвышенную равнину, сложенную с поверхности лессовидными суглинками и левобережную Судость-Деснянскую моренно-зандровую равнину, сложенную флювиогляциальными суглинками и супесями. Строение долины асимметрично, комплекс надпойменных террас (одна – голоценовая, три - плейстоценовые) расположен на левобережье. В нижней части бассейна водораздельные поверхности на обоих берегах образованы аллювиально-зандровыми песчаными равнинами. Площадь водосборного бассейна – 5850 км$^2$, 60% приходится на правобережье, 40% на левобережье.

***Методы оценки факторов потенциала малой гидроэнергетики***

Большая площадь модельной территории и значительный объём картометрических работ определяет целесообразность использования ГИС-технологий для оценки геоморфологических и гидрологических факторов потенциала малой гидроэнергетики.

***Методы получения морфологических характеристик рельефа для оценки гидроэнергетического потенциала***

Современный уровень точности цифровых моделей рельефа регионального и глобального уровней позволяет обеспечить геоморфологические исследования сведениями о первичных и производных характеристиках рельефа. Пространственное разрешение моделей подбирается в зависимости от специфики решаемой задачи. Известны варианты использования ЦМР с пространственным разрешением от 1 км$^2$ для Филиппин до 30 м$^2$ для Британской Колумбии (Канада). Наиболее перспективным вариантом с позиций необходимой точности измерений и сопоставимости результатов для разных регионов представляется использование SRTM (SRTM–Shuttle radar topographic mission).

Модель SRTM (Shuttle Radar Satellite Mission) – цифровая модель рельефа поверхности Земли, полученная в результате работы системы 2-х интерферометров, установленных на борту шаттла Эндевор (полет 11-20 февраля 2000 г) (Rabus). Модель получила признание как средство построения цифровых топографических карт, изучения геологического строения поверхности, оценки биомассы сообществ (Sun). Средняя горизонтальная и вертикальная точность передачи поверхности Земли для 90% измерений оценивается соответственно ±20 м и ±16 м (Rabus). Эмпирически подтверждена зависимость величины ошибки от характера рельефа поверхности и особенностей растительности. Ошибка возрастает для местностей с расчленённым рельефом . Проверка точности модели, проведенная для территории аллювиально-зандровой равнины (Брянский лесной массив) подтверждает возможность её использования для оценки геоморфологических факторов развития речной сети

Модель SRTM не включает цифровые модели водотоков, поэтому, в рамках задачи исследования обосновано, в её совместное использование с геоизображениями гидрологических сетей (обычно цифровыми). Положение структурных геоморфологических линий – водоразделов и тальвегов, используемых для получения морфометрических характеристик, определяется программными средствами Global Mapper – специализированного приложения для работы с цифровыми моделями местности. Картометрические средства Global Mapper позволяют в пределах точности модели непосредственно получать информацию о морфологических характеристиках, влияющих на величину гидроэнергетического потенциала – крутизне поверхности водосборного бассейна, уклона водотока по руслу. Векторные модели гидрологической сети, построенные на основании топографических карт, использованы для идентификации водотоков, определения их

порядка, проверки корректности положения структурных линий рельефа. Сведения о морфологических характеристиках водотоков и бассейнов организованы в пространственную базу данных программными средствами приложения MapInfo.

***Методы получения гидрологических характеристик для оценки гидроэнергетического потенциала***

В моделировании гидрологических характеристик водотоков распространены три подхода. Первый подход – использование теоретических моделей соотношения факторов, определяющих норму стока. Обычно используются количество осадков и характеристики поверхности (шероховатость, водопроницаемость), которые определяют слой стока. Норма стока определяется через среднюю многолетнюю величину осадков и норму испарения (методы вычисления среднего многолетнего стока, основанные на уравнении водного баланса – Кузин, Майер, Будыко); или дефицит влажности (эмпирические формулы Великанова и Соколовского, Полякова (Чалов).

Достоверность расчёта определяется наличием сведений о факторах и площадью бассейна, от величины которой зависит разнообразие физико-географических условий территории. В наиболее простом варианте бассейны рассматривается как однородные, что не всегда соответствует разнообразию ландшафтной структуры территории и режиму осадков, в том числе на уровне малых и средних рек. Разнообразие ландшафтной структуры на уровне типов проявляется в бассейнах притоков Верхнего Днепра, начиная со второго порядка (по схеме Хортона-Стралера) (Horton, Strahler). Примерное соотношение типов характеризует ландшафтная структура бассейнов рек Снежеть (длина 86 км, площадь бассейна – 1250 км$^2$) и Навля (длина 125 км, площадь бассейна – 2242 км$^2$) , по формальным признакам входящих в группу малых. Снежеть пересекает от истока к устью 3 типа ландшафтов – эрозионные (24,3 км – 28,6 % длины), предполесские (6,3 км – 7,4%) и полесские (54,3 км – 64 %). Навля в верхнем течении пересекает эрозионные ландшафты (46 км – 36,8 % от общей длины течения), в среднем течении разграничивает эрозионные и предопольские ландшафты – 29,2 км (23,36 % длины), ниже – полесские и предполесские на 24,6 км (19,68 % длины); низовья реки расположены в полесских ландшафтах (25,2 км – 20,16 % длины). Условия стока в этих типах ландшафтах существенно различаются. Эрозионные ландшафты представлены возвышенными, эрозионно расчленёнными лёссовыми плато, предполесья и полесья – выровненные или слабохолмистые аллювиально-зандровые равнины. Количество осадков и их многолетний режим различается для пунктов, удалённых на несколько десятков километров и не имеет однозначной связи с типом ландшафта. Неоднородность стокоформирующих факторов и уровень их изученности в бассейне верхнего Днепра ограничивают возможности подхода для определения гидропотенциала отдельных водосборных бассейнов рек малых порядков.

Второй подход построен на использовании метода природных аналогов – экстраполяция известных значений слоя стока на соседние территории. В этом случае большую значимость приобретает проблема обоснования подобия бассейнов. Нормативный документ СП 33-101-2003 предлагает следующие требования к выбору рек-аналогов: географическую близость; однотипность гидрографов и условий формирования стока, в том числе климатических; сходство геолого-геоморфологических, почвенных особенностей, ландшафтной структуры бассейнов; отсутствие факторов, искажающих естественный сток (регулирование, сбросы воды, изъятие на орошение и другие нужды); морфологическое подобие организации речной сети, выраженное как:

$$L / A^{0,56} \approx L_a / A_a^{0,56} \text{ (2); } J A^{0,50} \approx J_a A_a^{0,50}, \text{ (2)}$$

где $L$ и $L_a$ – длина исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км;

$J$ и $J_a$ – уклон водной поверхности исследуемой реки и реки-аналога, промилле;

$A$ и $A_a$ – площади водосборов исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км$^2$. (СП33)

Ограничения в применении подхода связаны с фрагментарной подробной изученностью верхних звеньев эрозионной сети и уникальностью параметров водотоков и физико-географических условий бассейнов, особенно крупных порядков. Показатели подобия, которые возможно определить однозначно – морфометрические характеристики водотоков и бассейнов рассчитаны средствами модели SRTM для 67 водотоков бассейна р. Судость – крупного притока р. Десна. Значения показателей (2) и (3) существенно различаются даже в пределах одного порядка (Табл. 1):

Таблица 1

Показатели морфологического подобия водотоков в бассейне р. Судость

| Показатели | Порядок водотока, диапазон значений показателей (количество водотоков) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 (22) | 2 (33) | 3 (10) | 4 (2) |
| $L / A^{0,56}$ | 0,4-1,7 | 0,5-1,9 | 0,5-1,7 | 1,0-1,7 |
| $J A^{0,50}$ | 5,5-40,9 | 10,7-37,5 | 20,2-38,0 | 31,7-53,7 |

Вариация значений морфометрических показателей рек одного порядка объясняется влиянием энергии рельефа на типичные значения площади водосбора и длины рек одного порядка. На участках с большой энергией рельефа реки, дренирующие небольшую территорию, имеют высокий порядок. На выровненных поверхностях небольшой порядок имеют сравнительно крупные водотоки. Морфометрическое подобие, таким образом, обосновывает и сходство гидрологических характеристик.

Третий подход – расчёт стока рек малых порядков по известным гидрологическим характеристикам более крупных водотоков. В случае доказанной связи гидрологических характеристик крупных рек и притоков допустимо восстановить пропущенные участки рядов данных или при отсутствии сведений организовать краткосрочные наблюдения. Подход теоретически обоснован законами строения речных сетей, которые описывают отношения морфологических и гидрологических характеристик водотоков разных порядков. Возможным, но не единственным случаем организации речной сети является постоянство соотношений морфометрических и гидрологических характеристик водотоков разных порядков, которое справедливо для бассейнов с однородными физико-географическими условиями.

Для водосборных бассейнов с относительно однородными физико-географическими условиями установлено постоянство соотношений количества водотоков, их средних длин и площадей для соседних иерархических уровней (порядков). Формальное описание соотношений впервые предложено Р.Е. Хортоном и в дальнейшем получило развитие в работах Философова, Стралера и др. постоянство коэффициентов бифуркации (3), коэффициентов длин (4) и коэффициентов площадей (5):

$R_B = Nw-1/Nw$, где $N$ - количество водотоков, w – их порядок (3);

$R_L = Lw-1/Lw$ , где $L$ – средняя длина водотоков (4);

$R_A = Aw-1/Aw$ где $A$ – средняя площадь бассейна водотоков (5);

Физическое обоснование соотношений представлено теоретической моделью развития эрозионной сети, предложенной Хортоном, которая предполагает размыв однородной поверхности с некоторым постоянным значением прочностных характеристик, меньшим чем энергия потока. Водотоки формирующейся гидросети, связаны отношениями приток-главная река последовательно. Таким образом, притоком реки порядка n, может быть только водоток порядка n-1. Средние морфометрические характеристики водотоков малых порядков могут быть получены из показателей водотоков высоких порядков.

Перспективы получения зависимостей гидрологических характеристик и порядков водотоков ограничены возможностью фактического подтверждения. Современная система наблюдений позволяет сопоставить характеристики стока за ограниченные промежутки времени для небольшого количества гидропостов на разных отрезках течения в разных физико-географических условиях. Предварительные выводы для бассейна верхнего Днепра (Десна в среднем течении и главные притоки), тем не менее, подтверждают возможность ориентировочно оценить величину среднемноголетних расходов притоков по характеристикам главной реки с учётом некоторых ограничений.

С одной стороны, расходы Десны и её главных притоков разных порядков образуют немонотонную последовательность (табл. 2). Притоки сгруппированы по значениям их отношений к стоку Десны, с учётом поправки на разное положение гидропостов по отношению к отрезкам течения. Многолетняя динамика средних расходов Десны и притоков хорошо согласуется (коэффициент корреляции – 0,84).

Таблица 2

Соотношение среднемноголетних расходов р. Десна и её главных притоков по данным гидропостов (расход р. Десна принят за единицу)

| Отношение расход Десны / Расход притока | 1/11-1/19 | 1/40-1/60 | 1/180-190 |
|---|---|---|---|
| Главные притоки | Снов, Болва, Судость | Ветьма, Навля, Нерусса | Снежеть |

С другой стороны, соотношения средних расходов отдельных притоков и Десны непостоянны и по-разному изменяются относительно средних величин. В многоводные годы прирост расходов некоторых притоков обычно опережает прирост стока главной реки, а в маловодные годы снижается интенсивнее (Снов). Сток других притоков медленнее увеличивается в многоводные годы и уменьшается в маловодные (Болва, Ветьма). Закономерности получены корреляцией стока главной реки и его соотношения со средним расходом притоков. Отмеченные закономерности имеют вероятностный характер (наибольшие значения коэффициента корреляции – около 0,7) и для некоторых притоков (Навля, Снежеть, Судость) четко не проявляются. По-видимому, это объясняется особенностями ландшафтной структуры бассейна. Болва и Ветьма протекают по залесённой части бассейна, в которой колебания стока сглажены, Снов - по сельскохозяйственно освоенной территории с фрагментарными остатками лесных массивов. Ландшафтная структура в бассейнах Навли, Снежети, Судости характеризуется чередованием агроландшафтов с относительно слабо затронутыми хозяйственной деятельностью вторичными лесными массивами.

С учётом отмеченных ограничений, перечисленные методы использованы для оценки гидропотенциала бассейна р. Судость.

***Балльная методика оценки гидропотенциала (на примере бассейна р. Судость)***

Недостаточная обеспеченность данными для расчёта гидропотенциала по фактическим данным обосновывает использование метода балльной оценки на основе теоретической модели определяющих его факторов. Подход использован для создания пространственной базы данных гидропотенциала бассейна р. Судость.

Величина потенциала определяется в предложенной модели порядком водотока (F1), средними уклонами русла (F2) и поверхности бассейна (F3). Последний показатель косвенно выражает слой стока в бассейне, величина которого определяется количеством осадков и уклоном территории. Обеспеченность метеорологическими данными не позволяет дифференцировать бассейны разных порядков по количеству осадков, в отличие от среднего уклона поверхности, который определяется средствами алгебры карт из модели SRTM. Значение потенциала **(P)** рассматривается как произведение факторов, выраженное в баллах:

$$\mathbf{P=F1\times F2\times F3} \quad (4)$$

Принцип присвоения баллов порядку водотока основан на соотношении расходов рек разных порядков в бассейне верхнего Днепра. Значения баллов образуют геометрическую прогрессию со знаменателем 3,5, первому притоку присвоено значение 1, для упрощения расчёта значения округлены. Ряды значений уклонов (водотока и бассейна) разделены на группы методом иерархического кластерного анализа, которым сопоставлены баллы, возрастающие в арифметической прогрессии (Табл. 3).

Таблица 3

Балльная оценка факторов гидроэнергетического потенциала

| ***Порядок водотока*** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***значения*** | 1 | 2 | 3 | 4 |
| баллы | 1 | 3,5 | 12 | 43 |
| ***Уклон водотока по руслу, м/км*** | | | | |
| Значения | <2,5 | 2,5-5 | 5-10 | >10 |
| Баллы | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ***Уклон поверхности бассейна, м/км*** | | | | |
| Значения | <25 | 25-45 | 45-65 | 65-85 |
| Баллы | 1 | 2 | 3 | 4 |

Пространственная модель состоит из серии слоёв, содержащих объекты – полигоны с одинаковым порядком водосборного бассейна, определённым по методу Хортона-Стралера. Подход обеспечивает пространственный анализ гидропотенциала на уровне отдельных порядков и речной системы в целом. Вариант графической модели гидропотенциала, для некоторой части бассейнов представлен на рис. 1. Порядок бассейна соответствует порядку главного водотока.

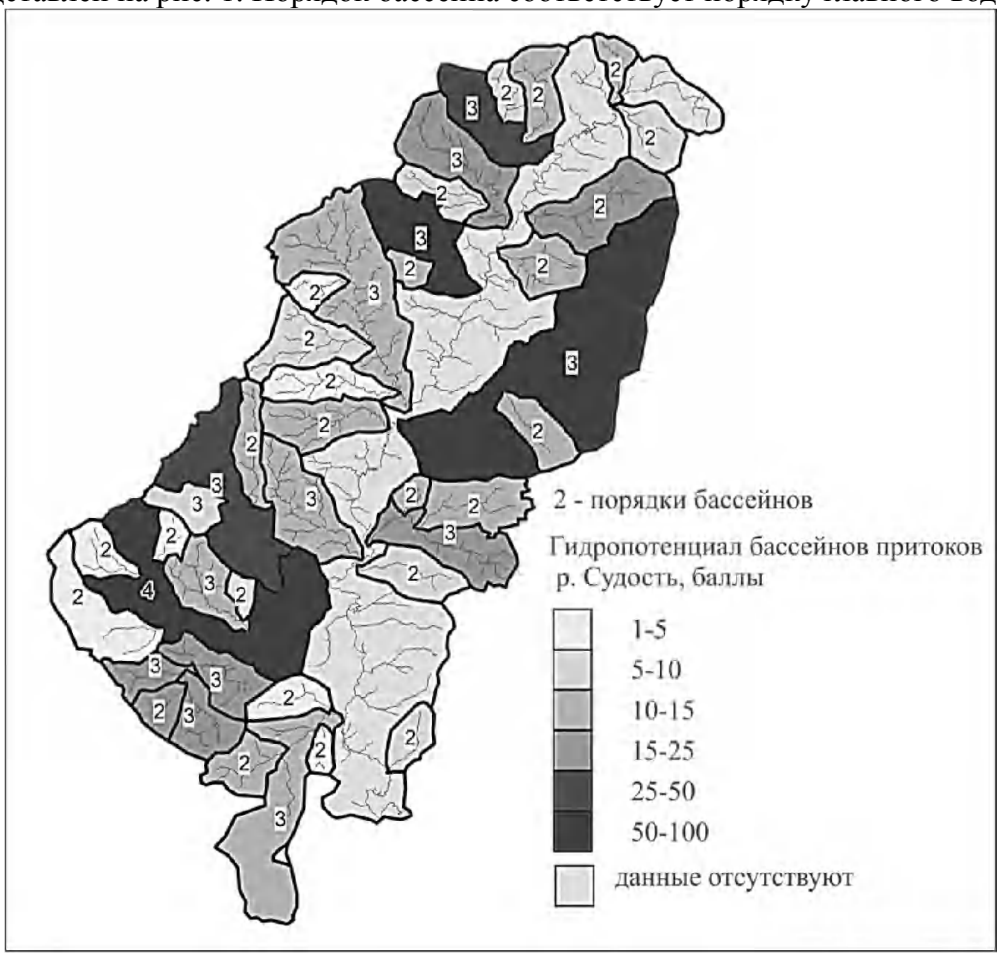



Рисунок – 1 Гидропотенциал некоторых притоков р. Судость

Особенности распределения гидропотенциала следуют двум закономерностям. Во-первых, его величина в целом возрастает с увеличением порядка водотока. Максимальным гидропотенциалом обладает самый крупный приток Судости – р. Вабля (4 порядок, 85 баллов), минимальным – притоки 2-го порядка. Для 26 объектов 2-го порядка, представленных на графической модели 14 имеют значение гидропотенциала до 10 баллов. Во-вторых, его величина зависит от геоморфологических особенностей территории. В зависимости от уклона поверхности значения потенциала могут быть выше или ниже характерных для данного порядка значений (табл. 4).

Таблица 4

Распределение значений гидропотенциала в зависимости от порядка водотока

| Баллы гидропотенциала | Порядок водотока | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1-5 | 23 | 7 | 1 | |
| 5-10 | 3 | 7 | 4 | |
| 10-15 | 1 | 10 | 5 | |
| 15-25 | | 2 | 2 | |
| 25-50 | | | 2 | |
| 50-100 | | | | 1 |

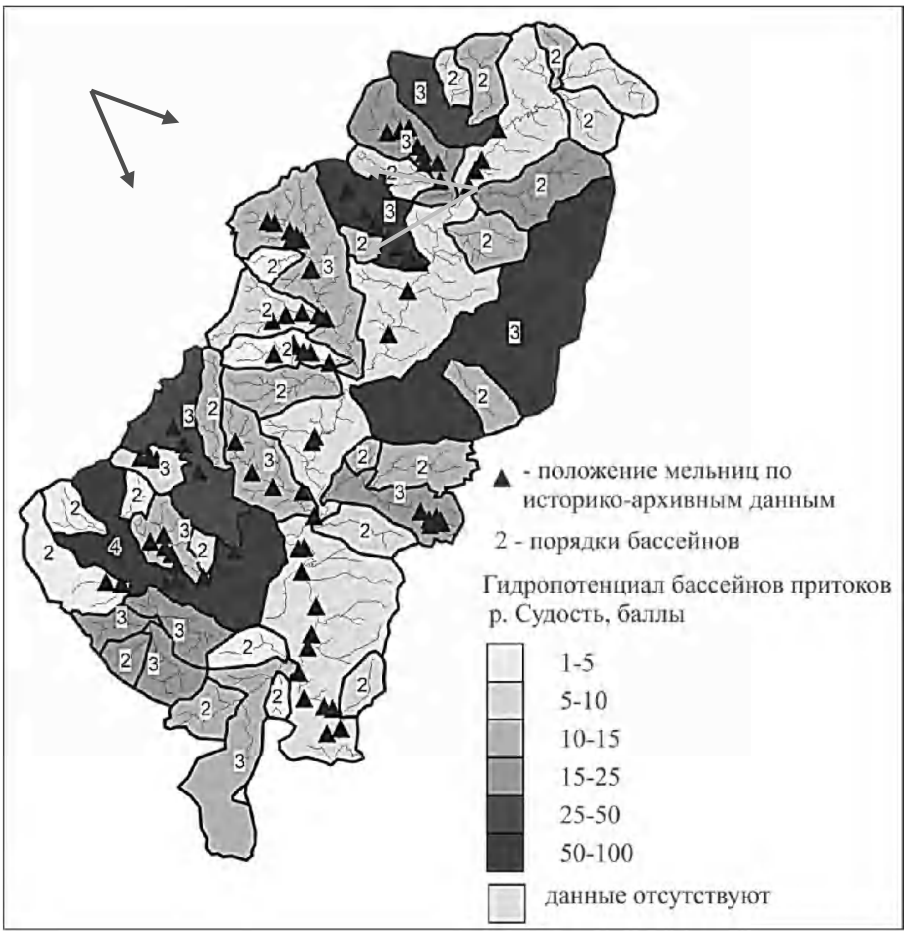



Рисунок- 2. Расположение водяных мельниц в бассейне р. Судость по историко-архивным данным (дополнительные пояснения в тексте)

Особенности распределения гидроэнергетического потенциала подтверждаются историко-географическим анализом использования гидроресурсов территории. Отдельный слой пространственной модели образуют сведения о положении водяных мельниц в 17-18 веке, установленные по историко-архивным материалам и планам генерального межевания (рис. 2) (Лазаревский, ПГМ). В основном мельницы располагали на главной реке (Судость) с максимальным гидропотенциалом. Значительное количество мельниц существовало на притоках 2-3-го порядка с высоким гидропотенциалом, в основном на правобережье Судости, в частности на сравнительно небольших реках Пес (10) и Уса (7) (красные стрелки на рис 2). На использование гидропотенциала, как и в настоящее время влияли экономические факторы. Потенциал левобережных притоков оказался практически невостребованным вследствие особенностей освоения региона. Бассейны рек Рожок, Крупец (оранжевые стрелки на рис. 2) представляли в 17-18 веке территорию, удалённую от административных и хозяйственных центров (Стародуб, Чернигов) и практически не осваивались.

**Выводы**

Существующая сеть сбора гидрометеорологических данных обеспечивает данными расчётные модели стока и энергетического потенциала только крупных водотоков. Их формальное использование для рек малых порядков обеспечивает неопределённые результаты. С одной стороны их динамика может совпадать с динамикой главной реки, с другой – изменяться рассогласованно. Расчётные модели гидрологических характеристик по стоку главной реки или осадкам неустойчив – в некоторых случаях обеспечивает необходимую точность, в некоторых будет существенно отличаться.-Обоснован подход к оценке гидроэнергетического потенциала по теоретической модели соотношения факторов, с учетом особенностей территории. Лучшую обеспеченность имеют морфологические характеристики гидросети и бассейна, по которым косвенно оцениваются гидрологические характеристики. Эффективным инструментом анализа гидропотенциала представляются геопространственные базы данных, включающие сведения о его величине и значениях определяющих факторов. Графические модели, созданные средствами ГИС-технологий, позволяют оценить

особенности территориального распределения природного гидропотенциала, определить участки перспективные для его хозяйственного освоения. Учёт экономической составляющей гидропотенциала обеспечивается включением в модель слоёв с информацией о хозяйственных объектах.

Approaches to the assessment of the natural potential of small hydropower for small and medium rivers on the example of the upper basin of the Dnieper are reviewed. Methods of obtaining data on geomorphological and hydrological factors hydropower potential are proposed. Cartographic model of the hydropower potential on the example of river Sudost catchment is provides.
***Key words:*** *small-scale hydropower, digital elevation model, the structure of river systems, the upper Dnieper catchment.*

## Список литературы

1. Himanshu Nautiyala, S.K. Singalb, Varun, Aashish Sharma Small hydropower for sustainable energy development in India // Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2011 – vol. 15 P. 2021–2027.

2. Kosnik L. The potential for small scale hydropower development in the US // Energy Policy - 2010 vol. 38 P. 5512–5519

3. Petras Punysa,_Bernhard Pelikan Review of small hydropower in the new Member States and Candidate Countries in the context of the enlarged European Union // Renewable and Sustainable Energy Reviews 2007 –vol 11 P. 1321–1360

4. Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный федеральный округ. Брянская область / Администрация Брянской обл.; под ред. Н. Г. Рыбальского, Е. Д. Самотесова, А. Г. Митюкова. - М.: НИИ-Природа, 2007.

5. Rabus, B., Eineder, M., Roth, A., Bamler, R. The shuttle radar topography mission — a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing – 2006 -v. 57 (4), P. 241–262.

6. Sun G. , Ranson K.J., Kharuk V.I. , Kovacs K. Validation of surface height from shuttle radar topography mission using shuttle laser altimeter // Remote Sensing of Environment – 2003 – vol.88 P. 401–411

7. Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol. Soc. Am. Bull., 56: 275-370

8. Strahler, A.N., 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geolog. Sec. Am. Bull., 63: 1117-1142.

9. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М., 2003. – 83 с.

10. Лазаревский Ал. Описание Старой Малороссии. Материалы для истории заселения, землевладения и управления Том первый. Полк Стародубский КиевТипография К.И. Милевского, Прорезная улица, дом Гофмана, 10-й. 1888

## Об авторах

Лобанов Г.В. – кандидат географических наук, доцент, кафедра экологии и рационального природопользования, Брянский государственный университет имени акад. И.Г. Петровского, *lobanov_grigorii@mail.ru.*

Сабайда Е.А. – кандидат географических наук, ОАО «Волжский подводник».

Тришкин Б.В. – кандидат биологических наук, профессор кафедры управления и информационных технологий, Московский психолого-социальный университет (Брянский филиал), *pyramyd@mail.ru.*

Зверева А.Ю. – аспирант кафедры географии и землеустройства, Брянский государственный университет имени акад. И.Г. Петровского (Брянск), *zverek1206@mail.ru.*

Полякова А.В. – НИЛ «Информационные технологии в естественных науках», Брянский государственный университет имени акад. И.Г. Петровского, *slavyanka56@mail.ru.*

Новикова М.А. – лаборант-исследователь, НИЛ «Информационные технологии в естественных науках», Брянский государственный университет имени акад. И.Г. Петровского, *nov3517@mail.ru.*

Коханько М.В. – лаборант-исследователь, НИЛ «Информационные технологии в естественных науках», Брянский государственный университет имени акад. И.Г. Петровского, *kohanko88@mail.ru.*

**УДК 502.7+581.5**

# АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ОПТИМИЗАЦИЮ ПРОЦЕССА РАЗМНОЖЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

В.Б. Любимов, Е.В. Мельников, В.В. Солдатова

В работе приведены результаты исследований по разработке эффективных агротехнических приёмов размножения и выращивания посадочного материала хозяйственно-ценных видов древесных растений в центральных и южных районах России. Рекомендации основаны на использовании прогрессивных технологий, обеспечивающих высокий выход стандартного посадочного материала и снижение его себестоимости.
***Ключевые слова:*** *интродукция, растения, размножение, прогрессивные технологии, капельное орошение, контейнерный питомник, гидроизолированные чеки, семена, посадочный материал*

**Актуальность темы исследования**. В нашей стране накоплен значительный объем фактического материала по вопросам семеноводства, выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников. Опыт лесоводов с успехом внедряется в практику интродукционных исследований. Большое внимание уделяется изучению качества плодов и семян у интродуцированных из разных природных зон древесных и кустарниковых растений. Актуальны исследования, направленные на повышение уровня селекционно-генетической работы, разработку современных методов выведения, отбора и размножения ценных форм древесных пород на основе лесной генетики, селекции и элитного семеноводства. Которые обеспечивают повышение продуктивности, искусственных экосистем и сокращение сроков создания насаждений различного целевого назначения. С этой целью успешно работает, например, Центральный научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции в г. Воронеже с широкой сетью лесных питомников. В этом направлении работают и многие ботанические учреждения нашей страны. Успех интродукции и широкого введения в культуру новых видов деревьев и кустарников во многом зависит от уровня организации семенного дела в интродукционных центрах, степени изученности вопросов, связанных с репродукцией интродуцентов, качества посевного и посадочного материала. Особый интерес представляют исследования по изучению плодов и семян местной репродукции, изучению и внедрению прогрессивных технологий по выращиванию посадочного материала ценных деревьев и кустарников, интродуцированных в тот или иной регион, в том числе и в Брянскую и Саратовскую области [5-10].

**Целью исследований** является создание научно-обоснованных практических рекомендаций по размножению хозяйственно – ценных видов древесных растений, основанных на использовании современных, апробированных агротехнических приёмах генеративного и вегетативного размножения. Практические рекомендации по размножению и выращиванию посадочного материала хозяйственно-ценных видов древесных растений разработаны для центральных и южных регионов России, характеризующихся аридностью климата. Рекомендации основаны на использовании прогрессивных технологий, обеспечивающих высокий выход стандартного посадочного материала и снижение его себестоимости.

**Объектом исследований** являются древесные растения природной флоры и интродуцированные в центральные и южные районы России.

**Методы исследования.** Методологической основой моделирования оптимальных условий для размножения, роста и развития древесных растений является синтетическая теория эволюции и аксиома Ч. Дарвина об адаптивности вида к абиотическим факторам. Разработка практических рекомендаций осуществлялась на основе применения комплекса экологических законов, закономерностей, правил и явлений, вскрывающих эволюцию экосистем, формирование биологического потенциала и экологического спектра вида, его ареала, а также анализа многолетних исследований по применению прогрессивных агротехнических приемов размножения и содержания растений, дифференцированно природным условиям района исследований. С целью моделирования оптимальных условий для массового размножения, роста и развития древесных растений нами исследовалась возможность использования метода выращивания растений с закрытыми корневыми системами, капельного орошения и посевных гидроизолированных чеков с постоян-

ным подпитывающим через дренаж увлажнением, апробированных рядом авторов в жестких лесорастительных условиях [1-5]. Для проведения исследований по определению качества плодов и семян были подобраны в насаждениях г. Брянска, а также в г. Балашове деревья и кустарники, не поврежденные вредителями и болезнями, с нормально развитым стволом и кроной, с относительно одинаковыми, по степени влагообеспеченности, условиями роста и развития. Плоды и семена у таких видов, как скумпия (*Cotinus coggygria Scop.*), бересклет европейский (*Euonymus europaea L.*), магония падуболистная (*Mahonia aquifolium (Pursch.) Nutt*.), дуб красный (*Quercus rubra L.*), роза морщинистая (*Rosa rugosa Thunb.*) собирались в насаждениях у БГУ им. акад. И. Г. Петровского. Семена и плоды пузыреплодника калинолистного (*Physocarpus opulifolius (L.) Maxim*.) были собраны в Бежицком районе по улице 22 – го Съезда КПСС. Плоды Дуба черешчатого (*Q. robur L.*) собирались в пойме реки Десны. Плоды и семена этих же видов собирались и в озеленении г. Балашова Саратовской области. Плоды и семена хранились и обрабатывались в условиях сухого проветриваемого помещения при комнатной температуре. Плоды взвешивались, а затем из них извлекались семена. При этом регистрировалось количество семян в плодах. Хранение семян продолжалось до установления постоянной их массы. Затем образцы семян взвешивались с целью определения массы семян и процента выхода семян из плодов.

Таблица 1 - **Статистические показатели качества желудей *Q. robur L.* и *Q. rubra L.* (г. Брянск, 2008)**

| Показатель | M±m | $\sigma_2$ | $\sigma$ | $V$ | t | P | N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Дуб черешчатый (*Quercus robur L.)* | | | | | | | |
| Масса 1000 шт., г | 3114,7±35 | 25032 | 158,2 | 5,079 | 87,9 | 1,136 | 20 |
| Длина, мм | 32,99±0,45 | 20,65 | 4,545 | 13,76 | 73,3 | 1,36 | 100 |
| Диаметр, мм | 13,61±0,13 | 1,82 | 1,35 | 9,90 | 101 | 0,99 | 100 |
| Дуб красный *(Q. rubra L.)* | | | | | | | |
| Масса 1000 шт., г | 5584±64,5 | 83005 | 288 | 5,159 | 86,6 | 1,15 | 20 |
| Длина, мм | 25,88±0,28 | 8,1 | 2,85 | 11,0 | 90,7 | 1,1 | 100 |
| Диаметр, мм | 18,76±0,25 | 6,1 | 2,5 | 13,2 | 75,6 | 1,32 | 100 |

**Результаты исследований**. В процессе проведенных исследований по семенному размножению дуба черешчатого (*Q. robur L.*) и дуба красного (*Q. rubra L.*), следует сделать заключение о том, что оба вида успешно размножаются как весенним, так и осенним посевом желудей. При плановом выращивании посадочного материала, а также при определении успешности интродукции вида необходимы сведения о качестве плодов и семян. В таблице 1 приведены результаты исследований по определению некоторых статистических показателей качества желудей *Q. robur L.* и *Q. rubra L.* Вариационный ряд для определения массы 1000 желудей составлялся из 20 вариант, каждая варианта была представлена 100 желудями. Следует отметить, что желуди *Q. robur L.* собирались в природном местообитании (Роща «Соловьи»), а желуди *Q. rubra L.* были собраны в насаждении административного корпуса ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского». Высота растений составляет в среднем 12,4 м. Диаметр у основания ствола – 44 см, на уровне груди - 36 см. Желуди *Q. rubra L.* были завезены и высажены в 1968 г. в г. Новозыбков (Брянская область), а в 1976 растения были перевезены и высажены с целью озеленения на территории Брянского государственного университета. В настоящее время возраст особей *Q. rubra L.* составляет более 42 лет. Максимальная масса 1000 желудей у *Q. robur L.* - 3410 г, минимальная – 2862 г. Максимальная длина - 41 мм, минимальная – 20 мм. Максимальный диаметр - 17 мм, а минимальный - 10 мм. Максимальная масса 1000 желудей у *Q. rubra L.* составляет 6078 г, минимальная – 5186 г. Максимальная длина желудей - 36 мм, минимальная – 15 мм. Максимальный диаметр - 26 мм, а минимальный - 12 мм. На основании проведенных исследований получено для средних арифметических значений массы и размеров желудей *Q. robur L.* и *Q. rubra L.* по семь параметров, позволяющих сделать заключение о том, что результаты достоверны на 95% доверительном уровне. Варьирование вариант вариационных рядов сравнительно невелико. Коэффициенты вариации, по разным признакам, составляют от 5,079 до 13,76 %, при этом, критерий достоверности значительно выше табличного и составляет от 73,3 до 100. Показатель точности опыта значительно ниже 5%. По данным В.Д. Новосельцева

масса 1000 желудей Q. *robur* L. составляет от 3000 до 4000 г, что подтверждается и нашими результатами проведенных исследований. В 2013-2014 гг. Исследования были продолжены по определению возможности осеннего посева желудей *Q. robur L., Q. rubra L.* и влияния глубины их заделки в почву на процент полевой всхожести. Опыт был заложен в двух вариантах, в пяти повторностях, размером 0,5 х 0,5 м. В каждую из повторностей поздней осенью 2013 г. высевалось по 50 желудей. В первом варианте опыта желуди раскладывались на лесную подстилку без их заглубления в почву и без мульчирования, а во втором варианте желуди заглублялись на глубину от шести до восьми см. В начале лета 2014 г. был проведен учет грунтовой всхожести. Результаты опыта отражены в табл. 2.

Таблица 2 - **Опыт осеннего посева желудей *Q. robur L.* и *Q. rubra L.* (г. Брянск, 2013-2014 гг.)**

| Вид | M±m, % | $\sigma^2$ | $\sigma$ | $V$ | t | P | N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вариант 1 (посев желудей без углубления в почву) | | | | | | | |
| *Quercus robur L.* | 68,2± 3,2 | 49 | 7,0 | 10,4 | 21,3 | 4,7 | 5 |
| *Q. rubra L.* | 69,3±3,3 | 56,0 | 7,49 | 10,8 | 21,0 | 4,9 | 5 |
| Вариант 2 (посев желудей с углублением в почву на 6-8 см) | | | | | | | |
| *Quercus robur L.* | 78,7±2,9 | 38,0 | 6,2 | 7,8 | 27,1 | 3,6 | 5 |
| *Q. rubra L.* | 79,5±3,1 | 45,0 | 6,7 | 8,4 | 25,6 | 3,8 | 5 |

Анализ опыта показывает на то, что в результате осеннего (2013 г.) посева желудей *Q. robur L.* и *Q. rubra L.* ювенильные растения получены весной 2014 г. как в первом, так и во втором вариантах опыта. Результаты опыта вполне достоверны на 95% доверительном уровне. Более стабилен и высокий процент грунтовой всхожести зарегистрирован во втором варианте, с заглублением желудей на 6-8 см в почву. Разность для *Q. robur L*. Составляет около 11 %, а для *Q. rubra L*. около 10 %. Табличное значение критерия достоверности превышения одного среднего арифметического значения над другим на 95% доверительном уровне составляет 2,306. Вычисленные значения критерия t больше табличных значений, и составляют для *Q. robur L*. 2,61, а для *Q. rubra L.* – 2,32. Следовательно, средние арифметические значения процента грунтовой всхожести, полученные в варианте опыта с заглублением желудей в почву, достоверно превышают средние арифметические значения, полученные при посеве желудей без углубления в почву. Аналогичные результаты были получены нами в Саратовской и Брянской области в 2006-2007 гг., а ранее - в Липецкой и Мангышлакской области [Любимов, 2002].

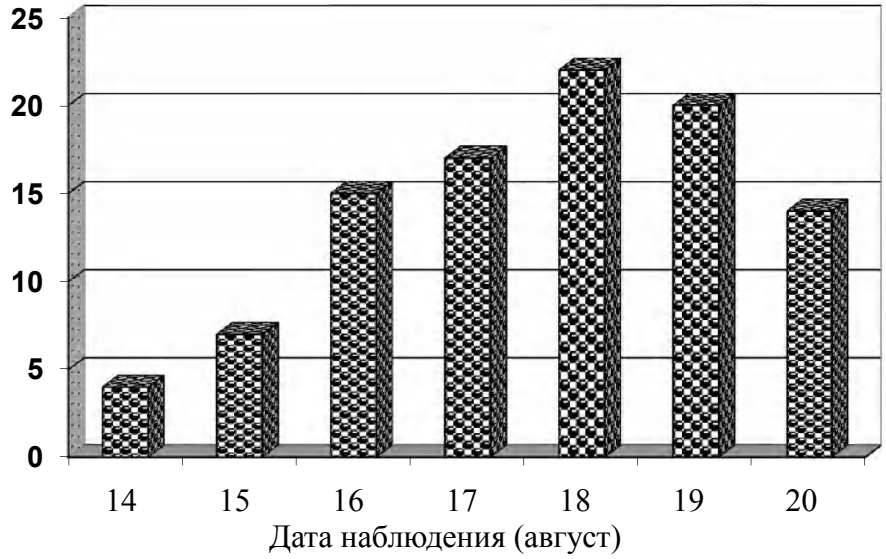



Рисунок 1 **– Средние показатели энергии прорастания семян, % *Physocarpus opulifolius (L.) Maxim.* (2007 - 2013 г.)**

Таким образом, анализ эксперимента показывает на возможность использования осеннего посева желудей в питомниках, а также при создании лесных культур и защитных лесонасаждений. При содействии естественному возобновлению целесообразно заглубление желудей в почву на 6-8 см. Однако содействие естественному возобновлению будет успешно в год перед рубкой древостоя, в сильно разреженных насаждениях, или в год рубки, если оставлены особи для обсеменения вырубки, то есть только в случае, если к всходам будет доступен свет. При создании зеленых насаждений, садов и парков желательно использование крупномерного посадочного материала. Посадочные ямы должны быть подготовлены размером не менее 60 см в диаметре и 80 см глубиной и заполнены плодородной почвой. Больший эффект принесет посадка саженцев дуба, выращенных в крупных контейнерах. Не менее эффективна посадка растений с комом. С этой целью для крупномерного посадочного материала ком должен быть обкопан с осени, а по мере наступления холодов, растение с комом переносится на постоянное место, в заранее, с осени, подготовленные посадочные места.

Многолетние исследования по изучению семенного размножения *Physocarpus opulifolia (L.) Maxim.* в условиях Саратовской и Брянской области показали, что семена *Ph. opulifolius (L.) Maxim.* созревают в первой декаде августа, что подтверждено и другими исследователями [4]. Результаты определения абсолютной всхожести и энергии прорастания семян отражены на рис. 1. Полученные результаты исследований важны для планового выращивания посадочного материала в питомниках и определения оптимальных сроков сбора семян. Плод *Ph. opulifolius (L.) Maxim*. с сухим околоплодником - сложная листовка, к концу лета краснеющая. Изучение соцветий, плодов и семян проводили и обрабатывали по методике, разработанной Г.Н. Зайцевым (Зайцев, 1981). Результаты отражены в табл. 3.

Таблица 3 - **Некоторые статистические параметры для соцветий, плодов и семян *Ph. opulifolia (L.) Maxim*. в условиях г. Брянска (2013 г.)**

| **Max** | **Min** | **$M_{ср.} \pm m$** | $\sigma$ | $V$ | **P** | **t** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Кол-во плодов в соцветии | | | | | | |
| 88 | 19 | 37,3 ± 0,7 | 9,2 | 24,8 | 1,7 | 57 |
| Кол-во семян в одном плоде | | | | | | |
| 18 | 4 | 6,2 ± 0,1 | 1,6 | 26,5 | 1,9 | 54 |
| Кол-во гнезд в одном плоде | | | | | | |
| 6 | 4 | 4,4±0,1 | 0,9 | 4,3 | 1,5 | 67 |
| Масса 1000 семян (г) | | | | | | |
| 1,1 | 0,96 | 1,1±0,02 | 0,05 | 0,1 | 0,02 | 50 |

Вид размножается семенами и укоренением одревесневших и зеленых черенков. Учитывая высокую декоративность и, особенно, устойчивость к городским условиям *Ph. opulifolius (L.) Maxim*. может быть широко использован в озеленении, при создании (реконструкции) садов и парков на территории Саратовской, Брянской и в соседних регионах. Вид рекомендуется для устройства декоративных групп, образования опушек, в качестве солитеров на газоне, создания живых изгородей и бордюров. Перспективность вида подтверждается результатами его испытания в чрезвычайно жестких лесорастительные условия полуострова Мангышлак. Следует отметить, что в декоративном садоводстве успешно используются и формы *Ph. opulifolia (L.) Maxim*.: желтая – *f. lutea Zabel* – с ярко-желтыми листьями, с возрастом принимающими бронзово-желтую окраску; золотистоокаймленная – *f. aureo-marginata hort*.- с окаймленными золотисто-темной полоской листьями; низкая – *f. nana Zabel* – карликовые растения с неглубоко лопастными темно-зелеными листьями. Семена, размеры которых составляют 1,8 мм длины и 1,0 мм ширины имеют высокую абсолютную и техническую (практически все семена полнозернистые) всхожесть. При выращивании сеянцев *Ph. opulifolius (L.) Maxim.* основной проблемой является чрезвычайно низкая грунтовая всхожесть. Оптимальный рост растений *Ph. opulifolius (L.) Maxim.* в ювенильном возрасте может быть обеспечен высокой и стабильной влажностью верхнего корнеобитаемого горизонта почвы (не ниже 75-78 % от ПВ). Следует отметить, что малейшее иссушение верхнего горизонта почвы приводит к массовой гибели всходов. Применение традиционных способы орошения (напуском воды в поливные бороздки, распылением воды над посевом) сопровождается вмыванием или вымыванием мелких семян и их гибелью. Большой процент проростков и

растений в ювенильном возрасте погибает от неблагоприятных погодных условий, в периоды экстремальных температур атмосферного воздуха и напряженного ветрового режима. Исследования по изучению генеративного и вегетативного размножения *Ph. opulifolius (L.) Maxim*., проведенные в условиях Северо-Казахстанской, Мангышлакской, Саратовской и Липецкой областях позволяют рекомендовать для практики оба способа размножения этого вида [8]. Повышение процента грунтовой всхожести и высокая сохранность растений может быть обеспечена посевом семян в специально разработанные посевные гидроизолированные чеки с постоянным подпитывающим через дренаж увлажнением. В таких чеках нейтрализуется отрицательное влияние абиотических факторов среды на прорастание семян, рост и развитие многих растений, в том числе и *Ph. opulifolius (L.) Maxim*. Посевные чеки дают возможность получать стабильный выход посадочного материала растений, отличающихся трудностью генеративного размножения в питомниках, в независимости от экологических условий района выращивания посадочного материала и погодных условий года.

При репродукции древесных и кустарниковых растений и эффективном, широком их внедрении в культуру основополагающее значение имеют результаты исследований по определению качества плодов и семян, разработке перспективных технологий выращивания посадочного материала. Определение массы плодов и семян, их размеров, процента выхода семян из плодов совершенно необходимо при организации планового ведения озеленительных и лесокультурных работ, прогнозу и учету урожая плодов и семян ценных видов деревьев и кустарников, определению объемов заготовки плодов и семян с целью обеспечения планового выращивания посадочного материала. Внедрение перспективных технологий размножения и выращивания посадочного материала, в частности и контейнерного метода, что позволит повысить качество посадочного материала. Будет способствовать увеличению его выхода с единицы площади, сокращению сроков содержания сеянцев в посевных отделениях питомника, а саженцев в школьных отделениях, приведет к сокращению площадей питомников, расхода затрат и времени на уходные работы, органических и минеральных удобрений, мульчи и расхода поливной воды. Следует также отметить, что сравнение ряда показателей семян и плодов у интродуцированных видов, с таковыми, полученными в условиях естественного местообитания, может использоваться при диагностике в определении перспективности интродуцента. В связи с этим нами изучен ряд показателей качества плодов и семян у 14 видов из числа деревьев и кустарников, интродуцированных в Брянскую и Саратовскую области и достигших генеративной фазы развития. Полученные методом математической статистики в экспериментальной биологии средние величины и их ошибка по длине плодов и семян, ширине плодов и семян, массе 1000 плодов и семян, выходу семян из плодов и количеству семян в плодах дают довольно полное представление об объектах исследования. То есть о плодах и семенах, некоторых успешно интродуцированных в Брянскую и Саратовскую область видов деревьев и кустарников. Параметры заслуживают доверия ввиду большой достоверности средних арифметических и значений показателя точности опыта, меньшего 5%. Так, например средняя величина длины плодов у *Rosa rugosa Thunb*. – Розы морщинистой составляет 23,36±0,31 мм, при этом, среднее квадратическое отклонение 3,17, коэффициент вариации не превышает 13,5%, показатель точности опыта равен 1,3, а критерий достоверности средней арифметической очень высок и составляет 75. Следовательно, полученные данные по длине плодов достоверны. Аналогичные результаты получены и для других показателей. Сравнение показателей качества семян и плодов у интродуцентов, с таковыми, в условиях естественного обитания видов (литературные источники) позволили сделать вывод о том, что масса плодов и семян и их размеры у интродуцентов практически не отличаются от массы и размеров плодов и семян, характерной для вида в условиях его естественного обитания. Жизнеспособность семян у всех изученных видов высокая.

