# ВЕСТНИК Брянского государственного университета

The Bryansk State University Herald

№4 2012

ТОЧНЫЕ И ECTECTBEHHЫЕ HAУКИ EXACT AND NATURAL SCIENCES Вестник Брянского государственного университета. №4(2)(2012): Точные и естественные науки. Брянск: РИО БГУ, 2012. - 268с.

### Редакционная коллегия

- А.В. Антюхов ректор БГУ, доктор филологических наук, профессор, председатель редакционной коллегии;
- $\Phi$ . А. Шамоян доктор физико-математических наук, профессор БГУ (отв. редактор);
- А.Д. Булохов доктор биологических наук, профессор БГУ (отв. редактор);
- Л.М. Ахромеев кандидат географических наук, доцент БГУ;
- В.В. Новиков доктор физико-математических наук, профессор БГУ;
- С.В. Трубников кандидат физико-математических наук, доцент БГУ;
- О.С. Щетинская кандидат химических наук, доцент БГУ.
- *Н.А. Широков* –доктор физико-математических наук, профессор Петербургского государственного университета.

В этом выпуске Вестника Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского представлены материалы по основным направлениям исследований ученых университета в области математики, физики, биологии, химии, географии, экологии.

Предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

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

Подписной индекс 47075

Содержание 3

СОДЕРЖАНИЕ
ФИЗИКА, МАТЕМАТИКА

Будехин А. П.	
ПАРАДОКС КЛЕЙНА И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ	9
Еловикова Ю.А.	10
О ТОЖДЕСТВАХ РЕШЁТОК $\Omega$ -КАНОНИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ	12
МЕТОД РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ С ДИСКРЕТНЫМИ	
И НЕПРЕРЫВНЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ	16
Корпачева М.А., Грищенкова Л.В., Кирюшина М.В., Левшенкова Ю.А. О ПОДГРУППОВЫХ ФУНКТОРАХ И КЛАССАХ КОНЕЧНЫХ ГРУПП	10
О ПОДГРУППОВЫХ ФУНКТОРАХ И КЛАССАХ КОНЕЧНЫХ ГРУПП	19
О ДИОФАНТОВЫХ ПРИБЛИЖЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ЛОГАРИФМОВ	22
Мартынов И.П., Кулеш Е.Е., Мисник М.В.	
О МЕТОДАХ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА СХОДИМОСТИ РЯДОВ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ	
РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ	29
ОБОБЩЕНИЕ ОДНОЙ ТЕОРЕМЫ ВАЛИРОНА НА СЛУЧАЙ	
СУБГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ	35
Перельман Н.Р., Расулов К.М.	
ТРЕХЭЛЕМЕНТНАЯ ОДНОСТОРОННЯЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ С ОБРАТНЫМ СДВИГОМ КАРЛЕМАНА В ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОМ СЛУЧАЕ	4.4