Таблица 4 – **Усредненные показатели качества плодов и семян видов древесно-кустарниковой флоры г. Брянска**

| Название вида | Плоды (мм) | | Семена (мм) | | Масса 1000 (г) | | Выход семян из плодов, % | Кол-во семян в плодах (шт) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | длина | ширина | длина | ширина | плодов | семян | | |
| *Acer negundo L* | 3,5±0,04 | 2,68±0,1 | 2,06±0,04 | 0,46±0,01 | 50,8±0,6 | - | - | - |
| *Aronia melanocarpa (Michx) lliott* | 1,17±0,02 | 1,3±0,02 | 0,3±0,004 | 0,19±0,01 | 811,53±10 | 3,41±0,1 | 1,48±0,1 | 3217±36 |
| *Cotinus coggygria Scop.* | - | - | 9,07±0,087 | 4,51±0,05 | - | 31,44±3,2 | - | - |
| *Cotoneaster lucidus Schlecht.* | 0,9±0,01 | 1,04±0,01 | 0,54±0.01 | 0,43±0,01 | 364±8 | 31,9±0,5 | 17,5±0,39 | 1857±26 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Euonymus europaeus L.* | - | - | 8,11±0,1 | 4,47±0,06 | 291,3±7,4 | 70,36±0,6 | 24,2±0,2 | 1380±0,6 |
| *Fraxinus lanceolata Borckh.* | 3,62±0,04 | 0,5±0,01 | 2,2±0,02 | 0,28±0,01 | 37,5±0,5 | - | - | - |
| *Hippophae rhamnoides L.* | 0,77±0,01 | 0,8±0,02 | 0,5±0,005 | 0,3±0,01 | 72,49±0,7 | 5,86±0,06 | 8,09±0,05 | 1000±0 |
| *Quercus robur L.* | - | - | 32,99±0,45 | 13,61±0,13 | - | 3114,7± 35 | - | - |
| *Quercus rubra L.* | - | - | 25,88±0,28 | 18,76±0,25 | - | 5584±64,5 | - | - |
| *Mahonia aquifolium (Pursch.) Nutt.* | 9,67±0,07 | 8,075±0,14 | 5,03±0,04 | 2,02±0,033 | 281,31±6,4 | 16,26±0,2 | 5,8±0,1 | 3780±0,8 |
| *Phusocarpus opuli-folius (L.) Maxim.* | - | - | 0,2±0,03 | 0,14±0,026 | 26,3±0,1 | 1±0,02 | 3,8±0,2 | - |
| *Robinia pseudoaca-cia L.* | 4,62±0,12 | 1,5±0,04 | 0,63±0,01 | 0,4±0,004 | 233,5±6,5 | 18,97±1 | 11,65±0,5 | 1462,5±144 |
| *Rosa rugosa Thunb.* | 23,36±0,31 | 21,89±0,35 | 4,77±0,085 | 2,68±0,065 | 4408,5±20 | 673,3±0,35 | 15,3±0,07 | 67980±27 |
| *Symphoricarpos albus(L.) Blacke* | 1,1±0,014 | 1,1±0,01 | 0,41±0,01 | 0,2±0,004 | 557±22,9 | 8,6±0,2 | 3±0,07 | 1927,5±12 |

**Заключение**. Развитие интродукционной работы, широкое введение видов в культуру предполагают разработку надежных методов их более быстрого размножения. Несмотря на все положительные стороны семенной репродукции, приходится прибегать и к методам вегетативного размножения. В частности, к методу размножения черенками. Его преимущество перед семенным размножением заключается в быстроте выращивания посадочного материала, в надежности сохранения формовых и сортовых признаков, в возможности получения репродукции от видов, трудно размножающихся семенным путем. На территории экспериментального учебно-опытного участка были организованы опыты по вегетативному размножению кустарников, отличающихся декоративностью, красивым цветением и перспективностью для самого широкого введения в культуру. Это форзиция европейская (*Forsythia europaea Deg. et Bald*.), спирея иволистная (*Spiraea salicifolia L*.), кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus Schlecht*.), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius (L.) Maxim*.), роза морщинистая *(Rosa rugosa Thunb*.), айва японская (*Chaenomeles japonica (Thunb.) Lindl.)*, магония падуболистная (*Mahonia aquifolium (Pursh) Nutt.).* Форзиция европейская (*Forsythia europaea Deg. et Bald*.) представляет собой высокодекоративный кустарник родом с Балканского полуострова, высотой до 2 – 3 метров. Очень засухоустойчив, вполне зимостоек, газо и дымоустойчив, хорошо переносит условия города. Рекомендуется использовать как в групповых посадках, так и в качестве солитера. Также подходит для создания живых изгородей. Заслуживает более широкого введения в озеленительные посадки г. Брянска и области. Спирея иволистная (*Spiraea salicifolia L*.) является весьма декоративный кустарник с розовыми и белыми цветками до 2 м высотой, с продолжительной фазой цветения. Естественно произрастает в Западной и Восточной Сибири, Дальнем Востоке, Японии, Северной Америке. Вид пригоден для создания живых изгородей, зимостоек и газоустойчив. Декоративностью характеризуется и форма пузыреплодника калинолистного *(Ph. opulifolius (L*.) *Maxim.*), родиной которого является Северная Америка. Кустарник до 3 м высотой, засухоустойчив, быстро растет, хорошо формуется, цветки белые или розоватые. Определенную декоративность придают плоды, которые уже в полузрелом состоянии быстро краснеют, особенно на солнечной стороне. Используется чаще для создания живых изгородей, но также весьма эффектен при создании биогрупп. Роза морщинистая *(R. rugosa Thunb.)* вырастает до 2 м с морщинистыми сверху листьями, обильно и продолжительно цветет. Зимостойка, неприхотлива к почвенным условиям, не страдает от грибных заболеваний и отличается высокой газоустойчивостью. Вид с успехом может быть использован как для групповых посадок, так и для создания живых изгородей. Кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus Schlecht.*). Густоветвистый кустарник высотой до 2 м, засухоустойчив и зимостоек, прекрасно формуется. К почве и влаге вид нетребователен. Переносит затенение. Достаточно газоустойчив. Используется в основном для создания живых изгородей, декоративных биогрупп. Магония падуболистная (*Mahonia aquifolium (Pursh) Nutt.),* характеризуется декоративностью, заслуживает более широкого введения в культуру. Высотой до 1 м, с успехом может быть использован для создания бордюров, нестриженых живых изгородей.

Повышение экологической эффективности и декоративности насаждений как в Брянской, так и в Саратовской области может быть достигнуто: улучшением условий содержания существующих насаждений путем соблюдения агротехнических приемов в соответствии с экобиологическими особенностями вида; внедрением прогрессивных, высокоэффективных технологий выращивания посадочного материала (использование посевных гидроизолированных чеков с постоянным подпитывающим через дренаж увлажнением; для ряда видов желателен посев семян в

фазе физиологической зрелости; интродукцией новых устойчивых, декоративных видов; широким введением в культуру хозяйственно – ценных видов, успешно прошедших испытание, но не введенных в озеленение или виды, встречающиеся в озеленении единично. Вместе с тем, необходимо дальнейшее развитие целенаправленных интродукционных исследований, которые позволят обогатить насаждения области, например, красивоцветущими кустарниками, а также хвойными экзотами и высокоствольными деревьями из числа цветковых растений, т. е. теми жизненными формами, которые недостаточно введены в озеленение. Перспективные, отличающиеся декоративностью и другими положительными качествами виды, можно найти только в экосистемах, отличающихся от района интродукции, более благоприятными абиотическими факторами и, прежде всего, солнечной радиацией и валовым увлажнением. Тепло и влага - основные экологические факторы, от которых зависит продуктивность любого биоценоза. Интродуцируя виды из более благоприятных условий мы должны помнить о природном явлении - об экологической сукцессии (если мы не обеспечим рукотворный фитоценоз постоянным притоком энергии и ресурсов, то произойдет направленная смена видового состава биоценоза и там, где раньше была степь - вернется степь, а где была пустыня - вернется пустыня). Мы заранее должны знать, что сила воздействия ряда абиотических факторов в районе интродукции будет близка к границам толерантности вида или выходить за пределы его экологической валентности. Эти знания позволят решить вопрос о возможности агротехническими приемами исключить отрицательное влияние экологических факторов, выходящих за пределы экологической валентности вида и тем самым обеспечить условия для его нормального роста и развития. Так, например, важнейшими абиотическими факторами, лимитирующими интродукцию древесных растений, являются разница в минимальных температурах в районе интродукции и районе естественного обитания вида, а также водообеспеченность этих районов, количество осадков, наличие пресных водоемов, близость залегания слабоминерализованных грунтовых вод. Зная силу воздействия этих факторов и экологическую валентность вида можно, с большой уверенностью, теоретически исключить виды, естественно обитающие в условиях, например, более мягкой зимы. В районе интродукции нет возможности защитить эти виды от абсолютного минимума температуры воздуха. Такие виды, мобилизованные в район интродукции, рано или поздно погибнут. Интродукция деревьев и кустарников, основанная на экологическом методе заключается в последовательном решении программных вопросов, заключающихся в определение цели интродукционных изысканий; разработке плана экспериментальных исследований для эффективной реализации поставленной цели; пути подбора исходного материала и его мобилизация (этап осуществляется на основе применения экологических законов оптимума, минимума, толерантности, т.е. теоретического определения экологического спектра вида и сравнение его валентности с силой воздействия абиотических факторов в районе интродукции); экспериментальном испытании видов, их оценки, определении перспективности для введения в культуру, на основе экологических законов и, прежде всего, применении закономерности об изменчивости, вариабельности и разнообразия ответных реакций на действие факторов среды у отдельных особей вида. Эта закономерность позволяет, в значительной степени, сократить сроки эксперимента и довести его до 3-5 лет, не дожидаясь вступления вида в генеративную фазу. В соответствии с этой закономерностью, наиболее узкой экологической валентностью обладают молодые растения и наблюдения за проростками, всходами первого и второго года дают довольно объективную информацию о соответствии данного вида району интродукции, так как с возрастом толерантность у представителей вида значительно повышается; практической разработке перспективных технологий репродукции и эффективных агротехнических приемов содержания в культуре интродуцентов (параллельно испытанию интродуцента, разрабатываются эффективные методы генеративного и вегетативного размножения, создается агротехника содержания растений, позволяющая особям данного вида реализовать свои потенциальные возможности, т.е. агротехника, обеспечивающая условия, близкие к зоне оптимума для конкретного вида; практическом введение перспективных видов в широкую культуру. А. И. Колесниковым для интродукции в Брянскую область рекомендовано более 300 видов древесно-кустарниковых растений из таких родов, как ель (*Picea Dietr*.), сосна (*Pinus L.*), пихта (*Abies Hill*.), ясень

(*Fraxinus L.*), дуб (*Quercus L.*), клен (*Acer L.*), береза (*Betula L.*), липа (*Tilia L.*), вишня (*Cerasus Juss.*), жимолость (*Lonicera L.*), барбарис (*Berberis L.*), кизильник (*Cotoneaster Medic.*), лещина (*Corylus L.*), роза (*Rosa L.*), сирень (*Syringa L.*), слива (*Prunus Mill.*), смородина (*Ribes L.*), спирея (*Spiraea L.*), форзиция (*Forsythia Vahl.*), чубушник (*Philadelphus L.*), орех (*Juglans L.*) и многие другие. Перспективными географическими источниками получения исходного материала для интродукции в г. Брянск и Брянскую область являются Европа, Сев. Америка, Средняя, Центральная и Западная Азия, Сибирь, Д. В., Приморье, Крым, Кавказ, Китай, Корея и Япония. Теоретически обоснована перспективность интродукции в г. Брянск новых устойчивых, декоративных видов древесных растений. Внедрение в практику рекомендаций по интродукции и введению в культуру новых видов позволит повысить устойчивость, декоративность и защитные функции насаждений.

The paper reports the results of research to develop effective techniques of breeding and cultivation of planting material of commercially valuable species of woody plants in the Central and southern regions of Russia. Recommendations are based on the use of advanced technologies, providing a high output standard planting material and reducing its cost.
***Key words**: introduction, plants, reproduction, advanced technology, drip irrigation, container, planting material*

## Список литературы

1.Зиновьев В.Г. Прогрессивные технологии размножения деревьев и кустарников / В.Г. Зиновьев, Н.Н. Верейкина, Н.Н. Харченко, В.Б. Любимов. – Белгород – Воронеж: Бел ГУ, 2002. -136 с

2.Кабанина С.В. Контейнерный метод выращивания посадочного материала и перспективность его внедрения в питомники Саратовской области / С.В. Кабанина, М.Ю. Сергадеева, К.В. Балина, О.В. Михайлов, В.Б. Любимов. Под редакцией В.Б. Любимова. – Балашов: Николаев, 2004. – 20 с.

3.Конганбаева М.А. Агротехника выращивания древесных растений с применением капельного орошения / М.А. Конганбаева, В.Б. Любимов //Труды ЛОС Казахстана. – Шевченко: Наука, 1982. - 6 с.

4.Котова Н.П. Гидротермический режим содержания интродуцентов / Н.П. Котова, В.Б. Любимов. – Брянск: РИО БГУ, 2012. – 142 с.

5.Кормилицын, А.М. Методические рекомендации по подбору деревьев и кустарников для интродукции на юге СССР/ А.М. Кормилицын // Гос. Никитский бот. сад. - Ялта, 1977. – 29 с.

6.Культиасов, М.В. Эколого-исторический метод в интродукции растений/ М.В. Культиасов // Бюл. Гл. ботан. сада. - М.: Наука, 1953.- Вып. 15. - с. 24- 53.

7.Лапин, П.И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений. - М.: ГБС АН СССР, 1973. - с. 7-80.

8. Любимов В.Б. Интродукция растений (теория и практика) / В.Б. Любимов. – Брянск: Курсив, 2009. - 364 с.

9. Петухова, И.П. Эколого-физиологические основы интродукции древесных растений / И.П.Петухова. - М: Наука, 1981. - 124 с.

10. Русанов, Ф.Н. Новые методы интродукции растений/ Ф.Н. Русанов // Бюл. гл. ботан. сада. - М.: Наука, 1950. - Вып. 7. - с. 26- 37.

## Об авторах

Любимов В.Б. – доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и рационального природопользования БГУ, *lubimov-v@mail.ru*

Мельников Е.В. – аспирант кафедры экологии и рационального природопользования ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», *bgu-rio@yandex.ru*

Солдатова В.В. – аспирант кафедры биологии и экологии Балашовского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского» *valeria.soldatova@yandex.ru,*

**УДК 635.21:631:527**

# ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ

А.А. Молявко

Современные новые системы производства как семенного так и продовольственного картофеля позволяют выращивать урожай в соответствии с принципами высокоточного земледелия, обеспечивают человека всей необходимой для принятия правильных своевременных решений информацией и значительно облегчают проведение сельскохозяйственных работ.
***Ключевые слова:*** *урожайность ,сорта, элитные семена, высокоточные технологии.*

По валовому производству картофеля Россия занимает одно из ведущих мест в мире. Доля России в мировом производстве картофеля по посевным площадям и по валовому сбору составляет около 10%. Вместе с тем по урожайности (14 т/га) Россия значительно отстает даже от среднемирового уровня (17 т/га). На Брянщине урожайность за последние 5 лет составила более 25,0 т/га на площади около 25,0 тыс.га.

Среднегодовая емкость российского рынка картофеля оценивается в 29-31 млн.т, при этом внутреннее потребление включает использование: на продовольствие (в свежем виде) – 15-16; на кормовые цели – 6,0-6,5; на семена – 6,0-6,5; на переработку – 0,5-1,0. Экспорт картофеля оценивается на уровне 100 тыс.т в год, в то время как импорт в Россию составляет 400-500 тыс.т, или более 1,5% от его общего валового производства (Симаков Е.А., 2011).

Среди основных факторов сдерживающих рост урожайности и производства картофеля, особенно актуальным является отсутствие в полной потребности качественного семенного материала для эффективного сортообновления и сортосмены.

В условиях современного рынка для сельхозпредприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств все более остро ощущается дефицит высокопродуктивных сортов столового назначения с повышенными качественными характеристиками, сортов, пригодных к переработке, а для частного сектора (ЛПХ) – в первую очередь скороспелых, фитофторо- и нематодоустойчивых сортов. Эта проблема становится все более актуальной в условиях стремительно нарастающей в последний период жесткой конкуренции со стороны западноевропейских селекционных компаний и поставщиков семенного картофеля на российский рынок. Поэтому Всероссийский НИИ картофельного хозяйства с учетом меняющихся представлений в отношении потребительских качеств сортов картофеля и структуры целевого использования урожая в рамках стратегии на перспективу до 2020 г. определены новые направления развития селекции:

1 - создание столовых сортов для питания в свежем виде, особенно скороспелых, способных накапливать за 40 дней после всходов 15 т/га и ранних с периодом вегетации 80-90 дней;

2 - создание сортов для переработки на сухое картофельное пюре, картофель фри, чипсы с содержанием сухих веществ 20-25% и редуцирующих сахаров 0,2%;

3 – создание технических сортов с содержанием крахмала не менее 1,8%.

Оценивая ситуацию в области семеноводства картофеля, необходимо отметить, что в последние годы обозначилась положительная тенденция увеличения производства элитных семян. По оценкам ФГУ «Россельхозцентр», наличие элитных семян под урожай 2008г. составило 79 тыс.т, 2009г. – 85,5 тыс.т, 2010 – 138 тыс.т. Позитивная тенденция также прослеживается в отношении повышения качества семян. Качество элитных семян, соответствующих нормативным требованиям ГОСТа, составило под урожай 2008 г. – 90%, 2009 г. – 93,8%, 2010 – 94,6% (Анисимов Б.В. и др.,2011).

Вместе с тем, высококачественного семенного материала пока еще недостаточно для обеспечения запросов товарного картофелеводства в полном объеме. Особенно серьезной проблемой в настоящее время является отставание темпов продвижения российских сортов в сельскохозяйственную практику. Анализ показывает, что доля российских сортов в объеме сертифицированных семян за последние годы существенно снизилась и в настоящее время оценивается на уровне 45-50%. По объемам сертифицированных семян в числе лидеров остаются два российских сорта, доля которых составляет 35%, в том числе среднеранний сорт Невский занимает 24% (129,3 тыс.т) и сорт Удача, доля которого составляет более 11% (61,7 тыс.т). Среди западноевропейских сортов

наиболее распространенными являются Ред Скарлет (13%), Розара (11%), Романо (5%).

В решении проблемы системного усовершенствования семеноводства картофеля ученые Всероссийского НИИ картофельного хозяйства (Е.А. Симаков, 2011) наметили комплекс эффективных организационных мер:

- формирование региональной сети учреждений и опытно-производственных хозяйств Россельхозакадемии и сельхозорганизаций, которые реально могли бы выполнять функции базовых центров по оригинальному (первичному) семеноводству картофеля, способных, с учетом имеющихся лабораторных, полевых возможностей и кадров квалифицированных специалистов, обеспечить широкое использование инновационных технологий на уровне меристемно-тканевых культур, клонального микроразмножения, выращивания микро- и мини-клубней и применение высокоэффективных методов диагностики фитопатогненов на всех этапах производства оригинальных семян различных классов и полевых поколений;

- оснащение лабораторий клонального микроразмножения современным лабораторным оборудованием, приборами для диагностики фитопатогенов методами ИФА и ПЦР – анализа, а также комплектами полевой техники для первичных питомников. Модернизация базы хранения с применением современных систем «климат-контроля»;

- выделение специальных семеноводческих территорий (севооборотов) с наиболее чистыми фитосанитарными условиями, обеспечивающими выращивание здорового оригинального и элитного семенного картофеля при максимальном ограничении фона инфицирующей нагрузки и минимализации рисков новых заражений за счет эффективного использования природных средообразующих факторов и пространственной изоляции от возможных инфекционных источников.

В процессе системного усовершенствования семеноводства важное значение имеет развитие кооперации и создание региональных научно-производственных кооперативов по семеноводству картофеля на принципах частно-государственного партнерства.

В настоящее время информационные технологии и системы глобального позиционирования внедряются во все сферы повседневной и производственной жизни, в том числе и сельскохозяйственного производства. Во многих западноевропейских странах активно внедряются технологии выращивания различных культур с помощью спутникового анализа состояния полей. Суть их состоит в следующем: сначала GPS – навигацией определяются точные координаты исследуемых полей, затем спутник, пролетая над заданным полем, еженедельно проводит его фотографирование. Собранные спутником данные обрабатываются с помощью специальной программы SEBAL. SEBAL представляет собой модель обработки данных, которая снабжает пользователей информацией о посевах, выраженной в количественных величинах (кг/га, мм/неделю и т.п.). Например, в Нидерландах подобная работа ведется фирмой DIFCO international уже 3 года, и около четверти фермеров перешли на использование этой технологии. В 2010 г. спутниковый анализ состояния полей под картофелем проводился в ЗАО «Озеры» Московской области (Прямов С.Б. и др., 2011). Обработанная информация предоставляется через интернет с еженедельным обновлением данных на сайте Fieldlook. ru по 10 параметрам роста растений в течение вегетации и включает:

- Рост: производительность биомассы (кг/га/неделю), потребление $CO_2$ (кг/га/неделю), индекс листовой поверхности LAI (кв.м листового покрытия на кв.м земли), индекс вегетации (NDVI);

- Влажность: фактическое испарение (транспирация без учета испарения из почвы, мм/неделю), недостаток испарения (мм/неделю), уровень выпадения осадков (мм/2 недели), относительное испарение (количество мм воды, испаряемое для обеспечения максимального роста культуры, мм/неделю);

- Минеральные вещества: концентрация азота в верхнем листовом слое (кг/га), содержание азота в зеленой массе (кг/га).

Таким образом можно получить интересующие сведения не выезжая в поле. Сравнивая различные параметры определяется взаимосвязь между накоплением биомассы, содержанием азота, недостатком влаги и устанав-ливается, чем вызвана недостаточность роста растений. Опираясь на полученные данные, можно оперативно реагировать на любые изменения, происходящие на полях. Также используется эта система для контроля засоренности полей.

Будущий урожай картофеля может быть рассчитан еще во время роста, что облегчает планирование и организацию уборочных работ.

В крайне неблагоприятном 2010г. благодаря спутниковому анализу в ЗАО «Озеры» были получены картограммы прироста биомассы и других параметров в динамике. В сентябре месяце после засухи температура воздуха значительно снизилась, начали выпадать осадки, что сразу отразилось на приросте биомассы. Возрастало также и содержание азота в растениях карто-феля. Как следствие, это вызвало массовое израстание клубней. Вновь образовавшиеся клубни отличались низким содержанием сухих веществ. Поэтому было принято решение уменьшить высоту насыпи картофеля, загружаемого в хранилище.

Использование GPS – навигации позволяет значительно автоматизировать полевые производственные процессы, при этом трактор и агрегат управляются автоматически с погрешностью 2 см, и водителю нет надобности рулить и следить за бороздой. Работа его сводится лишь к пуску, разворотам на крае поля и остановке. Элементы такой технологии внедряются и в хозяйствах Брянской области, например, в ООО «Дружба» Жирятинского района, в компании «Мираторг» и других.

Эффективность реализации высокоточных технологий возделывания в значительной мере зависят от правильного выбора всех этапов производства, начиная от определения назначения картофеля (ранний, семенной, продовольственный, для переработки), подбора сортов, полей, техники, технологии возделывания и хранения. В настоящее время высокоточные технологии включают широкий ассортимент технологических возможностей (Старовойтов В.И. и др.,2010; Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., 2011) :

- космические технологии – использование информации со спутников;
- использование беспилотных радиоуправляемых самолетов для агромони-торинга полей;
- использование полевой техники, оборудованной средствами анализа состояния растений и почвы- Hydro – N - тестер, Green-Seeker и др;
- машины для картирования полей;
- средства точного внесения удобрений и средств защиты растений;
- полевая техника и приборы листовой диагностики питания, заболеваний и засоренности, анализа и учета урожайности.

Космические технологии делятся на две группы:

1. Получение навигационных данных, необходимых для точного движения полевых агрегатов при составлении электронных карт плодородия и урожайности полей, состояния растений, параллельного вождения агрегатов и др.
2. Периодическое получение космических и авиационных снимков с анализом спектральных данных и получение динамических данных о развитии растений.

Поскольку управление продукционным процессом является чрезвы-чайно сложной задачей мы полагаем, что в производстве картофеля по различным новым технологиям возникает ряд не предвиденных обстоятельств и условий. Особенно производителям картофеля приходится изменять технологические операции при подготовке почвы после различных предшественников. Поэтому важно изложить различные наиболее встречающиеся в практике варианты.

*Вариант посадки без осенней зяблевой вспашки*

Осенью после уборки предшественника применяется раундап, а через 2,5-3,5 недели проводится дискование. Если осенью не провели то весной выполняется дискование не обрабатываемой несколько лет почвы или другого предшественника (особенно многолетних трав) дискатором или тяжелой дисковой бороной. Затем проводится вспашка на глубину пахотного слоя. По необходимости до пахоты применяются основные удобрения (N, $P_2O_5$ , $K_2O$) в дозах, рассчитанных на запланированный урожай клубней.

На тяжелых суглинистых почвах, если позволяют предшественники, можно весной сразу провести весновспашку, а затем выполнить сплошное фрезерование почвы.

*Вариант с выполнением осенней зяблевой вспашки*

После уборки предшественника проводится дискование пожнивных остатков, на запыреенных участках вносится раундап (5-4,5 л/га, при первом за многие годы внесении требуется повышенная доза раундапа) , а через 2,5-3,5 недели выполняется вспашка на глубину пахотного слоя. До зяблевой вспашки можно вносить органические удобрения и фосфорно-калийные туки в дозах

на запланированный урожай.

Весной проводится раннее закрытие влаги боронами, затем перепашка зяби или безотвальное рыхление плугами со снятыми отвалами. Под перепашку зяби или безотвальное рыхление применяются азотные удобрения.

На тяжелых суглинистых почвах целесообразно после боронования (или мелкой культивации) провести сплошное фрезерование почвы.

*Вариант с посевом сидератов в занятом пару*

Люпин, сурепица, рапс или другой предшественник скашиваются комбайном с измельчителем (люпин в фазу блестящих бобиков, другие культуры в фазу молочно-восковой спелости семян, кроме озимой ржи, которая в отличие от других сидератов, скашивается весной в фазу выхода растений в трубку с таким расчетом, чтобы картофель можно было успеть посадить до 1-10 июня). Затем зеленую массу озимой ржи дискуют, вносят полную дозу минеральных удобрений (N, $P_2O_5$, $K_2O$) на запланированный урожай и проводят отвальную вспашку. Зеленая масса других предшественников (люпин, сурепица, рапс) заделывается осенью дискатором, через2,5-3,5 недели выполняют отвальную вспашку. При этом фосфорно-калийные удобрения вносят осенью, азотные – весной.

Во всех вариантах основной подготовки почвы гранулированные сложные и комплексные минеральные удобрения следует применять весной, особенно на легких по механическому составу почвах.

Для получения урожайности картофеля 350 ц/га и выше необходимо применять новые технологии возделывания картофеля и строго соблюдать все его биологические требования. Технологии в основном определяются набором технических средств зарубежных компаний (тут и ширина междурядий, и локализация минеральных удобрений при посадке, внесение инсектофунгицидов и др.).

Отличительные особенности перспективных технологий следующие: все технологические операции по посадке, уходу за посадками, уборке осуществляются зарубежными агрегатами, например фирмы GRIMME (или других фирм). Посадка производится сажалкой марки GL-34 T с шириной междурядий 75 см или сажалкой других фирм с междурядьями 90 см. При использовании данных сажалок одновременно выполняются 3 операции: посадка картофеля без предварительной нарезки гребней, локальное внесение удобрений и протравливание клубней. Одновременно в сажалку загружается 3 т картофеля, 1 т удобрений и 500 л протравителя. Агрегатируется с трактором МТЗ-1523 или с тракторами других производителей. В качестве минеральных удобрений под картофель лучше применять азофоску или нитрофоску в дозе 500-1000 кг/га (не содержит хлора, легко доступна для растений и содержит в своем составе три элемента питания). Удобрения при использовании такой сажалки находятся в рядке слева и справа от клубня на расстоянии 3-5 см. Протравливание клубней осуществляется прямо при посадке, при падении клубня, он и семенное ложе опрыскиваются препаратом из 2-х расположенных напротив друг друга форсунок. В качестве протравителя используется препарат Максим в дозе 0,4 л/т. Для того, чтобы обеспечить защиту посадок картофеля весь вегетационный период, применяют системный инсектицид Актара в дозе 0,5 кг/га (при этом нет необходимости в дополнительных опрыскиваниях инсектицидами) или Престиж в дозе 0,7-1,0 л/га, его добавляют в раствор протравителя.

Обработка междурядий производится фрезой GP (или фрезой других фирм), которая активными рабочими органами образует рыхлые трапециевидные гребни. Агрегатируется с трактором МТЗ-1523 или с тракторами других производителей. Дальнейшие междурядные обработки проводятся по мере уплотнения почвы в рядках. После первой обработки фрезой через 6 дней применяют гербицид Зенкор с нормой расхода 1 кг/га (на богатых гумусом суглинистых почвах можно применять 1,2 кг/га).

Для защиты посадок картофеля от фитофтороза и альтернариоза применяются не менее 3-4 опрыскиваний в зависимости от погодных условий и развития болезни. Первую обработку проводят в фазу начала бутонизации препаратом системного действия Ридомил Голд с нормой расхода 2,5 кг/га или Акробат 2 кг/га. Следующая обработка через 10 дней. Две обработки препаратом контактного действия Курзат 2,5 кг/га с интервалом 7 дней и одна Ширланом с нормой расхода 0,4 л/га. При наличии других препаратов защита растений от фитофторы и альтернароза соответствующая. Перед уборкой ботву удаляют механическим способом (KS 1500A или другой марки). Уборка производится комбайном марки SE 150-60 (или другой марки для междурядий 90 см). Комбайн прицепной весит 9,5

тонн, агрегатируется с тракторами МТЗ-1523 или Джон-дир, все транспортреты прорезинены (травмирование клубней минимальное), имеет бункер наполнитель емкостью 6 т, как только бункер наполнится, срабатывает датчик, бункер поднимается и при помощи выгрузного транспортера картофель выгружается в транспортное средство (выгрузка происходит очень быстро). Если мелкая (менее 28 мм) фракция не нужна, то можно осуществлять ее выброс прямо на поле.

При выращивании картофеля по новым зарубежным технологиям из-за применения иностранных энергонасыщенных и тяжелых тракторов и машин растения зачастую попадают в стрессовые условия благодаря уменьшению зоны развития корневой системы и повреждения надземной биомассы из-за частого внесения пестицидов. В связи с этим следует как можно максимально устранить отрицательные последствия воздействия этих факторов, применяя сбалансированное питание растений и обеспечивая необходимый водно-воздушный режимы для роста растений и формирования урожая клубней.

Modern new systems of production as seed and food potatoes allow to grow up a crop according to the principles of high-precision agriculture, provide the person of all with information, necessary for adoption of the correct timely decisions, and considerably facilitate carrying out agricultural works.
***Key words:*** *productivity, grades, elite seeds, high-precision technologies.*

**Список литературы**

1. Анисимов Б.В., Юрлова С.М., Хутинаев О.С. Эффективные средоулучшающие и защитные агроприемы, ограничивающие распространение вирусных болезней при выращивании оригинального и элитного семенного картофеля. В сб. Современные тенденции и перспективы инновационного развития картофелеводства.-Чебоксары, 2011.-с.49-52.

2. Прямов С.Б., Романюк В.Н., Мальцев С.В., Пшеченков К.А. Высокоточное земледелие на основе спутникового анализа состояния полей ( на примере ЗАО «Озеры»). В сб. Современные тенденции и перспективы инновационного развития картофелеводства -Чебоксары, 2011.-с.112-113.

3. Симаков Е.А. Современные тенденции и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля. В сб. Современные тенденции и перспективы инновационного развития картофелеводства. - Чебоксары, 2011.-с.6-9.

4. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А. Возможности высокоточного земледелия в повышении пищевой ценности картофеля. В сб. Современные тенденции и перспективы инновационного развития картофелеводства - Чебоксары, 2011.-с.114-116.

5. Старовойтов В.И., Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Коршунов А.В. и др. Высокоточные технологии возделывания картофеля. - Москва, 2010.-69С.

**Об авторе**

Молявко А.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор ГНУ ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, *rosniikartofel@yandex.ru*

**УДК 631.45:631.581:635.21**

## РАЗЛИЧНЫЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ В МАЛОПОЛЬНЫХ СЕМЕНОВОДЧЕСКИХ СЕВООБОРОТАХ КАРТОФЕЛЯ

А.А Молявко

На основе биологизированных севооборотов, клеверо и –люпиносеяния, оптимальных систем удобрения разработаны агроэкологические подходы стабилизации производства картофеля в новых условиях хозяйствования
***Ключевые слова:*** *картофель, удобрения, севооборот, корневые остатки, урожайность.*

Представляем методы и результаты исследований биологической активности почвы, накопления пожнивных остатков, развития корневой системы, урожайности картофеля и выноса питатель-

ных веществ растениями в севооборотах с укороченными ротациями при различных системах удобрения. Рассматривая землеустройство и схемы чередования культур в севооборотах в качестве важнейшего средства территориальной дифференциации землепользования на принципах адаптивности, следует особо учитывать и специфику средообразующих возможностей разных видов растений [3].

Кроме того, в современных условиях в связи с изменением структуры земельных угодий хозяйств, а также в соответствии с требованиями рыночной экономики все системы земледелия требуют пересмотра. В отличие от крупных многоотраслевых хозяйств, где используются большей частью многопольные плодосменные севообороты, крестьянские хозяйства, в большинстве своем наделенные сравнительно небольшой земельной площадью, не могут иметь многопольных севооборотов [4].

Однако малопольные севообороты, особенно картофельной специализации, изучены недостаточно.

Исследования проводили с 1981 г. на дерново-подзолистой супесчаной почве в трех севооборотах: 1/ Картофель, ячмень с подсевом клевера ($N_{60}P_{60}K_{60}$), клевер ($P_{30}K_{30}$); 2/ Картофель, ячмень ($N_{60}P_{60}K_{60}$), люпин на зеленый корм ($P_{60}K_{60}$); 3/ Картофель, кукуруза на силос ($N_{120}P_{120}K_{120}$), ячмень ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Схема удобрения картофеля приведена в табл. 1. Использовали сорта: картофеля Раменский, кукурузы Стерлинг и Буковинская ЗТВ, люпина Быстрорастущий 4, ячменя Эльгина, клевера Стародубский местный.

Перед закладкой опыта в слоях почвы 0-20 см и 20-40 см содержалось гумуса (по Тюрину) 0,89-1,13 и 0,66-1,04%, легкогидролизуемого азота (по И.В. Тюрину - М.М. Кононовой) 2,6-5,2 и 1,5- 4,6 мг/100 г почвы, подвижного фосфора (по А.Т. Кирсанову) 14,3-33,2 и 11,6-34,0 мг/100 г почвы, обменного калия (по А.А. Масловой) 10,2-16,2 и 8,0-15,3 мг/100 г почвы, pH солевой вытяжки на приборе ЭВ-74 5,3-7,45 и 5,6-7,49, гидролитическая кислотность (по Каппену) 0,46-1,12 и 0,45-1,07 м.экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований (по Каппену-Гильковицу) 3,19-9,54 и 2,3-8,63 м.-экв./100 г почвы. В опыте применяли компост (ТНК), приготовленный на основе торфа и безподстилочного жидкого навоза (1:1) с содержанием N-0,58%, $P_2O_5$– 0,27% и $K_2O$-0,15%, аммиачную селитру, суперфосфат и калийную соль. Фосфорно- калийные удобрения вносили осенью, азотные – весной.

Биологическую активность почвы определяли по выделению углекислоты методом В.И. Штатнова (1952).

В период цветения отбирали корни картофеля с глубины до 40 см (З.А. Дмитриева, М.Г. Автомеенко, 1974) с последующей отмывкой на сите диаметром 1 мм. Определяли их массу, объем ($см^3$), общую и рабочую поглощающие поверхности ($м^2$) методом Сабинина и Колосова.

Для изучения выноса питательных веществ в сухих пробах ботвы и клубней определяли общий азот и фосфор – колориметрически, калий – методом пламенной фотометрии (К.П. Фоменко и др.,1973).

В течение 2000-2005 гг. в ФГУП «Первомайское» Почепского района Брянской области проводили исследования в трех севооборотах: 1. Узколистный люпин на зеленый корм – озимая пшеница на зерно – картофель – корнеплоды – ячмень; 2. Узколистный люпин на зеленый корм – озимая пшеница на зерно + поукосно озимая рожь на зеленое удобрение – картофель – корнеплоды – ячмень; 3. Озимая пшеница на зерно - узколистный люпин на зеленое удобрение - картофель – корнеплоды – зернобобовые.

Почва серая лесная суглинистая. Основные агрохимические показатели пахотного слоя: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,77%, подвижного фосфора (по Кирсанову) 20 мг/100 г почвы, обменного калия (по Масловой) – 25 мг/100 г почвы, pH солевое 5,1, гидролитическая кислотность (по Каппену) – 2,12 м.экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований (по Каппену-Гильковицу) – 7,7 м.экв./100 г почвы.

В первом севообороте с 60 т/га навоза поступило в почву: N – 270, P- 150, K- 360 кг/га, во втором – с надземной и корневой массой озимой ржи: N – 60, P- 12, K- 75 кг/га, в третьем – с надземной и корневой массой люпина: N – 202, P- 31, K- 172 кг/га.

Использовали сорта картофеля: Брянский деликатес и Рождественский – среднеранние, Аспия – среднеспелый. Высаживали картофель во всех севооборотах 12-18 мая сажалкой СН-4Б с густотой 57 тыс.шт./га. Глубина посадки 6-8 см. Класс семенного материала – супер-суперэлита в 2002 г., суперэлита в 2003 г., в 2004 г. – элита.

В производственном опыте 2005 г. высаживали сорт Невский (суперэлита) – скоростной сажалкой КСМ-4. Производственные испытания проводили на площади 38 га, из которых узколистный люпин заделывали под картофель на площади 19 га. Убирали картофель спустя 14 дней после уничтожения ботвы.

Основным источником органического вещества, поступающего в почву, кроме органических удобрений, служат надземные и корневые остатки возделываемых культур, которые оказывают большое влияние на восполнение потерь гумуса из почвы, а также на ее пищевой режим [1,5].

В зависимости от удобрений и предшественника после уборки в почве остается ежегодно от 2,2 до 5,2 т/га, корневых и пожнивных остатков (табл. 1). При внесении удобрений предшественники картофеля формировали более высокий урожай и соответственно оставляли больше органических остатков. Например, на неудобренном варианте урожай зеленой массы клевер составил 387 ц/га, растительных остатков – 30,7 ц/га, в то время как при внесении под картофель 60 т/га ТНК + $N_{90}P_{90}K_{120}$ – соответственно 494 и 48,4 ц/га. В среднем за 3 года на удобренных вариантах количество корневых и пожнивных остатков клевера возросло по сравнению с контролем на 6,3-20,8 ц/га, люпина – на 0,8-9,3 и ячменя – на 3,7-12,7 ц/га.

При внесении ТНК отдельно и в сочетании с минеральными удобрениями, общее количество послеуборочных остатков здесь составляло по ТНК 30-90 т/га от 37,0 до 45,1 ц/га, по $N_{90}P_{90}K_{120}$ – 36,1 ц/га, по ТНК 30-90 т/га + $N_{90}P_{90}K_{120}$ – 44,6 – 51,5 ц/га. Это значительно больше чем оставляют пожнивно-корневых остатков люпин (29,6-38,1 ц/га) и ячмень (25,6-34,6 ц/га).

Состав растительных остатков, характеризующийся соотношением корневой и пожнивной массы, значительно различался по культурам. У ячменя пожнивных остатков более чем в 2 раза больше чем корневых, у люпина – в 1,5 раза, у клевера соотношение приближается 1:1.

Растительные остатки предшественников картофеля весьма существенно отличались по химическому составу. Азотом более богаты корни и жнивье клевера (2,60-2,75 и 2,33-2,82%) и люпина (2,68-3,19 и 2,19-2,55%). Меньше этого элемента в остатках ячменя (1,05-1,50% в корнях и 1,37-1,83% в стеблях). Калия и фосфора больше содержится в остатках клевера и люпина, значительно меньше у ячменя.

Значительное накопление послеуборочных остатков, особенно клевера и люпина, не только способствовало накоплению гумуса в почве, улучшению других агрохимических и физических свойств, но и повышению ее биологической активности.

Таблица 1

Урожайность предшественников картофеля и количество пожнивно-корневых остатков в зависимости от систем удобрения картофеля в первой ротации севооборотов (среднее за 3 года 1983-1985 гг.), ц/га

| № п/п | Вариант удобрения картофеля | Урожай основной продукции | | | | Абсолютно сухое вещество растительных остатков | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | клевер | люпин | ячмень | | клевер | | люпин | | ячмень | |
| | | | | зерно | со-лома | корне-вые | пожнив-ные | корне-вые | пожнив-ные | корне-вые | пожнив-ные |
| 1 | Без удобрений (контроль) | 387 | 343 | 14,1 | 26,1 | 14,5 | 16,2 | 12,2 | 16,6 | 6,5 | 15,4 |
| 2 | 30 т/га ТНК | 435 | 351 | 17,1 | 33,0 | 18,7 | 18,3 | 12,6 | 17,0 | 7,8 | 17,8 |
| 3 | 60 т/га ТНК | 460 | 368 | 18,9 | 37,5 | 20,6 | 19,7 | 15,3 | 20,7 | 8,3 | 18,2 |
| 4 | 90 т/га ТНК | 478 | 379 | 20,5 | 40,2 | 22,7 | 22,4 | 15,6 | 21,5 | 9,5 | 20,9 |
| 5 | $N_{90}P_{90}K_{120}$ | 396 | 354 | 15,1 | 28,3 | 18,0 | 18,1 | 13,0 | 18,9 | 7,3 | 17,1 |
| 6 | 30 т/га ТНК+ $N_{90}P_{90}K_{120}$ | 463 | 369 | 16,7 | 29,8 | 22,2 | 22,4 | 13,7 | 19,0 | 9,5 | 18,8 |
| 7 | 60 т/га ТНК+ $N_{90}P_{90}K_{120}$ | 494 | 381 | 20,0 | 35,5 | 23,5 | 24,9 | 14,5 | 20,8 | 10,7 | 20,0 |
| 8 | 90 т/га ТНК+ $N_{90}P_{90}K_{120}$ | 510 | 386 | 19,6 | 38,5 | 24,6 | 26,9 | 15,5 | 22,5 | 11,2 | 23,4 |
| | $НСР_{05}$,ц | 17,1-37,8 | 14,0-34,8 | 1,74-2,7 | | | | | | | |

Наиболее универсальный показатель деятельности почвенных организмов – продуцирование ими углекислоты или «дыхание» почвы [2]. В наших исследованиях этот показатель сильно изменялся в зависимости от фазы вегетации картофеля, погодных условий и применения удобре-

ний. Если в 1984г. интенсивное «дыхание» почвы происходило в фазу всходов, снижаясь постепенно к цветению и формированию урожая, то в 1985 г., максимальное продуцирование $CO_2$ приходилось на цветение, а минимальное – на всходы. В 1986 г. максимальную биологическую активность почвы также наблюдали в фазе цветения, которая уменьшалась к периоду всходов и созреванию клубней. Такое колебание биологической активности почвы связано со степенью ее увлажнения в определенные периоды, поскольку как недостаток, так и избыток влаги замедляет продуцирование углекислоты. Удобрения усиливали этот процесс во всех севооборотах и фазах вегетации, причем органические удобрения влияли больше, чем минеральные.

В фазе всходов и цветения наибольшее продуцирование углекислоты почвой наблюдалось под картофелем при размещении его по клеверу, а в период массового накопления урожая несколько большей активностью обладала почва при размещении картофеля по ячменю.

Не только удобрения и предшественники оказывали влияние на биологическую активность почвы, но и метеорологические условия вегетационных периодов. Так, при частых засушливых периодах 1986 г. отмечено самое низкое продуцирование углекислого газа, которое составило в среднем за вегетацию по трем севооборотам 81,4 кг/га в сутки, что значительно меньше этого показателя в 1984 и 1985 годах (114,1 и 107,8 кг/га соответственно).

Удобрения увеличивали объем корней, их массу, общую и рабочую поглощающие поверхности. Так, в среднем за 3 года объем корней одного куста при внесении удобрений возрастал на 10,4-72,8% в севообороте с клевером, на 19,0-66,2% - с люпином и на 14,9-74,7% - с кукурузой ( табл.2). Под влиянием удобрений изменялась и адсорбирующая поверхность: от 30,6 $м^2$ в контроле до 32,3-43,6 $м^2$ на удобренных вариантах после клевера, от 22,7 до 24,0-32,9 $м^2$ – после люпина и от 23,1 до 25,7 – 34,2$м^2$ после ячменя. Рост адсорбируюшей рабочей поверхности под действием удобрений составил 1,5-5,3 $м^2$ в севообороте с клевером, 0,3-3,5 $м^2$ и 0,7-4,2 $м^2$ в севооборотах с люпином и кукурузой.

Вместе с тем, поглотительную активность корней растения наиболее полно характеризует удельная поглощающая поверхность (адсорбирующая поверхность 1 $см^3$ объема живого корня, $м^2$/ $см^3$). Максимальным этот показатель отмечен во всех севооборотах в вариантах без удобрений. При их внесении он постепенно уменьшался. Аналогично изменилась и рабочая удельная поглощающая поверхность в севооборотах с люпином и клевером, но не всегда при возделывании картофеля после ячменя.

Одним из основных показателей, по которому судят о величине потребления питательных веществ картофелем и рассчитывают дозы удобрений на запланированный урожай с учетом запасов элементов питания в почве, является их вынос на единицу основной продукции с учетом непродуктивной ее части. Существенное влияние здесь оказывают погодные условия, удобрения и предшественники. Так, если вынос калия при размещении картофеля после клевера в 1984 г. составлял 97-111 кг, после люпина -98-111 кг и после ячменя – 94-118 кг на 100 ц клубней, то в 1985 г. эти показатели соответственно были 50-69, 53-68 и 47-68 кг. За годы исследований влияние удобрений на вынос питательных веществ определялось севооборотом. Оптимальным по урожаю клубней и затратам элементов пи-тания на единицу основной продукции оказалось размещение картофеля по клеверу (табл. 3).