ФУНКЦИИ С ОБРАТНЫМ СДВИГОМ КАРЛЕМАНА В ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОМ СЛУЧАЕ Путилов С.В., Головко Э.П., Пушкарёва Е.Н.	44
К ИССЛЕДОВАНИЮ КОНЕЧНЫХ ГРУПП	52
Родикова Е.Г.	
О КОЭФФИЦИЕНТНЫХ МУЛЬТИПЛИКАТОРАХ В ОДНОМ ВЕСОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ В КРУГЕ ФУНКЦИЙ	(1
пространстве аналитических в круг е $\psi$ у пкции	01
«ВОЛНОВОЕ» РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ФОКУСИРОВАНИЯ	
В «АНОМАЛЬНЫХ» РЕЖИМАХ	69
Сорокина М.М., Корпачева М.А. КРИТИЧЕСКИЕ Ω-РАССЛОЕННЫЕ Т-ЗАМКНУТЫЕ ФОРМАЦИИ КОНЕЧНЫХ ГРУПП	7.0
критические $\Omega$ -расслоенные 1-замкнутые формации конечных групп Шамоян $\Phi$ .А., Родикова $E$ . $\Gamma$ .	/0
$L^p$ -ОЦЕНКИ В КЛАССАХ АНАЛИТИЧЕСКИХ В КРУГЕ ФУНКЦИЙ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ Р. НЕВАНЛИННЫ	80
ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ	
Аверинова Е.А.	
КАЛЬЦЕФИТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЗАПОВЕДНИКА ДИВНОГОРЬЕ	
(ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)	87
Аверинова Е.А., Ивенкова И.М. ОСТЕПНЁННЫЕ ОПУШЕЧНЫЕ СООБЩЕСТВА	
ПРИОКСКО-ТЕРРАСНОГО ЗАПОВЕДНИКА (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	89
Аверкиева И.Ю.	
АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОДМОСКОВЬЯ	
В СВЯЗИ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА НА ОСНОВЕ МЕТОДА БАЛЛЬНЫХ ОЦЕНОК	02
на основе метода вазывных оценок	
ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И	
БИОИНДИКАЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ СООБЩЕСТВ МАКРОФИТНОЙ	
РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАССЕЙНА Р.ДЕСНЫ И ИПУТИ (В ПРЕДЕЛАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)	08
Ахромеев Л.М., Кузнецов С.В., Токман Л.В., Шарапаев И.В.	90
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
ВОДОХРАНИЛИЩ СЕВЕРО-ВОСТОКА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	102
Ахромеев Л.М., Шарапаев И.В. ВОДОХРАНИЛИЩА СЕВЕРО-ВОСТОКА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ И	
ИХ РЕКРЕАЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	105
Башина С.И., Зайцева Е.В., Романова Т.А.	
К ВОЗРАСТНОЙ МОРФОЛОГИЯ СЕЛЕЗЕНКИ СВИНЬИ	
В ПОСТНАТАЛЬНЫЙ ОНТОГЕНЕЗ	111
Булохов А.Д., Радыгина В.И.  COOБЩЕСТВА С CAREX BRIZOIDES L. НА ВОСТОЧНОМ ПРЕДЕЛЕ АРЕАЛА	113
Булохов А. Д., Сильченко И. И., Семенищенков Ю. А.	
НОВАЯ АССОЦИАЦИЯ ПОЙМЕННЫХ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ	
В ЮГО-ЗАПАДНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РОССИИ	116