Таблица 2

Развитие корневой системы картофеля в зависимости от удобрений и предшественника во второй ротации севооборотов (среднее за 1984-1986 гг.)

| Вариант | Объем корней, $см^3$ | Масса, г | | Адсорбирующая поверхность, $м^2$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | естественной влажности | сухих | общая | рабочая | удельная $м^2/см^3$ | |
| | | | | | | общая | рабочая |
| По клеверу | | | | | | | |
| 1 | 29,8 | 29,7 | 2,56 | 30,6 | 9,5 | 1,03 | 0,32 |
| 2 | 32,9 | 33,9 | 2,70 | 32,3 | 11,0 | 0,98 | 0,33 |
| 3 | 37,6 | 37,6 | 2,95 | 34,0 | 11,3 | 0,90 | 0,30 |
| 4 | 39,0 | 39,6 | 3,05 | 35,1 | 12,1 | 0,90 | 0,31 |
| 5 | 41,9 | 42,5 | 3,33 | 41,7 | 13,6 | 1,00 | 0,32 |
| 6 | 50,0 | 48,7 | 4,37 | 42,1 | 14,4 | 0,84 | 0,29 |
| 7 | 51,5 | 50,1 | 4,36 | 43,6 | 14,8 | 0,85 | 0,29 |
| 8 | 48,7 | 48,0 | 4,75 | 39,7 | 13,4 | 0,82 | 0,28 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| По люпину | | | | | | | |
| 1 | 23,1 | 23,9 | 1,73 | 22,7 | 6,9 | 0,98 | 0,30 |
| 2 | 27,5 | 27,2 | 1,99 | 24,0 | 7,2 | 0,87 | 0,26 |
| 3 | 30,4 | 31,1 | 2,23 | 26,3 | 8,3 | 0,87 | 0,27 |
| 4 | 32,4 | 32,3 | 2,37 | 28,6 | 9,0 | 0,88 | 0,28 |
| 5 | 35,5 | 34,7 | 2,49 | 30,9 | 9,0 | 0,87 | 0,25 |
| 6 | 38,1 | 37,7 | 3,03 | 31,3 | 10,0 | 0,82 | 0,26 |
| 7 | 38,4 | 38,5 | 3,22 | 32,9 | 10,4 | 0,86 | 0,27 |
| 8 | 37,0 | 36,7 | 3,33 | 27,5 | 10,0 | 0,74 | 0,27 |
| По ячменю | | | | | | | |
| 1 | 22,1 | 22,3 | 2,01 | 23,1 | 7,4 | 1,05 | 0,33 |
| 2 | 25,4 | 25,4 | 2,30 | 25,7 | 8,1 | 1,01 | 0,32 |
| 3 | 29,5 | 28,4 | 2,89 | 26,7 | 9,3 | 0,91 | 0,32 |
| 4 | 29,8 | 28,9 | 3,21 | 29,1 | 10,0 | 0,98 | 0,34 |
| 5 | 31,7 | 31,6 | 3,20 | 30,1 | 10,3 | 0,95 | 0,32 |
| 6 | 34,8 | 35,4 | 3,31 | 32,9 | 11,4 | 0,95 | 0,33 |
| 7 | 35,3 | 34,8 | 3,49 | 32,8 | 11,6 | 0,93 | 0,33 |
| 8 | 38,6 | 38,3 | 3,82 | 34,2 | 11,1 | 0,87 | 0,29 |

Коэффициенты использования питательных веществ растениями картофеля из удобрений определялись их видом, нормой внесения, погодными условиями и предшественником. Наиболее высокими коэффициенты использования азота, фосфора и калия картофелем были из минеральных удобрений при их отдельном внесении, которые в среднем за 2 года в зависимости от предшественника составили: азота – 45,1- 51,7%, фосфора – 7,5-11,7% и калия – 39,8-57,9%.

С увеличением доз компоста коэффициенты использования питательных веществ снижались как при его отдельном внесении, так и совместно с $N_{90}P_{90}K_{120}$. Лучше всего использовался из удобрений калий, хуже - фосфор удобрений, особенно при размещении картофеля по ячменю.

Таблица 3

Урожайность картофеля в зависимости от применения удобрений во второй ротации севооборотов (среднее за 1984-1986 гг.), ц/га

| Вариант | Севообороты | | |
|---|---|---|---|
| | картофель-ячмень +клевер-клевер | картофель-ячмень-люпин на зеленый корм | картофель-кукуруза-ячмень |
| 1 | 202 | 176 | 179 |
| 2 | 230 | 200 | 207 |
| 3 | 239 | 209 | 215 |
| 4 | 247 | 218 | 220 |
| 5 | 257 | 233 | 234 |
| 6 | 278 | 256 | 255 |
| 7 | 286 | 269 | 271 |
| 8 | 291 | 273 | 275 |

$НСР_{05}$ для частных значений 14,0-36,0 ц

$НСР_{05}$ для севооборотов 5,4-11,4 ц

На серой лесной почве с надземной массой и корневыми остатками узколистного люпина поступало в почву 202 кг/га азота, 31 кг/га фосфора и 172 кг/га калия; с озимой рожью соответственно: 60,12 и 75 кг/га. При использовании узколистного люпина для удобрения можно уменьшить дозу минеральных удобрений на $N_{60}P_{50}K_{40}$ без существенного снижения урожайности различных сортов картофеля (табл. 4). При заделке под картофель зеленой массы и корневых остатков озимой ржи можно уменьшить по сравнению с обычным предшественником (озимой пшеницей на зерно) дозу минеральных удобрений на $N_{30}P_{20}K_{20}$ без ощутимого снижения урожайности картофеля.

Таблица 4

Урожайность сортов картофеля в зависимости от севооборотов, ц/га

| Предшественники | Урожай по годам | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2002 | 2003 | 2004 | среднее |
| сорт Брянский деликатес | | | | |
| Озимая пшеница на зерно | 284 | 338 | 350 | 324 |
| Озимая рожь на сидерат | 240 | 297 | 305 | 287 |
| Узколистный люпин на сидерат | 292 | 362 | 360 | 338 |
| $НСР_{05}$,ц | 10,3 | 6,6 | 11,0 | |
| сорт Рождественский | | | | |
| Озимая пшеница на зерно | 182 | 330 | 340 | 284 |
| Озимая рожь на сидерат | 167 | 303 | 300 | 257 |
| Узколистный люпин на сидерат | 314 | 346 | 365 | 308 |
| $НСР_{05}$,ц | 10,2 | 7,6 | 6,0 | |
| сорт Аспия | | | | |
| Озимая пшеница на зерно | 172 | 319 | 352 | 279 |
| Озимая рожь на сидерат | 160 | 278 | 335 | 258 |
| Узколистный люпин на сидерат | 192 | 346 | 373 | 304 |
| $НСР_{05}$,ц | 6,1 | 8,3 | 19,0 | |

В ФГУП «Первомайское» в 2005г. урожайность картофеля сорта Невский после озимой пшеницы на зерно составила 288 ц/га, после узколистного люпина на сидерат – 275 ц/га.

Таким образом, для серой лесной почвы в малопольных картофелеводческих севооборотах наиболее выгодно использовать в качестве зеленого удобрения узколистный люпин.

On a basis the biologize of crop rotations, a clover and – lyupinoseyaniye, optimum systems of fertilizer are developed agroecological approaches of stabilization of production of potatoes in new conditions of managing
***Key words:*** *potatoes, fertilizers, crop rotation, root remains, productivity.*

**Список литературы**

1. Егоров В.В. Органическое вещество почвы и ее плодородие.//Вестник с.-х. науки, 1978, №5, с.15-25.

2. Жабюк Ф.В. Интенсивность дыхания дерново-подзолистой почвы как показатель ее биологической активности. В кн.: Микробиологические процессы в почвах и урожайность с.-х. культур. Матер. к республ. конф. Вильнюс, 1978,с.112-113.

3. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйств (концепция). Пущино, 1994.-148 с.

4. Котлярова О.Г., Черенков В.В., Джумшудов И.Ж. Севообороты для крестьянских хозяйств.//Земледелие,1994,№ 3,с.31-32.

5. Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. М., Россельхозиздат,1982, 143 с.

**Об авторе**

Молявко А.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор ГНУ ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, *rosniikartofel@yandex.ru*

**УДК 577.213.32**

# ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ VENT ДНК-ПОЛИМЕРАЗЫ НА ДИНАМИКУ РЕАКЦИИ АМПЛИФИКАЦИИ ДНК ПО МЕХАНИЗМУ КАТЯЩЕГОСЯ КОЛЬЦА

Ю.Ф. Мытницкая, В.В. Заякин

Разработка метода амплификации ДНК с помощью реакции по механизму катящегося кольца является перспективным подходом для молекулярной ДНК-диагностики. Изучалась эффективность использования в этой реакции термостабильной Vent ДНК-полимеразы. Установлено, что этот фермент может обеспечить активное накопление продуктов амплификации. Однако при снижении соотношения содержания циклизующейся пробы к количеству полимеразы наблюдается разрушение первоначально синтезированной ДНК. Предполагается, что это связано с преобладанием экзонуклеазной реакции над полимеразной в этих условиях.
***Ключевые слова**: амплификация по механизму катящегося кольца, Vent ДНК-полимераза, флуоресценция в реальном времени, экзонуклеазная активность.*

Разработка новых ДНК-технологий является одним из основных направлений развития методологических подходов современной фундаментальной и прикладной молекулярной биотехнологии, основанных на различных методах амплификации нуклеиновых кислот. Наиболее разработаны многочисленные варианты полимеразной цепной реакции (ПЦР). Используемая в нашей работе реакция амплификации по механизму катящегося кольца или реакция кольцевой амплификации (РКА) является сравнительно новой по сравнению с ПЦР – методами и поэтому применяется редко. Эту реакцию можно проводить в режиме реального времени, как и современные варианты ПЦР в реальном времени, основанных на количественной детекции флуоресцентного сигнала, который увеличивается пропорционально количеству ПЦР-продукта [5, с. 186]. Следовательно, ход протекания РКА можно регистрировать в каждый момент времени [6, с. 1028]. Как некоторые другие методы ПЦР, реакция РКА может проводиться с детекцией по конечной точке, но в отличие от ПЦР она не требует циклического изменения температуры, проводится в изотермическом режиме и имеет еще ряд преимуществ [8, с. 2340].

В связи с особенностями РКА, к используемым в ней ДНК-полимеразам предъявляются некоторые специальные требования, в частности, помимо термостойкости, они должны обладать достаточно высокой вытесняющей активностью и процессивностью. Эффективность ДНК-полимераз, производимых российскими фирмами, практически не изучена в реакции амплификации катящегося кольца. Целью нашей работы было изучить особенности РКА с использованием Vent ДНК-полимеразы фирмы СибЭнзим (Россия).

## Материалы и методы

Схема реакции амплификации по механизму катящегося кольца представлена на рисунке 1. На первом этапе олигонуклеотидная проба за счет комплементарного взаимодействия концов со специфической матрицей образует кольцо, которое сшивается ДНК-лигазой. На втором этапе происходит собственно амплификация - начиная с праймера, комплементарного к кольцу, синтезируется длинная цепь ДНК с постепенным вытеснением ДНК, образовавшейся на предыдущем обороте. На образовавшейся ДНК с участием второго праймера происходит синтез второй комплементарной цепи с вытеснением ранее синтезированных фрагментов. Общее количество синтезированной ДНК лавинообразно возрастает, что обеспечивает рост флуоресценции связывающего с ДНК красителя SYBR Green I.

Рис. 1. Схема реакции амплификации по механизму катящегося кольца.

В данной работе в качестве матрицы для проведения лигазной реакции использовались искусственно синтезированные нуклеотидные последовательности длиной 35 нуклеотидов и замыкаемые в кольцо олигонуклеотидные пробы длиной 87 нуклеотидов и два праймера длиной 25 и 27 нуклеотидов.

Реакцию лигирования кольца проводили с помощью ДНК-лигазы фага Т4 (СибЭнзим, Новосибирск) при 37 градусах в течение 2 – 3 часов.

Реакцию амплификации проводили с использованием детектирующего амплификатора АНК-32 производства фирмы «ДНК-технология», Россия. Реакция проводилась при 75ºС в течение 3 часов. Стандартная реакционная смесь содержала 20 mM Tris-HCl (pH 8.8 при 25°C); 10 mM KCl; 10 mM $(NH_4)_2SO_4$; 2 mM $MgSO_4$; 0.1% Тритон X-100; 300 мкМ каждого dNTP; 12,5 пМ каждого праймера, [3, с. 66; 4, с. 14-18]. Использовали Vent ДНК полимеразу (СибЭнзим, Новосибирск). Окончательный объем смеси составлял 25 мкл. В качестве интеркалирующего красителя использовался SYBR Green I, при прохождении реакции наблюдалось повышение уровня флуоресценции.

Продукты реакции дополнительно анализировали с помощью электрофореза в 1% агарозном геле и обрабатывали с помощью системы гель-документирования GelDoc и программного обеспечения Bio-Rad (Bio-Rad Laboratories, США). В качестве калибровочных маркеров использовали 100 bp +1.5 Kb DNA Ladder (СибЭнзим, Новосибирск).

**Результаты и их обсуждение.**

Применение Taq ДНК-полимеразы позволяет в ходе ПЦР синтезировать ампликоны длиной до 4-6 тыс. пар нуклеотидов. Вероятность ошибки при встраивании того или иного нуклеотида при этом находится на уровне 0,01-0,001 % [1, с. 17; 4, с. 22], так как Taq ДНК-полимераза не обладает корректирующей 3’-экзонуклеазной активностью. Точность синтеза Vent ДНК-полимеразы значительно выше, чем у Taq- полимеразы благодаря наличию корректирующей активности (от 24 до 57 ошибок на $1 \times 10^6$ присоединенных нуклеотидов) [3, с. 66]. Vent ДНК-полимеразу применяют также для получения продуктов длиной порядка 10 тыс.пар нуклеотидов ввиду ее высокой процессивности [2].

Использование способности Vent ДНК-полимеразы расплетать ДНК-дуплекс на пути следования полимеразы при температурах выше 55 °С - обеспечивает дополнительные возможности при проведении ПЦР. Также Vent ДНК-полимеразу из Thermococcus litoralis можно использовать при необходимости клонирования ампликонов для удаления 3´- выступающих или заполнения 3´- «спрятанных» концов ДНК [7, с. 240].

Для работы Vent ДНК-полимеразы рекомендуется 0,2 мМ концентрация каждого из четырех используемых dNTP, в то время как для эффективной работы Taq ДНК-полимеразы достаточно 50 мкМ каждого dNTP. Интервал концентраций 20-200 мкМ выбирают для установления оптимального баланса между эффективностью, специфичностью и точностью работы ДНК-полимераз. Точность уменьшается при концентрации dNTP много меньше константы Михаэлиса, либо когда концентрация одного из dNTP ниже по сравнению с остальными тремя [2].

На рисунках 2 – 5 показаны результаты амплификации при различном соотношении матрицы, циклизующейся пробы и Vent ДНК-полимеразы. На рисунке 2 количество циклизующейся пробы в реакционной смеси примерно $10^{12}$ молекул, а в реакциях, представленных на остальных рисунках в 100 раз меньше. Количество Vent ДНК-полимеразы в реакциях, результаты которых показаны на рисунках 2 и 3, составляет 0,06 единицы, на рисунке 4 – 0,04 ед., а на рисунке 5 – 0,03 ед. Кривые на каждом рисунке отвечают разным количествам матрицы от единичных (1 – 3 копии) до $10^{10}$. На шкале абсцисс длительность эксперимента выражена в условных единицах, 200 единиц соответствуют 15 мин.

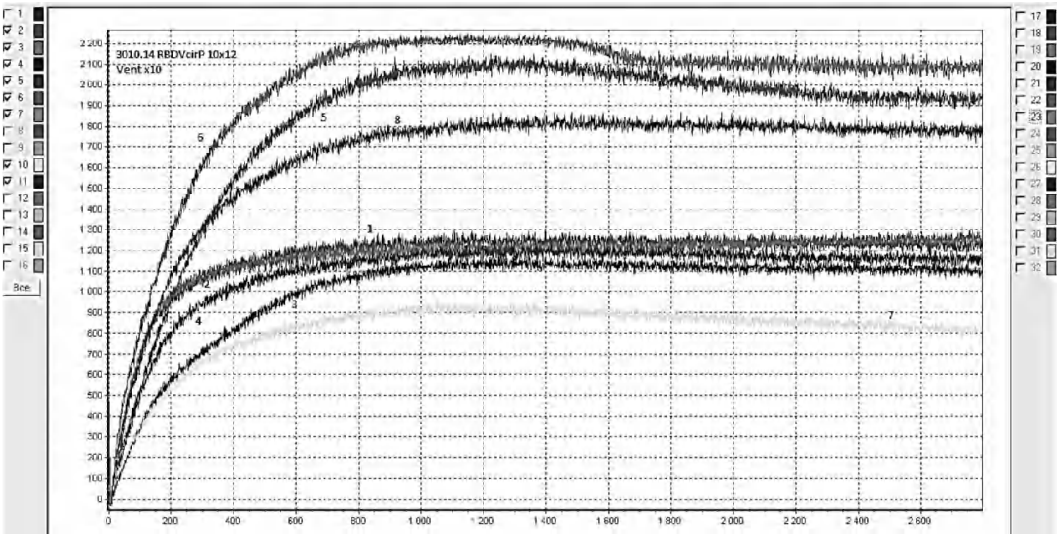



Рис. 2. Кривые накопления флюоресцентного сигнала в режиме реального времени при проведении ПЦР с 0,06 ед. Vent ДНК-полимеразы

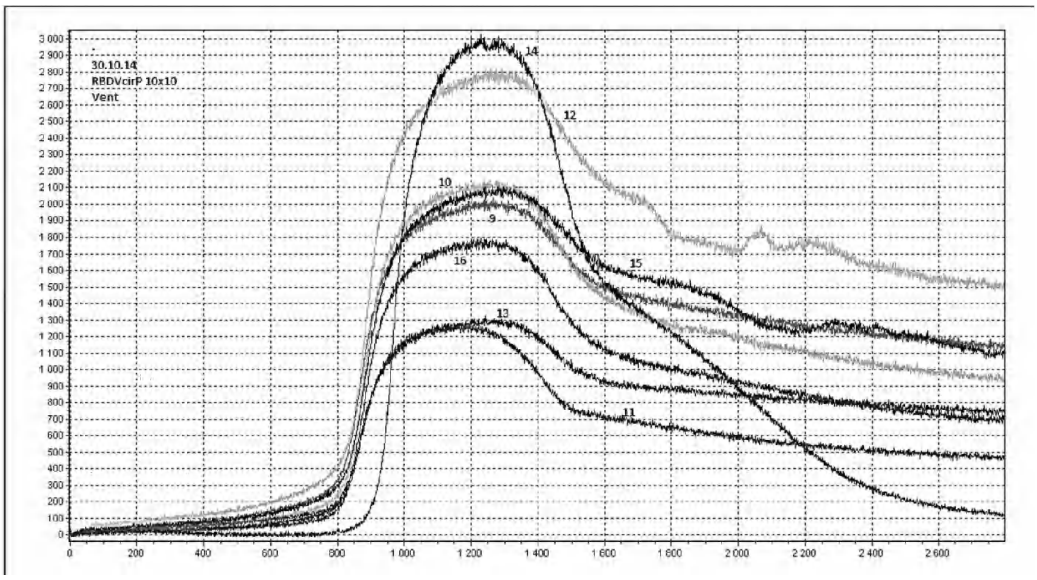



Рис. 3. Кривые накопления флюоресцентного сигнала в режиме реального времени при проведении ПЦР с 0,06 ед. Vent ДНК-полимеразы и циклизующейся пробой, разбавленной в 100 раз

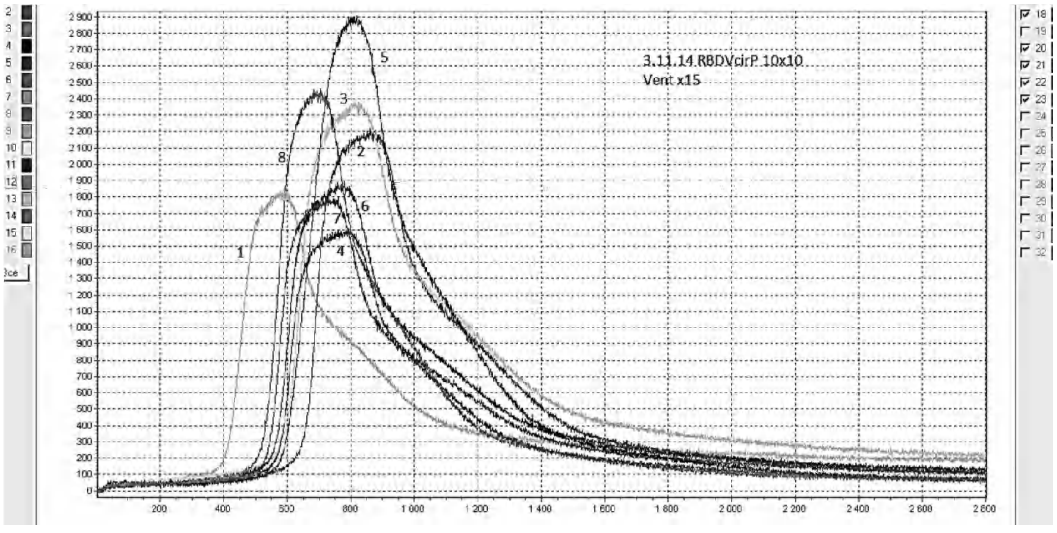



Рис. 4. Кривые накопления флюоресцентного сигнала в режиме реального времени при проведении ПЦР с 0,04 ед. Vent ДНК-полимеразы и циклизующейся пробой, разбавленной в 100 раз

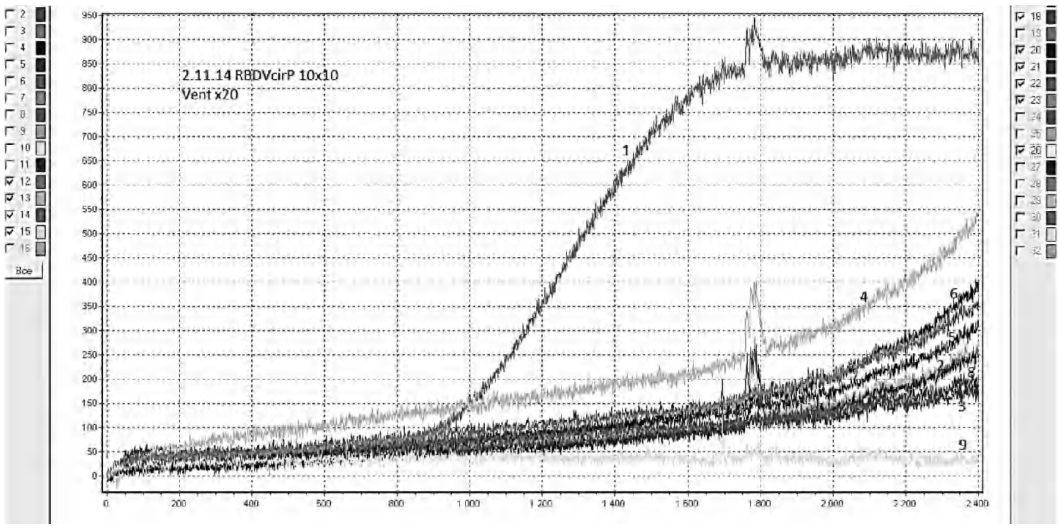



Рис. 5. Кривые накопления флюоресцентного сигнала в режиме реального времени при проведении ПЦР с 0,03 ед. Vent ДНК-полимеразы и циклизующейся пробой, разбавленной в 100 раз

При сравнении рисунков видно, что при максимальном количестве полимеразы и циклизующейся пробы, кривые выходят на плато. Высота плато и скорость первоначального подъема зависят от количества матрицы. При 100-кратном уменьшении количества циклизующейся пробы ход кривых резко меняется – наблюдается четко выраженный пик с последующим падением флуоресценции. Уменьшение количества полимеразы до 0.04 единиц делает этот пик еще более выраженным (рис.4). Дальнейшее уменьшение количества полимеразы до 0.03 единиц опять меняет ход кривых (рис.5). Их форма в целом опять становится как на рисунке 3, но подъем начинается гораздо позже, идет медленнее и большинство кривых не успевает выйти на плато.

Падение кривых после пика на рисунках 3 и 4 соответствует падению флуоресценции, что может быть вызвано разрушением ДНК, образовавшейся при амплификации. Это предположение подтверждается результатами электрофореза – ДНК на электрофореграммах в эти моменты времени отсутствует.

Для объяснения такой необычной динамики накопления продуктов амплификации можно предложить гипотезу, что при изменении соотношений количества фермента, циклизующейся пробы и матрицы изменяется соотношение полимеразной и экзонуклеазной активности. Преобладание экзонуклеазной активности может приводить к разрушению ДНК и исчезновению флуоресцентного сигнала. Это подтверждается также уменьшением или исчезновением пиков на кривых при увеличение концентрации dNTP, и, наоборот, их проявлению при уменьшении концентрации dNTP.

Таким образом, обнаруженные закономерности свидетельствуют о необходимости тщательно подбирать и соблюдать условия амплификации при использовании Vent ДНК-полимеразы. Вместе с тем, по-видимому, эта полимераза обладает хорошей вытесняющей активностью и процессивностью и может успешно использоваться при разработке новых методов на основе реакции амплификации по механизму катящегося кольца.

The rolling circle amplification of DNA is one of the new approaches for the development of molecular methods for DNA-diagnostics. The efficiency of the thermostable Vent DNA polymerase in this reaction was studied in this work. We found that this enzyme may provide active accumulation of amplification products. However, when the ratio of the cyclized probe content was reduced as compared with the amount of polymerase, we can observe the destruction of the originally synthesized DNA. It is anticipated that this may occur due to the predominance of exonuclease activity above the polymerase activity under these conditions.
***Key words:*** *rolling circle amplification, Vent DNA polymerase, fluorescence in real time, exonuclease activity.*

**Список литературы**

1. Антонова О. С., Рудницкая Г. Е., Тупик А. Н., Буляница А. Л., Евстрапов А. А., Курочкин В. Е. Полимеразная цепная реакция: приборная и методическая реализация. Обзор аналитических характеристик // Научное приборостроение. 2011. Т. 21. № 4. 160 с.

2. Охапкина С. С., Акишев А. Г., Дегтярев С. Х. Полимеразно-цепная реакция (ПЦР) и ее

применение // Библиотека научных трудов СибЭнзим. 2014. URL: http://sciencerussian.sibenzyme.com/papers/popularabout/using-pcr (дата обращения: 10.11.2014).

3. Alkami Quick Guide for PCR [электронный ресурс]: A laboratory reference for the polymerase chain reaction // Alkami Biosystems. 1999. URL: http://www.gene-quantification.de/quick-guide-pcr.pdf (дата обращения: 9.11.14).

4. Dieffenbach, C.W., Dragon, E.A., Dveksler, G.S.. Setting up a PCR laboratory. In: PCR Primer, A laboratory Manual. NY.: Cold Spring Harbor Laboratory Press. 1995. P. 186.

5. Edwards K., Logan J., Saunders N. Real-time PCR: An Essential Guide // Emerg Infect Dis. 2005. №11 (1). P.185-186.

6. Higuchi R. Kinetic PCR Analysis: Real-time monitoring of DNA amplification reactions // Biotechnology. 1993. №11. P. 1026-1030.

7. Sambrook J., Russel D. W. Molecular Cloning. NY.: Cold Spring Harbor Laboratory Press. 2001. P. 2100.

8. Wang B., Potter S. J., Lin Y. Rapid and Sensitive Detection of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus by Rolling Circle Amplification // J. of Clin. Microbiology. 2005. Vol. 43. №5. P. 2339 – 2344.

**Об авторах**

Мытницкая Ю.Ф. – аспирант 3 года обучения кафедры биологии естественно-географического факультета Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, *mytnickaya_yulia@mail.ru*

Заякин В.В. – доктор биологических наук, профессор кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, *iyanam1@yandex.ru*

**УДК 574.5**

# МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИНКА В ПРОБАХ СТОЧНЫХ, ПОДСТОЧНЫХ ВОД И РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЕ

Е.А. Петракова

В камеральных условиях исследована поглотительная способность по отношению к цинку макрофитов. Выявлен виды накопитель (и индикатор) этого биогенного тяжелого металла в природных водах: лептодикциум береговой. Проведено сравнение определения цинка в растворах методом спектрофотометрии и атомно-адсорбционной спектрометрии. Первый метод показывает большую чувствительность, но трудоемок, осложнен большими расходами реагентов. Второй – экспрессный метод анализа, но имеет повышенный открываемый минимум.

***Ключевые слова:*** *макрофиты, биогенный тяжелый металл, цинк, метод спектрофотометрии, метод атомно-адсорбционной спектрометрии*

В связи с широким распространением и способностью к биоконцентрированию, особый интерес для эколого-аналитических исследований представляет цинк. В лаборатории «Мониторинга сред обитания» (НИЛ Брянского государственного университета) была изучена индивидуальная поглотительная особенность видов водных макрофитов – ряски малой, ряски трехдольной и лептодикциума берегового – по отношению к катионам цинка для разработки перспективного направления очистки и доочистки сточных вод в русле фиторемедиации [6]. В связи с вышеизложенным цель исследований – сравнительная характеристика эколого-аналитических методик обнаружения цинка в растворах, использующихся для выявления биоремедиаторов сточных вод.

Цинк– (ТМ) биогенного происхождения представлен в поверхностных водах в самых разнообразных формах, различающихся скоростью миграции и накопления фитобионтами (макрофитами) [2-4]. Этот металл и его соединения играет значительную роль в развитии растительных организмов, входя в состав тканей, определяя протекание физиологических функций, регулируя биохимические процессы [1, 2, 5].

Для определения поглотительной способности макрофитов относительно катионов цинка использовали метод спектрометрии и атомно-адсорбционной спектрометрии. Предварительно готовили серию растворов цинка, концентрацией 1 мг/л. В растворы помещали одинаковое по массе количество макрофитов и изучали поглотительную способность по остаточной концентрации цинка в растворе на 3, 6 и 12 сутки. Макрофиты выращивались в лабораторных условиях при искусственном освещении (11-часовом световом дне) и температурой воды от +22 до +25°С. Для выращивания растений использовалась водопроводная отстоянная в течение 7 дней вода. Навеска макрофитов (2,5-2,9±0,3 г.) помещалась в раствор ТМ с определенной концентрацией и выращивалась в стеклянных конических колбах емкостью 250 мл. В течение 22 суток через определенные промежутки времени проводился отбор и измерение концентрации ионов ТМ в растворах.

Для спектрофотометрического определения цинка применяли высокочувствительную методику с дитизоном. Молярный коэффициент поглощения раствора дитизоната цинка в тетрахлористом углероде при λmax = 538 нм составляет $\varepsilon = 9{,}26 \cdot 10^4$ (***a*** = 1,42). При встряхивании водного раствора солей цинка (pH 4-11) с раствором дитизона (1.1) в $CCl_4$ образуется дитизонат цинка $Zn(HDz)_2$. При этом окраска органического слоя изменяется с зеленой на розовую. Экстракция протекает довольно медленно. Дитизон готовили следующим образом: растворяли 0,10 г дитизона в 1 $дм^3$ четыреххлористого углерода. Предварительно очищали реактив следующим образом: 1 г дитизона растворяли в 100 $см^3$ хлороформа. Раствор переносили в делительную воронку на 500 $см^3$, приливали 100 $см^3$ раствора аммиака (1 $см^3$ концентрированного 25 %-ного аммиака разбавляли до 100 $см^3$ бидистиллированной водой) и 5 $см^3$ 5 %-ного раствора аскорбиновой кислоты. Содержимое воронки встряхивали в течение 2 минут. После расслоения жидкости хлороформный слой сливали в чистую делительную воронку. К хлороформному раствору дитизона приливали новую порцию раствора аммиака, 5 $см^3$ 5 %-ного раствора аскорбиновой кислоты и содержимое воронки встряхивали в течение 2 минут. Операцию очистки дитизона повторяли до тех пор, пока водно-аммиачный раствор не перестал окрашиваться в оранжевый цвет. Все порции водного раствора дитизона фильтровали в колбу на 1 $дм^3$ посредством вакуумной воронки. Приливали соляную кислоту (1:1) до выпадения дитизона в осадок. При этом водный слой приобретал бледно-зеленоватый цвет. Осадок отфильтровывали через бумажный фильтр, промывали 3 раза 1 %-ным раствором аскорбиновой кислоты и сушили на воздухе. Из полученного дитизона готовили 0,002% раствор.

Затем проводили анализ растворов следующим образом: слегка подкисленный (до pH 2-3) анализируемый раствор объемом 25 мл, помещали в делительную воронку, добавляли 5 мл ацетатного буферного раствора и 5 мл раствора тиосульфата натрия и встряхивали с малыми порциями раствора дитизона в $CCl_4$ до тех пор, пока зеленый органический слой не переставал изменять свою окраску. Экстракты объединяли и промывали встряхиванием с двумя порциями по 5 мл промывного раствора. Розовый раствор $Zn(HDz)_2$ в тетрахлористом углероде переносили в мерную колбу на 25 мл, разбавляли до метки растворителем и хорошо перемешивали. Измеряли оптическую плотность при 538 нм относительно растворителя с использованием спектрофотометра СПЕКС ССП 310 по стандартным методикам установления оптической плотности. В результате были получены следующие данные (табл.1).

Таблица 1 – Остаточная концентрация $Zn^{2+}$ (мг/л) в растворах с макрофитами (метод спектрофотометрии)

| Макрофит | 3 сутки | 6 сутки | 12 сутки |
|---|---|---|---|
| Ряска малая | 0,67 | 0,57 | 0,45 |
| Ряска трехдольная | 0,755 | 0,695 | 0,385 |
| Лептодикциум береговой | 0,12 | 0,001 | 0,22 |

Установлено, что остаточная концентрация цинка равномерно снижается в течение 2 недель, наибольшая поглотительная способность наблюдается у лептодикциума берегового.

Данная методика осложнена большими расходами органического растворителя и трудоемкостью эксперимента. Альтернативным методом послужил атомно-адсорбционный анализ водных растворов цинка. Необходимости переводить катионы металла в окрашенные комплексы отсутствует, так же как и мешающее действие катионов других металлов. В результате нами получены следующие данные (таблица 2).

Таблица 2 – Остаточная концентрация $Zn^{2+}$ в растворах с макрофитами (метод атомно-адсорбционной спектрометрии)

| Макрофит | 3 сутки | 6 сутки | 12 сутки |
|---|---|---|---|
| Ряска малая | 0,16 | 0,16 | 0,13 |
| Ряска трехдольная | 0,1 | 0,26 | 0,18 |
| Лептодикциум береговой | 0 | 0,05 | 0,05 |

Данный метод подтверждает падение остаточной концентрации цинка в течение 2 недель, высокая поглотительная способность лептодикциума доказана. Однако данный метод имеет больший открываемый минимум, чем спектрофотометрия, поэтому чувствительность данного метода ниже и лежит на границе ПДК цинка для водной среды.

Итак, в ходе эксперимента была доказана поглотительная способность водными макрофитами катионов тяжелых металлов на примере цинка в течение 2 недель посредством спектрофотометрии и атомно-адсорбционной спектрометрии. Первый метод показывает большую чувствительность, но трудоемок, осложнен большими расходами реагентов. Второй – экспрессный метод анализа, но имеет повышенный открываемый минимум. В целом, обе методики могут быть использованы для определения поглотительной способности тяжелых металлов макрофитами в фиторемедиации.

In laboratory conditions was investigated adsorption capacity in relation to zinc macrophytes. Identified types of memory (and indicator) of this nutrient heavy metals in natural waters: Leptodictyum. Comparison zinc determination in solution by spectrophotometry and atomic-absorption spectrometry. The first method shows higher sensitivity, but time-consuming, complicated by the high costs of reagents. The second is a rapid method of analysis, but has an opening at least.
***Key words**: macrophytes, nutrient, heavy metal, zinc, method spectrophotometry, method of atomic-absorption spectrometry*

## Список литературы

1. Золотухина Е.Ю., Гавриленко Е.Е. Тяжелые металлы в водных растениях. Аккумуляция и токсичность // Биологич. науки. №9. 1989. С. 93-106.

2. Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеоиздат,1986. 270 с.

3. Кадукин А.И., Красинцева В.В., Романова Г.И., Тарасенко Л.В. Аккумуляция железа, марганца, цинка, меди и хрома у некоторых водных растений // Гидробиол. журнал. Т. 18. №1. 1982. С.79-82.

4. Медь и ее соединения / Под ред. Н. Ф. Измерова. М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1989. Вып. 120. 225 с.

5. Никаноров А. М., Жулидов А. В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 312 с.

6. Петракова Е.А., Анищенко Л.Н., Белов С.П. Накопительная и фиторемедиационная возможность водных растений по отношению к ионам меди // Вода: химия и экология. 2014. № 6 (июнь). С. 45-49.

## Об авторе

Петракова Е.А. – аспирант кафедры экологии и рационального природопользования, Брянский государственный университет, *eco_egf@mail.ru*

**УДК 615.272**

# ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИГИПОКСИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И АМИНОКИСЛОТ В УСЛОВИЯХ ОСТРОЙ КИСЛОРОДНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

Н.Ф. Петухова, М.В. Трошина, Т.Г. Иванова, Р.Ю. Лютый,
Е.Г. Цублова, В.В. Яснецов, С.Я. Скачилова

В опытах на белых нелинейных мышах-самцах показано влияние новых производных гетероциклических соединений и аминокислот на продолжительность жизни животных в условиях острой гипоксии различного генеза. Выявлены вещества с антигипоксической активностью сопоставимой и/или превышающей таковую у эталонных средств сравнения амтизола сукцината и мексидола.
***Ключевые слова:*** *производные гетероциклических соединений и аминокислот, острая гипоксия, амтизол сукцинат, мексидол, антигипоксическая активность.*

Гипоксия является одним из самых распространенных патологических процессов, возникающих в организме не только как самостоятельное явление, но и в качестве звена развития заболевания. Кислородная недостаточность формируется при воздействии на организм различных токсинов, при нарушении кровообращения, интенсивной физической нагрузке и др. При развитии острой гипоксии как этапа адаптивных изменений органов и тканей включаются компенсаторные клеточные механизмы, предупреждающие и/или устраняющие повреждающее действие нехватки кислорода [4, 5, 13]. При развитии гипоксии как патологического явления для устранения негативных процессов используются различные искусственные методы, наиболее значимым среди которых является применение лекарственных средств – антигипоксантов.

Несмотря на проводимые многочисленные исследования по созданию лекарственных средств с антигипоксической активностью, данная проблема не теряет своей актуальности. Новых лекарственных средств, повышающих продолжительность жизни и выживаемость организма в условиях острой гипоксии, в настоящее время не появляется. Большинство используемых антигипоксантов были введены в клинику еще во второй половине прошлого века, и их применение на сегодняшний день не всегда оказывается эффективным. Это обусловлено многими факторами, в том числе и изменениями в лекарственной терапии заболеваний, сопутствующим фактором которых выступает гипоксия [8, 10].

В качестве потенциальных антигипоксантов исследуются представители различных классов химических соединений: начиная от органических кислот и спиртов до сложных полициклических молекул [1, 2, 11, 13]. Особое внимание уделяется веществам, являющимися аналогами биологических молекул – витаминов, компонентов метаболизма, гормонов и т.д. Такой выбор объясняется с одной стороны определением ведущей роли в формировании защитных антигипоксических реакций компонентов энергетического обмена – сукцината, убихинона и др. [2, 6, 7], с другой – применяемыми антигипоксантами: эмоксипин является производным витамина $B_6$, амтизол содержит фрагмент тиамина, реамберин создан на основе янтарной кислоты [8, 10]. В связи с этим можно предположить наличие у новых комплексных соединений аминокислот и гетероароматических веществ противогипоксической активности.

Целью наших экспериментов являлось исследование влияния новых производных гетероциклических соединений и аминокислот на продолжительность жизни лабораторных животных в условиях острой гипоксии различного генеза.

**Материалы и методы исследования**. Опыты проведены на белых нелинейных мышах-самцах массой 20–24 г. Животные содержались в стандартных условиях вивария при свободном доступе к пище и воде. При проведении эксперимента соблюдались Правила лабораторной практики, принятые в Российской Федерации [9] и Международных рекомендаций Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых при экспериментальных исследованиях (1986) [12].

Тестированию подвергались производные гетероциклических соединений и аминокислот с общим шифром ЛХТ, впервые синтезированные д.х.н., профессором С.Я. Скачиловой (ОАО «ВНЦ БАВ»). Исследуемые вещества вводили внутрибрюшинно в дозах 1, 5 и 10 мг/кг за 1 час до проведения эксперимента в виде взвеси с твин-60. Животным контрольной группы тем же путем и в те

же сроки вводили эквивалентный объем растворителя. Действие экспериментальных соединений сравнивали с эффектами препаратов сравнения – эталонным антигипоксантом амтизолом сукцинатом и антиоксидантом с антигипоксическим действием мексидолом. Препараты сравнения вводили в дозах 10, 25 и 50 мг/кг. Несмотря на тот факт, что согласно литературным данным эффективными дозами указанных фармакологических средств являются 25, 50 и 100 мг/кг [8, 10], в наших экспериментах для соотнесения антигипоксической активности новых веществ исследовались меньшие дозы препаратов сравнения.

Для исследования антигипоксических свойств новых производных гетероциклических соединений и аминокислот использовали модели острой гипоксии: гемической, гистотоксической и гипоксии с гиперкапнией. Острую гемическую гипоксию моделировали путем подкожного введения животным натрия нитрита в дозе 400 мг/кг, острую гистотоксическую – натрия нитропруссида в дозе 20 мг/кг. Острую гипоксию с гиперкапнией моделировали в герметически закрывающихся стеклянных емкостях объемом 250 см$^3$. Во всех случаях регистрировали продолжительность жизни животных в минутах [3, 9].

Результаты обрабатывали статистически с использованием программы STATISTICA 6.0, достоверность определяли параметрическим методом по t-критерию Стьюдента [9].

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенных экспериментов было установлено, что из 6 исследованных соединений в условиях острой гипоксии с гиперкапнией только одно вещество с шифром ЛХТ 21-01 достоверно ($p<0,05$) повышало продолжительность жизни лабораторных животных: при его введении в дозе 1 мг/кг положительный эффект составил 27% в сравнении с контрольными значениями, принятыми за 100% (рисунок 1).

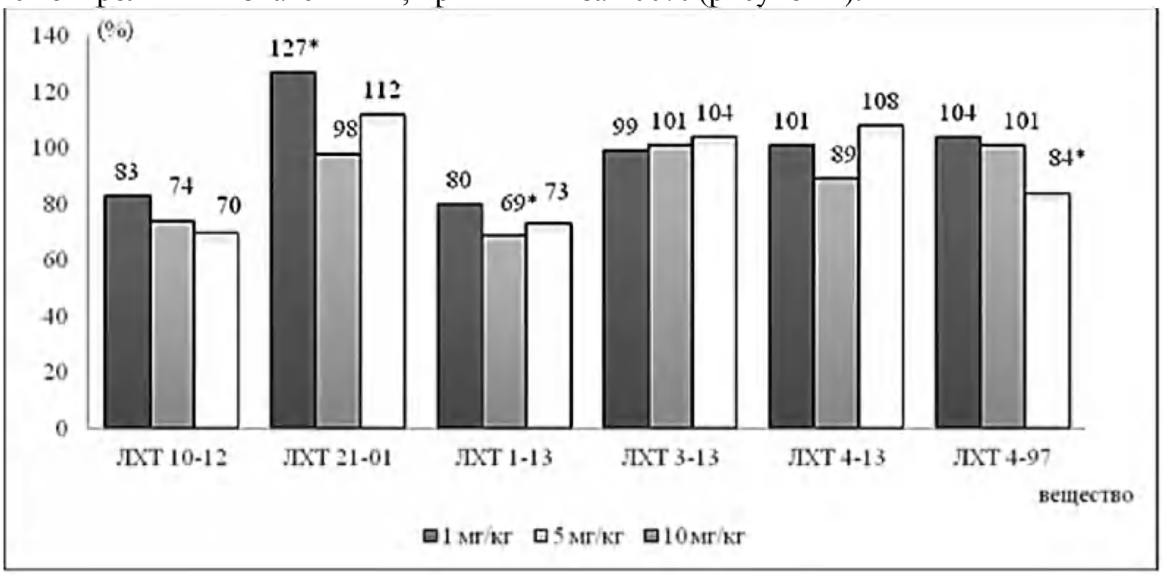



Рисунок 1 – Влияние новых соединений на продолжительность жизни животных в условиях острой гипоксии с гиперкапнией

*Примечания к рис. 1–3: 1. Приведены значения в % к контролю.*
*2. Знаком (*) отмечены достоверные ($p<0,05$) различия к контролю*

Под влиянием ЛХТ 1-13 в дозе 5 мг/кг и ЛХТ 4-97 в дозе 10 мг/кг продолжительность жизни подопытных животных была ниже на 31 и 16% соответственно в сравнении с контролем.

Из лекарственных средств сравнения в условиях острой гипоксии с гиперкапнией эффективен был только амтизол сукцинат в дозе 50 мг/кг, положительный эффект составил 21% в сравнении с контрольными значениями (таблица 1).

В условиях острой гистотоксической гипоксии повышение продолжительности жизни мышей наблюдалось под влиянием 3 соединений (рисунок 2). Так ЛХТ 10-12 в дозе 10 мг/кг достоверно увеличивал время жизни подопытных животных на 19%, ЛХТ 4-13 в дозе 5 мг/кг – на 64 %, а ЛХТ 4-97 в дозе 1 мг/кг – на 17% в сравнении с контролем. Остальные соединения какого-либо влияния на продолжительность жизни животных в указанных условиях опыта не оказывали.

На модели острой гистотоксической гипоксии из эталонных препаратов в исследованных дозах был активен только амтизола сукцинат (таблица 1). При его введении во всех испытанных дозах наблюдалось увеличение продолжительности жизни животных на 21–32% в сравнении с контрольными значениями.

Таблица 1 – Влияние лекарственных средств сравнения на продолжительность жизни мышей в условиях острой гипоксии различного генеза

| Лекарственное средство сравнения | Доза, мг/кг | Продолжительность жизни мышей, % к контролю | | |
|---|---|---|---|---|
| | | острая гипоксия с гиперкапнией | острая гистотоксическая гипоксия | острая гемическая гипоксия |
| Амтизола сукцинат | 10 | 110±10 | 121±2* | 117±9 |
| Амтизола сукцинат | 25 | 118±6 | 127±4* | 114±6 |
| Амтизола сукцинат | 50 | 121±3* | 132±4* | 128±5* |
| Мексидол | 10 | 94±6 | 104±8 | 103±8 |
| Мексидол | 25 | 92±7 | 107±12 | 105±8 |
| Мексидол | 50 | 104±5 | 102±3 | 111±12 |

*Примечание: Знаком (*) обозначены достоверные (p<0,05) различия к контролю.*

В условиях острой гемической гипоксии антигипоксические свойства проявляли соединения с шифром ЛХТ 21-01 в дозе 5 мг/кг и ЛХТ 4-97 в дозе 1 мг/кг (рисунок 3). Положительный эффект составил 18 и 23% соответственно в сравнении с контролем.

В указанных условиях опыта только амтизол сукцинат в дозе 50 мг/кг повышал продолжительность жизни животных на 28% в сравнении с контролем (таблица 1). Мексидол в испытанных дозах был не активен.