Василенко А.И.	
ПРИМЕНЕНИЕ НАТРИЯ НУКЛЕИНАТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ	
ЭФФЕКТИВНОСТИ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ ПРОФИЛАКТИКИ БОЛЕЗНЕЙ КУР	119
Величкин Э.М	
О РАСПРОСТРАНЕНИИ ОМЕЛЫ БЕЛОЙ (VISCUM ALBUM L, LORANTHACEAE)	
В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	123
Ворочай Ю.А.	
МИКРОСУКЦЕССИОННЫЕ РЯДЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ	
И ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	125
Гегерь Э.В.	
РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ АУТОИММУННЫМ	
ТИРЕОИДИТОМ У НАСЕЛЕНИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ, ПРОЖИВАЮЩЕГО	
НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	133
Гришин С.Ю., Заякин В.В.	
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ RAPD- И	
ISSR-ПРАЙМЕРОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПЦР-АНАЛИЗА ДНК ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО	135
Демихов В.Т., Чучин Д.И.	133
ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРИГОДОВОГО СТОКА РЕКИ ДЕСНЫ В СВЯЗИ	
С СОВРЕМЕННЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	120
	139
Катунина Н.П., Гнеушев И.М., Парфенов Э.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АНТИГИПОКСИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ	
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ СОВМЕСТИМЫХ АНТИОКСИДАНТОВ ПОД ШИФРОМ	1.40
ПО- НА МОДЕЛИ ОСТРОЙ ГИПОКСИИ С ГИПЕРКАПНИЕЙ	142
Клюев Ю.А.	
ФИТОСОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦЕНОФЛОР СИНТАКСОНОВ	
ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КЛЕНТНЯНСКОГО ПОЛЕСЬЯ	145
Кононов А.С., Шугаев А.В.	
ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ, МОЛИБДЕНА, БОРА И ЯНТАРНОЙ	
КИСЛОТЫ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЮПИНО-ЯЧМЕННЫХ И	
СОЕВО-ЯЧМЕННЫХ АГРОЦЕНОЗОВ	148
Кононов А.С., Шкотова О.Н.	
ВЛИЯНИЕ АММИАЧНОГО АЗОТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ	
ПРОЦЕССОВ В ОДНОВИДОВЫХ И БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ АГРОЦЕНОЗАХ	151
Костюкова Е.Е., Заякин В.В., Нам И.Я.	
ИНДУКЦИЯ АДВЕНТИВНЫХ ЛУКОВИЦ НА ЛИСТОВЫХ И ЛУКОВИЧНЫХ	
ЭКСПЛАНТАХ РЕДКОГО И ОХРАНЯЕМОГО PACTEHUЯ LILIUM MARTAGON L	157
Косьянчук В.П.	
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫСОКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЯ	160
Крапивина Е.В., Василенко А.И.	
ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ И ДОЗИРОВКИ НАТРИЯ НУКЛЕИНАТА	
ПРИ ИММУНИЗАЦИИ НА ГЕМОГРАММУ МОЛОДНЯКА КУР-НЕСУШЕК	163
Кузьменко А.А.	
КЛАССИФИКАЦИЯ И ОРДИНАЦИЯ СООБЩЕСТВ ПСАММОФИТОВ	
МЕЖДУРЕЧЬЯ ГАБЬЯ-ДЕСНА (В ПРЕДЕЛАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)	167
Куница М.Н.	
ПРИРОДНО-СЕЛИТЕБНЫЕ ОТНОШЕНИЯ В РЕГИОНЕ: ПРОЦЕССЫ И ФУНКЦИИ	171
Лобанов В.Н., Растягаев В.И., Сухов С.С.	1 / 1
ВЛИЯНИЕ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА	
ФОРМИРОВАНИИ СВОЙСТВ СЛАБЫХ ПОЧВО-ГРУНТОВ	174
Любимов В.Б.	1/7
ОПЫТ ПЕРЕСЕЛЕНИЯ РАСТЕНИЙ В ЖЕСТКИЕ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ	
УСЛОВИЯ ПОЛУОСТРОВА МАНГЫШЛАК И ЮЖНЫЕ РАЙОНЫ РОССИИ	179
Мельников И.В., Мельников Е.В.	1/0
ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ШИРОКОГО ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА	
ROSACEAE JUSS. С ЦЕЛЬЮ ОБОГАЩЕНИЯ ДЕНДРОФЛОРЫ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	101
	181
Мокрогузова В.Н.	
РЕСУРСНЫЕ ВИДЫ ФЛОРЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ	104
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО В БРЯНСКОМ ПОЛЕСЬЕ	184
My-За-Чин В.В.	
ЧЕМЕРИЦА ЧЁРНАЯ – VERATRUM NIGRUM L. (MELANTHIACEAE)	100
В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	188
Мытницкая Ю. Ф., Немцова Е. В., Евдокименко С. Н., Заякин В. В., Нам И. Я.	
ПЕРЕДАЧА ВИРУСА КУСТИСТОЙ КАРЛИКОВОСТИ МАЛИНЫ ПРИ	
СЕМЕННОМ И ВЕГЕТАТИВНОМ РАЗМНОЖЕНИИ	191
Нам И.Я., Козлов А.Л., Ерохов Н.Я., Титова О.В., Маловастый К.С.	
«БИОСТАРТЕР» - ЭФФЕКТИВНЫЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОДУКТ	
ДЛЯ КОРМЛЕНИЯ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА	195