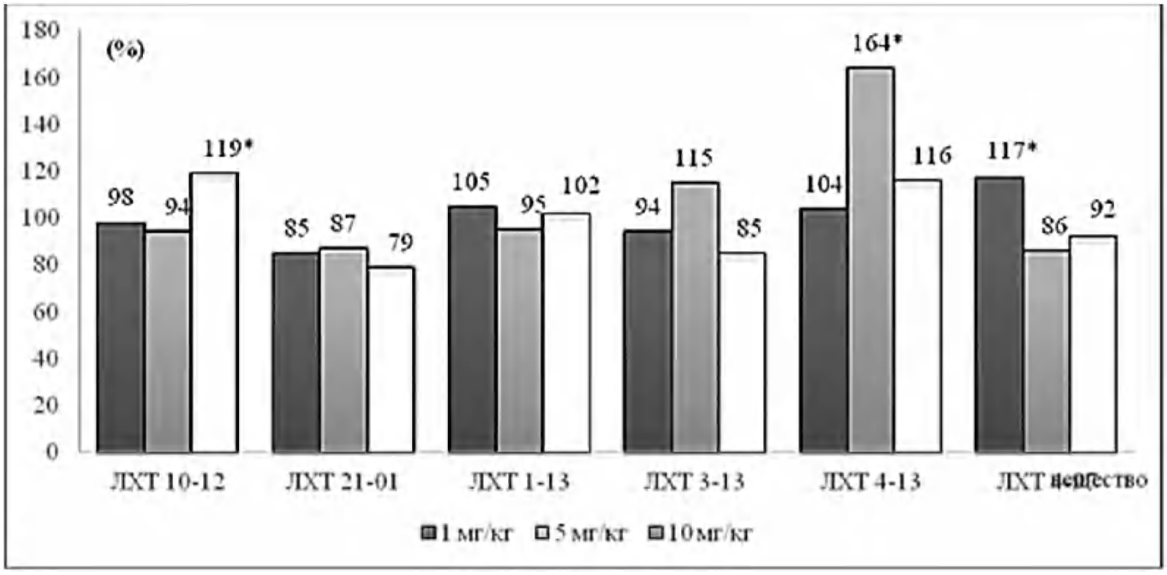



Рисунок 2 – Влияние новых соединений на продолжительность жизни животных в условиях острой гистотоксической гипоксии

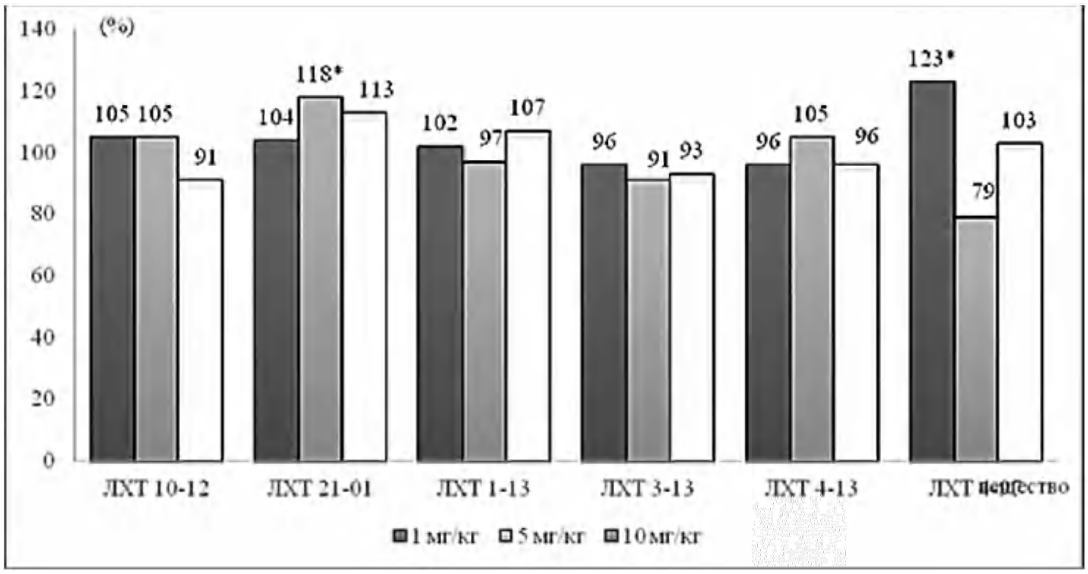



Рисунок 3 – Влияние новых соединений на продолжительность жизни животных в условиях острой гемической гипоксии

Таким образом, на основании проведенных исследований можно утверждать, что среди новых производных гетероциклических соединений и аминокислот есть вещества, проявляющие антигипоксические свойства на моделях острой гипоксии. ЛХТ 21-01 и ЛХТ 4-97 были активны на двух моделях из трех исследованных, ЛХТ 4-13 – на одной модели. Причем эффективными оказались преимущественно наименьшие и наибольшие из исследованных доз, что является основанием для проведения дальнейших исследований по определению широты эффективных доз наиболее активных веществ в условиях острой гипоксии. На необходимость дальнейшего изучения активности указанных соединений указывает тот факт, что величина антигипоксического действия сопоставимо, а на моделях острой гипоксии с гиперкапнией и острой гистотоксической гипоксии превышает таковое у эталонного антигипоксанта амтизола сукцината.

In experiments at nonlinear white male mice shows the effect of newderivatives ofheterocyclic compounds and amino acids on the lifespan of animals in acute hypoxia of different genesis.Identified substance with antihypoxic activity comparable and / or exceeding than one of the reference comparing meanssuch as amtizol succinate and mexidol.
***Key words:*** *derivatives ofheterocyclic compounds and amino acids, acute hypoxia, amtizol succinate, mexidol, antihypoxic activity.*

**Список литературы**

1. Балашов, В.П. Исследование антигипоксических свойств производных фосфорилуксусной кислоты [Текст] / В.П. Балашов, И.А. Исаева, Л.В. Кузьмичева, Г.Н. Кабаева и др. // Современные проблемы науки и образования.– 2013. – № 1. URL: www.science-education.ru/107-8259 (дата обращения: 12.10.2014).

2. Дерюгина, А.В. Влияние убихинона-10 и янтарной кислоты на функциональные характеристики эритроцитов крыс при адреналовой токсемии [Текст] / А.В. Дерюгина, Е.В. Крылова, Л.Д. Лукьянова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2006. № 4. – С. 397–399.

3. Лукьянова, Л.Д. Методические рекомендации по экспериментальному изучению препаратов, предлагаемых для клинического изучения в качестве антигипоксических средств. – М., 1990. – 18 с.

4. Лукьянова, Л.Д. Роль биоэнергетических нарушений в патогенезе гипоксии [Текст] / Л.Д. Лукьянова //Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2004.№2. – С. 2-11.

5. Лукьянова, Л.Д. Фармакология митохондриальных дисфункций [Текст] / Л.Д. Лукьянова // CONSILIUM medicum. - 2007. - Т. 9, № 8. - С. 102-103.

6. Лукьянова, Л.Д. Срочная реакция системы комплемента неустойчивых к гипоксии крыс на гипоксические воздействия / Л.Д. Лукьянова, Л.В. Козлов, А.М. Бичучер, Ю.И. Кирова и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.2010.Т. 150, № 12. - С. 626-630.

7. Лукьянова, Л.Д. О роли провоспалительных факторов, оксида азота и некоторых показателей липидного обмена в формировании срочной адаптации к гипоксии и аккумуляции HIF-1альфа / Л.Д. Лукьянова, Г.В. Сукоян, Ю.И. Кирова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.2012. Т. 154, № 11. - С.550-554

8. Машковский, М**.**Д**.** Лекарственные средства. Пособие для врачей. 15-е издание. Справочник [Текст]. – М.: Новая Волна, 2005. – 1164 с.

9. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая. – М.: Гриф и К, 2012. – 944 с.

10. Федеральное руководство по использованию лекарственных средств (формулярная система) / А.Г. Чучалин, В.В. Яснецов (ред.). – М., 2014.

11. Шиловская, Е.В. Компьютерный прогноз, синтез и психотропные свойства гидразиниевых солей фосфорилацетогидразидов [Текст] / Е.В. Шиловская, И.И. Семина, Р.И. Тарасова, А.З. Байчурина, И.П. Пашина //Химико-фармацевтичский журнал – 2013. – Т. 47 №4.

12. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. // European Treaty Series. – 1986. – No123.

13. Ripoli M., D'Aprile A. Hepatitis C – virus-linked mitochondrial disfunction promotes hypoxia-inducible factor 1 alpha-mediated glycolytic adaptation // J. Virol. – 2010. – No1. – P. 647–660.

**Об авторах**

Петухова Н.Ф. – ГАУЗ «Брянская городская поликлиника №4», *leknataly@mail.ru*

Трошина М.В. – ФГБОУ ВПО «Брянская государственная инженерно-технологическая академия»

Иванова Т.Г. – ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского»

Лютый Р.Ю. – ФГБОУ ВПО «Брянская государственная инженерно-технологическая академия»

Цублова Е.Г. – ФГБОУ ВПО «Брянская государственная инженерно-технологическая академия»

Яснецов В.В. – ОАО «Всероссийский научный центр по безопасности биологически активных веществ»

Скачилова С.Я. – ОАО «Всероссийский научный центр по безопасности биологически активных веществ»

**УДК 574.5**

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РОДНИКОВ (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Л.С. Плевако, А.Е. Леонова, А.Ю. Зверева, Л.Н. Анищенко

Исследованы выходы подземных вод – родники Брянской области: определены органолептические, химические показатели вод. Выяснены и закартированы местонахождения родников, их использование. Обоснованы критерии отнесения родников к особо охраняемым природным территориям: высокая пейзажная ценность окружающего ландшафта и экологическая ценность самого родника; традиционно высокое историческое, культурное или религиозное значение родника. Согласно основным показателям для определения группы родников особого природоохранного значения – придания им статуса регионального памятника природы – нами предложены перспективные в этом отношении выходы подземных вод.

***Ключевые слова:*** *родники, качество вод, природоохранный статус, Брянская область*

Сохранение источников подземных вод – родников от истощения и загрязнения – приоритетная задача в области государственной политики по охране компонентов сред обитания. Родники – источники пресных вод, носители геологической и культурной информации о населении определенной местности. Поэтому осуществление работ по паспортизации родников достаточно востребовано для разработки и реализации мониторинговых мероприятий и водопользования. Значение родников в природе и жизни людей многогранно: это составляющие природных ландшафтных комплексов, повсеместно на территории Брянской области сохранилось их хозяйственно-бытовое использование как традиционное [1, 9]. Несомненно рекреационное значение самих родников и местности около них, поэтому источники усиливают пейзажное значение ландшафта [6]. Родники как часть урочищ участвуют в формировании биоразнообразия биоты биогеоценозов, складывающихся возле них [1, 9, 10]. Сообщества, развивающиеся около родников, имеют экотонный статус, поэтому всплеск видового разнообразия закономерен. В последнее десятилетие возрождается использование родников и воды в религиозно-культовых обрядах. Подобные исследования необходимы не только в целях инвентаризации, экомониторинга, а в первую очередь, для сохранения национального богатства и культуры.

Цель работы – представить системную характеристику родников Брянской области для охраны и рационального использования водных ресурсов, рассмотреть и применить критерии, необходимые для включения родников в реестр региональных памятников природы. В работе использовался биоиндикационный метод, метод анализа литературных источников, статистические, маршрутные, гидрологические, лабораторно-химические и геоботанические методы исследований. Цель работы – представить системную характеристику родников Брянской области для охраны и рационального использования водных ресурсов, рассмотреть и применить критерии, необходимые для включения родников в реестр региональных памятников природы. В работе использовался биоиндикационный метод, метод анализа литературных источников, статистические, маршрутные, гидрологические, лабораторно-химические и геоботанические методы исследований [2]. Нами были получены результаты о характеристиках вод родников (органолептических,

химико-биологических показателях, дебете, путях расхода вод), прилегающих к родникам ландшафтах и растительности. Так же были исследованы родники Брянской области и по данной тематике были выполнены карты, которые были построены в ГИС системе.

Все исследованные родники формируются в условиях Брянского ополья [1], характеризующегося сложностью ландшафтной структуры: сильно расчлененным рельефом, наличием лёссовидных суглинков и др. Длительное действие эрозионных процессов определило общий характер этих ландшафтов. За 2011-2013 гг. выявлено и паспортизировано 85 родников Брянской области. Наиболее богаты родниками Жуковский, Брянский, Стародубский, Почепский район. 45 % родников – восходящие, остальные – нисходящие, 91 % из них связаны с мелкими и средними реками, протекающими в непосредственной близости от них (рис. 1).

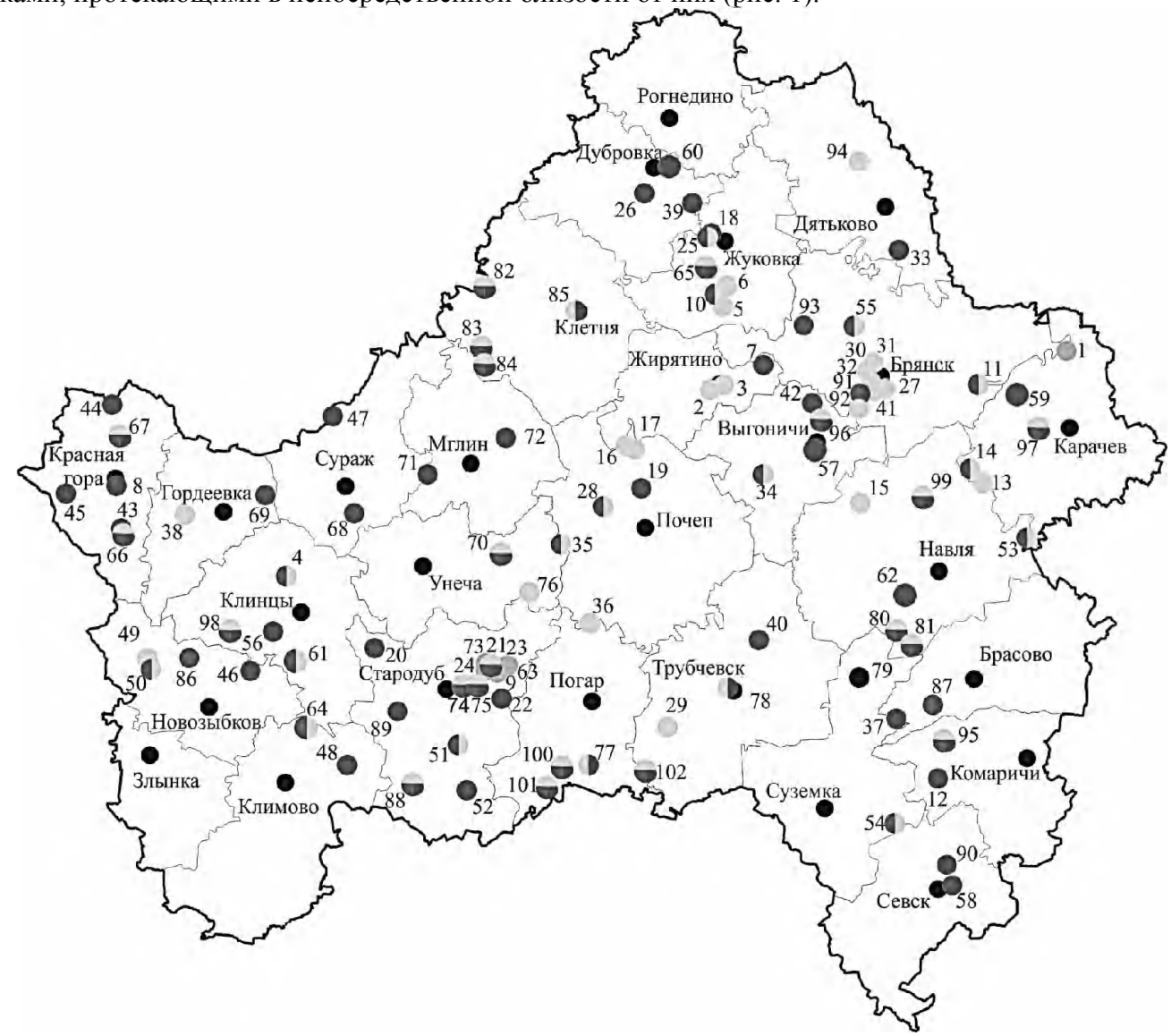



Рисунок 1 – Местонахождение и использование родников Брянской области

**Условные обозначения:**

- Административный центр

Использование родников:

- использование в религиозных обрядах
- хозяйственно-бытовое
- заброшен
- место отдыха
- памятник природы

*1.-п. Желтово; 2.-п. Жирятино, ул. Овражная; 3.-п. Жирятино, ул. Больничная; 4.-с. Мельковка; 5.-с. Задубравье(Купальня); 6.-с. Задубравье (ст.деревня); 7.-с. Страшевичи; 8.-п. Красная Гора(городище); 9.-д. Меловое; 10.-с. Задубравье (Корневичок); 11.-п. Белые Берега; 12.-п. Ольгино; 13.-п. Теплое; 14.-п. Теплое; 15.-д. Гололобово; 16.-д. Шуморово; 17.-д. Тарутино; 18.-г. Жуковка (святой источник); 19.-с. Игрушино; 20.-д. Запольские Халеевичи; 21.-д. Савенки; 22.-д. Невзорово; 23.-д. Заболотье; 24.-д. Желтая Акация; 25.-г. Жуковка (родник санатория); 26.-Громовой колодец; 27.-п. Супонево; 28.-д. Чопово; 29.-д. Будимир; 30.-п. Кузьмино; 31.- п. Толмачево; 32.-п. Антоновка (Белый колодец); 33.-п. Любохна; 34.-п. Хмелево; 35.-д. Сибеки; 36.-д. Юрково; 37.-с. Хутор-Холмецкий; 38.-д. Старая Полона; 39.-с. Голубея; 40.-д. Комягино; 41.-п. Супонево; 42.-п. Упорой; 43.-с. Городечня; 44.-д. Кибирщина; 45.-с. Летяхи; 46.-с. Белый Колодезь;47.-д.*

*Федоровка; 48.-с. Чернооково; 49.-с. Новые Бобовичи (Чистый) 50.-с. Новые Бобовичи (Молодежный); 51.-д. Обуховка; 52.-с. Понуровка; 53.-д. Гремячее; 54.-п. Добрунь; 55.-д. Ивановка; 56.-д. Рудня-Голубовка; 57.-п. Выгоничи; 58.-с. Рождественское; 59.-с. Рясники; 60.-Арсенов Колодец; 61.-с. Покровское; 62.-д. Святое; 63.-с. Меленское; 64.-д. Первомайское; 65.-п. Гостиловка; 66.-д. Городежня; 67.-с. Макаричи; 68.-д. ст. Кисловка; 69.-с. Федоровка; 70.-д. Рассуха; 71.-д. Ковалиха; 72.-д. Санниково; 73.-д. Меленск; 74.-с. Десятуха; 75.-д. Левенка; 76.-с. Новые Ивайтёнки; 77.-д. Марковск; 78.-г. Трубчевск; 79.-п. Стеклянное; 80.-п. Алтухово; 81.-п. Алтухово; 82.-д. Меловое; 83.-д. Болотня; 84.-д Тельча; 85.-пгт. Клетня; 87. –п. Пчела; 88. –с. Воронок; 89. –д. Чубковичи; 90. –п. Новая улица; 91. –д. Добрунь; 92. –д. Добрунь; 93. –д. Смольянь; 94. –пгт. Ивот;95. –п. Пальцо; 96. –д. Скуратово; 97. –п. Трыковка (святой источник); 98. –д. Кузнец; 99. –д. Чичково; 100. –п. Чемерисовка; 101. –д. Гудовка (святая криница);102. –с. Белая Березка.*

Дебит источников значительно различается, зависит, прежде всего, от характера использования вод источника, местоположения и «возраста» родника, степени его оборудования и частоты эксплуатации, а также от сопутствующей антропогенной нагрузки на прилегающие местности. Наиболее значителен дебит родника в д. Меловое (Стародубский район, некаптированный), в поселке Кузьмино (Брянский район, каптированный) – 3,4±0,3 и 6,7±0,5 л/с соответственно. Маломощные родники дают незначительный дебит – от 0,32±0,3 до 0,92±0,3 л/с. Органолептические показатели вод источников достаточно однородны и соответствуют ГОСТ, т.к. основная водоносная порода для них – мел, обеспечивающий значительную естественную очистку и насыщенность вод химическими элементами. Температура воды родников колеблется от 5,4 до 10,3 $^0$С в летний период, от 4,7 до 9,0 $^0$С зимой. 95% родников каптирована: они оборудованы каптажными трубами в склонах оврагов, реже – каптажными кольцами с крышкой или без неё, трубами и деревянными срубами с навесом или крышкой. 5 % родников, образуют некаптированные источники и значительные по объему воды и протяженности ручьи, часто на карбонатных породах.

Органолептические показатели вод источников достаточно однородны и соответствуют ГОСТ, т.к. основная водоносная порода для них – мел, обеспечивающий значительную естественную очистку и насыщенность вод химическими элементами. Химический анализ вод показывает в целом благополучное состояние источников (по ПДК для природных вод) [4]. Зарегистрированы следы нитритов в 3,8 % вод, превышающих ПДК; в 8,9 % – превышение по содержанию нитратионов, 1 % – по фторид-ионам. Высокие показатели, но ниже ПДК, имеются по железу общему в 15,7 % проб воды. Эти отклонения в гидрохимических показателях воды выявлены в источниках, находящихся или вблизи населенных пунктов, или непосредственно на их территории. Воды родников в основном жесткие. Самый значительный сухой остаток определен в родниках Стародубского района: д. Меловое, с. Меленское, источнике у д. Запольские Халеевичи (от 653±51 до 803±62 мг/дм$^3$). 78 % родников расположены вблизи населенных пунктов, дачных массивов, или в некотором (не более 1,0 км удалении) от них. 8 % родников находятся непосредственно у оживленных трасс, поэтому интенсивно эксплуатируется (рис. 2).

Вода во всех источниках активно используется населением: для питьевых и культовых нужд, для полива угодий подсобных хозяйств, для бытовых целей, крайне редко – для мытья техники. Если родник находится вблизи населенного пункта, то забор воды крайне интенсивен: от 100 до 180 литров в час в летний период. Четыре обнаруженных родника у д. Желтоводье (Карачевский район), д. Шуморово (Почепский район), д. Желтая Акация (Стародубский район), д. Тютюри (Стародубский район) длительное время не обихаживались, забор воды в них не производился, поэтому подходы к ним заболотились, вокруг образовались озера. Паспортизация некоторых родников Брянской области позволила предварительно сформулировать перечень неотложных мероприятий в области экомониторинга: организация сотрудничества с местным населением для проведения просветительской работы, привлечение государственных средств при оборудовании родников, создании водоохраной зоны, при поддержании их существования; установление контакта с водными службами для внесения родников в Государственный водный кадастр, а также продолжение работ по паспортизации родников.

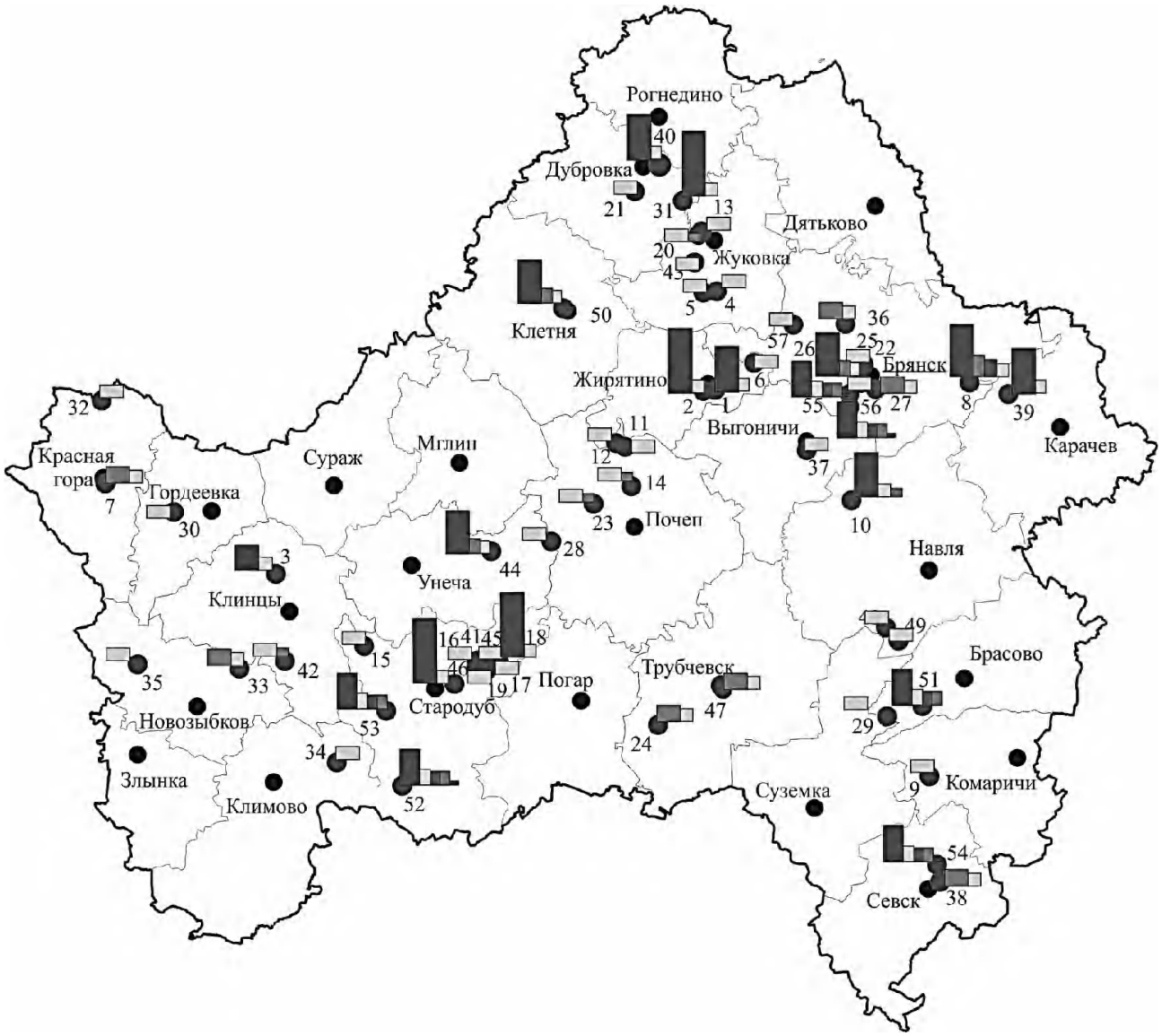



Рисунок 2 – Характеристика показателей химического состава вод родников по превышению предельно допустимых концентраций

1.-п. Жирятино, ул. Овражная; 2.-п. Жирятино, ул. Больничная; 3.-с. Мельковка; 4.-с. Задубравье(Купальня); 5.-с. Задубравье (ст.деревня); 6.-с. Страшевичи; 7.-п. Красная Гора(городище); 8.-п. Белые Берега; 9.-п. Ольгино;10.-д. Гололобово; 11.-д. Шуморово; 12.-д. Тарутино; 13.-г. Жуковка (святой источник); 14.-с. Игрушино; 15.-д. Запольские Халеевичи; 16.-д. Савенки; 17.-д. Невзорово; 18.-д. Заболотье; 19.-д. Желтая Акация; 20.-г. Жуковка (родник санатория); 21.-Громовой колодец; 22.-п. Супонево; 23.-д. Чопово; 24.-д. Будимир; 25.-п. Кузьмино; 26.- п. Толмачево; 27.-п. Антоновка (Белый колодец); 28.-д. Сибеки; 29.-с. Хутор-Холмецкий; 30.-д. Старая Полона; 31.-с. Голубея; 32.-д. Кибирщина; 33.-с. Белый Колодезь; 34.-с. Чернооково; 35.-с. Новые Бобовичи (Молодежный); 36.-д. Ивановка; 37.-п. Выгоничи; 38.-с. Рождественское; 39.-с. Рясники; 40.-Арсенов Колодец; 41.-с. Меленское; 42.-д. Первомайское; 43.-п. Гостиловка; 44.-д. Рассуха; 45.-д. Меленск; 46.-с. Десятуха; 47.-г. Трубчевск; 48.-п. Алтухово; 49.-п. Алтухово; 50.-пгт. Клетня; 51. –п. Пчела; 52. –с. Вородник; 53. –д. Чубковичи; 54. –п. Новая улица; 55. – д. Добрунь; 56. – д. Добрунь; 57. –д. Смольянь.

Родники – уникальные урочища, и некоторые из них нуждаются в присвоении им статуса памятников природы. Критерии для придания родникам статуса памятник природы (по материалам Главного архитектурно-планировочного управления г. Москва) следующие. Решающие факторы: 1 а) значительная научная ценность, б) историческое ценное или природное значение в) важное экологическое значение. 2 основные факторы г) уникальность, достопримечательность природного объекта, д) культурно-познавательная ценность. 3 дополнительные факторы: е) эстетическая привлекательность, живописность объекта, ж) рекреационно-оздоровительное значение

объекта, з) пропагандистско-воспитательная ценность. Указывается, что решающие факторы дают возможность отнести природный объект к разряду памятников природы только по наличию одного из факторов данной категории без дополнительных исследований. Основные факторы дают возможность отнести природный объект к разряду памятников природы при наличии еще хотя бы одного из факторов настоящей шкалы. Дополнительные факторы действуют только в дополнение к основным и решающим. Согласно Постановлению Правительства Москвы от 30.05.2000 № 399 «О сохранении, обустройстве и использовании природных родников на территории г. Москвы», основными критериями отнесения родников Москвы к памятникам природы регионального значения являются: 1 высокая пейзажная ценность окружающего ландшафта и экологическая ценность самого родника; 2 традиционно высокое историческое, культурное или религиозное значение родника.

Согласно основным показателям для определения группы родников особого природоохранного значения – придания им статуса регионального памятника природы – нами предложены следующие перспективные в этом отношении выходы подземных вод (табл. 1).

Таблица 1 – Критерии для выделения памятников природы среди родников

| Район области | Наименование родника | Решающие факторы * | Основные факторы | Дополнительные факторы | ПЦ | ИКРЗ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Погарский | р.д.Меловое | Р2, Р3 | О1, О2 | Д1, Д2 | + | + |
| Стародубский | р.с. Меленск | Р2, Р3 | О1, О2 | Д1 | + | + |
| Трубчевский | р.д. Будимир | Р1, Р2, Р3 | О1, О2 | Д1 | + | + |
| Новозыбковский | р.с.Белый Колодец | Р2, Р3 | О1, О2 | Д1, Д2 | + | + |
| Навлинский | р.д.Святое | Р2, Р3 | О1, О2 | Д1, Д3 | + | + |
| Стародубский | р.с.Понуровка | Р2, Р3 | О1, О2 | Д1 | + | + |

Примечание*. Решающие факторы: Р1 значительная научная ценность, Р2 историческое ценное или природное значение, Р3 важное экологическое значение. Основные факторы: О1 уникальность, достопримечательность природного объекта, О2 культурно-познавательная ценность. Дополнительные факторы: Д1 эстетическая привлекательность, живописность объекта, Д2 рекреационно-оздоровительное значение объекта, Д3 пропагандистско-воспитательная ценность. ПЦ – высокая пейзажная ценность окружающего ландшафта и экологическая ценность самого родника; ИКРЗ – традиционно высокое историческое, культурное или религиозное значение родника.

Особенно ценен в отношении научно-исторического, культурно-ценностного значения родник д. Меловое Погарского района, сформировавшийся на участке настоящей термофильной дубравы, прилегает к сохранившимся участкам северных луговых степей. Родник д. Будимир территориально прилегает непосредственно к заказнику Будимирская пойма, важен для поддержания и сохранения КОТР и ценных водно-болотных угодий.

Investigated the outputs of groundwater - springs of the Bryansk region: defined organoleptic, chemical characteristics of water. Found and mapped the location of springs, their use. Criteria for classification of springs to protected areas: high landscape value landscape and ecological value of the spring; the traditionally high historical, cultural or religious significance of the spring. According to the main indicators for determining the group of springs of special conservation value - give them the status of a regional nature monument - we suggest promising in this respect, the outputs of groundwater.
***Key words**: springs, water quality, conservation status, Bryansk region*

## Список литературы

1. Ахромеев Л.М. Брянские ополья: природа и природопользование. – М., 1991.
2. Бурдин К.С. Основы биологического мониторинга. – М.: Наука, 1985. – 157 с.
3. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб.
4. ГН 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования / Минздрав России. М., 1998. 126 с.
5. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. СанПИН 2.1.5 980-00, утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000г.
6. Новых Л.Л., Орехова Г.А. К вопросу о соответствии родников Краснояружского, Ракитянского и Новооскольского раойнов критериям памятников природы регионального значения // научные ведомости. Серия естественные науки. 2010. № 3(74). Вып. 10. – С. 123- 136.

7. Об особо охраняемых территориях: Федеральный закон РФ от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ. Режим доступа: http://oopt.info/oopt

8. Правительство Москвы. Постановление от 30 мая 2000 г. № 399 «О сохранении, обустройстве и использовании природных родников на территории города Москвы (в ред. постановления Правительства Москвы от 30.09.2003 N 808-ПП).

9. Природа и природные ресурсы Брянской области. Учебное пособие для учащихся и студентов / П.ред. Л. М. Ахромеева. – Брянск: Изд-во БГУ, 2001. – 216 с.

10. Швец В.М., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Родники Москвы. – М.: Научный мир, 2002. – 160 с.

**Об авторах**

Плевако Л.С. – студент кафедры экологии и рационального природопользования, Брянский государственный университет, *eco_egf@mail.ru*

Леонова А.Е. – студент кафедры экологии и рационального природопользования, Брянский государственный университет, *eco_egf@mail.ru*

Зверева А.Ю. – аспирант кафедры экологии и рационального природопользования, Брянский государственный университет, *eco_egf@mail.ru*

Анищенко Л.Н. – профессор кафедры экологии и рационального природопользования, Брянский государственный университет, *eco_egf@mail.ru*

**УДК 598.2/9+591.04**

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯИЦ СОРОКИ (PICA PICA L.)

В.А. Пономарев, Л.В. Клетикова, В.В. Пронин, Н.Н. Якименко, Е.Н. Зинина

Изучение особенностей экологии в трансформированной человеком среде позволяет получить объективную информацию о воздействии антропогенных факторов на эмбриональное и постэмбриональное развитие птиц. Для ряда видов условия оказываются благоприятными, что приводит к формированию своеобразных сообществ и урбанизированных популяций с особыми структурно-функциональными свойствами. Адаптационные возможности птиц обусловлены способностью к размножению в измененной среде обитания. Со второй половины семидесятых годов гнездовые популяции сорок характерны для всех антропогенных ландшафтов, не только для сельскохозяйственных угодий, сельских населенных пунктов, пригородов, но и для полностью урбанизированных территорий. В Восточном Верхневолжье сорока предпочитает гнездиться на терне, вишнях, ивах и липах, высота расположения гнезд, как правило, зависит от типа поселения и варьирует от 2,4±0,2 до 5,9±1,0 м [Пономарев, Сальников]. Кладка сороки содержит от 4 до 9 яиц. Масса яиц, их линейные размеры, форма у сорок из разных биотопов и в пределах одного ареала могут существенно отличаться. Доминирующая фоновая окраска яиц голубая с линейно-пятнистым или пятнистым рисунком. По плотности преобладает густой тип рисунка, занимающий от 30 до 70% скорлупы. Однако сведений о морфологических и биохимических показателях яиц сороки, обитающей в Ивановской области недостаточно.
***Ключевые слова**: Яйца, сорока, индекс формы, коэффициент рефракции, воздушная камера.*

*Условия, материалы и методы исследования*. Исследование выполнено в апреле-мае 2014 г. на кафедрах морфологии, физиологии и ВСЭ и акушерства, хирургии и незаразных болезней животных ФГБОУ ВПО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.К. Беляева».

Материалом для исследования послужили яйца сорок оставленных кладок из Савинского и Лежневского районов Ивановской области. Всего было исследовано 19 яиц Pica pica.

Для оценки яиц использовали овоскопию, морфометрию, расчетные методы для определения ИФ (индекс формы); определение pH при помощи pH-метра; коэффициента рефракции белка и желтка рефрактометром; содержание каротиноидов оценивали по калориметрической шкале BASF, холестерола – методом основанном на холестеролксидазной реакции, ТГ (триглицеридов) – колориметрическим методом.

*Результаты и их интерпретация*.

Форма яиц служит важным показателем качества, так как в значительной степени влияет на положение эмбриона в процессе его развития. Как правило, яйца слишком удлиненной или округлой формы имеют пониженную выводимость. Форма яиц оценивается по ее индексу: отношению малого диаметра яйца к большому, выраженному в процентах. Индекс формы или индекс удлиненности яиц сороки колеблется в незначительных пределах от 68,73 до 72,60 и по данным В.М. Константинова и соавторов (2004) зависит от сезона и ареала. При исследовании ИФ составил 71,69±1,27%, что соответствует индексу формы яиц данного вида. В большинстве случаев форма яиц была удлиненная (рис. 1, 2).

Рис. 1. Овоскопия яиц сороки на первом этапе эмбрионального развития

Рис. 2. Овоскопия яиц сороки на 9-11 день инкубации

Оценка яиц по массе является основой для прогнозирования вывода и качества молодняка, так как масса выведенного молодняка колеблется в зависимости от массы яиц. Средняя масса яиц составила 9,95±0,31г, что несколько меньше, чем у сорок, обитающих в Кемеровской области, Азербайджане, Казахстане и Северном Казахстане, где масса яиц достигала 10,10—11,30 г.

Масса скорлупы составила 0,60±0,11 г, что соответствует 6,03% от массы яйца.

Толщина скорлупы яиц равна 3,15±0,015 мм.

Яйца сороки имеют более толстую скорлупу на остром конце, более тонкую – на тупом, что обусловлено наличием воздушной камеры.

Воздушная камера (пуга) образуется между двумя слоями подскорлуповой оболочки. Величина ее заметно изменяется в процессе насиживания; физиологические процессы, потеря воды, испаряющейся через скорлупу яйца, способствуют увеличению пуги. В неоплодотворенных яйцах высота воздушной камеры варьировала от 0,5 до 0,7 мм, длина – от 1,8 до 2,1 мм.

Плотность яйца обусловлена, в основном, величиной воздушной камеры и толщиной скорлупы. Плотность неоплодотворенных яиц варьировала в пределах от 1,0301 до 1,0339 г/см$^3$. Плотность оплодотворенных яиц более высокая (от 1,0340 г/см$^3$), что обеспечит хорошую выводимость птенцов.

Индекс желтка и белка дает представление о времени откладки яйца. Желток свежеотложенного яйца сохраняет свой круглый вид, не разливается и лишь на небольшой площади окружается белком, в котором можно отчетливо разграничить плотный и жидкий слой (рис. 3). Индекс белка варьировал от 7,9 до 12,6, индекс желтка – от 45,5 до 52,4.

Коэффициент рефракции (показатель преломления) представляет оптические свойства

белка и желтка, соотношение в них воды и сухих веществ. Коэффициент рефракции желтка у неоплодотворенных яиц составил 1,4061±0,0029, в оплодотворенных яйцах он снизился до 1,3526±0,0090. Наряду с этим коэффициент рефракции белка, как в оплодотворенном, так и не в оплодотворенном яйце, находился в пределах 1,3469—1,3532. Как правило, коэффициент рефракции желтка инкубируемого яйца уменьшается, что связано с расходом питательных веществ желтка на построение тканей и органов эмбриона. В яйцах сороки, где длина эмбриона составляла 10 и более миллиметров, жидкий белок практически отсутствовал (рис. 4).

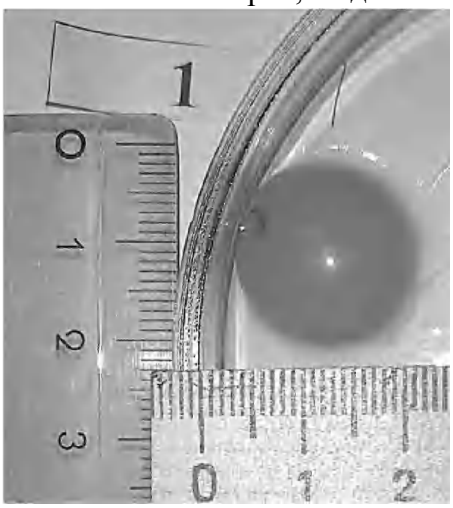


Рис. 3. 1-2 суточный эмбрион сороки

Рис.4. 9-10-суточный эмбрион сороки

В белке яйца концентрация водородных ионов (pH) достигает 8,0—8,5, в желтке – 5,7—6,3. При старении яиц, в процессе насиживания pH изменяется: реакция белка становится более щелочной, а желтка – кислой.

Концентрация водородных ионов неоплодотворенных яиц составила в белке 8,0, в желтке – 5,0, оплодотворенных – 7,3±0,38 и 6,0±0,0 соответственно, что подчеркивает интенсивные обменные процессы в период эмбриогенеза.

По окраске желтка судят о степени насыщения его провитамином А. Каротиноиды и витамин А необходимы для роста эмбрионов и вывода птенцов. В соответствии с калориметрической шкалой содержание каротиноидов в яйце в начале инкубации составило 28—30 мкг/г, по мере развития эмбриона снизилось до 21—24 мкг/г.

Желток яйца содержит запас липидов и холестерола, выполняющих энергетическую и структурообразующую функции. На начальном этапе эмбриогенеза в желтке содержание холестерола составило 50,48±2,53 ммоль/л и достоверно снизилось до 15,76 ммоль/л при длине туловища эмбриона 10,0 мм. Содержание триглицеридов в желтке яиц не претерпевало существенных изменений в первой половине инкубационного периода и находилось в пределах 16,9—18,4 ммоль/л. Вероятно, эмбрион сороки активно использует жиры как главный источник энергии и воды во второй половине своего развития.

*Выводы*.

Проведенное исследование неоплодотворенных и оплодотворенных яиц сороки разной стадии инкубации позволяет заключить, что:

- средняя масса яиц сороки, обитающей в Ивановской области, составляет 9,95 г; при этом масса скорлупы 0,60 г толщиной 3,15 мм;
- высота воздушной камеры составляет 0,5—0,7 мм, длина –1,8—2,1мм;
- индекс формы яйца – 71,69; индекс белка 7,9—12,6; индекс желтка –45,5— 52,4;
- коэффициент рефракции желтка в период эмбриогенеза имеет тенденцию к снижению;
- концентрация водородных ионов во время инкубации в белке яйца снижается до 7,3, в желтке – повышается до 6,0;
- запас каротиноидов и холестерола в желтке яйца по мере роста эмбриона сокращается до 21—24 мкг/г и 15,76 ммоль/л соответственно;
- содержание триглицеридов в желтке в первой половине инкубационного периода не претерпевает существенных изменений.

The ecology characteristics in transformed human environment allows to get objective information on the impact of anthropogenic factors on embryonic and postembryonic development of the birds. For some types of conditions are favorable, which leads to the formation of the original communities and urban populations with special structural-functional properties [Kuranov]. The adaptive capacity of birds due to the ability to reproduce in a modified environment. From the second half of the seventies of the breeding population forty characteristic of all anthropogenic landscapes, not only for agriculture, rural settlements, suburbs, but for completely urbanized territories [Konstantinov, etc.] In the East of appeals forty prefers to nest on the turn, cherries, willow and the lime trees, the height of the nests, as a rule, depends on the type of settlement and varies from 2.4±0,2 5,9±1.0 m [Ponomarev, Salnikov]. Masonry magpies contains from 4 to 9 eggs [Konstantinov and others]. The mass of eggs, their linear dimensions, form, forty of different habitats and within one area may differ materially [Klimov, Miklyaeva]. The dominant background color of blue eggs with linear-speckled or blotchy pattern [Konstantinov and others]. Density dominated by dense type of picture taking from 30 to 70% of the shell. However, information on morphological and biochemical indicators of eggs magpies living in the Ivanovo region is not enough.
***Key words**: Eggs, forty, index, form, refractive index, the air chamber.*

## Список литературы

1. Куранов, Б.Д. Гнездовая биология птиц в урбанизированном и техногенно загрязненном ландшафте / Борис Дмитриевич Куранов. Автореф. … док. дис. – Томск, 2008. – 50 с.

2. Климов, С.М. Морфологическая характеристика яиц сороки (Pica pica) Европейского центра России / С.М. Климов, П.Д. Венгеров, И.В. Муравьев, В.А. Марголин, А.А. Стрелков, В.И. Миронов // Актуальные проблемы оологии. Мат. 2 международной конференции стран СНГ (14-16 октября 1998 г., г. Липецк). - Липецк: ЛГПИ, 1998. – С. 62-67.

3. Микляева, М.А. Особенности раннего онтогенеза экологически разных групп птиц. / М.А. Микляева, Л.Ф. Скрылева.- Мичуринск: ООО «НИСА», 2001 – 133 с.

4. Пономарев, В.А. Материалы по изучению летнего населения врановых птиц в Ивановской области/ В.А. Пономарев, Г.М. Сальников // Экология и численность врановых птиц России и сопредельных государств. – Казань, 1996. – С. 40-41.

## Об авторах

Пономарев В.А. – доктор биологических наук, профессор кафедры селекции, ботаники и экологии ФГБОУ ВПО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.К. Беляева»

Клетикова Л.В. – доктор биологических наук, профессор кафедры акушерства, хирургии и внутренних незаразных болезней ФГБОУ ВПО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.К. Беляева»

Пронин В.В. – доктор биологических наук, профессор, зав.кафедрой морфологии, физиологии и ветсанэкспертизы ФГБОУ ВПО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.К. Беляева», proninvv63@mail.ru

Якименко Н.Н – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры акушерства, хирургии и внутренних незаразных болезней ФГБОУ ВПО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.К. Беляева»

Зинина Е.Н. – кандидат ветеринарных наук, врач-ординатор кафедры акушерства, хирургии и внутренних незаразных болезней ФГБОУ ВПО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.К. Беляева»

**УДК 595.14**

# ИССЛЕДОВАНИЕ БИОАККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДОЖДЕВЫМИ ЧЕРВЯМИ В ПОЧВЕ ГОРОДА БРЯНСКА

И.Л. Прокофьев, С.С. Голощапова

В работе исследована роль дождевых червей в почвенных процессах в урбанизированной экосистеме города Брянска. Отмечается значимая корреляция между биоаккумуляцией Ni, Zn и Pb дождевыми червями и концентрацией металлов в почве. Выявлено, что разные виды дождевых червей имеют разную способность к аккумуляции тяжелых металлов в своем организме.
***Ключевые слова:*** *биоаккумуляция, тяжелые металлы, дождевые черви, г. Брянск.*

**Введение.** В 2012 году на территории города Брянска хозяйственную деятельность, связанную с природопользованием, осуществляло свыше 10 тыс. субъектов различных отраслей экономики [1, с. 35]. Порядка 1200 предприятий и организаций имеют стационарные источники загрязнения атмосферного воздуха. По данным управления по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора по Брянской области в 2009 году промышленными предприятиями и автотранспортом города Брянска выброшено в атмосферный воздух 53,14 тыс. т различных загрязняющих веществ, в том числе от стационарных источников 7,6 тыс. т и 45,54 тыс. т от автотранспорта [1, с. 89]. Город обладает сетью главных транспортных путей, которые не совсем хорошо и эффективно справляются с увеличивающимся количеством автотранспорта на дорогах. Пробки на узловых перекрестках стали нормой города. Все это создает напряженность в экологической обстановке города.

Неблагополучная ситуация в городах требует обратить внимание на механизмы функционирования городской природной среды, которые обеспечивают самоочищение и самовосстановления загрязненных и нарушенных экосистем. Особым компонентом урбонизированных экосистем является почва. Она претерпевает ряд серьезных изменений и преобразований под действием антропогенных факторов, но она выполняет ряд важных экологических функций, от которых зависит не только состояние других биологических компонентов экосистемы, но и здоровье человека.

Мезофауна оказывает серьезное воздействие на почву и во многом определяет ее свойства. В последнее десятилетие XX века появились две важные концепции:

- беспозвоночные, как экосистемные инженеры;
- концепция дрилосферы.

Они основаны на том, что беспозвоносные и особенно дождевые черви серьезно влияют на почвенные процессы. К сожалению, их функции еще не в достаточной мере изучены в условиях урбанизированных экосистем.

Цель исследования: изучить роль дождевых червей в почвенных процессах в урбанизированной экосистеме города Брянска.

**Методика исследования.** Исследования проводились в летний период 2012 года на территории Фокинского района города Брянска. Это типичное городское образование, на котором можно выделить следующие зоны: промышленная, жилая, зеленая. Через центр района проходят две расположенные перпендикулярно друг другу транспортные артерии: Московский проспект и ветвь московской железной дороги.

Для проведения исследований на территории района было заложено 25 пробных площадей 5х5 м. Для пробных площадей выбирались участки, на которых не производились какие-либо земельные и ландшафтные работы на протяжении 5 лет. На каждой пробной площади отбирались пробы (блоки) размером 25×25 см для сбора дождевых червей стандартным методом [5, p. 49]. Отбор почвенных проб производился в соответствие с рекомендациями ИСО 10381 – 1 и ГОСТ 28168, но только в поверхностном слое (0-10 см.), так как именно он в первую очередь загрязняется в урбанизированных экосистемах.

Аналитические исследования почвы и дождевых червей осуществлялись в ФГУ «БРЯНСКАГРОХИМРАДИОЛОГИЯ» методом атомно-абсорбционной спектрометрии. При оценке городских почв вычисляли средние показатели физико-химических и агрохимических свойств почвы и валовые концентрации трех химических элементов (свинец, цинк, никель) для

поверхностного слоя. Эти значения сравнивали с содержанием вещества в поверхностном слое фоновых территорий и существующими нормативами. Фоновые значения для трех тяжелых металлов: Pb – 6 мг/кг; Ni – 3,6 мг/кг; Zn – 6 мг/кг.

**Результаты исследования.** В городе Брянске, а, именно, в Фокинском районе основными источниками загрязнения являются места сбора бытовых отходов, транспорт, несанкционированные старые свалки промышленных и бытовых отходов. На основе данных о валовом содержании свинца в городских почвах (табл. 1) была построена модель распределения загрязнителя в почвах Фокинского района, которая показала, что большая часть района имеет загрязнение не превышающее ПДК. Имеются локальные очаги слабого загрязнения, привязанные к местам сбора мусора или свалок. Наибольшее загрязнение, превышающее ПДК в 3 и более раз, отмечено вблизи территории завода «Литий», который специализировался на выпуске кинескопов в советское время. В настоящее время забот не функционирует, остались небольшие производственные участки по выпуску стеклянной банки. Вполне вероятно, что завод «Литий» является основным источником загрязнения почвы свинцом.

Московский проспект – главная транспортная артерия для автомобильного транспорта не является основным загрязнителем почвы, но, тем не менее, вносит свой вклад в загрязнение. Данные загрязнение почвы по некоторым пробным площадям, которые располагается на трансекте перпендикулярно расположенной по отношению к проспекту, доказывают это. Так пробная площадь в 3 метрах от дороги имеет загрязнение 55 мг/кг, на удалении 1 км – 21,3 мг/кг и на расстоянии 2 км – 9,6 мг/кг.

Цинк принадлежит к числу распространенных в технике и быту металлов, поэтому ежегодное внесение его в почву очень велико. Не исключение и город Брянск. Анализируя модель распространённого распределения загрязнителя, построенную по данным таблицы 1 можно сделать вывод, что большая часть территории района имеет загрязнение превышающее ПДК. Пятна с высоким содержанием загрязнителя также как и для свинца приурочены к свалкам мусора и промышленным зонам. Причём наибольшее количество пробных площадей с загрязнением, превышающим ПДК в 2-3 раза, находятся в промышленной зоне.

**Таблица 1**

**Степень загрязнения почв пробных площадей тяжелыми металлами (Zn, Ni, Pb)**

| Номер пробной площади | GPS точка | Содержание тяжелых металлов в почвенных пробах (мг/кг) | | | Номер пробной площади | GPS точка | Содержание тяжелых металлов в почвенных пробах (мг/кг) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Zn | Ni | Pb | | | Zn | Ni | Pb |
| 1 | 48 | 80,3 | 6,7 | 55,5 | 14 | 64 | 69 | 7 | 45,3 |
| 2 | 49 | 25,2 | 4,9 | 12,7 | 15 | 65 | 84 | 5,6 | 31,3 |
| 3 | 51 | 24,3 | 4 | 9,6 | 16 | 66 | 114 | 9,5 | 43,2 |
| 4 | 52 | 56 | 14,9 | 41,1 | 17 | 67 | 51,3 | 4,1 | 11,8 |
| 5 | 54 | 54,2 | 8,9 | 21,8 | 18 | 68 | 84,2 | 6,7 | 27,9 |
| 6 | 55 | 51,6 | 5,4 | 40,5 | 19 | 69 | 190 | 23,2 | 49,2 |
| 7 | 56 | 64,1 | 6,6 | 25,6 | 20 | 70 | 101 | 5,5 | 25,9 |
| 8 | 57 | 75,2 | 7,2 | 38,4 | 21 | 71 | 96,2 | 7,2 | 32,1 |
| 9 | 58 | 56,9 | 7 | 21,8 | 22 | 72 | 134 | 6,7 | 34,8 |
| 10 | 59 | 66,7 | 4,8 | 39 | 23 | 73 | 69,4 | 5,9 | 23,9 |
| 11 | 61 | 77,2 | 7,2 | 33 | 24 | 74 | 59,9 | 5,1 | 31,5 |
| 12 | 62 | 23,3 | 5,6 | 11,5 | 25 | 75 | 79,2 | 8,9 | 16,4 |
| 13 | 63 | 154 | 18,1 | 179,1 | | | | | |

Модель распространения никеля в почвах Фокинского района показывает, что загрязнение этим металлом не значительно превышает ПДК. Большая часть территории района имеет загрязнение меньше ПДК. Анализируя пространственный разброс максимальных показаний содержания загрязнителя в почве можно сделать вывод, что основным источником Ni для почвы является железнодорожный транспорт. Именно на территории ветки Московской железной дороги и обслуживающих ее предприятий зафиксировано превышение валового ПДК. Московский проспект, как главная транспортная артерия для автомобильного транспорта также вносит вклад в загрязнение, но не значительный. Так пробная площадь в 3 метрах от дороги имеет загрязнение 6,7 мг/кг, на удалении 1 км – 4,9 мг/кг и на расстоянии 2 км – 4,0 мг/кг.

Таким образом, городские почвы города Брянска существенно отличаются по физическим и химическим показателям от естественных почв. В значительной мере они формируются под прессом антропогенной нагрузки, что значительно преобразует их свойства и структуру. Одним из существенных факторов является загрязнение тяжелыми металлами. Как показал анализ и пространственное моделирование с экстраполяцией данных о загрязнении, территория Фокинского имеет участки с превышением ПДК содержания загрязнителей в почве. Основными источниками загрязнения являются промышленность и транспорт. Причем, автомобильный транспорт преимущественно загрязняет почву свинцом, а железнодорожный – никелем. Наибольшее загрязнение цинком с транспортом связано в меньшей мере.

В результате наших исследований было установлено, что в урбоэкосистеме Брянска в почвах встречается 8 видов дождевых червей: *Dendrobaena octaedra, Lumbricus castaneus, Lumbricus rubellus, Aporrectodea caliginosa, Allolobophora chlorotica, Aporrectodea rosea, Lumbricus terrestris, Aporrectodea longa.*

В результате исследований установлено, что Pb, Zn, Ni накапливаются в теле червей, то есть изучаемая группа животных способна к биоаккумуляции. Коэффициент биоаккумуляции (отношение концентрации загрязнителя в теле червей / концентрация в почве) больше единицы. Распределение тяжелых металлов в тканях дождевого червя был рассмотрен Хопкинсом [3, p. 43], Пейжненбургом и Врижвером [4, p. 179]. В своих работах они сделали попытку объяснить эффект аккумуляции тяжелых металлов. Они установили, что для среднего отдела пищеварительной системы характерна высокая метаболическая активность, следовательно, он больше участвует в поглощении, транспортировке, хранении и выделении металлов [3, p. 67]. Химические элементы могут связываться белками и храниться в виде гранул. Некоторые металлы могут белками не связываться. *Lumbricus terrestris* имеет хорошо функционирующие известковые железы, что способствует меньшему накоплению свинца, в то время как *Aporrectodea longa* образует узелки внутри тела для обезвреживания свинца и следовательно накапливает его больше [61].

В наших исследованиях была выявлена значимая корреляция между концентрациями металлов в почве и в организме червей *Dendrobaena octaedra* и *Lumbricus rubellus*. То есть при росте концентрации тяжелых металлов в почве увеличивалась их биоаккумуляция в организме червей (Pb ($R^2 = 0,54$), Zn ($R^2 = 0,48$), ($R^2 = 0,47$). Также в ходе исследований было установлено, что дождевые черви поглощают не одинаково хорошо различные тяжелые металлы (табл.2). Лучше всего накапливается цинк, а свинец и никель – примерно одинаково. Лучше всех накапливает атомы металлов - *Dendrobaena octaedra,* а хуже всех - *Allolobophora chlorotica* (Zn) и *Lumbricus castaneus* (Ni и Pb).

**Таблица 2.**

**Коэффициенты биоаккумуляции тяжелых металлов в организме дождевых червей (**отношение концентрации загрязнителя в теле червей / концентрация в почве)

| Виды червей | Zn | Pb | Ni |
|---|---|---|---|
| *Dendrobaena octaedra* | 17 | 0,5 | 0,7 |
| *Lumbricus castaneus* | 8 | 0,1 | 0,3 |
| *Lumbricus rubellus* | 7 | 0,2 | 0,3 |
| *Aporrectodea caliginosa* | 13 | 0,8 | 0,6 |
| *Allolobophora chlorotica* | 5 | 0,8 | 0,7 |
| *Aporrectodea rosea* | 7 | 0,7 | 0,8 |
| *Lumbricus terrestris* | 11 | 0,7 | 0,7 |
| *Aporrectodea longa* | 7 | 0,6 | 0,5 |

Альберти с коллегами [2, p.53] в своих исследованиях установили, есть разница в биоаккумуляции свинца в свежезагрязненных и «старых» почвах. В последних - он накапливается существенно хуже. Почвы Фокинского района можно условно отнести к «старым», так как на протяжении нескольких десятков лет подвергаются загрязнению. Возможно – это причина низкого уровня аккумуляции свинца в организме червей по сравнению с цинком.

**Заключение.** Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Поверхностный слой почв города Брянска загрязнен тяжелыми металлами (Zn, Pb, Ni). Наиболее не благополучна обстановка по Pb и Zn, уровень валового загрязнения по этим металлам превышает на многих участках ПДК в 2-3 раза.

2. Основными источниками загрязнения поверхностного слоя почвы тяжелыми металлами (Zn, Ni, Pb) являются автотранспорт, промышленные предприятия и свалки мусора.

3. Главная автотранспортная магистраль Фокинского района является источником загрязнения поверхностного слоя почвы Pb и Zn. Валовые концентрации этих поллютантов статистически достоверно снижаются при удалении от автотранспортной магистрали.

4. Наиболее важной и существенной по количеству особей и биомассе частью почвенной мезофауны городских почв являются дождевые черви. В урбоэкосистеме Брянска в почвах встречается 8 видов дождевых червей: *Dendrobaena octaedra, Lumbricus castaneus, Lumbricus rubellus, Aporrectodea caliginosa, Allolobophora chlorotica, Aporrectodea rosea, Lumbricus terrestris, Aporrectodea longa.*

5. Имеется значимая корреляция между коэффициентом биоаккумуляции Ni, Zn и Pb дождевыми червями и концентрацией этих металлов в почве.

6. Разные виды дождевых червей имеют разную способность к аккумуляции тяжелых металлов в своем организме. Лучше всего накапливается цинк. Лучше накапливает металлы *Dendrobaena octaedra,* а хуже всех - *Allolobophora chlorotica* и *Lumbricus castaneus*.

Resume. We studied the role of earthworms in earth processes in urbanized ecosystem of Bryansk. We registered significant correlation between bioaccumulation Ni, Zn and Pb in earthworms and metal concentration in earth. We revealed different ability of different earthworm species for accumulation heavy metals in organism.
***Key worlds****: bioaccumulation, heavy metals, earthworms, Bryansk.*

## Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Брянской области в 2009 году» / Комитет природопользования и охраны окружающей среды, лицензирования отдельных видов деятельности Брянской области // С. А. Ахременко, А. В. Городков, Г. В. Левкина, О. А. Фильченкова. – Брянск, 2010. – 294 с .

2. Alberti G. Dekomposition / G. Alberti, B. Hauk, H. R. Kohler, V. Storch. – Landsberg: Ecomed, 1996. – 93 p.

3. Hopkin S. P. Ecophysiology of metals in terrestrial invertebrates / S. P. Hopkin. – London: Elsevier, 1989. – 126 p.

4. Peijnenburg W.J. Earthworms and their use in ecotoxicological modeling / W. J. Peijnenburg, M. G. Vrijver // Ecotoxicology modeling. – Heidelberg: Springer, 2009. – pp. 177 – 204.

5. Sims R.W. Earthworms. Syn. Br. Fauna / R. W. Sims, B, M. Gerard. - London, 1999. – 156 p.

## Об авторах

Прокофьев И.Л. – кандидат биологических наук, доцент Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, *bioindication.lab@gmail.com*

Голощапова С.С. – аспирант естественно-географического факультета Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, *bioindication.lab@gmail.com*

**УДК 630*232.32**

# ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД

А.Р. Родин, В.В. Копытков

Установлено положительное влияние от использования композиционных полимерных составов «Полигумин» и «Композег» с целевыми добавками для предпосевной обработки семян и некорневой обработки сеянцев. Предпосевная обработка семян композиционным полимерным составом «Полигумин» способствовала увеличению биометрических показателей сеянцев сосны в 1,1–1,4 раза и выхода стандартного посадочного материала на 11–42%. Максимальный выход стандартных сеянцев отмечен на участках с предпосевной обработкой семян препаратом «Полигумином» с целевой добавкой «Комплекс» и препаратом «Полигумин» на основе березового сока. Использование композиционных полимерных препаратов для дражирования семян хвойных пород показало, что грунтовая всхожесть и выход стандартных сеянцев во многом зависит от класса качества семян, гидротермических условий, агротехники выращивания и наличия целевых добавок.
***Ключевые слова:*** *прочность корней и степень повреждения, композиционный полимерный состав*

**Введение.** Для получения стандартного посадочного материала хвойных пород большое значение имеет сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами. Потребность растений в макро- и микроэлементах и роль сбалансированного минерального питания возрастает в условиях интенсивных технологий. Это связано со значительным выносом из почвы элементов питания с посадочным материалом. В агрохимической практике известно три основных способа применения макроэлементов: внесение в почву, предпосевная обработка семян и некорневая подкормка посева [1, 2].

Одним из наиболее эффективных агроприемов при выращивании посадочного материала в лесных питомниках является предпосевная обработка семян. Она может осуществляться различными способами: физическим, химическим или комбинированным. Применительно к лесопитомническому хозяйству наиболее приемлемы химические способы обработки семян, в основе которых лежит намачивание семян в водных растворах элементов питания [1−5]. Однако такой вид предпосевной обработки семян имеет свои недостатки. Для их устранения используются различные композиционные полимерные составы. Полимеры являются пленкообразователями и могут выступать как для создания непроницаемой оболочки, так и для гидрофобизации поверхности семян. Полимерный пленкообразователь в дальнейшем используется почвенными бактериями, поэтому разработанные полимерные покрытия являются экологически чистыми. Важным моментом при использовании полимерных пленкообразователей является совмещение их с различными регуляторами роста, микроэлементами, БАД и др. [6−8].

Наиболее эффективным способом применения макроудобрений являются некорневые подкормки. Их эффективность определяется многократным снижением норм расхода дорогостоящих удобрений и возможностью устранения дефицита их в критические фазы роста и развития растений [8−10].

Необходимость использования подкормок вызвана тем, что посадочный материал в разные периоды своего роста предъявляет различные требования к тем или иным элементам питания. При некорневых подкормках (применяются, как правило, в засушливый период) надземную часть растений опрыскивают раствором удобрений слабой концентрации. Подкормку сеянцев азотом начинают спустя 10−15 дней после появления всходов и выполняют по мере необходимости от 2 до 4 раз с интервалом в 10−20 дней. В конце июля – начале августа проводят подкормку фосфорно-калийными удобрениями, а во второй половине августа – калийными [1, 3, 5].

Для более эффективного использования питательных веществ при предпосевной обработке семян и некорневых подкормках целесообразно использовать композиционные полимерные составы. Различные целевые добавки, вводимые в них, оказывают неодинаковое влияние на биометрические показатели сеянцев и их выход с единицы площади питомника. Поэтому очень важно изучить введение определенных целевых добавок в композиционные полимерные составы и определить их влияние на рост и развитие растений.

**Методика исследований**. Изучена эффективность способов предпосевной обработки семян композиционным препаратом «Полигумин» и некорневой обработки сеянцев хвойных пород препаратом «Композег» с целевыми добавками. Композиционные полимерные препараты «Полигумин» и «Композег» нами были разработаны ранее и на них получены технические условия.

Разработанный Институтом леса НАН Беларуси композиционный полимерный состав «Полигумин» (ТУРБ 00969712.002-2000), предназначенный для предпосевной обработки семян с целью их защиты от вредителей и повышения посевных качеств, был модифицирован путем изменения его химического состава введением биологически активной добавки и макроэлементов. В качестве биологически активной добавки использовали березовый сок, а в качестве целевых добавок – препараты «Стандарт», «Моно», «Комплекс».

«Полигумин» с целевыми добавками применяли путем замачивания семян перед посевом в течение 12−18 часов. Для замачивания использовали рабочий водный раствор, который получали путем разведения концентрированного препарата в соотношении 1 : 10. На 1 кг семян использовали 1,5−2 литра рабочего раствора. Повторность опыта – 3-кратная. Для предпосевной обработки семян нами использовались семена сосны обыкновенной 1-го класса качества. Контролем служил вариант опыта с водным раствором препарата «Полигумин».

При дражировании семян хвойных пород различного класса качества использовали растительные полисахариды и целевые добавки. В качестве целевых добавок применяли наполнители, стабилизаторы, инсектициды и стимуляторы роста. Время для получения дражированных семян составляет 10−15 минут.

Для некорневой обработки однолетних сеянцев сосны использовали композиционный полимерный состав «Композег» (ТУ РБ 00969712.004-2000) с целевыми добавками («Макро», «Моно», «Микро», «Универсальный»). Некорневая обработка осуществлялась на основе ручного опрыскивателя. Размер опытного участка каждого варианта опыта составлял 1 м$^2$. Повторность опыта 3-кратная. Расход 5%-ного водного раствора полимерного состава «Композег» на 1 м$^2$ составил 200 г. Контролем служил вариант опыта с водным раствором препарата «Композег». Для этих вариантов опыта в первой половине вегетационного периода (2-я декада июля) использовали некорневые азотные подкормки [1].

Применение некорневой подкормки во 2-й декаде июля обусловлено наиболее интенсивным поглощением азота. В качестве азотного удобрения использовали аммиачную селитру. В 3-й декаде июля провели некорневую подкормку однолетних сеянцев сосны фосфором и калием. Доза внесения фосфора составила 4,0 г/м$^2$ по д. в., доза внесения калия – 6,0 г/м$^2$.

В лабораторных условиях проводили биометрические измерения растений по вариантам опыта, а также учет выхода стандартных сеянцев с единицы площади.

**Результаты исследований.** Большое значение для рационального использования дорогостоящих микроэлементов, стимуляторов роста и целевых добавок имеет практическое применение полимерных составов для предпосевной обработки семян. В ходе исследований изучено влияние четырех модифицированных полимерных составов «Полигумин» на посевные качества семян хвойных пород и выход стандартных сеянцев сосны обыкновенной.

В табл. 1 представлены полученные результаты исследований по влиянию целевых добавок и композиционного полимерного состава «Полигумин» на биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной.

Таблица 1 - Влияние композиционного полимерного состава «Полигумин» и вводимых целевых добавок на биометрические показатели сеянцев сосны

| Варианты опыта | Биометрические показатели сеянцев сосны | | | |
|---|---|---|---|---|
| | высота стволика, см | диаметр корневой шейки, мм | длина корневой системы, см | общая масса растений, г |
| Контроль («Полигумин») | 5,2 ± 0,50 | 1,2 ± 0,61 | 11,5 ± 1,90 | 2,46 ± 0,30 |
| «Полигумин» + «Стандарт» | 6,5 ± 0,46 | 1,4 ± 0,50 | 13,6 ± 2,24 | 2,88 ± 0,36 |
| «Полигумин» + «Моно» | 5,5 ± 0,80 | 1,1 ± 0,48 | 11,7 ± 2,30 | 2,56 ± 0,38 |
| «Полигумин» + «Комплекс» | 6,3 ± 0,84 | 1,4 ± 0,46 | 13,4 ± 2,41 | 2,84 ± 0,24 |
| «Полигумин» на березовом соке | 6,4 ± 0,53 | 1,4 ± 0,70 | 14,0 ± 2,10 | 2,90 ± 0,30 |

Из таблицы следует, что предпосевная обработка семян композиционным полимерным составом «Полигумин» совместно с целевыми добавками способствовала увеличению биометрических показателей сеянцев сосны, в среднем, в 1,1−1,4 раза. Наибольшие биометрические показатели роста сеянцев сосны отмечены в варианте опыта, где предпосевная обработка семян была проведена препаратами «Полигумин» с целевой добавкой «Стандарт» и «Полигумин» на основе березового сока. Наименьшие показатели выявлены при использовании препарата «Полигумин» без целевых добавок.

Установлено, что выход стандартных сеянцев сосны на участках с предпосевной обработкой семян препаратом «Полигумин» с целевыми добавками превышал этот показатель на контроле на 12−47% (рис. 1). Максимальный выход стандартных сеянцев отмечен на участках с предпосевной обработкой семян препаратами «Полигумин» + «Стандарт» и «Полигумин» на основе березового сока.

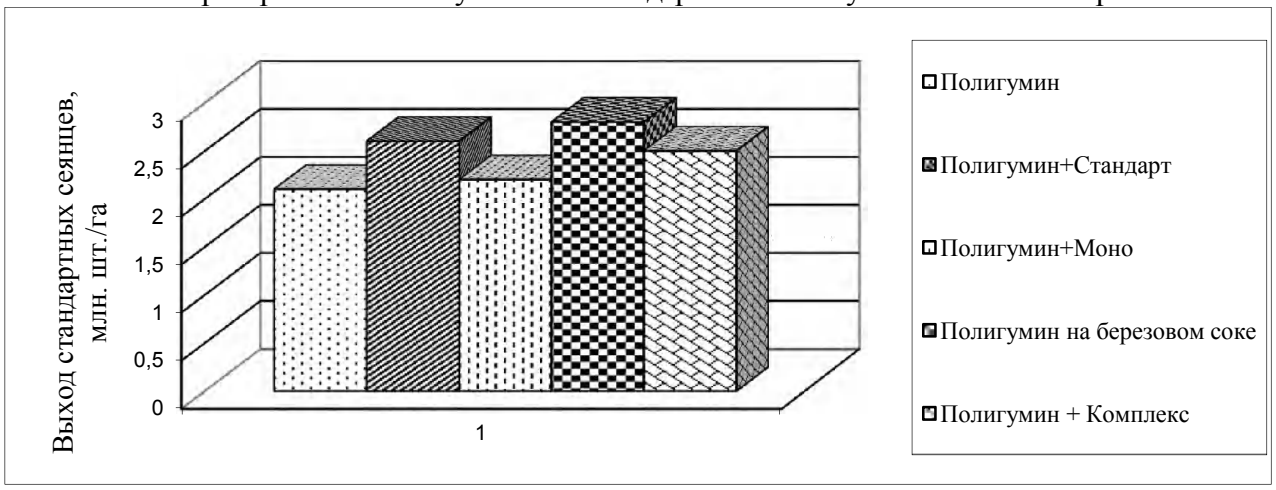



Рисунок 1 – Выход стандартного посадочного материала по вариантам опыта с предпосевной обработкой семян сосны препаратом «Полигумин» с целевыми добавками

Дражированные семена сосны обыкновенной I и II класса качества имели небольшую (50−68%) лабораторную всхожесть. Наименьшая лабораторная и грунтовая всхожесть отмечена на варианте с семенами сосны II класса качества. Наибольшее влияние на грунтовую всхожесть и рост сеянцев оказали гидротермические условия. При оптимальной влажности верхнего слоя почвы (65−70%) происходил интенсивный рост сеянцев, а при влажности почвы менее 20% грунтовая всхожесть составила 10−16%, причем сеянцы на этих вариантах не достигли стандартных биометрических показателей.

Исследования по некорневому питанию растений и результаты практического применения данного приема показали, что наиболее эффективно внесение удобрительных препаратов в виде водных растворов с различными микро- и макроэлементами. Поэтому нами в отчетном году были проведены работы по их введению в композиционный полимерный состав «Композег». В качестве целевых добавок для композиционного полимерного состава «Композег» использовали современные водорастворимые комплексные концентрированные минеральные удобрения с микроэлементами, находящиеся в хелатной форме (усвояемость до 70−80%). В качестве целевых добавок применяли препараты «Универсальный», «Макро», «Моно» и «Микро», содержащие все необходимые компоненты питания растений, в том числе и микроэлементы в форме и количестве, соответствующем потребности овощей и цветов, выращиваемых на грунте и в теплицах.

В табл. 2 приведены результаты влияния композиционного полимерного состава «Композег» и его модификаций на биометрические показатели сеянцев сосны. Анализ таблицы показал, что биометрические показатели во многом зависят от использования различных целевых добавок при введении их в композиционный полимерный состав «Композег». Наименьшая высота стволика сеянцев и диаметр корневой шейки получена на варианте с использованием одного композиционного полимерного состава «Композег» без целевых добавок.

Установлено, что различные целевые добавки оказали существенное влияние не только на биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной, но и на выход стандартного посадочного материала. Наибольший выход стандартного посадочного материала получен на варианте с целевой добавкой «Макро», введенной в композиционный полимерный состав «Композег».

**Заключение.** Таким образом, в результате исследований установлено положительное влияние использования композиционных полимерных составов для предпосевной обработки семян и некорневой обработки сеянцев сосны обыкновенной. Предпосевная обработка семян композиционным полимерным составом

Таблица 2 - Влияние композиционного полимерного состава «Комповег» и целевых добавок на биометрические показатели однолетних сеянцев сосны

| Варианты опыта | Высота стволика сеянцев, см | Диаметр корневой шейки, мм | Выход стандартного посадочного материала, тыс.шт./га |
|---|---|---|---|
| Контроль («Комповег») | 6,1 ± 0,20 | 2,0 ± 0,03 | 2350 ± 120 |
| «Комповег» + «Универсальный» | 7,6 ± 0,18 | 2,3 ± 0,04 | 2530 ± 124 |
| «Комповег»+ «Макро» | 8,6 ± 0,21 | 2,4 ± 0,03 | 2750 ± 119 |
| «Комповег» + «Моно» | 7,2 ± 0,19 | 2,2 ± 0,04 | 2460 ± 127 |
| «Комповег»+ «Микро» | 8,4 ± 0,21 | 2,4 ± 0,04 | 2640 ± 122 |

«Полигумин» и целевыми добавками способствовала увеличению биометрических показателей сеянцев сосны, в среднем, в 1,1−1,4 раза.

Установлено, что выход стандартных сеянцев сосны на участках с предпосевной обработкой семян «Полигумином» с целевыми добавками превышал контроль на 11−42%. Максимальный выход стандартных сеянцев отмечен на участках с предпосевной обработкой семян препаратами «Полигумин» + «Комплекс» и «Полигумин» на основе березового сока. Использование композиционных полимерных препаратов для дражирования семян хвойных пород показало, что грунтовая всхожесть и выход стандартных сеянцев во многом зависит от класса качества семян, гидротермических условий, агротехники выращивания и наличия целевых добавок.

Выявлено влияние некорневой обработки сеянцев композиционным полимерным препаратом «Комповег» и целевыми добавками на биометрические показатели однолетних сеянцев сосны обыкновенной и выход стандартного посадочного материала с единицы площади.

It has been found that seed-soaking and spray treatments with polymeric composite compounds Compoveg and Polyhumin doped with target additives have a marked effect on pine seedlings. Seed-soaking treatments with Polyhumin effected a 1,1–1,4-fold increase in biometric parameter values in the pine seedlings and increased the yield of standard planting stock by 11 to 42 percent. The yield of standard planting stock was a maximum in the cases that Polyhumin doped with a target additive Complex or birch sap-based Polyhumin were used for soakage of seeds. Applications of the polymeric composite compounds for pelleting of seeds of conifers
demonstrated that the field germinating power and yield of standard seedlings were largely dependent on the grade of seeds, hydrothermic conditions, cultural practices and available target additives.
***Key words:*** *durability of roots and damage rate, composite poly-dimensional structure.*

**Список литературы**

1. Наставление по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии / Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву, МЛХ БССР; сост. А. И. Савченко [и др.]. – Минск: Ураджай, 1986. – 111 с.

2. Родин, А. Р. Интенсификация выращивания лесопосадочного материала / А. Р. Родин [и др.]. – М., 1989. – 78 с.

3. Родин, А. Р. Лесные культуры / А. Р. Родин [и др.]. – М., 2002. – 436 с.

4. Родин, А. Р. Лесные культуры / А. Р. Родин. – М., 2006. – 317 с.

5. Рекомендации по агротехнике интенсивного выращивания посадочного материала в лесных питомниках Белоруссии / Гос. ком. СССР по лесу, БелНИИЛХ; сост. А. В. Четвериков, П. С. Шиманский. – Гомель, 1988. – 10 с.

6. Родин, А. Р. Перспективы использования полимеров в лесокультурном производстве / А. Р. Родин // Лесное хозяйство. – 1990. – № 12. – С. 11–15.

7. Родин, А. Р. Методические рекомендации по применению композиционных материалов при лесовыращивании./А. Р. Родин, В. [и др.]. – М., 1991. – 21 с.

8. Родин, А. Р. Использование полимерных материалов в лесокультурном производстве / А.

Р. Родин, С. А. Родин // Лесное хозяйство. – 2005. – №5. – С. 42–44.

9. Копытков, В. В. Развитие лесопитомнического хозяйства в Беларуси и перспективы его интенсификации / В. В. Копытков, Н. К. Крук // Современное состояние, проблемы и перспективы лесовосстановления и лесоразведения на генетико-селекционной основе: материалы Междунар. науч. конф., Гомель, 8–10 сент. 2009 г. / Институт леса НАН Беларуси. - Гомель, 2009. – С. 157–163.10. Копытков, В. В. Композиционные полимерные материалы при лесовыращивании / В. В. Копытков. – Минск, 2008. – 304 с.

**Об авторах**

Родин А.Р. – Московский государственный университет леса, *svasilyev@mgul.ac.ru*
Копытков В.В. – ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», *kopvo@mail.ru*

**УДК 541.128:544.421.032.4:547.515.711**

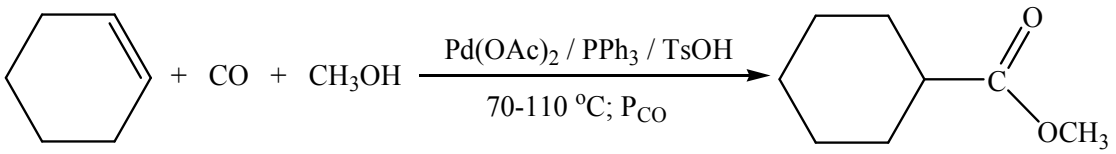
# КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОКАРБОМЕТОКСИЛИРОВАНИЯ ЦИКЛОГЕКСЕНА, КАТАЛИЗИРУЕМОГО СИСТЕМОЙ $Pd(OAc)_2$ – $PPh_3$ – п-ТОЛУОЛСУЛЬФОКИСЛОТА

Н.Т. Севостьянова, С.А. Баташев, А.С. Родионова

***Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-00535-а.***

На основе полученного ранее массива кинетических данных по влиянию реагентов и компонентов каталитической системы на скорость гидрокарбометоксилирования циклогексена при 378 К, катализируемого системой $Pd(OAc)_2$ – $PPh_3$ – п-толуолсульфокислота, разработана кинетическая модель реакции. Дана оценка эффективных констант кинетической модели. Выявленная статистическая незначимость двух эффективных констант позволила упростить вид модели. Анализ значений параметров кинетической модели показал, что основной вклад в дезактивацию палладиевого катализатора посредством реакций лигандного обмена вносят метанол и CO. Независимые тестовые эксперименты продемонстрировали хорошее соответствие экспериментальных и рассчитанных по кинетической модели значений скорости гидрокарбометоксилирования циклогексена.
***Ключевые слова:*** *гидрокарбалкоксилирование, циклогексен, соединения палладия, скорость реакции, кинетическая модель реакции.*

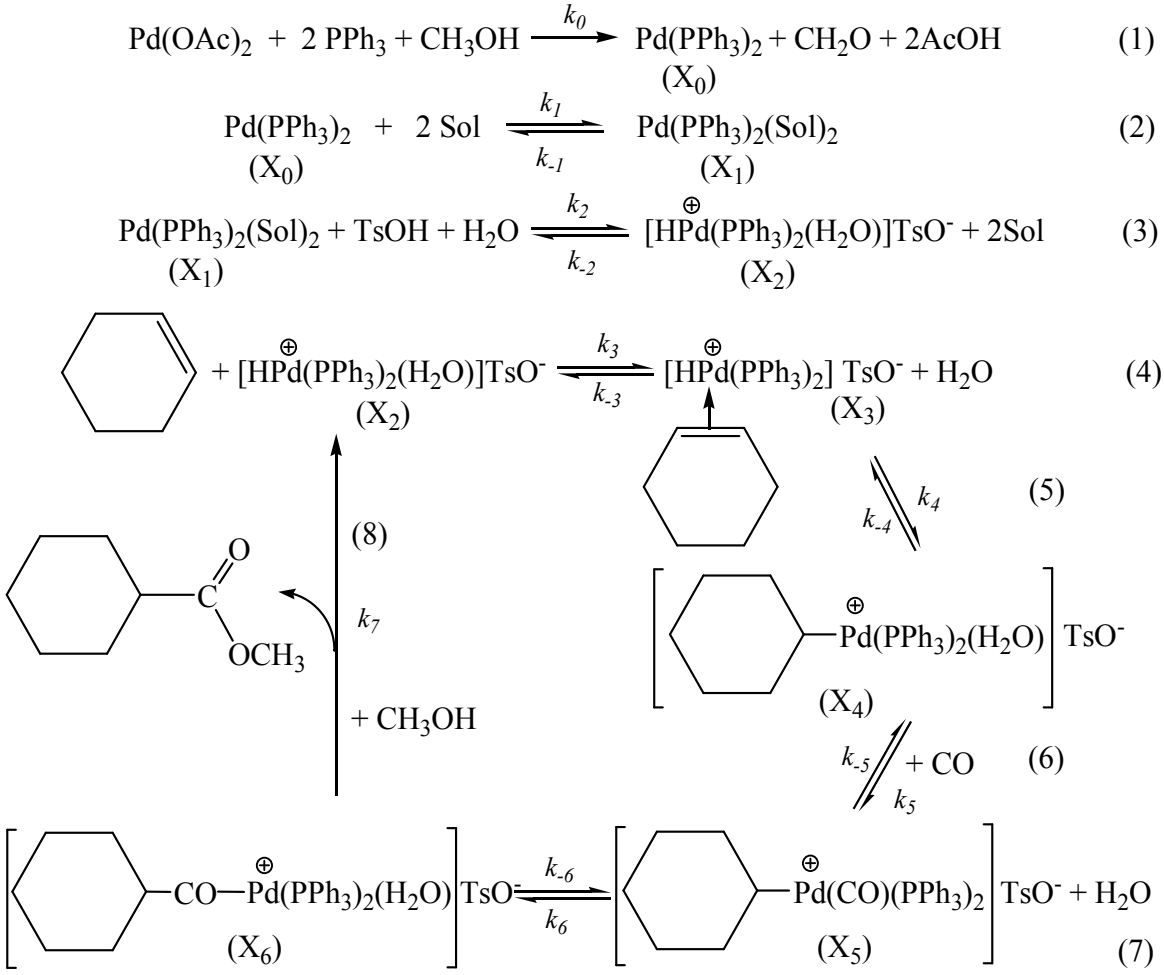
Гидрокарбалкоксилирование открывает перспективы получения сложных эфиров в одну стадию с использованием в качестве реагентов алкена, спирта и оксида углерода (II). Применение каталитических систем на основе комплексов палладия, промотированных свободными органофосфинами и сильными протонными кислотами, обеспечивает протекание процесса в мягких условиях с высокими выходами продукта линейного строения [1, p. 3445; 2, p. 2737]. Однако разработка таких процессов сопряжена с определенными трудностями, связанными с необходимостью учета влияния большого числа факторов на скорость гидрокарбалкоксилирования: концентрации трех реагентов, трех компонентов каталитической и температуры. Причем характер влияния концентрации различных участников реакции на ее скорость зачастую носит сопряженный характер. В этой связи изучение влияния концентрации различных компонентов системы на скорость гидрокарбалкоксилирования являются актуальной задачей. Кроме того, подобные исследования позволяют разработать кинетические модели процессов, являющиеся основой для расчета и оптимизации реакционных узлов синтеза ценных химических продуктов. Однако на сегодняшний день в литературе практически не представлены кинетические модели гидрокарбалкоксилирования алкенов. Данная работ посвящена разработке кинетической модели гидрокарбометоксилирования циклогексена, катализируемого системой $Pd(OAc)_2$ – $PPh_3$ – п-толуолсульфокислота (TsOH):




Эта реакция является удобной моделью для исследования кинетики гидрокарбалкоксилирования, поскольку не осложняется образованием побочных продуктов. Ее единственный продукт – метилциклогексанкарбоксилат – может использоваться как добавка к топливам и полимерам, улучшающая их свойства [3, с. 9].

Ранее при 378 К было изучено влияние концентрации реагентов и компонентов каталитической системы на начальную скорость гидрокарбалкоксилирования циклогексена [4, с. 111; 5, с. 19]. Были установлены первые порядки по циклогексену [5, с. 21] и ацетату палладия в области его концентраций до $0.6 \cdot 10^{-2}$ моль/л [4, с. 112], и экстремальные зависимости скорости реакции от давления CO, концентрации метанола [5, с. 21], $PPh_3$ и TsOH [5, с. 20]. Полученные данные были интерпретированы в рамках гидридного механизма гидрокарбалкоксилирования (Схема, где Sol – молекулы растворителя (толуола)), дополненного реакциями лигандного обмена, приводящими к снижению активности палладиевого катализатора под действием избытка метанола (реакции (9) и (12)), оксида углерода (II) (реакции (10) и (11)) и трифенилфосфина реакция (13).

Схема 1.



$$\underset{(X_1)}{Pd(PPh_3)_2(Sol)_2} + 2\,CH_3OH \underset{k_{-8}}{\overset{k_8}{\rightleftharpoons}} \underset{(X_7)}{Pd(CH_3OH)_2(PPh_3)_2} + 2\,Sol \quad (9)$$

$$\underset{(X_1)}{Pd(PPh_3)_2(Sol)_2} + 2\,CO \underset{k_{-9}}{\overset{k_9}{\rightleftharpoons}} \underset{(X_8)}{Pd(CO)_2(PPh_3)_2} + 2\,Sol \quad (10)$$

$$\underset{(X_1)}{Pd(PPh_3)_2(Sol)_2} + CO \underset{k_{-10}}{\overset{k_{10}}{\rightleftharpoons}} \underset{(X_9)}{Pd(CO)(PPh_3)(Sol)_2} + PPh_3 \quad (11)$$

$$\underset{(X_1)}{Pd(PPh_3)_2(Sol)_2} + CH_3OH \underset{k_{-11}}{\overset{k_{11}}{\rightleftharpoons}} \underset{(X_{10})}{Pd(CH_3OH)(PPh_3)(Sol)_2} + PPh_3 \quad (12)$$

$$\underset{(X_1)}{Pd(PPh_3)_2(Sol)_2} + 2\,PPh_3 \underset{k_{-12}}{\overset{k_{12}}{\rightleftharpoons}} \underset{(X_{11})}{Pd(PPh_3)_4} + 2\,Sol \quad (13)$$

Фигурирующие в Схеме 1 типы интермедиатов ранее были выделены, охарактеризованы спектрально и протестированы на участие в каталитическом цикле. Возможность образования Pd(0)-комплексов типа $X_1$ путём восстановления прекурсоров Pd (II) метанолом доказана в работах [6, p. 12; 7, p. 11]. При этом комплекс $X_0$ способен присоединять молекулы растворителя, содержащегося в реакционной массе в большом избытке по отношению к остальным участникам реакции (реакция (2)). В то же время TsOH, являясь сильным гидридным источником, участвует в образовании ключевого интермедиата каталитического цикла $X_2$ (реакция (3)) [1, с. 3441; 6, p. 13; 7, p. 11]. В работе [8, с. 945] указано, что добавление гексена-1, HCl, CO и воды к гидридному интермедиату $HPd(PPh_3)_2Cl$, относящемуся к типу $X_2$ и полученному из $Pd(PPh_3)_4$ и HCl, приводило к образованию соответствующих карбоновых кислот. В то же время гидридный комплекс, выделенный из системы $Pd(OAc)_2 – P(C_6H_4\text{-}m\text{-}SO_3Na)_3$ в среде водной $CF_3COOH$, в присутствии этилена давал начало алкилпалладиевым комплексам типа $X_4$, реагирующим с CO с образованием соответствующего ацильного комплекса $X_6$, а гидролизом последнего была получена пропионовая кислота и регенерирован комплекс $X_2$ [9, p. 197]. Для ряда Pd-содержащих каталитических систем были выделены ацильные комплексы типа $X_6$. Их обработка водными растворами кислот (например, HCl) приводила к образованию соответствующих карбоновых кислот, а спиртами – сложных эфиров [10, с. 658; 11, p. 236; 12, p. 99]. Ключевая роль комплексов $X_2$-$X_6$, содержащих в своей координационной сфере воду, подтверждена исследованиями Л. Тониоло (L. Toniolo) с сотрудниками [2, p. 2738].

Применением принципа квазиравновесных концентраций к представленному механизму позволило получить кинетическое уравнение гидрокарбометоксилирования циклогексена:

$$r = \frac{kC_M P_{CO}[C_6H_{10}][TsOH]^2[CH_3OH]}{1 + a[CH_3OH]^2 + bP_{CO}^2 + c\frac{P_{CO}}{[PPh_3]} + d\frac{[CH_3OH]}{[PPh_3]} + e[PPh_3]^2}, \quad (14)$$

где $C_M$ – аналитическая концентрация всех мономерных форм палладия;

$[PPh_3]$ – концентрация свободного $PPh_3$, определяемая как разность его аналитической концентрации и удвоенной концентрации $Pd(OAc)_2$ в соответствии со стехиометрией Pd-фосфиновых комплексов;

$$a = \frac{K_1K_8}{1+K_1},\ b = \frac{K_1K_9}{1+K_1},\ c = \frac{K_1K_{10}}{1+K_1},\ d = \frac{K_1K_{11}}{1+K_1},\ e = \frac{K_1K_{12}}{1+K_1},\ k = \frac{K_1K_2K_3K_4K_5K_6k_7}{1+K_1}.$$

Соответствие уравнения (14) экспериментальным данным было подтверждено в условиях монофакторных экспериментов [5, с. 23-25]. При этом статистический анализ экспериментальных данных показал, что пятый член знаменателя уравнения (14) статистически незначим, поэтому кинетическое уравнение принимает вид

$$r = \frac{kC_M P_{CO}[C_6H_{10}][TsOH]^2[CH_3OH]}{1 + a[CH_3OH]^2 + bP_{CO}^2 + c\frac{P_{CO}}{[PPh_3]} + e[PPh_3]^2} \quad (15)$$

С целью оценки параметров кинетического уравнения на основании всего массива экспериментальных данных по кинетике реакции гидрокарбометоксилирования циклогексена при 378 К функция (15) была приведена к линейной форме по отношению к параметрам:

$$\frac{C_M P_{CO}[C_6H_{10}][TsOH]^2}{r\cdot[PPh_3]^2} = \frac{1}{k}\cdot\frac{1}{[CH_3OH][PPh_3]^2} + \frac{a}{k}\cdot\frac{[CH_3OH]}{[PPh_3]^2} + \frac{b}{k}\cdot\frac{P_{CO}^2}{[CH_3OH][PPh_3]^2} +$$

$$+\frac{c}{k}\cdot\frac{P_{CO}}{[CH_3OH][PPh_3]^3} + \frac{e}{k}\cdot\frac{1}{[CH_3OH]} \quad (16)$$

В результате оценки параметров последнего уравнения с использованием программы MS Excel 2010 были получены следующие значения:

$1/k = (-40 \pm 40)$ моль$^4\cdot$Па$\cdot$мин$\cdot$л$^{-4}$;

$a/k = (5{,}07 \pm 0{,}59)\cdot10^2$ моль$^2\cdot$Па$\cdot$мин$\cdot$л$^{-2}$;

$b/k = (1{,}09 \pm 0{,}31)\cdot10^{-11}$ моль$^4\cdot$мин$\cdot$Па$^{-1}\cdot$л$^{-4}$;

$c/k = (2{,}69 \pm 0{,}53)\cdot10^{-8}$ моль$^5\cdot$мин$\cdot$л$^{-5}$;

$e/k = (10 \pm 10)\cdot10^4$ Па$\cdot$мин

С учетом статистической незначимости параметров 1/k и e/k уравнение (16) было преобразовано к виду:

$$\frac{C_M P_{CO}[C_6H_{10}][TsOH]^2}{r\cdot[PPh_3]^2} = \frac{a}{k}\cdot\frac{[CH_3OH]}{[PPh_3]^2} + \frac{b}{k}\cdot\frac{P_{CO}^2}{[CH_3OH][PPh_3]^2} + \frac{c}{k}\cdot\frac{P_{CO}}{[CH_3OH][PPh_3]^3} \quad (17)$$

Оценка параметров уравнения (17) выявила следующие их значения:

$a/k = (4{,}63 \pm 0{,}53)\cdot10^2$ моль$^2\cdot$Па$\cdot$мин$\cdot$л$^{-2}$;

$b/k = (3{,}6 \pm 1{,}4)\cdot10^{-12}$ моль$^4\cdot$мин$\cdot$Па$^{-1}\cdot$л$^{-4}$;

$c/k = (2{,}41 \pm 0{,}45)\cdot10^{-8}$ моль$^5\cdot$мин$\cdot$л$^{-5}$

С учетом последних значений эффективных параметров окончательный вид кинетической модели (15) можно представить зависимостью:

$$\frac{C_M P_{CO}[C_6H_{10}][TsOH]^2}{r\cdot[PPh_3]^2} = (4{,}63 \pm 0{,}53)\cdot10^2\cdot\frac{[CH_3OH]}{[PPh_3]^2} + (3{,}6 \pm 1{,}4)\cdot10^{-12}\cdot\frac{P_{CO}^2}{[CH_3OH][PPh_3]^2} +$$

$$+(2{,}41 \pm 0{,}45)\cdot10^{-8}\cdot\frac{P_{CO}}{[CH_3OH][PPh_3]^3}\left[\frac{\text{моль}\cdot\text{Па}\cdot\text{мин.}}{\text{л}}\right] \quad (18)$$

или

$$r = \frac{C_M P_{CO}[C_6H_{10}][TsOH]^2[CH_3OH]}{\left[(4{,}63 \pm 0{,}53)\cdot10^2[CH_3OH]^2 + (3{,}6 \pm 1{,}4)\cdot10^{-12}P_{CO}^2 + (2{,}41 \pm 0{,}45)\cdot10^{-8}\frac{P_{CO}}{[PPh_3]}\right]}, \left[\frac{\text{моль}}{\text{л}\cdot\text{мин.}}\right] \quad (19)$$

Уравнение (19) получено на основании результатов кинетических экспериментов по гидрокарбометоксилированию циклогексена в следующих условиях: T = 378 К, $P_{CO} = (0{,}25\text{-}4{,}40)\cdot10^6$

Па; концентрации, моль/л: $[C_6H_{10}] = 0,02\text{-}0,10$; $[CH_3OH] = 0,05\text{-}1,00$; $[Pd(OAc)_2] = (1,0\text{-}6,0)\cdot10^{-3}$; $[PPh_3] = (0,1\text{-}9,6)\cdot10^{-2}$; $[TsOH] = (2,4\text{-}6,5)\cdot10^{-2}$.