Содержание 5

Немова И.С.	
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАГМЕНТОВ ДНК FIM A, HLY A,B,C, И РАР С, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ	
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АДГЕЗИНОВ, ГЕМОЛИЗИНОВ, МАННОЗА-РЕЗИСТЕНТНЫХ	
ГЕМАГГЛЮТИНИНОВ У ГЕНИТАЛЬНЫХ ШТАММОВ ESCHERICHIA COLI,	
ВЫДЕЛЕННЫХ У ЖЕНЩИН ПРИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ	
РЕПРОДУКТИВНОГО ТРАКТА	200
Панасенко Н.Н., Анищенко Л.Н., Романова Ю.Н.	
WOLFFIA ARRHIZA (L.) HORKEL EX WIMM. В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	203
Петрак В.Ю., Понасенко Д.В., Мельников И.В.	
ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСКУССТВЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ И ОБОГАЩЕНИЕ	
ДЕНДРОФЛОРЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ИНТРОДУКЦИИ	205
Рожкова T.A.	
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ПРЕССИНГА НА СОСТОЯНИЕ	
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ МОЛОДЕЖИ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)	208
Селютин В.С.	
ПОСТРОЕНИЕ ОДНОРОДНЫХ РЯДОВ ДАННЫХ ОСНОВНЫХ	
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	213
Селютин В.С.	
АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ	
БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОГО ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ	219
Сердюков К.А., Романова Т.А., Бушукина О.С., Здоровинин В.А.	
СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТИНКУБАЦИОННОГО МОРФОГЕНЕЗА	
ТИМУСА БРОЙЛЕРОВ КРОССА «СМЕНА-7»	223
Сковородников Д.Н., Леонова Н.В., Озеровский А.В., Варавка А.А.	
ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА АДВЕНТИВНЫЙ	
ОРГАНОГЕНЕЗ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ IN VITRO	228
Слюнченко Р.А.	
ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДОЛИНЫ РЕКИ ДЕСНЫ И ЕГО	
ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА И РЕКРЕАЦИИ В РЕГИОНЕ	230
Соколова Т.А., Сушко К.С.	
СИНТАКСОНЫ СООБЩЕСТВ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	
КАЗАНСКО-ВЕШЕНСКОГО ПЕСЧАНОГО МАССИВА	233
Столяров В.А., Тельцов Л.П.	
ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ МЫШЕЧНОЙ И НЕРВНОЙ ТКАНЕЙ	
ТОНКОГО КИШЕЧНИКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ	235
Стратиенко Е.Н., Петухова Н.Ф.	
ПОИСК СРЕДСТВ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ	
ГИПОКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ	237
Стратиенко Е.Н.	
ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМ	
И ПУТИ ИХ КОРРЕКЦИИ	239
Сулейманов С.Ш., Азизов А.П.	
ПИТАНИЕ САРИНСКОЙ СЕЛЬДИ ALOSA BRASCHNÍKOWII SARENSIS	
(MICHAILOWSKAJA) КАСПИЙСКОГО МОРЯ	242
Тимошенко Е.С., Чекин Г.В.	
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ	
ВОДОРАСТВОРИМОЙ И ОБМЕННОЙ ФОРМЫ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЯНЫХ	
ЗАЛЕЖАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	245
Тихомирова Л.И.	
МОРФОГЕНЕЗ И РЕГЕНЕРАЦИЯ В КУЛЬТУРЕ ОСИ СОЦВЕТИЯ IRIS. HYBRIDA HORT.	247
Ткаченко А.Н., Середин А.А.	
ИЗМЕНЧИВОСТЬ РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНОВ У ПОТОМСТВА ПЛЮСОВЫХ	
ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PINUS SYLVESTRIS L.) В УСЛОВИЯХ	
ВЕРХНЕДНЕПРОВСКОГО ЛЕСОСЕМЕННОГО РАЙОНА	252
Хлопяников А.М., Наумкин А.В., Стебаков В.А., Наумкин В.Н., Наумкина Л.А.	
АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ	
БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	256
Хлопяников А.М., Крюков А.Н., Ибадуллаев К.Б.	50
УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ	
ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ	261
<i>Шапурко А.В.</i>	01
ПЕРВОЦВЕТ ОБЫКНОВЕННЫЙ (PRIMULA VULGARIS HUDS.	
(PRIMULACEAE) В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	263
, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	

# **CONTENTS**

Budekhin A.P.  KLEIN'S PARADOX AND RELATED NATURAL PHENOMENA	0
Elovikova I.A.	9
LAWS OF THE LATTICES OF $\Omega$ -KANONICAL FORMATIONS	12
Yerokhin V.V.	
METHOD OF THE SOLUTION OF THE OPTIMISING TASK WITH THE DISCRETE AND CONTINUOUS VARIABLES	16
Konnachova M.A. Guichankova I. Vinnuchina M. Lovshankova I.	
ON SUBGROUP FUNCTORS AND ON CLASS A FINITE GROUP	19
Luchin M.Y. ON DIOPHANTINE APPROXIMATIONS OF SOME LOGARITHMS	22
Martynov N. P., Kulesh E.E., Misnik M.V.	22
ABOUT METHODS OF THE PROOF OF CONVERGENCE OF THE RANKS REPRESENTING	
SOLUTIONS OF THE DIFFERENTIAL EQUATIONS IN PRIVATE DERIVATIVES	29
Okhlupina O.V. SYNTHESIS OF ONE THEOREM OF VALIRON ON THE CASE	
OF SUBHARMONIC FUNCTIONS	35
Perelman N.R., Rasulov K.M.	
THREE-ELEMENT ONE-SIDED BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR	
ANALYTIC FUNCTIONS WITH A REVERSE SHIFT OF CARLEMAN IN EXCEPTIONAL CASE	44
TO RESEARCH OF FINAL GROUPS	52
Rodikova E.G.	
ON COEFFICIENT MULTIPLIERS IN ONE WEIGHTED SPACE	61
OF ANALYTIC FUNCTIONS IN A DISC	61
«WAVE» SOLUTION BY THE PROBLEM	
OF ISOELECTRIC FOCUSING IN "ANOMALOUS" REGIMEN	69
Sorokina M.M., Korpacheva M.A. CRITICAL Ω-FOLIATED T-CLOSED FORMATIONS OF FINITE GROUPS	7.0
Shamoyan F.A., Rodikova E.G.	/6
$L^p$ -ESTIMATES IN THE CLASS OF ANALYTIC FUNCTIONS IN THE DISC	
WITH RESTRICTIONS ON THE NEVANLINNA CHARACTERISTIC	80
NATURAL SCIENCES	
Averinova E A.	0.7
CALCIPHYTIC VEGETATION OF THE NATURE RESERVE DIVNOGORYE (VORONEZH REGION)  Averinova E.A., Ivenkova I.M.	87
THE STEPPE FRINGE COMMUNITIES OF THE PRIOKSKO-TERRASNY	
NATURE RESERVE (MOSCOW REGION)	89
Averkieva I.Y.  ANALYSIS OF THE TRANSFORMATION OF FOREST ECOSYSTEMS OF MOSCOW	
REGION DUE TO THE IMPACT TECHOGENIC EMISSION NITROGEN OXIDES	
IS BASED ON THE EVALUTION OF SCORES	93
Anishchenko L.N.	
THE PHYTOTSENOTICHESKY VARIETY, EFFICIENCY AND BIOINDICATOR VALUE OF COMMUNITIES MAKROFITNOJ OF VEGETATION OF WATER OBJECTS OF POOL	
OF THE RIVER OF DESNA AND IPUTH (WITHIN BRYANSK AREA)	98
Akhromeev L.M., Kuznetsov S.V., Tokman L.V., Sharapaev I.V.	
HYDROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE RESERVOIRS OF THE NORTHEAST OF THE BRYANSK PROVINCE	102
Akhromeev L.M., Sharapaev I.V.	102
RESERVOIRS OF THE NORTHEAST OF THE BRYANSK PROVINCE	
AND THEIR RECREATIONAL USE	105
Bashina S.I., Zayceva E.V., Romanova T.A.  TO THE PROBLEM OFFAGE MORPHOLOGY OF PIG SPLEEN	
IN POSTNATAL ONTOGENESIS	111
Bulokhov A.D., Radygina V.I.	
COMMUNITIES WITH CAREX BRIZOIDES L. ON EAST LIMIT OF THE AREA	113
Bulokhov A.D., Silchenko I.I., Semenishchenkov Yu.A.  NEW ASSOCIATION OF THE INUNDATED BROAD-LEAVED WOODS	
IN THE SOUTH WESTERN NON-BLACK EARTH REGION RUSSIA	116
Vasilenko A.I.	
THE USE OF SODIUM NUKLEINAT TO IMPROVE EFFICIENCY OF SPECIFIC DISEASE PREVENTION OF HENS	110
TREVENTION OF HEND	119