Очевидно, что в указанных условиях гидрокарбометоксилирования реализуется ускоряющая роль свободного трифенилфосфина, заключающаяся в смещении равновесия (11) в сторону образования активного палладиевого комплекса ($X_1$), в то время как вклад интермедиатов ($X_{11}$), образующихся в реакции (13), в общий баланс палладиевых форм в системе пренебрежимо мал. Часть катализатора дезактивируется под действием избыточных количеств метанола и CO в системе в результате смещения равновесия реакций (9) и (10) в правую сторону, о чем свидетельствуют первые два слагаемых в знаменателе уравнения (19).

Независимые тестовые эксперименты продемонстрировали хорошее соответствие экспериментальных и рассчитанных по кинетической модели (19) значений скорости гидрокарбометоксилирования циклогексена. Полученная кинетическая модель является основой для разработки реакционного узла синтеза метилциклогексанкарбоксилата.

Based on the received earlier kinetic data on the influence of reagents and catalytic system components on the rate of cyclohexene hydrocarbomethoxylation at 378 K catalyzed by the $Pd(OAc)_2$ – $PPh_3$ – p-toluenesulfonic acid system the kinetic model of reaction has been worked up. Evaluation of the effective constants of the kinetic model was given. Revealed statistical insignificance of two effective constants allowed to simplify the model. Analysis of values of the kinetic model parameters has shown that methanol and CO enters a main investment to deactivation of palladium catalyst through the ligand exchange reactions. The independent test experiments demonstrated good agreement between the experimental and calculated (on the kinetic model of the cyclohexene hydrocarbomethoxylation) values of rate.

***Key words:*** *hydrocarbalkoxylation, cyclohexene, palladium compounds, reaction rate, kinetic model of reaction.*

## Список литературы

1. Kiss G. Palladium-catalyzed Reppe carbonylation // Chem. Rev. 2001. V. 101. № 11. P. 3435–3456.

2. Cavinato G., Vavasori A., Toniolo L., Dolmella A. Synthesis, characterization and catalytic activity in the carbonylation of ethene of cis-$[Pd(H_2O)_2(PPh_3)_2]X_2\times nH_2O$ (X = p-$CH_3C_6H_4SO_3$, n = 2; X = $CH_3SO_3$, n = 0). X-ray structure of cis-$[Pd(H_2O)_2(PPh_3)_2](p\text{-}CH_3C_6H_4SO_3)_2\times2H_2O$ and of cis-$[Pd(H_2O)_2(PPh_3)_2](CH_3SO_3)_2\times2CH_2Cl_2$ // Inorg. Chim. Acta. 2004. V. 357. № 9. P. 2737–2747.

3. Наметкин Н.С., Егорова Г.М., Хамаев В.Х. Нафтеновые кислоты и продукты их химической переработки. М.: Химия. 1982. 184 с.

4. Аверьянов В. А., Севостьянова Н. Т., Баташев С.А. Активность и кинетический аспект влияния палладийсодержащих катализаторов на реакцию гидрокарбометоксилирования циклогексена // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2012. Т. 55. Вып. 4. С. 111–115.

5. Аверьянов В. А., Севостьянова Н. Т., Баташев С. А., Воробьев А. А., Родионова А.С. Кинетика и механизм гидрокарбометоксилирования циклогексена при катализе системой $Pd(OAc)_2$–$PPh_3$–п-толуолсульфокислота // Хим. физика. 2014. Т. 33. № 3. С. 19–26.

6. Vavasori A., Cavinato G., Toniolo L. Effect of a hydride source (water, hydrogen, p-toluenesulfonic acid) on the hydroesterification of ethylene to methyl propionate using a $Pd(PPh_3)_2(TsO)_2$ (TsO = p-toluenesulfonate anion) catalyst precursor. // J. Mol. Catal. A: Chem. 2001. V. 176. P. 11–18.

7. Vavasori A., Toniolo L., Cavinato G. Hydroesterification of cyclohexene using the complex $Pd(PPh_3)_2(TsO)_2$ as catalyst precursor. Effect of a hydrogen source (TsOH, $H_2O$) on the TOF and a kinetic study (TsOH: p-toluenesulfonic acid). // J. Mol. Catal. A: Chem. 2003. V. 191. P. 9–21.

8. Терехова М. Н., Сигалов А. Б., Петрова Н. Е., Петров Э. С. Гидридные комплексы палладия – $HPdCl(PPh_3)_2$ в реакции карбонилирования гептена-1 при атмосферном давлении CO. // Журнал общей химии. 1985. Т. 55. Вып. 4. С. 944–945.

9. Verspui G., Moiseev I. I., Sheldon R. A. Reaction intermediates in the Pd/tppts-catalysed aqueous phase hydrocarbonylation of olefins monitored by NMR spectroscopy (tppts=$P(C_6H_4\text{-}m\text{-}SO_3Na)_3$. // J. Organomet. Chem. 1999. V. 586. P. 196–199.

10. Терехова М.И., Петрова Н.Е., Шифрина Р.Р., Петров Э.С. Карбметоксильный и $\eta^2$-олефиновый комплексы палладия в карбонилировании 1-гептена // Журнал общей химии. 1988. Т. 58. № 3. С. 658–661.

11. Cavinato G., Toniolo L., Vavasori A. Characterization and catalytic activity of trans-[Pd(COCH$_2$CH$_3$)(TsO)(PPh$_3$)$_2$], isolated from the hydro-methoxycarbonylation of ethene catalyzed by [Pd(TsO)$_2$(PPh$_3$)$_2$]. // J. Mol. Catal. A: Chem. 2004. V. 219. P. 233–240.

12. Bardi R., Piazzasi A. M., Cavinato G., Toniolo L. Metals in organic syntheses. XIII. The isolation and molecular structure of trans-[PdCl(COC$_6$H$_{13}$-n)(PPh$_3$)$_2$], an intermediate in the hydrocarboalcoxylation of 1-hexene catalyzed by the precursor trans-[PdCl$_2$(PPh$_3$)$_2$]. // Inorg. Chim. Acta. 1985. V. 102. P. 99–103.

**Об авторах**

Севостьянова Н.Т. – кандидат химических наук, доцент, руководитель научно-производственного центра «Химреактивдиагностика» Тульского государственного педагогического университета им. Л.Н. Толстого, *piligrim.tula.ru@gmail.com*

Баташев С.А. – кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-производственного центра «Химреактивдиагностика» Тульского государственного педагогического университета им. Л.Н. Толстого, *piligrim.tula.ru@gmail.com*

Родионова А.С. – аспирант кафедры химии Тульского государственного педагогического университета им. Л.Н. Толстого, *rodionova.nastia@ya.ru*

**УДК 581.526.425**

# ОБ АССОЦИАЦИИ ПРИРУЧЬЕВЫХ ЕЛЬНИКОВ В ЮЖНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РОССИИ

Ю.А. Семенищенков

***Исследования проведены при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-04-97510 р_центр_а «Лесная растительность бассейна реки Днепр в пределах Российской Федерации».***

В статье дается описание новой ассоциации приручьевых ельников, распространенных в Южном Нечерноземье России (Брянская, Калужская, Смоленская области). Приведена характеристика сообществ, обсуждаются проблемы синтаксономии и лесной типологии.

Ключевые слова: флористическая классификация, лесная растительность, приручьевые ельники, Южное Нечерноземье России.

**Введение.** Приручьевые ельники – редкий для Южного Нечерноземья России тип лесных сообществ. Формируясь в условиях проточного увлажнения в долинах ручьев или у подножия склонов лесных балок, эти леса обычно занимают очень небольшие площади. Приручьевые леса имеют большое природоохранное значение, в том числе, для сохранения характерного для них высокого флористического разнообразия и поддержания гидрологического режима водотоков. В настоящей статье приведено описание ассоциации приручьевых ельников и дается эколого-флористическая характеристика её сообществ.

**Материалы и методы.** Описания еловых лесов выполнены в 2010–2014 гг. на территории Брянской, Калужской и Смоленской обл. в пределах естественных границ сообществ, соответствующих их расположению в рельефе. При этом площадь описываемых участков составляла не менее 400 м$^2$. Оценка количественного участия видов в формировании фитоценозов проведена по шкале обилия-покрытия Ж. Браун-Бланке [15]. Синтаксономия разработана на основе общих установок метода Ж. Браун-Бланке [15]. Названия сосудистых растений даны по С. К. Черепанову [13]; мохообразных – по М. С. Игнатову и др. [16].

**Обсуждение результатов**. Сообщества приручьевых ельников Южного Нечерноземья России объединены в новую ассоциацию. Ниже дается ее описание.

Acc. ***Carici remotae–Piceetum abietis*** ass. nov. hoc loco (номенклатурный тип (holotypus) – табл., оп. 9). Диагностические виды (д. в.): *Picea abies, Carex remota, Crepis paludosa, Filipendula*

*ulmaria, Geum rivale, Sphagnum squarrosum, Calliergon cordifolium.* Ассоциация объединяет приручьевые ельники с преобладанием гигро-мезофитных и гигрофитных видов растений с небольшим участием сфагновых мхов в Южном Нечерноземье России.

Состав и структура. Древостои сообществ формирует *Picea abies* 22–25 м в высоту, иногда с редкой примесью *Alnus glutinosa* и *Populus tremula.* Во втором подъярусе древостоя в наиболее мезофитных местообитаниях присутствуют *Tilia cordata,* а также *Ulmus glabra, Quercus robur.* Сомкнутость крон составляет 50–70%.

В подлеске наиболее представительна *Sorbus aucuparia*, в меньшей степени – *Frangula alnus*. В сообществах всегда есть подрост ели; другие виды деревьев и кустарников встречаются рассеянно и имеют низкую константность. Следует отметить отсутствие характерных для лесных болот видов – *Salix cinerea* и *Ribes nigrum.* Общее проективное покрытие кустарникового яруса, подлеска колеблется от 1 до 10%.

Травяной покров мозаичен; в отдельных сообществах локально доминируют *Athyrium filix-femina, Impatiens noli-tangere, Myosoton aquaticum*; изредка – более мезофитные – *Dryopteris carthusiana, Oxalis acetosella*. Для топких низин в долинах водотоков характерен весенний жёлто-зеленый аспект *Chrysosplenium alternifolium*, свойственный приручьевым черноольшаникам; на более сухих участках иногда создает жёлтый аспект *Crepis paludosa*. Неморальные мезофиты успешно расселяются по возвышенным участкам, а также на вывалах. Имеются участки с обнаженной почвой, лишенные травяного покрова, или с локальным доминированием мохообразных. Проективное покрытие травяного яруса – 15–60%.

В составе ценофлоры ассоциации достаточно представительны характерные виды союза ***Alnion incanae*** Pawł., Sokoł. et Wallisch 1928, среди которых наиболее константны: *Athyrium filix-femina, Cardamine amara, Chrysosplenium alternifolium, Deschampsia cespitosa, Equisetum sylvaticum, Impatiens noli-tangere, Lysimachia nummularia, L. vulgaris, Mentha arvensis, Milium effusum, Myosoton aquaticum, Ranunculus repens, Urtica dioica.* Некоторые из перечисленных видов одновременно диагностируют и класс заболоченных черноольшаников ***Alnetea glutinosae*** Br.-Bl. et Tx. ex. Westhoff et al. 1943. Виды же собственно этого класса также участвуют в формировании сообществ, однако обычно малообильны. Среди них *Alnus glutinosa, Betula pubescens, Frangula alnus, Galium palustre, Juncus effusus, Lycopus europaeus, Solanum dulcamara.*

Весьма характерно присутствие в приручьевых лесах изредка отмечаемой в Нечерноземье *Carex remota.* Этот вид рекомендован к внесению в приложение к Красной книге Смоленской обл. для уточнения природоохранного статуса; изредка встречается в соседних Брянской и Калужской областях.

Важная особенность сообществ – широкая представленность мохообразных, среди которых наиболее характерными являются *Sphagnum squarrosum, Calliergon cordifolium, Rhizomnium punctatum, Plagiotecium denticulatum* – виды, широко распространенные в сообществах заболоченных и приручьевых черноольшаников. Вместе с тем выраженный моховой покров обычно отсутствует; в отдельных сообществах локально доминируют *Sphagnum squarrosum* и *Calliergon cordifolium*, реже – *Climacium dendroides, Plagiomnium affine*, что приводит к возрастанию покрытия мохового яруса до 25–50%.

Видовое богатство сообществ колеблется от 29 до 65 видов на 400 м$^2$.

Распространение и экология. Сообщества ассоциации встречаются на изучаемой территории редко. Они формируются по берегам ручьев, протекающих обычно по днищам оврагов, и в сырых низинах у подножия склонов на торфяных или перегнойно-глеевых обильно гумусированных почвах с наличием медленно разлагающейся подстилки, обильно обводнённых, местами топких.

Местообитания отличаются высокой мозаичностью микрорельефа с наличием повышенных наиболее мезофитных микроместообитаний со свежими почвами, растянутых сырых низин с оглеёнными непросыхающими почвами, водотоков и их прибрежных частей, а также валежа, прикомлевых возвышений деревьев и обводненных ям, формирующихся при вывалах.

Ель обычно развивается в данных местообитаниях медленно и, как и остальные виды деревьев здесь, формирует исключительно поверхностную корневую систему. Нередко у ели и у других видов формируются закрепляющие, так называемые, «досковидные» корни. Целый ряд факторов, характерных для приручьевых местообитаний [6], способствует несвоевременно ранней гибели ели или распространению ветровальных комплексов, увеличивающих гетерогенность

микрорельефа. Окна, образующиеся при вывалах, обычно быстро занимаются осиной, а также характеризуются более развитым подлеском. В отдельных сообществах отмечена активная роющая деятельность кабанов, приводящая к фрагментации травяного покрова и формированию участков с обнаженной почвой.

Фактически в описанных биотопах чаще всего образуются приручьевые черноольшаники, в которых *Alnus glutinosa* успешно конкурирует с елью. В литературе для приручьевых ельников на территории Беларуси показано, что чёрная ольха в их местообитаниях обычно имеет преимущество по темпам роста над елью. Следует отметить, что Д. В. Воробьев [3] считал ельники данного типа производными по отношению к *еловым ольсам*, в которых ель не поднимается выше второго подъяруса древостоя. Тем не менее *приручьевой ельник* называют коренным типом для Белорусского Полесья [14 : 196]. Вопрос взаимоотношений ольхи и ели и механизм исхода их конкуренции в подобных местообитаниях в нашем регионе пока не изучен.

Синтаксономическое положение. В настоящее время для европейской части России валидно не описано синтаксонов, представляющих приручьевые ельники. Ранее acc. ***C. r.–P. a.*** prov. с диагностическими видами *Picea abies, Carex remota, Geum rivale* была установлена провизорно и указана нами как редкая для бассейна р. Остер в Смоленской обл. [11].

По эколого-флористическим критериям acc. ***C. r.–P. a.*** в полной мере не соответствует ни одному из известных подсоюзов еловых лесов союза ***Piceion excelsae*** Pawłowski et al. 1928 порядка ***Piceetalia excelsae*** Pawłowski et al. 1928. В наибольшей степени логичным является отнесение её к подсоюзу ***Sphagno–Piceenion*** K.-Lund 1981 на основании, фактически, только присутствия в ценофлоре отдельных видов сфагновых мхов, а также распространения в местообитаниях с обильным увлажнением. На возможную связь приручьевых ельников с этим подсоюзом указывает и О. В. Морозова [7], демонстрируя флористическую дифференциацию подсоюзов борельных еловых лесов европейской части России. На изучаемой территории данный подсоюз представлен единственной ассоциацией заболоченных ельников у южной границы своего ареала – acc. ***Sphagno girgensohnii—Piceetum abietis*** K.-Lund 1981. Её отличие от новой ассоциации – распространение сообществ в бессточных заболоченных низинах, но не в долинах ручьёв, обилие и доминирование сфагновых мхов с преобладанием *Sphagnum girgensohnii,* отсутствие сомкнутого травяного покрова, присутствие ряда преимущественно болотных и бореальных видов, а также флористическая бедность сообществ.

Мы не считаем возможным отнесение этих приручьевых лесов к классу преимущественно заболоченных черноольшаников ***Alnetea glutinosae*** Br.-Bl. et Tx. ex. Westhoff et al. 1943 или к союзу ***Alnion incanae*** Pawł., Sokoł. et Wall. 1928, который, всё-таки, выделен в составе порядка мезофитных широколиственных лесов ***Fagetalia sylvaticae*** Pawł., Sokoł. et Wall. 1928. Тем не менее, состав ценофлоры приручьевых ельников обнаруживает сходство с сообществами перечисленных высших единиц, в первую очередь за счёт большого числа видов-индикаторов местообитаний с богатыми обильно увлажненными почвами, в том числе: *Athyrium filix-femina, Carex elongata, Chrysosplenium alternifolium, Circaea lutetiana, Cirsium oleraceum, Coccyganthe flos-cuculi, Crepis paludosa, Deschampsia cespitosa, Equisetum pratense, E. sylvaticum, Filipendula ulmaria, Geum rivale, Glechoma hederacea, Impatiens noli-tangere, Lysimachia nummularia, L. vulgaris, Matteucia sthrutiopteris, Mentha arvensis, Milium effusum, Myosoton aquaticum, Ranunculus repens, Urtica dioica.* Большинство из перечисленных видов имеют широкое полизональное распространение в гигрофитных местообитаниях и в сообществах различных типов.

По составу ценофлоры приручьевые ельники близки к сообществам приручьевых черноольшаников Южного Нечерноземья – acc. ***Urtico dioicae–Alnetum glutinosae*** Bulokhov et Solomeshch 2003 [2, 9, 10, 11]. Отличительная особенность описанных в нашей статье ельников – отсутствие чёрной ольхи или её очень небольшое участие в древостое. Отсутствует в сообществах и *Alnus incana*, формирующая вдоль ручьев в северной части изучаемого региона леса acc. ***Scirpo sylvatici–Alnetum incanae*** Semenishchenkov 2014.

Высокое сходство по составу ценофлоры с приручьевыми ельниками имеют заболоченные еловые леса, описанные локально на низинном болоте памятника природы «Болото Рыжуха» в Брянской обл. [1]. Они отнесены к безранговому «сообществу» ***Cirsium oleraceum–Picea abies***. Следует отметить, что в их древостоях значительную роль играют *Betula pubescens*, а в отдельных сообществах –

*Alnus glutinosa*; в целом ценофлора демонстрирует бóльшую заболоченность местообитаний, что отражено в высоком постоянстве и обилии таких индикаторов, как *Carex cespitosa, Equisetum fluviatile, Salix cinerea, Thelypteris palustris.* В сообществах всегда есть подрост *Alnus glutinosa* и *Betula pubescens,* характерный для заболоченных черноольшаников класса ***Alnetea glutinosae***. В целом такие леса, по нашему мнению, тяготеют в большей степени именно к этому классу.

Лесная типология. Описываемым нами приручьевым ельникам в наибольшей степени близок тип *ельник гравилатный*, установленный для Русской равнины Л. П. Рысиным и Л. И. Савельевой [8] в составе группы типов *ельники травяные*. Для него характерно обилие мезогигрофитного и гигрофитного разнотравья, а на микроповышениях – неморальных видов. Характерен такой тип для местообитаний с полупроточным увлажнением, то есть не представляет заболоченные ельники.

Следуя С. Ф. Курнаеву [5], группа *приручьевых ельников с липой* представляет липово-еловые леса, занимающие «сырые места на плоских понижениях водораздела у верховьев водотоков, низкие берега речек и подножия пологих склонов вдоль мелких лощин, с избыточным увлажнением, обеспеченными, однако, хорошим дренажом» [5: 231]. По составу ценофлоры леса, описанные С. Ф. Курнаевым, очень напоминают наши. Близки к ним также *ельники таволговые с липой*, распространенные в сходных местообитаниях.

На территории соседней Беларуси *ельники приручейно-травяные* являются редким типом и, в сравнении с черноольшаниками, обычно формируются в условиях большей проточности и дренажа [14]. Для лесов этой группы характерно сочетание неморальных видов с гело- и геломезоморфными видами, а также хорошее развитие мохового яруса, достигающего покрытия 35%. Перечисленные типы в общем смысле соответсвуют *ельникам приручьевым* В. Н. Сукачёва [12], индицирующим проточное увлажнение.

*Авторы выражают искреннюю благодарность с. н. с. ГУ «Национальный парк «Угра», к. б. н.* ***Виктории Владимировне Телегановой*** *за просмотр и идентификацию мохообразных, организацию и участие в полевых исследованиях в Калужской области; заведующей Музеем-усадьбой М. И. Глинки в с. Новоспасское* ***Татьяне Михайловне Чибисовой*** *и сотрудникам музея за поддержку и организацию исследований в Ельнинском районе Смоленской области.*

Таблица

Характеризующая таблица асс. ***Carici remotae–Piceetum abietis*** ass. nov. hoc loco

| **Табличный номер** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Древесный ярус: высота, м** | **Ярус** | **24** | **25** | **24** | **24** | **22** | **22** | **22** | **24** | **25** | **Класс постоянства** |
| **сомкнутость крон, %** | | **60** | **70** | **50** | **70** | **70** | **50** | **70** | **70** | **50** | |
| **Кустарниковый ярус: сомкнутость крон, %** | | **5** | **5** | **1** | **10** | **5** | **10** | **5** | **1** | **5** | |
| **Травяной ярус: проективное покрытие, %** | | **35** | **40** | **35** | **60** | **20** | **25** | **40** | **15** | **20** | |
| **Моховой ярус: проективное покрытие, %** | | **15** | **50** | **30** | **5** | **5** | **1** | **10** | **25** | **1** | |
| **Число видов** | | **65** | **58** | **36** | **29** | **36** | **36** | **35** | **38** | **45** | |
| Диагностические виды (д. в.) асс. ***Carici remotae–Piceetum abietis*** | | | | | | | | | | | |
| *Picea abies* | A | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | **V** |
| *P. abies* | B | . | . | 2 | . | . | . | . | . | + | **II** |
| *P. abies* | C | 1 | + | . | 1 | 1 | + | 1 | . | + | **IV** |
| *Carex remota* | D | . | r | r | 1 | r | 1 | . | . | r | **IV** |
| *Crepis paludosa* | D | r | r | . | + | | r | . | r | + | **IV** |
| *Filipendula ulmaria* | D | r | r | r | . | + | . | r | + | + | **IV** |
| *Geum rivale* | D | 1 | r | . | + | 1 | . | . | . | 1 | **III** |
| *Sphagnum squarrosum* | E | + | . | 2 | . | r | . | 1 | 2 | r | **IV** |
| *Calliergon cordifolium* | E | r | 3 | r | r | r | . | + | . | r | **IV** |
| Д. в. союза ***Alnion incanae*** | | | | | | | | | | | |
| *Chrysosplenium alternifolium* | D | r | r | . | r | r | r | + | r | r | **V** |
| *Aegopodium podagraria* | D | + | r | . | + | + | . | . | + | r | **IV** |
| *Athyrium filix-femina* | D | 2 | r | . | + | 1 | . | 2 | + | 1 | **IV** |
| *Lysimachia vulgaris* | D | + | r | r | . | + | . | r | + | + | **IV** |
| *Mentha arvensis* | D | r | r | . | . | + | . | + | + | r | **IV** |
| *Ranunculus repens* | D | 1 | r | + | . | + | + | . | + | + | **IV** |

| **Табличный номер** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Urtica dioica* | D | + | + | r | + | + | . | . | . | + | **IV** |
| *Deschampsia cespitosa* | D | r | . | + | . | r | . | . | . | r | **III** |
| *Equisetum sylvaticum* | D | r | r | + | . | . | + | . | . | . | **III** |
| *Impatiens noli-tangere* | D | + | 2 | . | 2 | 1 | . | . | . | r | **III** |
| *Milium effusum* | D | . | r | . | + | r | r | . | . | r | **III** |
| *Cirsium oleraceum* | D | . | r | . | . | . | . | + | . | + | **II** |
| *Coccyganthe flos-cuculi* | D | r | . | . | . | . | . | . | r | r | **II** |
| *Festuca gigantea* | D | r | r | . | . | r | . | . | . | . | **II** |
| *Glechoma hederacea* | D | r | + | . | . | . | . | . | . | + | **II** |
| *Lysimachia nummularia* | D | r | + | . | . | . | . | r | . | . | **II** |
| *Myosoton aquaticum* | D | 1 | . | . | 2 | + | . | . | . | . | **II** |
| *Padus avium* | C | . | . | . | . | r | . | . | + | + | **II** |
| Д. в. класса ***Alnetea glutinosae*** | | | | | | | | | | | |
| *Alnus glutinosa* | A | . | . | + | . | . | . | 1 | . | . | **II** |
| *A. glutinosa* | B | . | . | . | 1 | 1 | . | . | . | + | **II** |
| *A. glutinosa* | C | . | . | . | . | . | . | r | . | . | **I** |
| *Betula pubescens* | A | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | **I** |
| *B. pubescens* | B | 1 | . | + | . | . | . | . | . | r | **II** |
| *B. pubescens* | C | . | r | . | . | . | 1 | . | . | . | **II** |
| *Lycopus europaeus* | D | r | + | + | . | . | . | r | + | r | **IV** |
| *Cardamine amara* | D | . | r | . | . | . | . | + | r | r | **III** |
| *Frangula alnus* | C | + | . | r | . | + | . | + | . | + | **III** |
| *Galium palustre* | D | r | r | . | . | . | . | r | + | r | **III** |
| *Carex elongata* | D | r | + | . | . | . | . | 1 | + | . | **III** |
| *Juncus effusus* | D | r | . | r | . | . | . | . | . | . | **II** |
| *Poa palustris* | D | . | r | . | . | | . | . | r | . | **II** |
| Д. в. класса ***Querco–Fagetea*** | | | | | | | | | | | |
| *Tilia cordata* | B | . | . | . | + | . | 2 | . | 2 | . | **II** |
| *T. cordata* | C | . | r | . | 1 | + | . | . | . | . | **II** |
| *Acer platanoides* | C | . | + | . | . | . | 1 | . | . | r | **II** |
| *Viburnum opulus* | C | . | . | . | + | + | . | . | + | r | **III** |
| *Corylus avellana* | C | + | + | . | . | r | + | . | . | + | **III** |
| *Daphne mezereum* | C | + | + | r | . | . | . | . | . | . | **II** |
| *Paris quadrifolia* | D | r | r | . | . | . | . | r | + | . | **III** |
| *Ajuga reptans* | D | + | . | . | . | . | + | . | r | r | **III** |
| *Galium intermedium* | D | . | . | . | r | . | + | . | . | . | **II** |
| *Ulmus glabra* | B | . | 2 | . | . | . | 1 | . | . | . | **II** |
| *Stellaria holostea* | D | r | r | . | . | . | . | . | . | . | **II** |
| *Convallaria majalis* | D | r | . | r | . | . | . | . | . | . | **II** |
| *Asarum europaeum* | D | . | . | . | . | . | + | . | + | r | **II** |
| *Pulmonaria obscura* | D | . | . | . | . | . | + | . | + | . | **II** |
| *Ranunculus cassubicus* | D | . | r | . | . | . | + | . | . | . | **II** |
| *Mercurialis perennis* | D | . | + | . | . | . | r | . | r | . | **II** |
| *Scutellaria galericulata* | D | . | r | . | . | . | . | r | . | . | **II** |
| Д. в. класса ***Vaccinio–Piceetea*** | | | | | | | | | | | |
| *Calamagrostis arundinacea* | D | . | . | r | . | . | . | . | r | . | **II** |
| *Trientalis europaea* | D | . | . | . | . | r | . | r | . | r | **II** |
| *Phegopteris connectilis* | D | . | + | r | . | . | . | . | . | . | **II** |
| Прочие виды | | | | | | | | | | | |
| *Sorbus aucuparia* | C | + | r | r | + | 1 | + | . | r | + | **V** |
| *Dryopteris carthusiana* | D | + | . | 2 | + | + | 1 | r | + | + | **V** |
| *Luzula pilosa* | D | r | r | + | + | r | . | + | r | r | **V** |
| *Oxalis acetosella* | D | 1 | r | + | 1 | + | + | . | . | . | **IV** |
| *Gymnocarpium dryopteris* | D | . | . | . | + | r | r | r | r | r | **IV** |
| *Rubus saxatilis* | D | r | . | + | . | . | + | r | . | . | **III** |
| *Angelica sylvestris* | D | r | . | r | . | . | + | . | . | r | **III** |
| *Rubus idaeus* | C | . | r | r | + | . | . | . | . | r | **III** |
| *Populus tremula* | C | . | r | . | . | r | . | . | . | . | **II** |
| *Majanthemum bifolium* | D | r | . | r | . | . | . | . | r | . | **II** |
| *Agrostis canina* | D | r | . | + | . | . | . | . | . | . | **II** |
| *Stellaria uliginosa* | D | r | . | + | . | . | . | . | . | . | **II** |
| *Dactylorhiza maculata* | D | r | . | . | . | . | . | . | r | . | **II** |
| *Circaea alpina* | D | . | r | r | . | . | . | . | . | . | **II** |

| Табличный номер | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Rhizomnium punctatum* | E | r | r | . | r | r | r | r | + | r | **V** |
| *Plagiomnium affine* | E | + | r | 1 | 1 | 1 | r | . | . | r | **IV** |
| *Climacium dendroides* | E | + | + | . | . | + | r | 1 | + | . | **IV** |
| *Plagiotecium denticulatum* | E | r | . | . | r | . | r | . | . | r | **III** |
| *Atrichum undullatum* | E | + | . | . | . | r | . | . | r | r | **III** |
| *Brachytecium rivulare* | E | . | . | + | . | . | . | + | + | . | **II** |
| *Cyrryphyllum piliferum* | E | . | r | . | + | r | . | . | . | . | **II** |
| *Rhodobryum roseum* | E | + | . | r | . | . | . | . | . | . | **II** |
| *Plagiomnium cuspidatum* | E | . | . | . | + | r | + | . | . | . | **II** |
| *Dicranum polysetum* | E | . | . | . | + | . | . | + | . | . | **II** |
| *Oxyrrhynchium hians* | E | r | . | . | . | . | r | . | . | r | **II** |
| *Rhitidiadelphus subpinnatus* | E | r | r | . | . | . | . | . | . | . | **II** |
| *Polytrichum commune* | E | + | . | r | . | . | . | + | . | . | **II** |
| *Sciuro-hypnum curtum* | E | r | . | . | . | . | . | . | . | r | **II** |

Обозначения ярусов и подъярусов: A – первый древесный подъярус, B – второй древесный подъярус, C – кустарниковый ярус, D – травяной ярус, E – моховой ярус.

Постоянство видов дано по пятибальной шкале (здесь и далее): «I» – 10–20% описаний; «II» – 21–40%; «III» – 41–60%; «IV» – 61–80%; «V» – 81–100%.

Встречены в одном описании: *Aconitum lasiostomum* D (2,r), *Anemonoides nemorosa* D (6,+), *Anthriscus sylvestris* D (1,r), *Brachytecium rutabulum* E (2,r), *Carex pseudocyperus* D (7,r), *C. sylvatica* D (2,r), *Circaea lutetiana* D (2,r), *Cirsium heterophyllum* D (1,r), *Dryopteris expansa* D (2,r), *D. filix-mas D (6,+), Epilobium montanum* D (1,r), *Equisetum pratense* D (8,+), *Euonymus europaea* C (2,r), *Fragaria vesca* D (8,r), *Galeobdolon luteum* D (2,+), *Galium odoratum* D (6,1), *Geranium sylvaticum* D (1,r), *Hylocomium splendens* E (1,r), *Lamium maculatum* D (1,r), *Lathyrus vernus* D (6,1), *Lonicera xylosteum* C (2,r), *Matteucia sthrutiopteris* D (2,r), *Melica nutans* D (1,r), *Orthilia secunda* D (7,r), *Plagiomnium undulatum* E (4,+), *Pleurozium schreberi* E (1,r), *Populus tremula* A (6,+), *P. tremula* B (6,+), *Prunella vulgaris* D (1,r), *Pyrola rotundifolia* D (8,+), *Quercus robur* C (7,r), *Scirpus sylvaticus* D (7,2), *Solanum dulcamara* D (7,r), *Sphagnum centrale* E (7,r), *Stellaria nemorum* D (2,r), *S. palustre* D (1,r), *Succisa pratensis* D (1,r), *Vicia sepium* D (3,r), *V. sylvatica* D (1,r), *Riccardia* sp. E (3,+).

Локализация описаний: оп. 1 – низина в долине ручья, впадающего в р. Угра, НП «Угра», Галкинское лесн-во, кв. 78 (Калужская обл., Кондровский р-н), 23.08.2012; 3 – долина ручья, впадающего в водохранилище, Десногорское городское лесн-во, кв. 27 (Смоленская обл., Рославльский р-н), 14.08.2012; оп. 4, 5 – долина р. Чёрная Радыга в 1 км восточнее д. Самолюбово (Смоленская обл., Шумячский р-н), 9.07.2011; оп. 6 – низина в долине ручья, Бибиревское лесн-во, кв. 51, выд. 5 (Смоленская обл., Ельнинский р-н); 30.07.14; оп. 7 – окраина болота в 300 м южнее оз. Боровое (Калужская обл., Козельский р-н), 1.08.2014; оп. 8 – Березичское лесн-во, кв. 162 (Калужская обл., Козельский р-н), 5.08.2014; оп. 9 – долина ручья, Стяжновское лесн-во, кв. 180 (Брянская обл., Брянский р-н), 20.07.2010. Автор описаний – Ю. А. Семенищенков.

In the paper the discription of the new association of stream spruce forests, distributed in the Southern Nechernozemye of Russia (Bryansk, Kaluga, Smolensk regions), is done. The characteristic of communities is done, the problems of syntaxonomy and forest typology are discussed.

***Key words**: Braun-Blanquet approach, forest vegetation, stream spruce forests, Southern Nechernozemye of Russia.*

## Список литературы

1. Анищенко Л. Н., Харлампиева М. В. Сообщество высокотравного заболоченного ельника на территории памятника природы «Болото Рыжуха» // Изучение и охрана биологического разнообразия Брянской области. Мат. по ведению Красной книги Брянской области. Вып. 6. Брянск, 2011. С. 11–15.

2. Булохов А. Д., Соломещ А. И. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России. Брянск: Изд-во БГУ, 2003. 359 с.

3. Воробьев Д. В. Типы лесов Европеской части СССР. К.: Изд-во АН УССР, 1953. 448 с.

4. Гроздов Б. В. Типы леса Брянской, Смоленской и Калужской областей. Краткий очерк. Брянск, 1950. 54 с.

5. Курнаев С. Ф. Основные типы леса средней части Русской равнины. М.: Наука. 356 с.

6. Мирин Д. М. Причины и следствия высокой ветровальности приручьевых еловых лесов // Уч. зап. Российского гос. гидрометеорологического ун-та. 2010. №13. С. 111–120.

7. Морозова О. В. Дифференциация бореальных еловых лесов европейской России // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. Мат. Всерос. конф. Санкт-Петербург, 20–24 сентября 2011 г.). Т. 1. С. 167–170.

8. Рысин Л. П., Савельева Л. И. Еловые леса России. М.: Наука, 2002. 335 с.

9. Семенищенков Ю. А. Фитоценотическое разнообразие Судость-Деснянского междуречья. Брянск: РИО БГУ, 2009. 400 с.

10. Семенищенков Ю. А. Лесная растительность бассейна реки Остер (Смоленская область): синтаксономия и экология // Вестник БГУ. 2011. № 4. С. 256–259.

11. Семенищенков Ю. А., Кузьменко А. А. Лесная растительность моренных и водно-ледниковых равнин северо-запада Брянской области. Брянск: ГУП «Брянское полиграфическое объединение», 2011. 120 с.

12. Сукачёв В. Н. Растительные сообщества (Введение в фитосоциологию). М.–Л., 1928. 232 с.

13. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.

14. Юркевич И. Д., Голод Д. С., Парфенов В. И. Типы и ассоциации еловых лесов (По исследованиям в БССР). Мн.: Наука и Техника,1971. 349 с.

15. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. 3. Aufl. Wien; N.-Y., 1964. 865 S.

16. Ignatov M. S. et al. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. 2006. Vol. 15. P. 1–130.

**Об авторе**

Семенищенков Ю.А. – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского, *yuricek@yandex.ru.*

**УДК 911.9:502**

## СПЕЦИФИКА РЕКРЕАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДА БРЯНСКА

Р.А. Слюнченко

В статье, в зависимости от дней недели, погодных условий и времени суток рассматривается рекреационное пространство и динамика рекреационной нагрузки на памятники природы и парки города Брянска.
***Ключевые слова:*** *рекреационное пространство, рекреация, рекреационная нагрузка, рекреанты, памятники природы, парки, Брянск*

Объектом исследования данной статьи является рекреационное пространство - часть социального пространства, используемого для рекреационной деятельности: формируется в результате деятельности отдыхающих и организаторов отдыха; территория, пригодная для организации рекреационной деятельности города Брянска. Основная цель исследования – выявить виды рекреационной деятельности жителей города Брянска в пределах его рекреационного пространства. Основными методами исследования, которые проводились с 1 июля по 26 августа 2014 года, стали метод анализа и наблюдения.

Все полученные статистические данные сводились в определенную форму записи посещаемости, ведущейся наблюдателем в течение одного счетного дня. Затем по каждому объекту были суммированы общее количество часов наблюдения, количество вошедших и вышедших человек, остаток за последний час, а также количество всего человек в пределах контура объекта.

Современный Брянск сложился под воздействием нескольких факторов – широкой поймы Десны и её притоков, которые рассекают город на обособленные районы, и стремительного развития во второй половине XIX века железных дорог. Древний Брянск, прямым «наследником» которого является Советский район, расположен на правом высоком берегу реки. Удаленность и непохожесть районов города, разделенных живописной поймой Десны и ее притоков, придают Брянску неповторимый вид. Немного найдется мест, где рукотворные сооружения, деревья и вода гармонично сочетаются друг с другом [5].

В пределах города Брянска располагается одиннадцать парков, из них три парка находятся на балансе Управления культуры администрации города. В городе насчитывается 70 скверов, но только 26 числятся на балансе какой-либо организации [4].

Рекреационное пространство города Брянска складывается из следующих территорий, в пределах которых проводились исследования: набережной реки Десны, парка-музея имени А.К.

Толстого, Кургана Бессмертия, памятника природы «Лесные Сараи», памятника природы Роща «Соловьи», памятника природы «Нижний Судок».

Изучение рекреационной нагрузки и определение видов рекреационной деятельности на объекты проводились в рабочие и выходные дни с солнечной и пасмурной погодой с июля по август 2014 г. Подсчет посещаемости велся утром (с 10 до 12 час.), днем (с 14 до 16 час.) и вечером (с 19 до 21 час.). Ниже приводится анализ деятельности рекреантов в основных рекреационных зонах города.

**Рекреационная зона «Парк-музей имени А.К. Толстого»**

Парк основан в середине 30-х годов прошлого века как центр культуры и отдыха, и несколько десятилетий радовал горожан своими тенистыми аллеями. Однако постепенно многие деревья стали стареть, засыхать, и тогда в начале 1960-х годов в парке появились первые деревянные скульптуры, героями которых стали сказочные персонажи («Лесной музыкант», «Деснянка», «Емеля», «Ворона и Лисица» [2]. Количество деревянных скульптур постепенно увеличивалось, росла и известность парка. В 1974 г. ему был присвоен статус парка-музея, а украшающие его уникальные деревянные скульптуры стали символом города Брянска.

Последняя реконструкция парка была осуществлена в 2007–2008 годы: произведена частичная перепланировка, все дорожки замощены тротуарной плиткой, удалены старые деревья, установлена новая кованая ограда, сооружены игровая площадка для детей младшего возраста, новые объекты садово-парковой архитектуры и т. д.

Наибольшее количество споров вызвала реконструкция фонтана «Чертова мельница», считавшегося одной из главных достопримечательностей парка [3]. В итоге, к 2010 г. было принято решение об изменении тематической направленности фонтана, так как Брянская епархия, чей действующий храм находится в 50 м отсюда, категорически возражала против скульптур чертей. 30 июля 2010 г. обновлённый фонтан был открыт под названием «Водяная мельница».

Наблюдения в данной рекреационной зоне проводились 1 июля во вторник. Для исследования было выбрано три временных отрезка: в утреннее время с 10.00 до 12.00, в дневное время с 14.00 до 16.00, а также в вечернее время с 19.00 до 21.00. За шесть часов наблюдения данную рекреационную зону посетило (количество человек в контуре объекта) 386 рекреантов (табл. 1).

Таблица 1

Сводная ведомость подсчета посещаемости на территории парка-музея им. А.К. Толстого

| Час, n | Всего человек, вошедших в контур Σa (чел.) | Всего человек, вышедших из контура Σb (чел.) | Всего чел., пребывавших на контуре за время Σd |
|---|---|---|---|
| 10-12 | 241 | 114 | 127 |
| 14-16 | 322 | 161 | 161 |
| 19-21 | 506 | 408 | 98 |
| 6 | 1069 | 683 | **386** |

На территории парка-музея были выявлены следующие занятия отдыхающих: прогулка с детьми, чтение книг, катание на качелях и аттракционах, отдых на скамейке, посещение концертов на летней эстраде, отдых в летнем кафе, катание на роликах. Численное соотношение рекреантов к определенному виду занятий приведены в табл. 2 и рис. 1.

Таблица 2

Виды рекреационной деятельности отдыхающих в парке им. А.К. Толстого

| **Рекреационное занятие рекреантов** | **Количество рекреантов** |
|---|---|
| Прогулка с детьми | 106 (28%) |
| Чтение книг | 3 (1%) |
| Катание на качелях, аттракционы | 62 (16%) |
| Отдых на скамейке | 54 (14%) |
| Посещение концертов на летней эстраде | 35 (9%) |
| Отдых в летнем кафе | 121 (31%) |
| Катание на роликах | 5 (1%) |

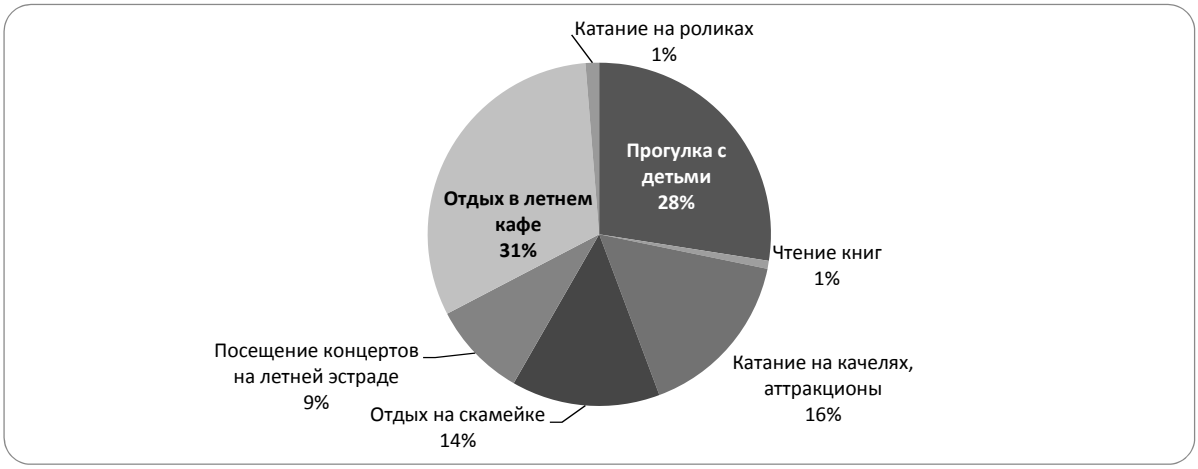



Рисунок 1. Соотношение рекреантов к определенному виду занятия на территории парка имени А.К. Толстого

Таким образом, из таблицы 2 и рисунка 1 видно, что наибольший процент пришелся на такие виды рекреационной деятельности как отдых в летнем кафе и прогулки с детьми, а минимальный – на чтение книг и катание на роликах.

**Рекреационная зона «Курган Бессмертия»**

Курган Бессмертия – это символ города Брянска, памятник павшим в борьбе с немецко-фашистскими захватчиками. Располагается Курган Бессмертия в Советском районе города Брянска, в центральном парке имени 1000-летия Брянска.

Представляет собой искусственную земляную насыпь в виде пятигранного холма. Наблюдения в этой рекреационной зоне проводились 2 июля в среду. Для исследования было выбрано также три временных отрезка: в утреннее время с 10.00 до 12.00, в дневное время с 14.00 до 16.00, а также в вечернее время с 19.00 до 21.00. За шесть часов наблюдения в среду данную рекреационную зону посетило (количество человек в контуре объекта) 530 рекреантов (табл. 2).

Таблица 2

Сводная ведомость подсчета посещаемости Кургана Бессмертия

| Час, n | Всего человек, вошедших в контур Σa (чел.) | Всего человек, вышедших из контура Σb (чел.) | Всего чел., пребывавших на контуре за время Σd |
|---|---|---|---|
| 10-12 | 101 | 84 | 17 |
| 14-16 | 492 | 308 | 184 |
| 19-21 | 628 | 299 | 329 |
| 6 | 1221 | 691 | **530** |

На территории Кургана были выявлены следующие виды занятий: катание на велосипедах, семейные прогулки с детьми, катание на аттракционах, занятия спортом и детские соревнования. Численное соотношение рекреантов к определенному виду занятий в этой рекреационной зоне приведено в табл. 3 и рис.2.

Таблица 3

Виды рекреационной деятельности отдыхающих на Кургане Бессмертия

| **Рекреационное занятие рекреантов** | **Количество рекреантов** |
|---|---|
| Катание на велосипедах | 46 (9%) |
| Семейные прогулки с детьми | 233 (44%) |
| Отдых на аттракционах | 178 (33%) |
| Занятия спортом | 73 (14%) |

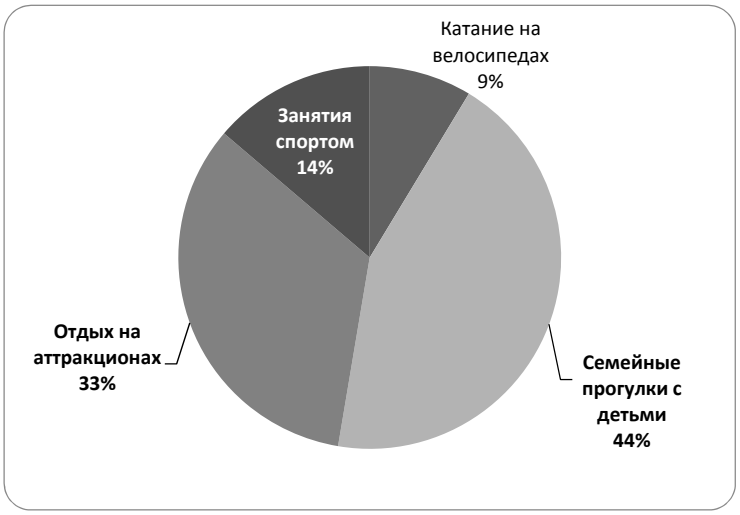



Рисунок 2. Соотношение рекреантов к определенному виду занятия на Кургане Бессмертия

Таким образом, из представленных данных видно, что основными рекреационными занятиями отдыхающих являются семейные прогулки с детьми и катание на аттракционах.