Содержание 7

Velichkin E.M.	
ABOUT THE DISTRIBUTION OF VISCUM ALBUM L (LORANTHACEAE) IN BRYANSK REGION	123
Vorochay U.A.	
NUMBERS AND PRODUCTION OF PRIBREZHNO-WATER AND WATER VEGETATION OF WATER BASINS OF BRYANSK AREA	125
Geger E.V.	120
PREVALENCE OF DISEASE AUTOIMMUNE THYROIDITIS AT THE POPULATION	
OF BRYANSK AREA LIVING IN TERRITORIES WITH VARIOUS DENSITY	100
OF RADIOACTIVE POLLUTION	133
Grishin S.Y., Zayakin V.V.	
IMPACT OF ANNEALING TEMPERATURE AND SEQUENCE FOR PRIMERS OF RAPD AND ISSR ON THE RESULTS PCR ANALYSIS DNA OF LUPINUS ANGUSTIFOLIUS	135
Demikhov V.T., Chuchin D.I.	
TENDENCIES OF CHANGE OF THE INTRA ANNUAL DRAIN OF THE DESNA RIVER IN COMMUNICATION WITH MODERN CLIMATE CHANGES	126
OF THE BRYANSK REGION	139
Katunina N.P., Gneushev I.M., Parfenov E.A. EXPERIMENTAL STUDY OF THE ANTIHYPOXIC ACTIVITY	
OF NEW PHYSIOLOGICALLY COMPATIBLE ANTIOXDANTS ON THE MODELS	
OF ACUTE HYPOXIA WITH HYPERCAPNIA	140
Klyuyev Yu.A.	142
PHYTOSOCIOLOGICAL ANALYSIS TSENOFLOR SINTAKSONOV	
KLENTNYASKY'S WOOD VEGETATION OF POLESYE	145
Kononov A.S., Shugayev A.V.	1 10
INFLUENCE OF BIOLOGICAL PRODUCTS, MOLYBDENUM, PINE FOREST AND AMBER	
ACIDS ON PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF LYUPINO-YACHMENNYH AND	
SOY AND BARLEY AGROTSENOZOV	148
Kononov A.S., Shkotova O.N.	
INFLUENCE OF AMMONIAC NITROGEN ON EFFICIENCY OF THE PHYSIOLOGICAL	
PROCESSES IN ONE-SPECIFIC AND BEAN AND CEREAL THE AGROTSENOZAKH	151
Kostyukov E.E., Zayakin V. V., Nam I.Ya.	
INDUCTION THE ADVENTIVNYKH OF BULBS ON SHEET AND BULBOUS	
THE EKSPLANTAKH OF THE RARE AND PROTECTED PLANT OF LILIUM MARTAGON L	157
Kosyanchuk V.P.	
PHYSIOLOGICAL BASIS OF HIGH PRODUCTIVITY OF POTATO	160
Krapivin E.V. Vasilenko A.I.	
INFLUENCE OF TIME AND NUKLEINAT SODIUM DOSAGE	1.63
AT IMMUNIZATION ON GEMOGRAMMA OF YOUNG GROWTH OF LAYING HENS	163
Kuzmenko A.A. CLASSIFICATION AND ORDINATION OF COMMUNITIES PSAMMOFITOV	
OF ENTRE RIOS GABYA-DESNA (WITHIN THE BRYANSK REGION)	167
Kunitsa M.N.	107
RELATIONS BETWEEN NATURE AND SETTLEMENT IN THE REGION:	
PROCESSIS AND FUNCTIONS	171
Lobanov V.N., Rastjagaev V.I., Sukhov S.S.	1 / 1
INFLUENCE TRACKED VEHICLE RESCUE EQUIPMENT ON THE FORMATION	
OF THE PROPERTIES OF SOFT SOIL AND GROUND	174
Lyubimov V. B.	
EXPERIENCE OF RESETTLEMENT OF PLANTS IN THE RIGID FOREST VEGETATION	
CONDITIONS OF THE PENINSULA OF MANGYSHLAK AND SOUTHERN REGIONS OF RUSSIA	178
Melnikov I.V., Melnikov E.V.	
PROSPECTS OF BROAD INTRODUCTION IN CULTURE OF REPRESENTATIVES OF ROSACEAE JUSS.	
FAMILY FOR THE PURPOSE OF DENDROFLORA'S ENRICHMENT OF THE BRYANSK REGION	181
Mokroguzova V.N.	
RESOURCE SPECIES OF FLORA OF HERBS AND THEIR ECOLOGICAL	
QUALITY IN BRYANSK POLESYE	184
Mu-Za-Chin V.V.	
BLACK FALSE HELLEBORE – VERATRUM NIGRUM L. (MELANTHIACEAE)	100
IN BRYANSK REGION	188
Mytnitskaya Yu.F., Nemtsov E.V., Evdokimenko S.N., Zayakin V.V., Nam I.Ya TRANSFER OF THE VIRUS OF BUSHY DWARFISM OF RASPBERRY AT	
SEED AND VEGETATIVE REPRODUCTION	101
Nam I.Y., Kozlov A.L., Erohov N.Y., Titova O.V., Malovastij K.S.	191
THE "BIOSTARTER": EFFICIENT BIOTECHNOLOGICAL PRODUCT	
FOR YOUNGSTOCK FEEDING	195
	ェノン