**Рекреационная зона «Набережная реки Десны»**

Изучение рекреационных видов деятельности Набережной проводилось в пятницу 4 июля: утром (с 10 до 12 часов), днем (с 14 до 16 часов) и вечером (с 19 до 21 часа). В течение шести часов наблюдения данный объект исследования посетило 138 человек (табл. 3).

Таблица 3

Сводная ведомость подсчета посещаемости на «Набережной реки Десны»

| Час, n | Всего человек, вошедших в контур Σa (чел.) | Всего человек, вышедших из контура Σb (чел.) | Всего чел., пребывавших на контуре за время Σd |
|---|---|---|---|
| 10-12 | 101 | 52 | 49 |
| 14-16 | 123 | 87 | 36 |
| 19-21 | 138 | 85 | 53 |
| 6 | 362 | 224 | **138** |

В пределах данной рекреационной зоны наблюдателем были отмечены следующие виды занятий населения: пешие прогулки, пикники, рыбная ловля, катание на лодках. Соотношение рекреантов и виды занятий показаны в табл. 4 и рис. 3.

Таблица 4

Виды рекреационной деятельности отдыхающих на территории «Набережной реки Десны»

| **Рекреационное занятие рекреантов** | **Количество рекреантов** |
|---|---|
| Пешие прогулки | 79 (57%) |
| Пикники | 33 (24%) |
| Рыбная ловля | 14 (10%) |
| Катание на лодках | 12 (9%) |

Из рис. 3 можно сделать вывод, что максимальная доля рекреационных занятий приходится на пешие прогулки и пикники.

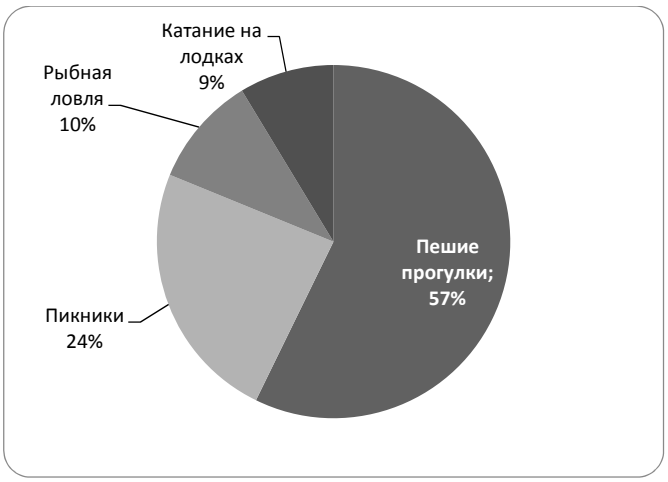



Рисунок 3. Соотношение рекреантов к определенному виду занятия на «Набережной реки Десны»

**Рекреационная зона «Лесные сараи»**

«Лесные сараи» это – территория, занимающая площадь всего в 5 га расположена в Советском районе города, одновременно является и памятником природы и исторической местностью в центральной части Брянска. В настоящее время более известна как место массовых нацистских репрессий в годы немецко-фашистской оккупации города (1941–1943).

В планах городской власти – создание здесь полноценного мемориального комплекса. В настоящее же время, память о трагедии здесь соседствует со спортивными сооружениями и детским городком.

Наблюдения в данной рекреационной зоне проводились 3 июля в четверг. Для исследования было выбрано три временных отрезка: в утреннее время с 10.00 до 12.00, в дневное время с 14.00 до 16.00, а также в вечернее время с 19.00 до 21.00. За шесть часов наблюдения данную рекреационную зону посетило 106 рекреантов (табл. 5).

Таблица 5

Сводная ведомость подсчета посещаемости «Лесные сараи»

| Час, n | Всего человек, вошедших в контур Σa (чел.) | Всего человек, вышедших из контура Σb (чел.) | Всего чел., пребывавших на контуре за время Σd |
|---|---|---|---|
| 10-12 | 105 | 81 | 24 |
| 14-16 | 152 | 112 | 40 |
| 19-21 | 174 | 132 | 42 |
| 6 | 431 | 325 | **106** |

На территории исследуемого объекта выявлены следующие виды рекреационных занятий: прогулки с детьми, катание на велосипедах.

Таблица 6

Виды рекреационной деятельности отдыхающих на объекте «Лесные сараи»

| **Рекреационное занятие рекреантов** | **Количество рекреантов** |
|---|---|
| Прогулки с детьми | 83 (78%) |
| Катание на велосипедах | 23 (22%) |

В этой рекреационной зоне превалируют прогулки с детьми, на которые приходятся 78% от общей доли рекреационных занятий (табл. 6, рис. 4).

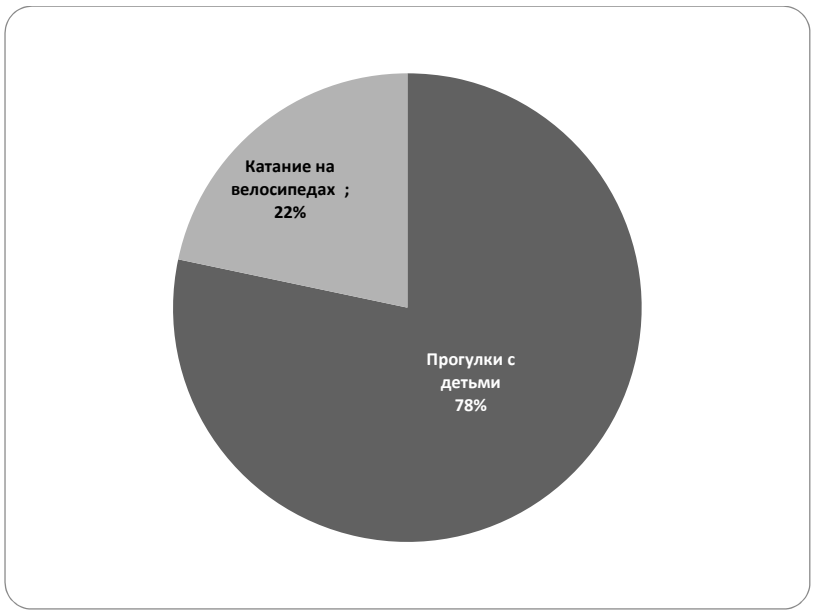



Рисунок 4. Соотношение рекреантов к определенному виду занятия на объекте «Лесные сараи»

**Рекреационная зона Роща «Соловьи»**

Роща «Соловьи» – это наилучшее рекреационное место в городе, имеющее заповедный участок, на который приходится 15 га, лесопарковую зону – 119 га и парковую зону в 15 га. Для детей здесь создана площадка аттракционов.

Роща «Соловьи является сложным ландшафтным комплексом, так как в ее пределах тесно соприкасаются пойменные, плакорные и склоновые местности, в составе которых насчитывается более 40 различных типов урочищ. Помимо этого, на крутом склоне рощи возникло множество оврагов. Их вершины уходят на плоские водоразделы, в некоторых местах они продолжают расти. По склонам оврагов вскрыты водоносные горизонты и расположены многочисленные ключи с хорошей питьевой водой.

Высокий правобережный берег, который в настоящее время подмывается рекой, осложнен многочисленными оползневыми уступами. Активизации оползневых процессов способствует хозяйственная деятельность человека. Ввиду разной скорости движения грунта деревья, растущие на нем, наклонены в разные стороны, сформировался так называемый «пьяный лес» [6].

Важнейшей достопримечательностью парка являются старые кряжистые дубы, но большинство их них поражены болезнями, поэтому находятся в плачевном состоянии. Огромное значение рощи заключается еще и в том, что в составе ее травяного покрова произрастают лекарственные растения: ландыш майский, купена лекарственная, копытень европейский, вороний глаз четырёхлистный, наперстянка крупноцветковая; встречается и довольно редкое растение – зверобой элегантный.

Не менее разнообразен и животный мир рощи. Здесь, в центре почти пятисоттысячного города, можно встретить лося, зайца-беляка, белку, лесную и садовую сонь, лисицу, лесного хорька. Специалисты отмечают наличие более 13 видов зверей, обитающих постоянно или периодически заходящих в рощу, или 17 % млекопитающих области. Орнитологи насчитывают 68 видов гнездящихся птиц, это 25,5 % видового состава птиц Брянщины: соловьи, овсянки, зяблики, жаворонки, кукушки, сизоворонки, дятлы и другие птицы [1].

Наблюдения в роще «Соловьи» проводились 7 июля в понедельник. Для исследования было выбрано три временных отрезка: в утреннее время с 10.00 до 12.00, в дневное время с 14.00 до 16.00, а также в вечернее время с 19.00 до 21.00. За шесть часов наблюдения данную рекреационную зону посетило 114 человек (табл. 6).

Таблица 6

Сводная ведомость подсчета посещаемости Рощи «Соловьи»

| Час, n | Всего человек, вошедших в контур Σa (чел.) | Всего человек, вышедших из контура Σb (чел.) | Всего чел., пребывавших на контуре за время Σd |
|---|---|---|---|
| 10-12 | 24 | 11 | 13 |
| 14-16 | 73 | 28 | 45 |
| 19-21 | 112 | 56 | 56 |
| 6 | 209 | 95 | **114** |

В период наблюдения были отмечены следующие занятия горожан: пешие прогулки, спортивные соревнования, экскурсии, пикники.

Итоги наблюдения приведены в таблице 7 и на диаграмме (рис. 5).

Таблица 7

Виды рекреационной деятельности отдыхающих на территории Рощи «Соловьи»

| **Рекреационное занятие рекреантов** | **Количество рекреантов** |
|---|---|
| Пешие прогулки | 19 (17%) |
| Спортивные соревнования | 31 (27%) |
| Экскурсии | 17 (15%) |
| Пикники | 47 (41%) |

Рисунок 5. Соотношение рекреантов к определенному виду занятия на территории Рощи «Соловьи»

Согласно наблюдениям, в пределах памятника природы из всех видов рекреационной деятельности 41% приходится на пикники, что является очень губительным для рощи, 27% - спортивные соревнования, возможно в будущем эта цифра будет увеличена за счет создания здесь троп здоровья, 17% - пешие прогулки и 15% - экскурсии.

Конечно же, в данной статье приведены и охарактеризованы не все рекреационные зоны города Брянска, а только наиболее часто посещаемые и близко расположенные, находящиеся непосредственно в центре города Брянска (Советский район).

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Среди всех видов рекреационных занятий горожан максимальная доля приходится на прогулки – 40%, которые преобладают практически во всех исследуемых рекреационных зонах (табл. 8, рис. 6), второе место занимает пассивный отдых – 25%, к которому мы отнесли отдых на скамейках, кафе, посещение концертов на летней эстраде, на третьем месте оказались аттракционы – 19%, на четвертом – спорт (15%), и на пятом – экскурсии, на которые приходится всего 1%.

Таким образом, рекреационные занятия горожан практически не только не изменились, но и не увеличились, как это происходит в крупных городах. Изменились лишь средства передвижения, которые сейчас действуют в рекреации – это ролики, велосипеды, а в прошлое ушли прогулки на лошадях.

Таблица 8.

Рейтинг рекреационных видов деятельности

| **Рейтинг рекреационных занятий** | **Сумма всех рекреантов** |
|---|---|
| Прогулки | 520 (40%) |
| Пассивный отдых | 315 (25%) |
| Аттракционы | 240 (19%) |
| Занятия спортом | 190 (15%) |
| Экскурсии | 17 (1%) |

Рисунок 6. Суммарное соотношение рекреантов к определенному виду занятия

Для того чтобы создать в городе новые варианты туристического продукта необходимо и дальше увеличивать и совершенствовать рекреационное пространство Брянска, а этого можно достигнуть с помощью развития новых рекреационных видов деятельности, которые соответствовали бы уличной культуре, увлечениям молодежи и пожеланиям рекреантов более старшего возраста, то есть для всех возрастных категорий отдыхающих.

In the article, depending on the time of day, the days of week and weather conditions¸ is examined the dymanics of recreational load on the monuments of nature and the parks of Bryansk city.
***Key words****: recess, recreational load, rekreanty, the monuments of nature, parks, Bryanck.*

## Список литературы

1. Ахромеев Л.М. Природа Брянщины в вопросах и ответах. Учебно-справочное издание. Брянск: «Курсив», 2000. 211 с.
2. Динабургский В.Д. Не умирают деревья. Тула: Приок. кн. изд-во, 1974. 100 с.
3. Динабургский В.Д. Светла у дерева душа…. Брянск: Амипресс, 2002. 48 с.
4. Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный федеральный округ. Брянская область / под ред. Н.Г. Рыбальского, Е.Д. Самотесова, А.Г. Митюкова. М.: НИИ-Природа, 2007. 1144 с.
5. Слюнченко Р.А. Памятники природы города Брянск и их рекреационное значение // Структурно-динамические особенности, современное состояние и проблемы оптимизации ландшафтов: материалы Пятой международной конференции, посвященной 95-летию со дня рождения Ф.Н. Милькова. Воронеж: Издательство ВГУ, 2013. С. 352–353.
6. Шевченкова Т.Ф., Демихов В.Т. Примечательные геологические объекты в долине Десны // Долина Десны: природа и природопользование. М.: МФГО, 1990. С. 45–55.

## Об авторе

Слюнченко Р.А. – аспирант Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, *ruslanslyunchenko@mail.ru*

**УДК 911.2**

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНО-БАЛАНСОВОЙ МОДЕЛИ ТУРКА И ЧИСЛЕННОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ REMO ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МЕСТНОГО СТОКА В УКРАИНЕ В XXI ВЕКЕ

С. И. Снежко, И.В. Куприков, О.Г. Шевченко, Е.М. Павельчук, Ю.С. Дидовец

Выполнена оценка возможных изменений водного стока на территории Украины в XXI веке. В основу расчетов с помощью водно-балансовой модели положены результаты прогнозирования изменений климата Украины с использованием региональной модели REMO. Установлены две основные тенденции развития водных ресурсов, в отношении которых нужно разрабатывать меры адаптации водохозяйственного управления в Украине: тенденция к уменьшению водного стока с территории равнинной части Украины и стабилизация водного стока горных рек Карпатского региона. Выполненные прогнозные расчеты и полученные выводы рекомендуется использовать в качестве научных основ планирования и разработки мероприятий адаптации водного хозяйства Украины к возможным изменениям климата.
***Ключевые слова**: водные ресурсы, речной сток, изменение климата.*

**Актуальность проблемы.** Несмотря на то, что 70 % поверхности нашей планеты покрыто водой, пригодной для потребления населением и для функционирования большинства земных экосистем пресной воды совсем немного, ее доля в общих запасах воды составляет лишь 2,53 %.

Во многих регионах нашей планеты питьевая вода уже давно является чрезвычайно дефицитным продуктом. Более 1,1 млрд. населения планеты вообще не имеют доступа к воде, ежегодно умирает 6000 человек, в основном детей в возрасте до 5 лет, из-за болезней, связанных с использованием непригодной для питья воды [1].

Практически на всей планете наблюдается усиление негативного влияния на количественное и качественное состояния водных ресурсов таких факторов как изменение климата, землепользования, рост численности населения, загрязнение воды, растущее водопотребление. В докладе ООН о состоянии мировых водных ресурсов (2003 г.) отмечается, что в случае неблагоприятного стечения обстоятельств уже средине XXI века 7 млрд. населения нашей планеты из 60 стран, столкнутся с проблемой дефицита питьевой воды, по сценарию благоприятных условий эта проблема не исчезнет, она тоже будет иметь место в 48 странах мира, где проживает 2 млрд. населения.

Новой глобальной тенденцией современного развития является превращение водных ресурсов в главные стратегические, что все чаще становятся предметом международных конфликтов, вооруженных столкновений и даже войн. Таким образом, именно недостаточное количество воды превращается в настоящее время в главную угрозу дестабилизации ряда регионов и приводит к росту их уязвимости. Наиболее опасными являются следующие тенденции [2]:

- усиление водного стресса на африканских территориях южнее Сахары при одновременном повышении доли населения стран этого региона, испытывающих водный стресс, с 30 % до 85 %;
- усугубление водных проблем на Ближнем Востоке и в Северной Африке при одновременном падении среднего обеспечение водой более чем на 1/4. Согласно прогнозам на 2025 г., средняя обеспеченность водой в регионе составит около 500 м$^3$ на одного человека;
- присоединение Индии и Китая к группе стран, испытывающих водный стресс.

Так, в Индии уже сейчас 224 млн. человек проживают в бассейнах рек, где ощущается водный стресс. Удельный вес показателей Китая примерно на 1/3 ниже среднемировых, а 42 % населения, то есть 538 млн. человек в его северных провинциях, имеют доступ только к 14 % водных ресурсов страны.

Растущее потребление воды промышленностью приводит к истощению природных водных ресурсов, к снижению производства продовольствия и к значительной миграции населения в другие страны, в частности в Европу.

Если сегодня одной из основных глобальных проблем мира является энергетическая безопасность, то в условиях изменения климата на первый план выйдет водная безопасность. Мировое сообщество трактует ее как такое распределение воды и водоемкой продукции, при котором

не возникает угрозы международной стабильности, водных войн, водного терроризма и тому подобное. Согласно прогнозам российских ученых, уже в период 2035–2045 гг. объем пресной воды, который потребляет человечество, сравняется с ее ресурсами.

Чтобы смягчить негативные влияние вышеперечисленных факторов на водные ресурсы, нужны новейшие стратегии развития водного хозяйства и рационального использования водных ресурсов, которые включают и адаптацию к ожидаемым изменениям климата.

Управление водными ресурсами – это взаимодействие технологических, экономических и институциональных механизмов для обеспечения баланса между потребностями и наличием воды. В большинстве развитых европейских стран давно установилась инфраструктура водного хозяйства. Управление водными ресурсами происходит в условиях стабильной численности населения и уменьшение антропогенного воздействия на существующие водные ресурсы. В результате эффективность управления только растет. В развивающихся странах, рост населения и растущий антропогенное давление на водные ресурсы ограничивают возможности развития водного хозяйства, возникает необходимость адаптации его к возможным изменениям климата.

Менеджмент водных ресурсов по своей природе является процессом адаптации к реальным условиям, основанный на опыте и научном познании.

Управление водными ресурсами в странах Восточной Европы осложняется их переходной экономикой и рядом нерешенных экологических проблем. При дальнейшем развитии этих стран потребности в водных ресурсах будут расти даже при постоянной численности населения. Это приведет к потребности в развитии водоснабжения и водоотведения и будет требовать значительных капиталовложений на развитие необходимой инфраструктуры.

При долгосрочном планировании (20–30 лет) водохозяйственных проектов в развивающихся странах, водные менеджеры должны учитывать и влияние изменения климата на новую инфраструктуру водного хозяйства.

Неопределенности существуют на локальном и региональном уровнях воздействия изменения климата на гидрологические ресурсы; они будут распространяться на неопределенности менеджмента водных ресурсов, условия водоснабжения. В результате, эти локальные и региональные неопределенности обострят еще больше уже имеющиеся неопределенности будущих потребностей водных ресурсов, которые регулируются социально-экономическими процессами.

Управление водными ресурсами должно осуществляться таким образом, чтобы защитить социально-экономическую систему от климатических вариаций.

Уменьшение стока может означать уменьшение водоснабжения и угрозу экономичному развитию. Рост стока может угрожать переполнением построенных водохранилищ и потенциальной возможностью развития паводков.

Задачей данных исследований является выявление тенденций изменения ресурсов местного водного стока в условиях изменения климата.

**Состояние исследований.** В течение двадцатого века глобальные изменения климата характеризуются ростом температуры воздуха Земли примерно на 0,6 ± 0,2°C, на 5–10 % увеличились осадки в северном полушарии, возросло количество ливней и случаев чрезмерного выпадения осадков в средних и высоких широтах северного полушария, выросли темпы аридизации в Азии и Африке, средний уровень Мирового океана повышался ежегодно на 1–2 мм, продолжительность ледостава на реках и озерах северного полушария снизилась примерно на две недели, толщина ледового покрова арктических морях уменьшилась на 15–40 %, снежный покров сократился на 10 %, а вечная мерзлота начала деградировать *(Изменение климата, 2001)*.

Высока вероятность того, что повышение глобальных средних температур, которое наблюдается с середины XX в., в основном вызвано повышением концентраций антропогенных парниковых газов (ClimateChange 2007). Промышленная деятельность привела к значительному росту содержания в атмосфере парниковых газов, что вызвало парниковый эффект в приземном слое атмосферы и стало причиной глобальных изменений климата. Климатические изменения не могли не повлиять на материковые водные ресурсы, одной из составляющих которых является речной сток.

Влияние климатических изменений на пополнение стока и подземных вод меняется в зависимости от региона и типа сценария и в значительной мере соответствует прогнозируемым изменениям осадков. Последовательная перспективная оценка на основе большинства климатических

сценариев показывает увеличение ежегодного среднего стока в высоких широтах и в Юго-Восточной Азии и уменьшение в Центральной Азии, в районе, прилегающем к Средиземному морю, южной части Африки и Австралии [3]. Масштабы изменений меняются в зависимости от сценария. Для других районов, включая средние широты, перспективные оценки не отличаются четкой последовательностью стока, частично ввиду разногласий в прогнозируемых осадках и отчасти из-за разногласий в прогнозируемом испарении, которое может свести на нет увеличение осадков.

Наши исследования показывают [4–6], что в условиях современного климата на большей части территории Украины формируются устойчивые положительные тенденции изменения водного стока рек. Анализ временных трендов, которые были рассчитаны за многолетний период, позволил установить, что средние величины роста водного стока составляют для рек Верхнего Днепра– 20 % (с 1880 по 2004 г.), рек Нижнего Днепра – 9,3 % (с 1880 по 2004 г.), р. Десна – 3,2 %, р. Северский Донец – 16 % (с 1925 по 2004 г.), р. Южный Буг – 25 % (с 1910 по 2004 г.). Несколько противоположная тенденция наблюдается в Закарпатье. По данным пограничного гидрологического поста Вилок с 1880 по 2004 г. средний годовой водный сток реки уменьшился на 20 %.Обе тенденции наблюдаются на фоне значительных циклических колебаний речного стока [7].

Установлено [8–10], что в течение последних двадцати лет сезонный ход речного стока и атмосферных осадков в Украине претерпел существенные изменения. Равнинная территория характеризуется уменьшением весенней (паводочной) доли стока и увеличением доли меженного стока. В Карпатах изменения водного стока в течение зимних и весенних месяцев незначительны, уменьшаются летние и увеличиваются осенние расходы воды. Весной и осенью почти на всей территории страны наблюдается увеличение количества осадков, а летом и зимой (за исключением Карпат) – уменьшение.

Приведенные выше данные характеризуют только современные особенности формирования водного стока с территории Украины, оцененные по ретроспективным данным и никак не могут быть перенесенными на перспективу, ведь существует слишком много неопределенностей как природного характера (изменение климата), так и социально-экономических изменений.

Определенный ответ относительно будущих изменений водных ресурсов Украины можно получить в работах некоторых отечественных и зарубежных ученых. В частности, в работах А. И. Шерешевского [11], который для исследования водного стока рек бассейна Днепра использовал несколько сценариев изменения климата, построенных на основе расчетов по моделям общей циркуляции атмосферы GFDL, UKMO, MPI. На основе анализа полученных данных автор делает следующие выводы:

1. Для сценариев, построенных на основе модели GFDL: при повышении концентрации $CO_2$ на 20 % годовой сток рек верхней части бассейна снизится на 2–18 %. Сток остальных рек бассейна увеличится на 20–30 %. При повышении концентрации $CO_2$ на 30 % произойдет уменьшение годового стока всех водосборов в пределах от 13 до 36 %. В условиях удвоения концентрации $CO_2$ сток рек бассейна увеличится вследствие существенного увеличения количества осадков. В зависимости от количества осадков и температуры воздуха, а также их внутригодового распределения, увеличение стока может составлять от 1–2 % до 42–46 %. Сток самой южной реки – Самары – может увеличиться на 24 мм, что относительно его современной величины составляет 11 %.

2. Для сценариев, построенных на основе модели MPI, в условиях увеличения концентрации $CO_2$на 20 и 30 %, сток рек бассейна уменьшится на 7–50 % (за исключением самой южной его части).

3. Для сценария, построенного на основе модели UKMO для условий удвоения концентрации $CO_2$в атмосфере, в результате существенного повышения количества зимних осадков (от 10–20 % до 30–50 %) следует ожидать увеличения стока по всем бассейнам-индикаторам.

Значительный интерес представляют и исследования Е.Д. Гопченко и Н. С. Лободы [12–15]. Они осуществляли оценку водных ресурсов Украины по трем альтернативным сценариям глобального потепления, рекомендованными II Всемирной климатической конференцией (Женева, 1990 г.). Как считают авторы, увеличение концентраций парниковых газов в атмосфере и последующее глобальное потепление приведут к росту теплоэнергетических ресурсов Украины, способствуя увеличению дефицита влажности воздуха. Характер изменения ресурсов увлажненности неодинаков и определяет особенности изменения водных ресурсов. Увеличение водных ре-

сурсов в условиях глобального потепления не будет. Напротив, по данным двух сценариев, ожидается снижение стока. Развитие глобального потепления по первому сценарию приведет к серьезным последствиям, поскольку только климатическая норма стока в среднем по Украине уменьшится на 25 %. Одновременно со снижением нормы будет наблюдаться усиления его многолетней изменчивости и асимметричности распределения. В результате, уменьшение стока маловодных лет может превысить в южных районах 50 %. Ими также установлено, что при сохранении современного уровня хозяйственного освоения водосборов и изменении климатических характеристик по первому сценарию сток рек на юге будет близким к нулю.

По данным П.Д. Джонса, который построил прогностические карты годового стока и осадков на перспективу до 2080 г., для территории Украины следует ожидать уменьшения годового стока рек на 25–35 мм [16].

По данным Национальной метеорологической службы Великобритании [17] в странах Центральной и Восточной Европы, включая Украину, сток летом уменьшится на 50 %. (Оличев и др., 2002, Экхардт и Ульбрич, 2003). Т. Плюнтке с соавторами [18] оценивают уменьшение стока в бассейне Западного Буга на период до 2080 г. на 24,5–28 %.

Оценки будущих изменений речного стока на территории Украины, полученные этими исследователи не характеризуются системностью, опираются на различные информационные базы и методические подходы, характеризующие особенности различных регионов Украины. Поэтому неудивительно, что полученные оценки меняются в широком диапазоне (от -50 % до + 30 %) и не создают серьезной научно-методической базы для менеджмента водных ресурсов и проведения адаптационных мероприятий к климатическим изменениям (рис. 1).

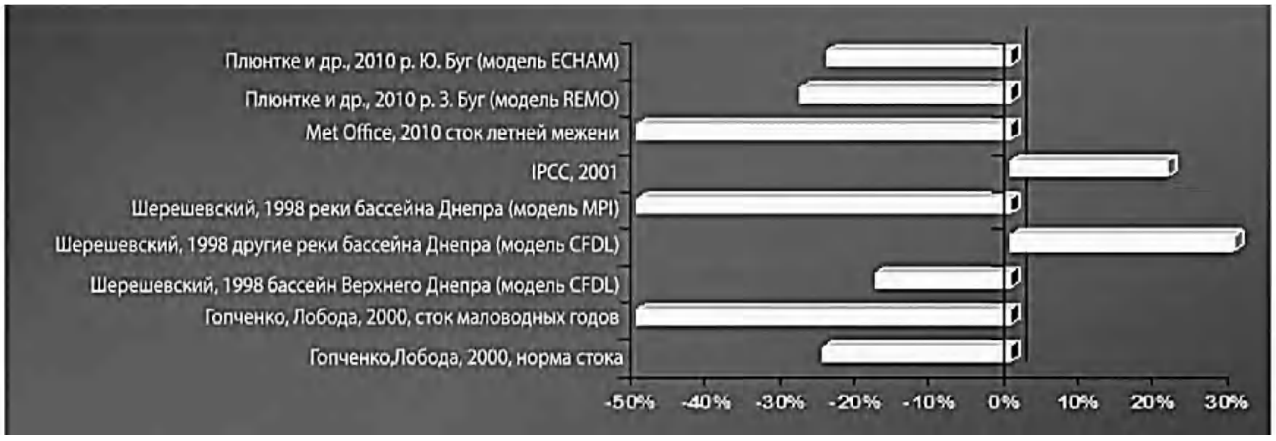



Рис. 1. Сопоставление оценок возможных изменений водного стока на территории Украины в XXI веке.

Именно поэтому для получения современных и достоверных оценок, которые опираются на результаты тщательно проведенного моделирования климата и были выполнены данные исследования.

**Материалы и методика исследования.** С целью диагностики влияния климатических изменений на состояние водных ресурсов нами было выбрано 18 малых и средних рек Украины, которые являются репрезентативными для различных природных зон Украины.

При их отборе использовались следующие критерии:

- водоемы рек должны быть размещены в пределах территории с однородными условиями формирования климата (природная зона, физико-географическая область); трансзональные реки, которые пересекают несколько природных зон, не исследовали;

-водные объекты должны иметь естественный или близкий к природному гидрологический режим; реки с зарегулированным стоком и с высокой степенью хозяйственного использования не подлежали исследованию;

- ряды наблюдений, ыбранных водных объектов, должны характеризовать максимально длительный временной период, который бы включал как минимум данные за период 1961–1990 гг., который рекомендован ВМО в качестве базового климатического периода для расчета климатических норм и сравнение их с нормами следующих климатических периодов; при наличии

длинных рядов наблюдений рекомендуется использовать их в полном объеме;

- количество пропусков в гидрометеорологических данных должна быть минимальной (на большей части метеорологических станций и гидрологических постов Украины ряды наблюдений имеют пропуски (следствие гражданской и второй мировой войн и т.д.);

- метеорологические данные должны принадлежать только станциям, не находящихся в зонах влияния городских островов тепла;

- используются только данные по таким станциям, которые не меняли своего географического положения с момента начала наблюдений.

Для оценки воздействия климатических изменений на водный сток речного бассейна было использовано метод водного баланса, который уже более века относится к основным методам исследований гидрологической науки. А начиная со второй половины XX в., он довольно успешно используется для решения задач, связанных с оценкой воздействия климата на водные ресурсы, как отдельных речных бассейнов, так и целых регионов, стран и континентов [19–21].

Общим во всех методах водного баланса является расчет массового водного баланса речного бассейна. Эта методика достаточно подробно описана в многочисленных научных публикациях.

Например, Dooge [22] предложил фундаментальную теорему для теории гидрологии, которая является частичной формой уравнения непрерывности.

Когда рассматривается водный баланс большого бассейна или региона за многолетний период, то принимается условие, что изменение водного баланса равен нулю.

$$P_A = Et_A + Q_A,$$

где $P_A$ – средняя годовая сумма осадков, $Et_A$– средняя величина испарения, $Q_A$ - средняя годовая величина водного стока.

Dooge [22] указывает, что любые оценки воздействия климатических изменений на водные ресурсы зависят от способности связать изменения в реальных величинах испарения с прогнозируемыми изменениями осадков и потенциального испарения.

Успешным примером применения метода водно-теплового баланса, по нашему мнению, является работа Е.Д. Гопченко и Н.С. Лободы [15], в которой было реализовано уравнения водно-теплового баланса В.С. Мезенцева и др. [23] для решения задачи оценки природных водных ресурсов Украины. Используя этот метод, авторы также выполнили оценку возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления [12].

В данной работе использована водно-балансовая модель L. Turc [24], которая была успешно применена польским гидрологом Z. Kaczmarek [25] для оценки изменений водных ресурсов планеты при подготовке III доклада Межправительственной группы экспертов по вопросам изменения климата.

Данная методика является достаточно чувствительной для изменений осадков и температуры [26] и позволила получить вполне удовлетворительные результаты прогноза для бассейнов рек Европы [25].

Упомянутая расчетная водно-балансовая модель рассчитана на использование средних годовых данных была предложена французским гидрологом L.Turc в 1954 г. [27], которому впервые удалось установить четкое соотношение между осадками, температурой и стоком. Она получила широкое распространение для прогноза возможных изменений водных ресурсов во второй половине XX в. в связи с возникновением новой научной задачи – оценки будущих запасов водных ресурсов в случае изменения климата вызванных глобальным потеплением.

Удобство ее использования объясняется тем, что все современные модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) имеют целью расчет основных параметров будущего климата планеты в зависимости от того или иного сценария развития общества, а именно, температуры и осадков. То есть именно тех параметров, которые используются в модели L.Turc как входные параметры.

Исходя из результатов апробации данной модели на речных бассейнах различных природных зон и сравнение их с результатами U. S. CountryStudiesProgram[19], которые оценивают изменения водных ресурсов в более чем 40 странах мира [28], можно рекомендовать ее как основную модель для прогнозирования изменений водных ресурсов под влиянием климата и в условиях Украины.

Для расчета входных параметров водно-балансовой модели нами были использованы опубликованные результаты прогнозирования температуры воздуха и количества осадков в XX в., которые были рассчитаны учеными из Украинского гидрометеорологического института и кафедры метеорологии и климатологии Киевского национального университета имени Тараса Шевченко с использованием региональной модели REMO (Институт метеорологии Макса-Планка, г. Гамбург, Германия) и данных мирового климатического центра CRU [29–31]. Учтен сценарий глобального развития A1B.

Значение климатических параметров рассчитывалось в каждом узле прямоугольной координатной сетки с шагом 0,25° по широте и долготе, которой условно была покрыта территория Украины (всего 1183 узлов).Прогнозные расчеты велись с временным шагом в 20 лет. Таким образом, прогнозные значения температуры воздуха и количества осадков для 20-летних периодов XXI в.: 2001–2020 гг., 2021–2040 гг., 2041–2060 гг., 2061–2080 гг. и были использованы нами в расчетах.

**Основные результаты исследований.** Результаты расчетов по водно-балансовой модели позволили получить прогнозные величины характеристик водных ресурсов местного стока в виде слоя годового стока. В табл. 1 приведены характеристики стока как для средних по водности лет, так и для маловодных и многоводных лет.

Таблица 1. Результаты прогноза водного стока репрезентативных рек Украины в XXI в. (Слой стока – мм).

| | | 2001–2020 | 2021–2040 | 2041–2060 | 2061–2080 |
|---|---|---|---|---|---|
| Лугань– Луганск | Среднее | 121,6 | 107,4 | 127 | 87,5 |
| | Min | 107,9 | 93,2 | 117,5 | 74,2 |
| | Max | 130,3 | 132,3 | 140,7 | 97,7 |
| Буг – Каменка Бугская | Среднее | 247,2 | 236,8 | 233,1 | 221,5 |
| | Min | 228 | 213,9 | 221,4 | 204,9 |
| | Max | 260,7 | 254,1 | 245,6 | 236,7 |
| Уж – Ужгород | Среднее | 465,5 | 458,4 | 441,1 | 440,8 |
| | Min | 448,5 | 438 | 426,8 | 422,5 |
| | Max | 480,4 | 481,2 | 458,3 | 459,6 |
| Тиса – Вилок | Среднее | 730,9 | 706,6 | 652,4 | 657,6 |
| | Min | 699,9 | 670,2 | 643,1 | 624,5 |
| | Max | 757,7 | 748 | 699,3 | 692,6 |
| Рось– Корсунь-Шевченковский | Среднее | 68,8 | 51,4 | 55,2 | 37,2 |
| | Min | 56,1 | 32,5 | 36,2 | 27,4 |
| | Max | 91,9 | 75,5 | 90,5 | 47,5 |
| Случ– Сарны | Среднее | 141,5 | 135,5 | 117,2 | 112,3 |
| | Min | 128,8 | 117,1 | 105,3 | 95,1 |
| | Max | 159,6 | 156,9 | 138,1 | 128,5 |
| Стыр– Луцк | Среднее | 135,5 | 117,3 | 102,5 | 77,8 |
| | Min | 111,3 | 94,7 | 90,6 | 59,1 |
| | Max | 148 | 138,5 | 120,2 | 95,4 |
| Северский Донец – Изюм | Среднее | 102,1 | 91,2 | 94,7 | 47,6 |
| | Min | 96,6 | 63,1 | 75,3 | 18,9 |
| | Max | 117,6 | 110,5 | 107,9 | 80,7 |
| Сула– Лубны | Среднее | 77,6 | 79,4 | 55,1 | 5,1 |
| | Min | 53,6 | 50,6 | 28,5 | 0 |
| | Max | 98,3 | 92,7 | 90 | 37,6 |
| Стрый – Верхнее Синевидное | Среднее | 618,2 | 609,4 | 611,7 | 602,3 |
| | Min | 584,1 | 566,9 | 589,3 | 571,3 |
| | Max | 643 | 640,2 | 634 | 631,4 |
| Дерекойка – Ялта | Среднее | 481,6 | 459 | 450,6 | 443,6 |
| | Min | 457,1 | 437,4 | 415,2 | 406,8 |
| | Max | 516,7 | 478,3 | 491,5 | 487,4 |
| Тетерев – Житомир | Среднее | 100,9 | 96 | 74,5 | 68,6 |
| | Min | 88,5 | 63,9 | 58,6 | 47,9 |
| | Max | 124,4 | 124,2 | 90,5 | 85,8 |
| Ворскла–Кобеляки | Среднее | 95 | 96,2 | 82,8 | 63,1 |
| | Min | 80,9 | 78,1 | 67,1 | 48,4 |
| | Max | 105,1 | 106,8 | 100,1 | 80,5 |
| Прут – Черновцы | Среднее | 302,9 | 302,2 | 290,1 | 282,2 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Min | 287,2 | 292,8 | 274,5 | 263,2 |
| | Max | 316,9 | 318,9 | 302,1 | 301,3 |
| Кальмиус– Сартана | Среднее | 124,4 | 111,3 | 101,8 | 84,3 |
| | Min | 115,3 | 91,8 | 85,1 | 69,4 |
| | Max | 133,2 | 138,2 | 129,3 | 122,6 |
| Ю. Буг – Александровка | Среднее | 62,5 | 44 | 21,4 | 18,7 |
| | Min | 39,3 | 19 | 0 | 0,6 |
| | Max | 82,2 | 62,2 | 44,1 | 43,3 |
| Самара – Кочережки | Среднее | 44,6 | 0,3 | 0 | 0 |
| | Min | 32,1 | 0 | 0 | 0 |
| | Max | 52,1 | 20,5 | 13,5 | 3,1 |
| Десна – Чернигов | Среднее | 138 | 151,5 | 131,8 | 85,5 |
| | Min | 121,6 | 132,2 | 109,7 | 65,4 |
| | Max | 160,1 | 162,5 | 162,8 | 114,8 |
| Днестр – Залещики | Среднее | 320,1 | 300,5 | 277,8 | 267,1 |
| | Min | 297,7 | 274,1 | 258,3 | 242,4 |
| | Max | 336,1 | 323,5 | 297 | 284,9 |

Анализ данных предыдущей таблицы и их сравнение со средней многолетней нормой стока позволяет оценить ожидаемые изменения водного стока в средние по водности годы в различные прогнозные периоды (рис. 2).

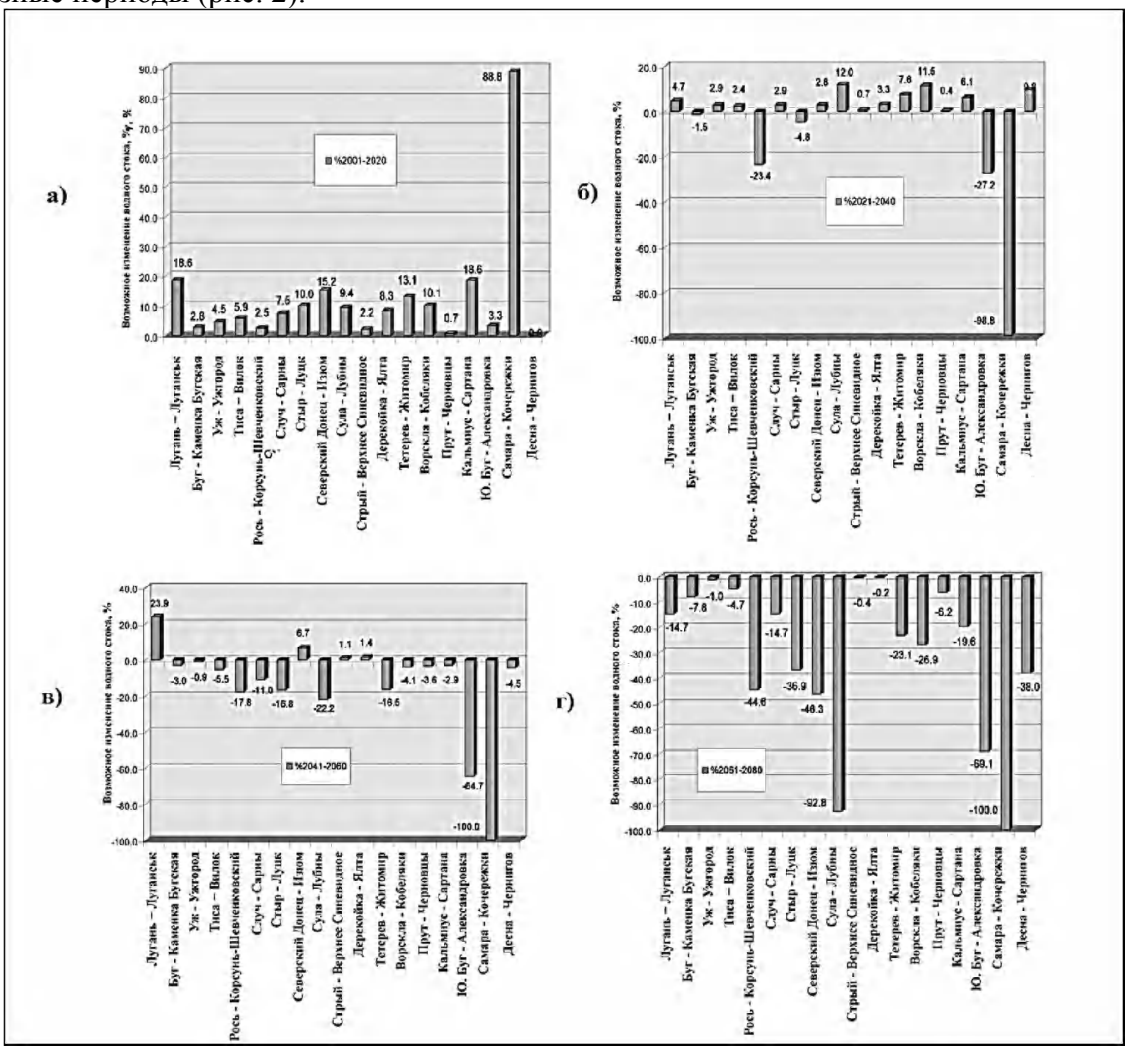



Рис. 2. Ожидаемое изменение водного стока рек Украины(%) по отношению к их многолетним нормам стока в разные прогнозные периоды (а) 2001–2020 гг., б) 2021–2040 гг.в) 2041–2060 гг. г) 2061–2080 гг.).

На следующем рис. 3 показано отклонение прогнозируемых значений водного стока от их средних многолетних норм в разные временные периоды. Этот рисунок дает возможность наглядно оценить временную динамику ожидаемых изменений водного стока (%) для различных водных объектов на территории Украины.

Анализ полученных результатов показывает, что в период до 2020 г. водность практически всех исследуемых рек будет выше их средних многолетних норм. Так же, в период с 2021 по 2040 г. водность большинства рек все еще будет выше средней. Для горных рек Карпат и Крыма (р. Дерекойка) она не испытает существенных изменений. Для некоторых рек ожидается уменьшения стока (р. Южный Буг, р. Рось), а р. Самара начнет превращаться в бессточную водную систему.

В последующий период (2041–2060 гг.) водность большинства рассмотренных рек прогнозируется меньше базовой. Исключение составляют лишь реки востока страны (Лугань и Северский Донец). Водность горных рек останется близкой к норме. Значительное уменьшение стока ожидает Южный Буг, а для Самары возможно полное прекращение стока.

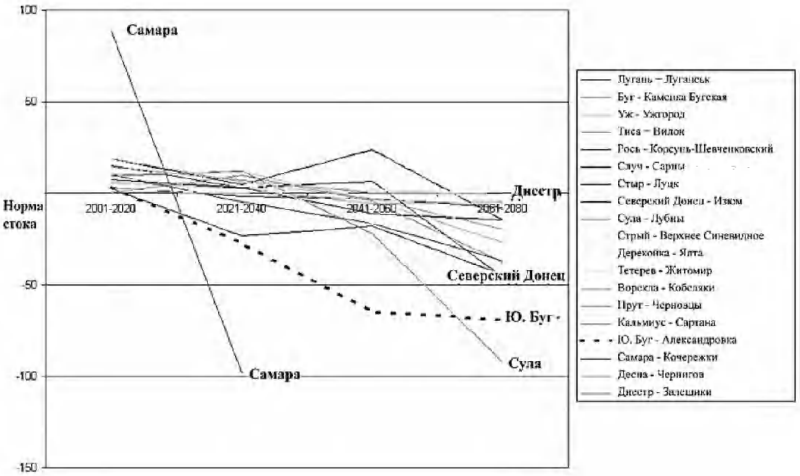



Рис. 3. Временная динамика ожидаемых изменений водного стока (%) для различных водных объектов на территории Украины.

В течение 2061–2080 гг. расходы воды почти всех исследованных рек будут меньше нормы стока, а для большинства – существенно меньше. Близкой к нулю станет водность р. Сулы. Несущественным уменьшение стока будет только для Карпатского региона и горного Крыма.

Таким образом, в течение нынешнего века для подавляющего количества административных областей Украины, кроме Закарпатской, будет наблюдаться уменьшение поверхностного водного стока, что связано с потеплением (увеличение приземных температур воздуха, увеличение испаряемости) и уменьшением количества атмосферных осадков.

Несмотря на такую доминирующую тенденцию развития водного стока, в Закарпатской, Ивано-Франковской, Тернопольской, Львовской, Волынской, Ровенской, Черновицкой и Сумской областях сток не будет прекращаться даже в маловодные засушливые годы.

Реализация этих тенденций в будущем может привести к двум основным проблемам в управлении водными ресурсами: повышению водного стресса в пределах равнинной территории страны (степная и лесостепная зона) и увеличению риска паводков на горных реках западного региона страны.

There was made the assessment of possible water runoff changes on the territory of Ukraine in the XXI century. The bases of the calculations using the water-balance model are the results of prediction of climate change in Ukraine using the regional model REMO. There are two major trends in the development of water resources, for which there is need to develop measures to adapt water management in Ukraine: the tendency to reduce water runoff from the flat part of Ukraine and the stabilization of the water flow of the mountain rivers of the Carpathian region. Received forecast calculations and the conclusions made are recommended as the scientific foundations of planning and development activities adaptation of Water Resources of Ukraine to possible climate changes.
***Key words**: water resources, river runoff, climate change.*

**Список литературы**

1. GLOWA – GlobalWandel des Wasserkreislaufes / GLOWA – Global Change and the Hydrological Cycle. Berlin: Bundesministerium für Bildung undForschung (BMBF). 2005. – 44 p.

2. Перга Т. Международные водные конфликты – новая угроза стабильному развитию // Внешние дела. – 2011. – №4. – С. 34–38.

3. Изменение климата: Обобщенный доклад. – М., 2001. – 673 с.

4. KuprikovI., SnizhkoS. ClimatechangeandriverrunoffinUkraine// XXIII Conference of the Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management. Belgrade, 2006.

5. Куприков И.В. Многолетние тенденции изменения климата и водного стока в Украине//Общие и прикладные вопросы эрозионных и русловых процессов. – М.: МГУ, 2006. – С. 147–151.

6. КуприковИ.В., Снежко С.И. Современные тенденции изменения гидроклиматичних характеристик на территории Украины // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия «География». – 2011. – Том 24 (63) №2 часть 3. – С. 73–78.

7. Снежко С.И., Куприков И.В. Многолетняя изменчивость стока основных рек бассейна Черного моря // Гидрология, гидрохимия и гидроэкология. – 2001. – Т. 2. – С. 373–378.

8. Куприков И., Снежко С. Влияние климата на внутригодовой ход речного стока и атмосферных осадков в Украине // Вестник Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. География. – 2009. –Вып. 56. – С. 25–28.

9. Куприков И.В. Динамика многолетнего и сезонного хода осадков и речного стока в Украине // Сборник научных трудов Военного института Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. – 2009. –Вып. 24. – С. 303–307.

10. Куприков И.В. Изменение внутригодового хода осадков и речного стока в Украине // Общие и прикладные вопросы эрозионных и русловых процессов. – М.: Географический факультет МГУ, 2010. – С. 161 – 166.

11. Украина и глобальный парниковый эффект: уязвимость и адаптация экологических и экономических систем к изменению. – К.: Издательство Агентства по рациональному использованию энергии и экологии, 1998. – 210 с.

12. ГопченкоЕ.Д., Лобода Н.С. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления // Гидробиологический журнал. – 2000. – т. 36, № 3. – С. 67–78.

13. Лобода Н.С. Применение метода главных компонент к исследованию закономерностей многолетних колебаний годового стока и его климатических факторов // Метеорология, климатология и гидрология. – 1998. –Вып. 38. – С. 112–123.

14. Лобода Н.С., Гопченко Е.Д. Водные ресурсы Украины в связи с климатическими условиями // Украина: географические проблемы устойчивого развития. – К.: БГЛ Горизонты. – 2004. – Т. 3. – С. 144–146.

15. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Оценивание водных ресурсов Украины методом водно-теплового баланса // Научн. труды УкрНИГМИ.– 2001. –Вып. 249. – С. 106–119.

16. MitchellT.D., CarterT.R., JonesP.D. etal. Acomprehensivesetofhigh-resolutiongridsofmonthlyclimateforEuropeandthe globe: The observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100) // Tyndall Centre Working Paper No.55, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia. – Norwich, UK. – 2004.

17. Последствия изменения климата: Украина. Национальная метеорологическая служба Великобритании. Министерство иностранных дел и по делам Содружества. 2010.– 20 с.

18. Pluntke T., Barfus K., Myknovych A., Bernhofer K. Hydrologic Effects Of Climate Change in the Western Bug Basin // International Conference Global And Regional Climate Changes (16–19 November 2010). Procedings on the CD-ROM. – 7 p.

19. Strzepek K.M., Yates D.N. Climate Change Impact on the Hydrological Resources of Europe: A Simplified Continental Scale Analysis // Climatic Change 36 – 1997. – P. 79–92.

20. Yates D.N., Strzepek K.M. Comparison Of Models For Climate Change Assessment Of River

Basin Runoff, IIASA Working Paper WP – P. 94–45.

21. Yates D.N., Strzepek K.M. The Impact Of Potential Evapotranspiriation Methodology On The Determination Of River Runoff, IIASA Working Paper WP– P 94–46.

22. DoogeJCI Hydrologic Models And Climate Change // Journal of Geophysical Research.– 1992. –VOL. 97. – № 3. –P. 2677–2686.

23. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 168 с.

24. Kaczmarek Z. Water BalanceModel For Climate Impact Analysis, ACTA GeophysicaPolonica. – 1993. – 41 (4). –P. 1–16.

25. Kaczmarek Z. Water Resource Management/ Contribution Of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on ClimateChange, Cambridge University Press, Cambridge and New York. – 1996. –P. 880.

26. Kaczmarek Z. Sensitivity Of Water Balance To Climate Change and Variability, IIASA Working Paper WP – 91–047. – 1991. –P. 7–8.

27. Turc L. Water Balance Of Soils: Relationship Between Precipitation. EvapotranspirationandRunoff. AnnalesAgronomiques. – 1954. –Vol. 5. P. 491- 595.

28. Kaczmarek Z. Polish Water Resources Vulnerability Assessment, Report To U. S. Countries Studies Program. – 1995.

29. Краковская С.В., Паламарчук Л.В., Шедеменко И.П., Дюкель Г.А., Гнатюк Н.В. Верификация данных мирового климатического центра (CRU) и региональной модели климата (REMO) по прогнозу приземной температуры воздуха за контрольный период 1961–1990 гг. // Научн. трудыУкрНИГМИ. – 2008. –Вып. 257. – С. 42–60.

30. Паламарчук Л.В., Краковская С.В., Шедеменко И.П., Дюкель Г.А., Гнатюк Н.В. Верификация данных мирового климатического центра (CRU) и региональной модели климата (REMO) по прогнозу поля осадков в Украине за контрольный период 1961–1990 гг. // Научн. трудыУкрНИГМИ. –2009– Вып. 258. – С. 69–84.

31. Краковская С.В., Паламарчук Л.В., Шедеменко И.П., Дюкель Г.А., Гнатюк Н.В. Численный прогноз регионального климата Украины на основе сценариев возможных глобальных климатических изменений в XXI веке (Заключительный отчет). № гос. регистрации 0108U007657. – 2010. –97 с.

**Об авторах**

Снежко С. И. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко snizhko@univ.kiev.ua

Куприков И.В. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко snizhko@univ.kiev.ua

Шевченко О.Г. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко snizhko@univ.kiev.ua

Павельчук Е.М. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко snizhko@univ.kiev.ua

Дидовец Ю.С. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко snizhko@univ.kiev.ua

**УДК 633.367.3:631.811**

# ОСОБЕННОСТИ НАРАСТАНИЯ БИОМАССЫ И ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ СЕМЯН ЛЮПИНА БЕЛОГО В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ

А.М. Хлопяников, А.И. Артюхов, М.И. Лукашевич, О.Ю. Куренская, В.Н. Наумкин

Показано влияние минеральных макро- и микроудобрений на нарастание биомассы и формирование семенной продуктивности люпина белого сорта Дега в условиях черноземных почв Центрально-Черноземного региона.
***Ключевые слова:*** *люпин белый, сорт Дега, минеральные удобрения, высота растений, масса воздушно-сухого вещества, количество активных клубеньков, масса активных клубеньков, урожайность.*

В Центрально-Черноземном регионе зерновые бобовые культуры имеют большое значение как в повышении продуктивности пашни, так и в увеличении производства высокобелковых, сбалансированных по питательности кормов. Традиционными здесь являются горох и сопутствующая ему соя, которые и остаются фактически единственным источником растительного белка. Научными исследованиями и передовой производственной практикой ряда хозяйств уже установлена возможность возделывания в Центрально-Черноземном регионе новой кормовой культуры – люпина белого, который являясь экологически пластичным растением, легко адаптируется к региональным агроклиматическим условиям, обеспечивая формирование высоких урожаев [1].

Содержание белка в зерне люпина составляет в зависимости от вида и сорта 38-43%. Белок люпина содержит полный набор незаменимых аминокислот. Он хорошо усваивается и может быть использован на корм любым видам животных. Однако ценность люпина обусловлена не только высокими кормовыми достоинствами, но и относительно низкой энергоемкостью при возделывании, нетребовательностью к почвенному плодородию и высокой азотфиксирующей способностью [2.- С.13].

Люпин обладает огромным биологическим, экологическим и экономическим потенциалом, и поэтому курс на расширение посевов люпина в Центрально-Черноземном регионе является вполне оправданным. Однако необходима разработка научно обоснованной технологии возделывания люпина применительно к условиям региона для получения высоких и устойчивых урожаев семян [3.- С. 17; 4.- С. 58].

**Материалы и методы исследований.** Полевые опыты с люпином белым проводили в ФГБОУ ВПО «Белгородская ГСХА им. В. Я. Горина» на коллекционном питомнике кафедры селекции, семеноводства и растениеводства. Почва опытного участка – чернозем типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Площадь учетной делянки 10 м$^2$, повторность - четырехкратная, размещение делянок систематическое.

Опыт включал следующие варианты: контроль (без внесения удобрений), $N_{60}$, $P_{60}$, $K_{60}$, $N_{60}P_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-2, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-3.

Минеральные макроудобрения вносили под предпосевную культивацию, а микроудобрения ЖУСС-2 (Cu – 32-40 г/л, Mo – 17-22 г/л) и ЖУСС-3 (Cu – 16,2-20 г/л, Zn – 35-40 г/л) – во время вегетации растений.

Определение высоты растений и накопления массы сухого вещества проводили в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов(1997). Определение количества клубеньков и их массы по методике Г.С. Посыпанова (1991).

Урожайность зерна путем обмолота и взвешивания зерна со всей делянки, определения влажности и засоренности зерна для дальнейшего пересчета урожайности на 100% чистоту и 14% влажности.

В опыте использовали высокоинтенсивный сорт белого люпина Дега. Предшественник - яровая пшеница. Агротехника – принятая для возделывания ранних зернобобовых культур в регионе. Для уничтожения сорняков после посева люпина в почву вносили гербицид гезагард, КС – 3,0 л/га.

**Результаты исследований.** При возделывании люпина белого важнейшими морфологическими показателями являются линейный рост и биомасса растений, из которых в дальнейшем складывается их продуктивность.

Наблюдения за линейным ростом растений люпина белого показали, что, несмотря на засушливые погодные условия, высота растений была различной по вариантам опыта и в фазу образования бобов варьировала от 56,7 до 67,2 см (табл. 1).

На вариантах с применением полного минерального удобрения и с комплексным использованием макро- и микроудобрений во все фазы вегетации высота растений была выше, чем на контроле и других вариантах опыта. В фазу образования бобов высота растений была наибольшей на варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ и составила 65,8 см, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-2 и $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-3 – 67,2 и 66,4 см соответственно, что на 9,1 см, 10,5 и 9,7 см больше, чем на контроле.

В формировании продуктивности люпина наряду с линейным ростом значительная роль отводится надземной биомассе растений. В накоплении растениями воздушно-сухого вещества нами отмечена та же тенденция. Динамика роста надземной биомассы люпина белого также зависела от условий питания. Наибольшую массу воздушно-сухого вещества в фазу образования бобов имели растения люпина при использовании полного удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ и комплексном применении макро- и микроудобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-2, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-3) – 30,1, 31,7 и 30,8 г соответственно, что на 4,2 г, 5,8 и 4,9 г больше, чем на контрольном варианте. На вариантах опыта $N_{60}$, $P_{60}$ и $K_{60}$ во все фазы вегетации величина накопления растениями биомассы воздушно-сухого вещества была меньшей и в фазу образования бобов составила 27,2 г, 26,5 и 27,7 г.

Таблица 1 –Влияние минеральных удобрений на линейный рост и воздушно-сухое вещество растений люпина белого (2013-2014 гг.)

| № п/п | Вариант опыта | Высота (см) в среднем на одно растение по фазам развития<br>Масса (г) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | нарастание листьев | ветвление | бутонизация | цветение | образование бобов |
| 1 | Контроль – б/у | 14,8<br>1,6 | 19,9<br>2,3 | 27,8<br>5,0 | 39,5<br>12,7 | 56,7<br>25,9 |
| 2 | $N_{60}$ | 16,6<br>2,5 | 22,3<br>3,3 | 30,9<br>6,1 | 42,6<br>14,0 | 60,7<br>27,2 |
| 3 | $P_{60}$ | 15,5<br>1,9 | 21,1<br>2,7 | 29,7<br>5,5 | 41,5<br>13,3 | 59,4<br>26,5 |
| 4 | $K_{60}$ | 16,7<br>2,7 | 22,7<br>3,7 | 31,4<br>6,3 | 43,5<br>14,3 | 61,0<br>27,7 |
| 5 | $N_{60}$ $P_{60}$ | 17,9<br>3,4 | 24,2<br>4,5 | 33,0<br>7,1 | 45,2<br>15,3 | 62,7<br>28,4 |
| 6 | $N_{60}$ $K_{60}$ | 18,2<br>3,6 | 24,5<br>4,8 | 33,1<br>7,6 | 45,9<br>15,6 | 63,4<br>28,9 |
| 7 | $P_{60}$ $K_{60}$ | 19,1<br>4,1 | 25,6<br>5,3 | 34,6<br>8,1 | 47,2<br>16,3 | 64,9<br>29,5 |
| 8 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 19,5<br>4,4 | 26,9<br>5,7 | 35,8<br>8,4 | 48,3<br>16,9 | 65,8<br>30,1 |
| 9 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-2 | 21,2<br>5,3 | 28,7<br>6,5 | 37,7<br>9,3 | 49,8<br>18,2 | 67,2<br>31,7 |
| 10 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-3 | 20,6<br>4,8 | 28,0<br>6,0 | 36,8<br>8,8 | 48,9<br>17,4 | 66,4<br>30,8 |

Люпин обладает уникальной биологической способностью фиксировать атмосферный азот, благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями. Азотфиксирующая активность растений люпина в наших полевых опытах зависела как от влагообеспеченности, температурного режима, так и применения минеральных удобрений (табл. 2).

На вариантах опыта $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-2 и $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-3 число и масса активных клубеньков у растений люпина белого во все фазы вегетации были максимальными. Так в фазу образования бобов число активных клубеньков в среднем на одно растение на данных вариантах составило 23,6, 24,4 и 23,9 шт., масса клубеньков – 51,1, 52,2 и 51,7 мг, что на 4,3 шт., 5,1 шт., 4,6 шт. и 3,9 мг, 5 мг, 4,5 мг больше, чем на контрольном варианте соответственно.

Несколько меньше показатели числа и массы активных клубеньков были на вариантах опыта $N_{60}P_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$ и составили 21,7 шт., 22,0 шт., 22,8 шт. и 49,9 мг, 50,3 мг, 50,9 мг, еще меньше эти показатели получены на вариантах $N_{60}$, $P_{60}$, $K_{60}$ – 20,5 шт., 19,9 шт., 20,9 шт. и 48,7 мг, 48,4 мг, 49,2 мг соответственно.

Таблица 2 – Число и масса активных клубеньков на корнях растений люпина белого в зависимости от минеральных удобрений (2013-2014 гг.)

| № п/п | Вариант опыта | Число клубеньков (шт.) на одно растение по фазам развития<br>Масса клубеньков (мг) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | нарастание листьев | цветение | образование бобов |
| 1 | Контроль – б/у | 6,4<br>22,8 | 13,5<br>40,1 | 19,3<br>47,2 |
| 2 | $N_{60}$ | 7,3<br>24,1 | 14,7<br>41,2 | 20,5<br>48,7 |
| 3 | $P_{60}$ | 6,7<br>23,4 | 14,1<br>40,5 | 19,9<br>48,4 |
| 4 | $K_{60}$ | 7,7<br>24,4 | 15,0<br>41,6 | 20,9<br>49,2 |
| 5 | $N_{60}$ $P_{60}$ | 8,3<br>25,3 | 15,9<br>42,5 | 21,7<br>49,9 |
| 6 | $N_{60}$ $K_{60}$ | 8,6<br>25,8 | 16,3<br>43,0 | 22,0<br>50,3 |
| 7 | $P_{60}$ $K_{60}$ | 9,2<br>26,4 | 16,8<br>43,6 | 22,8<br>50,9 |
| 8 | $N_{60}P_{60}K_{6o}$ | 9,6<br>27,0 | 17,3<br>44,1 | 23,6<br>51,1 |
| 9 | $N_{60}P_{60}K_{6o}$ + ЖУСС-2 | 10,8<br>28,2 | 18,7<br>45,5 | 24,4<br>52,2 |
| 10 | $N_{60}P_{60}K_{6o}$ + ЖУСС-3 | 10,2<br>27,8 | 18,1<br>44,9 | 23,9<br>51,7 |

Интегрирующим показателем влияния комплекса агротехнических приёмов на продуктивность растений и эффективности их производства является урожайность.

Минеральные удобрения оказывали положительное влияние не только на фотосинтетическую и симбиотическую активность растений люпина, но и на их семенную продуктивность. В неблагоприятных засушливых погодных условиях урожайность семян люпина на вариантах $N_{60}$, $P_{60}$ и $K_{60}$ сложилась невысокой 1,79 т/га, 1,68 т/га, 1,77 т/га. Еще ниже урожайность семян была отмечена на контрольном варианте и составила 1,48 т/га. Невысокая урожайность на вариантах опыта была связана с недостатком влаги и высоким температурным режимом в течение всей вегетации растений люпина белого.

Однако даже в таких неблагоприятных метеорологических условиях на вариантах с применением полного минерального удобрения ($N_{60}P_{60}K_{60}$) и комплексным использованием макро- и микроудобрений ($N_{60}P_{60}K_{6o}$ + ЖУСС-2, $N_{60}P_{60}K_{6o}$ + ЖУСС-3) была получена высокая урожайность семян люпина по сравнению с контролем, которая составила 2,14 т/га, 2,39 т/га и 2,35 т/а соответственно, что на 44,6%, 61,5% и 58,8% больше контрольного варианта (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность семян люпина белого в зависимости от макро- и микроудобрений (2013-2014 гг.)

| № п/п | Вариант опыта | Урожайность, т/га | ±к контролю | |
|---|---|---|---|---|
| | | | т/га | % |
| 1 | Контроль – без удобрений | 1,48 | - | - |
| 2 | $N_{60}$ | 1,79 | +0,31 | 21,0 |
| 3 | $P_{60}$ | 1,68 | +0,20 | 13,5 |
| 4 | $K_{60}$ | 1,77 | +0,29 | 19,6 |
| 5 | $N_{60}P_{60}$ | 1,95 | +0,47 | 31,8 |
| 6 | $N_{60}K_{60}$ | 1,97 | +0,49 | 33,1 |
| 7 | $P_{60}K_{60}$ | 2,05 | +0,57 | 38,5 |
| 8 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 2,14 | +0,66 | 44,6 |
| 9 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-2 | 2,39 | +0,91 | 61,5 |
| 10 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-3 | 2,35 | +0,87 | 58,8 |

$НСР_{05}$ 2013 г. – 0,12, 2014 г. – 0,20.

Таким образом, в засушливых погодных условиях Белгородской области полное минеральное удобрение ($N_{60}P_{60}K_{60}$) и комплексное использование макро- и микроудобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-2, $N_{60}P_{60}K_{60}$ + ЖУСС-3) способствовали лучшему формированию фотосинтетического и симбиотического аппаратов растений люпина белого и получению довольно высокой урожайности семян 2,14 – 2,39 т/га, что в 1,5-1,6 раза больше, чем на контроле – без внесения удобрений.

Influence mineral macro - and microfertilizers on increase of biomass and formation of seed efficiency of a lupine of a white grade of Degas in the conditions of chernozem soils of the Central Chernozem region is shown.
***Key words:*** *lupine white, Degas's grade, mineral fertilizers, height of plants, mass of air solid, quantity of active klubenk, mass of active klubenk, productivity.*

**Список литературы**

1. Муравьев А. А. Возделывание люпина белого в засушливых условиях лесостепи Центрально – Чернозёмного региона [Текст] / А. А. Муравьёв, В. Н. Наумкин, Л. А. Наумкина // Аграрная наука. – 2013. – № 4. – С. 12-14.

2. Наумкин В. Н. Продуктивность люпина однолетнего и перспектива его выращивания в Белгородской области [Текст] / В. Н. Наумкин, Л. А. Наумкина, В. А. Сергеева // Кормопроизводство. – 2008. – №1. – С. 13-16.

3. Продуктивность люпина белого в зависимости от инокуляции семян и дозы минеральных удобрений [Текст] / В. Н. Наумкин, О. Д. Мещеряков, А. А. Муравьёв, А. И. Артюхов, М. И. Лукашевич // Кормопроизводство. – 2012. – № 3. – С. 17-19.

4. Адаптивная технология возделывания люпина белого для Центрально-Черноземного региона [Текст] / В. Н. Наумкин, Л. А. Наумкина, О. Ю. Куренская, А. И. Артюхов, М. И. Лукашевич // Вестник Курской ГСХА. – 2013. – № 1. – С. 58-59.

**Об авторах**

Хлопяников А.М. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского», *khlopyanikov@mail.ru.*

Артюхов А.И. – доктор сельскохозяйственных наук, ВНИИ люпина, *lupin_mail@mail.ru*

Лукашевич М.И. – доктор сельскохозяйственных наук, ВНИИ люпина, *lupin_mail@mail.ru*

Куренская О.Ю. – аспирантка, ФГБОУ ВПО «Белгородская ГСХА им. В.Я. Горина», *kuren.olya@rambler.ru.*

Наумкин В.Н. – доктор сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВПО «Белгородская ГСХА им. В.Я. Горина», *naumkin47@mail.ru.*

**УДК 581.8: 582.842.7**

## АНАТОМО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СЫРЬЯ ПАССИФЛОРЫ МЯСО-КРАСНОЙ

Ю.С. Черятова

При проведении микроскопического анализа стеблей и листьев пассифлоры мясо-красной (Passiflora incarnata L.) выявлены анатомо-диагностические признаки. Полученные результаты позволяют достоверно оценивать подлинность рассматриваемого лекарственного растительного сырья и могут быть включены в раздел «Микроскопия» соответствующих нормативных документов.
***Ключевые слова:*** *пассифлора мясо-красная, фармакогнозия, микроскопический анализ, анатомия стебля, анатомия листа.*

В настоящее время одной из важнейших задач фармакогнозии является исследование фармакопейных растений с целью выявления анатомо-диагностических признаков лекарственного растительного сырья, их точной характеристики и микродиагностики. Знание анатомо-диагностических признаков видов лекарственных растений также позволяет идентифицировать в их сырье недопустимые примеси.

Пассифлора мясо-красная (*Passiflora incarnata* L.) – многолетняя травянистая тропическая лиана семейства страстоцветных (*Passifloraceae* L.). Родина пассифлоры – тропическая Бразилия, субтропические районы Северной Америки, а также Бермудские острова [11]. Пассифлора мясокрасная интродуцирована на Черноморском побережье Кавказа в Кобулети, где заложены промышленные площади [7].

Трава и экстракт *P. incarnata* входит в Государственный реестр лекарственных средств РФ и ГФ СССР XI издания [2, 3]. Растение *P. incarnata* включено в Европейскую Фармакопею, Государственные Фармакопеи Великобритании, Франции и Германии, Британскую травяную Фармакопею [6]. Помимо этого, *P. incarnata* является официальным лекарственным растением, имеющее пищевое значение [10].

В медицине используется надземная часть растений (*Herba Passiflorae incarnatae*), в которой содержится около 0,5% алкалоидов карболиновой группы - гарман, гармин и гаркол. Присутствуют также флавоноиды, кумарины, хиноны. В современной медицинской и фармацевтической практике широко используются препараты, полученные на основе сырья *P. incarnata*. Лекарственные препараты из растений *P. incarnata* издавна получили признание в Латинской Америке, США и в странах Западной Европы. На основе *P. incarnata* выпускаются лекарственные формы жидкий экстракт пассифлоры и препарат «Пассит», используемые как седативными средства. Препараты из *P. incarnata* применяют при неврастении, бессоннице, повышенной возбудимости, слабости, коклюше, бронхите, тяжелых головных болях, склерозе, заболеваниях сердца, судорогах у детей, а также хроническом алкоголизме и как гомеопатическое средство [7, 8, 10].

В отечественной и иностранной литературе, несмотря на возрастающий интерес к *P. incarnata*, нет полных сведений об анатомическом строении этого растения. Данные о микроскопическом строении *P. incarnata* могут быть использованы при составлении анатомических атласов лекарственных растений, создания ключей для определения таксономической принадлежности видов по анатомическим особенностям, при определении подлинности растений, в вопросах стандартизации, а также при проведении комплексных фармакогностических исследований.

Лекарственное растительное сырье представляет собой смесь изломанных травянистых стеблей, усов и листьев *P. incarnata.* Качество лекарственного сырья *P. incarnata* регламентируется ФС 42-2784-91 «Трава пассифлоры» [9]. В настоящее время на российский фармацевтический рынок поступают как отечественные, так и зарубежные лекарственные препараты из измельченного сырья растений. При сертификации лекарственных форм, состоящих в основном из мелких частиц сырья *P. incarnata*, на первое место выходит микроскопический анализ, который следует рассматривать не только как метод определения подлинности, но и как один из этапов определения доброкачественности.

Целью работы было выявление анатомо-диагностических признаков стеблей и листьев лекарственного растительного сырья пассифлоры мясо-красной.

Объекты, методы и условия исследований. Экспериментальная работа проводилась на кафедре ботаники ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Объектами исследования служили свежесобранные растения *P. incarnata*, полученные из оранжереи ботанического сада ВИЛАР. Срезали побеги, достигшие длины 50-60 см на высоте 15 см от поверхности почвы – поскольку именно таким образом и идет сбор побегов *P. incarnata* на лекарственные цели. Изучение анатомических признаков сырья осуществляли в соответствии с требованиями фармакопейных статей ГФ XI: «Техника микроскопического и микрохимического исследования лекарственного растительного сырья» [4, 5]. Для микроскопического анализа изготавливали временные микропрепараты поперечных и продольных срезов стеблей и листьев растений. Срезы производили при помощи лезвия от руки. Процессы одревеснения частей растения выявляли с использованием реактива флороглюцина с концентрированной соляной кислотой. Срезы просветляли глицерином, разведенным водой (1:1) [1, 12]. Исследование микропрепаратов проводили с помощью светового микроскопа Carl Zeiss Primo Star (окуляр 7×, 10× и объективы ×4, ×20, ×40). Микрофотосъемку выполняли цифровой фотокамерой Canon Digital IXUS 105 (12.1 megapixels); обработку снимков проводили с использованием программ Microsoft Office Picture Manager и Paint 5.1.

Результаты и их обсуждение. При рассмотрении поперечного среза стебля *P. incarnata* можно

выделить следующие анатомо-топографические зоны: эпидерму, первичную кору, центральный цилиндр и сердцевину (рис. 1). Снаружи стебель *P. incarnata* покрыт однослойной эпидермой с устьицами. Эпидерма стебля состоит из продольно вытянутых плотно сомкнутых клеток с прямыми клеточными стенками. Волоски и устьица на стебле встречаются редко. Под эпидермой располагается хорошо развитая первичная кора стебля, наружный слой которой представлен двумя рядами уголковой колленхимы. За колленхимой следует тонкостенная 3-4-рядная хлоренхима первичной коры. Первичная кора и центральный осевой цилиндр стебля *P. incarnata* выражен достаточно четко.

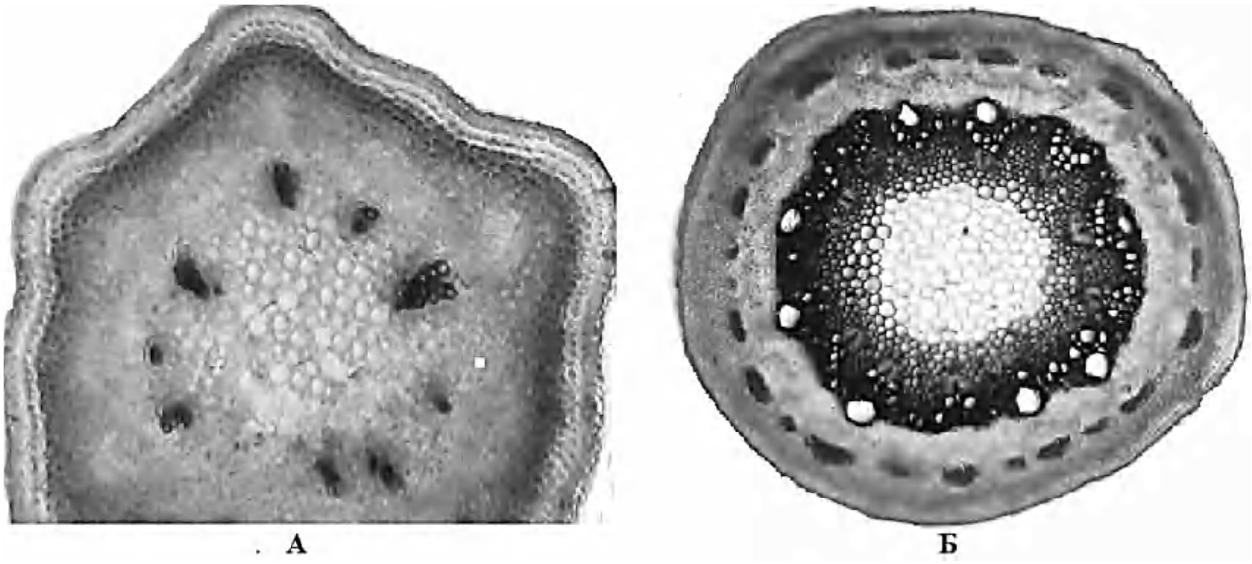



Рис. 1. Анатомическое строение поперечного среза стебля P. incarnata:
А – верхняя часть стебля (Увел. 10× 4); Б – средняя часть стебля (Увел. 7× 4).

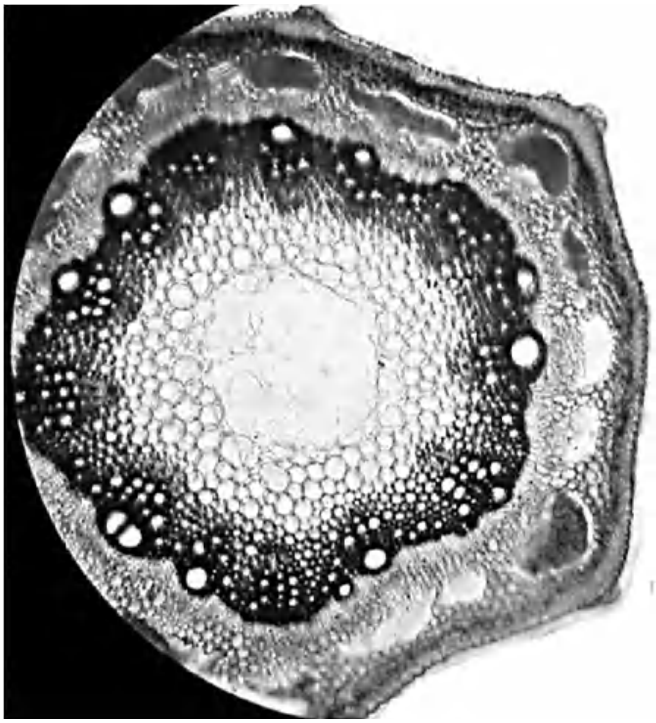


Рис. 2. Анатомическое строение поперечного среза базальной части стебля P. incarnata (Увел. 7×4).

В ходе исследования было установлено, что анатомическое строение стебля по его длине неодинаково. В верхней, более молодой части, стебель *P. incarnata* имеет отчетливое пучковое строение (рис. 1 А). Основная часть центрального осевого цилиндра стебля представляет собой паренхиму, пронизанную изолированными открытыми коллатеральными проводящими пучкам. Клетки основной паренхимы стебля крупные, овальные, с равномерно утолщенными клеточными стенками. По мере приближения к центральной части стебля, основная паренхима становится более крупноклеточной. Межпучковая паренхима в верхней части стеблей растений особенно хорошо выражена. В средней части стебель растений имеет переходное строение, связанное с формированием добавочных проводящих пучков (рис. 1 Б). В результате, число пучков в зрелом стебле варьируется от 25 до 28. Проводящие пучки армированы со стороны флоэмы склеренхимой перицикла, что придает им дополнительную прочность. Центральная часть стебля растений состоит из крупных, тонкостенных, неспециализированных клеток сердцевинной паренхимы. В базальной части стебля *P. incarnata* сохраняется переходное анатомическое строение (рис. 2). Клетки основной паренхимы центрального цилиндра стебля со временем одревеснеют. Осо-

бенностью строения базальной части стебля является то, что в его центре формируется воздухоносная полость вследствие разрушения клеток паренхимы сердцевины. Таким образом, образование полости, формирование мощного кольца лигнифицированных элементов по периферии, обеспечивает устойчивую конструкцию стеблю лианы *P. incarnata*.

Особый интерес в изучении *P. incarnata* представляют ее усики побегового происхождения. Известно, что по приспособленности к лазящему образу жизни усиконосные лианы являются наиболее совершенной группой среди всех лазящих растений. Усик снаружи покрыт эпидермой, образованной одним слоем клеток с кутикулой. При рассмотрении круглого усика *P. incarnata* по периферии, субэпидермально, располагается 2-3 слоя уголковой колленхимы, за которой следует 3-4-рядная хлоренхима первичной коры (рис. 3). Усики характеризуются пучковым типом строения. В усиках располагается 7-9 открытых коллатеральных проводящих пучков (рис. 3 А). Вторичное утолщение усиков растений слабое и непродолжительное. Тяжи склеренхимы прилегают к флоэмной части коллатеральных проводящих пучков, обеспечивая им дополнительную прочность. Проводящие пучки разделены прослойками межпучковой паренхимы (сердцевинными лучами), которые связывают сердцевину и первичную кору. В базальной части усиков довольно рано начинает разрушаться неспециализированная тонкостенная паренхима сердцевины, вследствие чего образуется центральная воздухоносная полость (рис. 3 Б). Одновременно с образованием полости в усиках растений интенсивно идут и процессы одревеснения основной паренхимы. Клеточные стенки межпучковой паренхимы в базальной части усика лигнифицируются, образуя на поперечных срезах с ксилемой сплошное кольцо одревесневших элементов. Резюмируя, можно сказать, что усики *P. incarnata* анатомически сходны со стеблем, но отличаются малым количеством проводящих тканей с узкими проводящими элементами.

Рис. 3. Анатомическое строение поперечного среза усика P. incarnata:
А – усик в верхней части; Б – базальная часть усика (Увел. 10× 4).

Листья *P. incarnata* простые, черешчатые, глубокотрехраздельные. Эпидерма листьев однослойная, наружные клеточные стенки утолщены. С поверхности эпидерма покрыта сплошным тонким слоем эпикутикулярного воска. Складчатость кутикулы слабо выражена. При рассмотрении строения клеток верхней и нижней эпидермы можно обнаружить несколько отличительных особенностей. Клеточные стенки верхней эпидермы листьев *P. incarnata* имеют менее извилистые очертания, по сравнению с клеточными стенками нижней эпидермы (рис. 4). На эпидерме листа наблюдается наличие простых одно- и многоклеточных одиночно расположенных кроющих трихом. Они встречаются редко и, как правило, приурочены к жилкам листа. Листовая пластинка гипостоматическая - устьица располагаются только на нижней стороне листа. В листе устьица распределены диффузно, но, более многочисленны в средней части пластинки. Устьичный аппарат листьев *P. incarnata* аномоцитный, или беспорядочно-клеточный, характеризующийся наличием вокруг замыкающих клеток нескольких околоустьичных клеток, не отличающихся от основных клеток эпидермы; в их расположении нет четко выраженной закономерности (рис. 4 Б). Замыкающие

клетки устьиц в очертании имеют бобовидную форму. Устьица располагаются на одном уровне с основными эпидермальными клетками. Следует отметить, что строение клеток эпидермы листа является постоянным видовым признаком, который вполне может служить диагностическим.

Рис. 4. Строение эпидермы листовой пластинки *P. incarnata*:
А – верхняя эпидерма; Б – нижняя эпидерма (Увел. 10× 20).

Лист *P. incarnata* дорсовентральный, характеризуется приуроченностью палисадного мезофилла к верхней стороне листовой пластинки. Палисадный мезофилл, расположенный под верхней эпидермой, состоит из 2-3 рядов плотно сомкнутых, прямоугольно-удлиненных клеток. С нижней стороны листа находится губчатый мезофилл, сложенный из рыхло расположенных овальных тонкостенных клеток, между которыми находятся уплощенные межклетники. Вследствие того, что динамические нагрузки концентрируются на краях плоской конструкции, край листовой пластинки *P. incarnata* армирован субэпидермальными тяжами колленхимы.

Васкулярная система листа представлена жилками. Жилки листа формируют сеть с замкнутыми ячеями, однако самые мелкие из них имеют в мезофилле слепые окончания. В жилках листа наблюдался один проводящих пучок. Средняя жилка листа представлена открытым коллатеральным проводящим пучком, более мелкие боковые жилки имеют закрытые коллатеральные пучки. Ксилема в пучках обращена к адаксиальной поверхности пластинки, а флоэма – к абаксиальной. Механическая функция пучков листа усилена дифференцированной в волокна протофлоэмой. Проводящие пучки с верхней и нижней стороны листовой пластинки ассоциированы тяжами уголковой колленхимы.

Форма черешка на поперечном срезе цилиндрическая. В анатомии черешка листа *P. incarnata* проявляются черты сходства со стеблем, что обусловлено близким типом функционирования (рис. 5). Снаружи черешок покрыт однослойной эпидермой с устьицами. Эпидермальные клетки плотно сомкнутые, таблитчатой формы. Устойчивость черешка к изгибам обеспечивает сплошная 2-3- слойная субэпидермально расположенная колленхима. Клетки хлоренхимы первичной коры черешка изодиаметрической формы, составляют 3-4 слоя. Остальное пространство черешка занимает основная паренхима с открытыми коллатеральными пучками. Клетки основной паренхимы по направлению к центральной части черешка становятся больше по размеру, их углы в смежных границах закругленные, межклетники отсутствуют. Камбий в черешке закладывается, но функционирует слабо. У тройчатораздельных листьев *P. incarnata* в черешке формируется 6 проводящих пучков, причем 3 из которых обращены абаксиально. При изучении черешка листа обнаружен наиболее эволюционно продвинутый дискретный тип проводящей системы, при которой отдельные проводящие пучки погружены в толщу паренхимной ткани. Каждый пучок окружен овальными, плотно лежащими

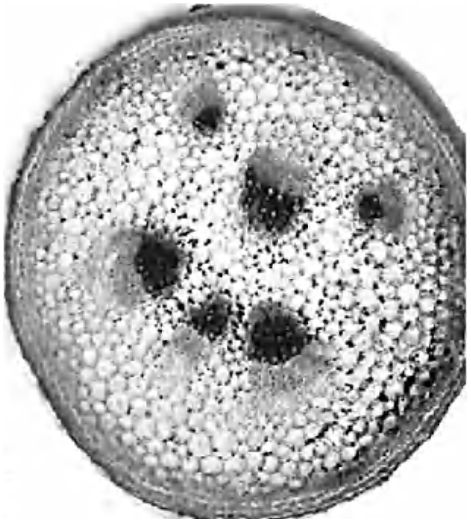


Рис. 5. Анатомическое строение поперечного среза черешка *P. incarnata* (Увел. 10× 4).

без видимых межклетников, клетками обкладки. Известно, что в черешках листьев многих растений со временем развивается центральная полость, но в черешках *P. incarnata* ее формирование не отмечалось даже у старых листьев. В ходе исследования было установлено, что анатомическое строение черешка сохраняет свою типичность вне зависимости от яруса расположения листьев в пределах побега растений. В связи с этим, полученные данные петиолярной анатомии *P. incarnata* могут быть использованы для диагностических целей лекарственного сырья в качестве дополнительных.

Таким образом, в результате исследования были установлены значимые анатомо-диагностические признаки стеблей и листьев пассифлоры мясо-красной, позволяющие проводить идентификацию и оценку подлинности лекарственного растительного сырья, что может послужить основой для разработки раздела «Микроскопия» в проект нормативной документации.

When carrying out of morphological and microscopic analysis of the stems and leaves in Passiflora incarnata L., diagnostic anatomical traits were revealed. The obtained results allow us to evaluate the authenticity of studied vegetative raw material of medicinal plants and can be included in the section «Microscopy» of corresponding standard documents.
***Key words:*** *Passiflora incarnata L., pharmacognosy, microscopic analysis, stem anatomy, leaf anatomy.*

**Список литературы**

1. Барыкина, Р.П. Веселова, Т.Д., Девятов, А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике: основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. – 311 с.
2. Государственный реестр лекарственных средств. Т. 1. М. 2008. – 1398 с.
3. Государственная Фармакопея Российской Федерации. – 12 изд. – Т. 1. М: Изд-во «Научный центр экспертизы и средств медицинского применения», 2008. – 704 с.
4. Государственная Фармакопея СССР: Вып. 1. Общие методы анализа/ МЗ СССР. – 11-е изд., доп. М.: Медицина, 1987. – 336 с.
5. Государственная Фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье/ МЗ СССР. – 11-е изд., доп. М.: Медицина, 1989. – 400 с.
6. Киселева, Т.Л., Смирнова, Ю.А. Лекарственные растения в мировой медицинской практике: государственное регулирование номенклатуры и качества. М.: Издательство Профессиональной ассоциации натуротерапевтов, 2009. – 295 с.
7. Лебеда, А.Ф. Лекарственные растения. Самая полная энциклопедия /А.Ф. Лебеда, Н.И. Джуренко, А.П. Исайкина, В.Г. Собко. М.: ПРЕСС КНИГА. 2011. – 496 с.
8. Мазнев, Н.И. Большая энциклопедия высокоэффективных лекарственных растений/ Н.И. Мазнев. М.: Эксмо, 2009. – 608 с.
9. Муравьева, Д.А., Самылина, И.А., Яковлев, Г.П. Фармакогнозия. М.: Медицина, 2002. – 656 с.
10. Патудин, А.В. Мировые ресурсы гомеопатического лекарственного сырья / А.В. Патудин и др. М., 2006. – 560 с.
11. Тахтаджян, А.Л. Система магнолиофитов/ А.Л. Тахтаджян. Л.: Наука, 1987. – 439 с.
12. Черятова, Ю.С. Анатомия лекарственных растений и лекарственного растительного сырья: учебное пособие / Ю.С. Черятова. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. - 95 с.

**Об авторе**

Черятова Ю.С. – ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, *botanica@timacad.ru*

# Правила предоставления рукописей

В журнале «Вестник БГУ» публикуются статьи теоретического, методического и прикладного характера, содержащие оригинальный материал исследований автора (соавторов), ранее нигде не опубликованный.

Статьи представляются в редколлегии серий в печатном и электронном виде с использованием Microsoft Word для Windows. Поля страницы: левое – 2 см, правое – 2 см, верхнее – 2 см, нижнее – 2 см. Текст – шрифтом Times New Roman, 12 pt, межстрочный интервал – одинарный, красная строка (абзац) 1,25 см (формата А-4), выравнивание по ширине. Страницы не нумеруются.

Статьи формируются редколлегиями серий и предоставляются в научно-методический отдел для верстки. Периодичность выхода – №1 (январь-март), №2 (апрель-июнь), №3 (июль-сентябрь), №4 (октябрь-декабрь).

Объем статей, как правило, не должен превышать 12 страниц, включая список литературы. Список литературы формировать в порядке цитирования или в алфавитном порядке (в начале источники на русском языке, затем на иностранных языках). Работы одного и того же автора цитируются в хронологическом порядке независимо от наличия соавторов. Ссылки на литературу по тексту статьи **необходимо давать в квадратных скобках**. Подписи к рисункам, таблицам – шрифт Times New Roman, 12 pt, межстрочный интервал – одинарный.

Перед названием статьи необходимо указать УДК (слева). Название статьи оформляется прописными буквами, жирным шрифтом (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указать инициалы и фамилии авторов жирным шрифтом (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указать адрес места работы, e-mail автора (соавторов) – обычный шрифт (10 pt) с выравниванием по центру.

Ссылки оформляются в соответствии с ГОСТ 7.0.5-2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». См. пункт 7.4.2. - http://protect.gost.ru/document.aspx?%20control=7&id=%20173511

Аннотация статьи должна не превышать 1200 знаков (с пробелами) и располагаться ниже на два пробела от последнего адреса места работы авторов – обычный шрифт (10 pt) с выравниванием по ширине. В конце аннотации необходимо указать ключевые слова (5 – 7).

Все рисунки и чертежи выполняются четко, в формате, обеспечивающем ясность понимания всех деталей; это особенно относится к фотокопиям и полутоновым рисункам. Рисунки, выполненные карандашом, не принимаются. Язык надписей на рисунках (включая единицы измерения) должен соответствовать языку самой статьи. Поясняющие надписи следует по возможности заменять цифрами и буквенными обозначениями, разъясняемыми в подписи к рисунку или в тексте. Авторов, использующих при подготовке рисунков компьютерную графику, просим придерживаться следующих рекомендаций: графики делать в рамке; штрихи на осях направлять внутрь; по возможности использовать шрифт Times; высота цифр и строчных букв должна быть в пределах 3-4% от максимального размера (высоты или ширины) рисунков, это относится и к цифрам на осях вставки; обозначения единиц измерения на осях графиков приводить в скобках. Таблицы, рисунки и подписи к ним помещаются непосредственно в тексте.

Векторные величины выделяются прямым полужирным шрифтом. Все сколько-нибудь громоздкие формулы выносятся на отдельные строки.

В тексте статьи допускаются системы физических единиц СИ и СГСЭ.

В конце статьи на английском языке приводятся название, инициалы и фамилии авторов, адреса мест работы авторов, аннотация и ключевые слова с теми же правилами оформления, что и на русском языке.

Если статья выполнена при поддержке гранта или на основе доклада, прочитанного на конференции, то необходимо сделать соответствующую сноску в заголовке статьи.

К статьям, направляемым в редколлегии серий, должна быть приложена авторская справка: Фамилия, имя, отчество, научная степень, ученое звание, место работы, должность, точный почтовый адрес, контактный телефон, e-mail.

К статьям, выполненными аспирантами или соискателями научной степени кандидата наук, необходимо приложить рекомендацию, подписанную научным руководителем.

**Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.**

Редколлегии серий направляют полученные статьи на рецензирование.

Редколлегии серий оставляют за собой право вернуть статью на доработку.

**Контактная информация.**

Адрес: 241036, Брянск, ул. Бежицкая, 20, Редакционно-издательский отдел; телефон: (4832) 66-67-58.

**ВЕСТНИК**
**Брянского государственного университета**
**имени академика И.Г. Петровского**

**ТОЧНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ**

Учредитель ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петроовского»

**Ответственный редактор номера**
доктор биологических наук,
профессор А.Д. Булохов

**Свидетельство о регистрации выдано Федеральной службой по надзору**
**за соблюдением законодательствав сфере массовых коммуникаций**
**и охране культурного наследия ПИ № ФС77-515557 от 26.10.2012**
**Подписной индекс «Роспечать» -47075 годовая**
**Подписной индекс «Пресса России»- 40705 годовая**

**Адрес редакции:**
**241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, 20**

Подписано в печать 23.11.2014. Формат 60x84/8.
Печать на ризографе. Бумага офсетная.
Усл. п.л. 26,5. Тираж 500 экз. Свободная цена.

РИО ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского».
241036, г. Брянск, Бежицкая, 20.

Отпечатано в типографии РИО БГУ
**241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, 20**