Nemova I.S.	
DNA- FRAGMENTS FIM A, HLY A,B,C, И РАР С DETERMINATION,	
USED FOR REVEALING OF ADHESINS, HAEMOLYSINS, MANNOSE-RESISTANT	
HEMAGGLUTININS AT GENITAL STRAINS ESCHERICHIA COLI, EXARTICULATED	
AT THE WOMEN WITH REPRODUCTIVE TRACT'S INFLAMMATORY DISEASES	200
Panasenko N.N., Anischenko L.N., Romanova Ju.N.	
WOLFFIA ARRHIZA HORKEL EX WIMM. IN BRYANSK REGION	203
Petrak V.Yu., Ponasenko D.V., Melnikov I.V.	
INCREASE OF ECOLOGICAL EFFICIENCY ARTIFICIAL FITOTSENOZOV AND DENDROFLORA'S	
ENRICHMENT WHEN USING THE ECOLOGICAL METHOD OF THE INTRODUCTION	205
Rozhkova T.A.	
INFLUENCE OF TECHNOGENIC PRESSURE ON THE CONDITION	
WARM AND VASCULAR SYSTEM OF YOUTH (VOLGOGRAD REGION)	208
Selyutin V.S.	
CREATION OF UNIFORM RANKS OF DATA OF THE MAIN	
METEOROLOGICAL SIZES FOR THE TERRITORY OF THE BRYANSK REGION	213
Selyutin V.S.	
THE ANALYSIS OF CHANGES OF THE MODE OF HUMIDITY OF AIR IN THE TERRITORY	
THE BRYANSK REGION DURING INTENSIVE GLOBAL WARMING	219
Serdyukov K.A., Romanov T.A., Buchukina O.S., Zdorovinin B.A.	
SEASONAL FEATURES OF THE POST-INCUBATORY MORPHOGENESIS	
TIMUSA OF BROILERS OF CROSS-COUNTRY OF "CMEHA-7"	223
Skovorodnikov D.N., Ozerovsky A.V., Leonova N.V., Varavka A.A.	-
INFLUENCE OF PLANTS GROWTH REGULATORS ON ORGANOGENESIS	
OF STRAWBERRY IN VITRO	228
Slyunchenko R.A.	
NATURAL AND RECREATIONAL POTENTIAL OF THE VALLEY OF THE DESNA RIVER	
AND IT VALUES FOR TOURISM AND RECREATION DEVELOPMENT IN THE REGION	230
Sokolova T.A., Suschko K.S.	=50
SYNTAXONS OF NATURAL FOREST VEGETATION COMMUNITES	
OF KAZANSKO-VESCHENSKOGO SANDY ARRAY	233
Stolyarov V.A., Teltsov L.P.	233
PATTERNS OF DEVELOPMENT OF MUSCLE AND NERVOUS TISSUES	
OF SMALL INTESTINE OF CATTLE DURING EARLY ONTOGENESIS	235
Stratienko E.N., Petuhova N.F.	233
FINDING FUNDS PHARMACOLOGICAL CORRECTION OF HYPOXIC CONDITIONS	237
Stratienko E.N.	231
THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE BODY	
AND THE WAYS OF THEIR CORRECTION	239
Suleymanov S.Sh., Azizov A.P.	237
NUTRITION OF SARA HERRING ALOSA BRASCHNIKOWII SARENSIS	
(MICHAILOWSKAJA) OF THE CASPIAN SEA	242
Timoshenko E.S. Chekin G.V.	272
FEATURES OF DISTRIBUTION OF THE RELATIVE MAINTENANCE	
OF MACROELEMENTS IN PEAT DEPOSITS OF WATER-SOLUBLE AND	
EXCHANGE FORM OF THE BRYANSK REGION	245
Tikhomirov L.I.	273
MORPHOGENESIS AND REGENERATION IN CULTURE OF THE AXIS	
OF THE INFLORESCENCE OF IRIS. HYBRIDA HORT.	247
Tkachenko A.N., Seredin A.A.	247
VARIABILITY OF REPRODUCTIVE ORGANS OF SCOTCH PINE (PINUS SYLVESTRIS L.)	
PLUS TREES BREED UNDER CONDITIONS OF VERKHNEDNEPROVSKIY	
FOREST SEED AREAFOREST SEED AREA	252
Khlopyanikov A.M., Stebakov V.A., Naumkin A.V., Naumkin V.N., Naumkina L.A.	232
AGROTECHENICAL AND ECOLOGICALLY-ECONOMICAL BASES OF AGRICULTURAL	
BIOLOGIZATIONBIOLOGIZATION	256
	230
Khlopyanikov A.M., Krukov A.N., Ibadulaev K.B. PRODUCTIVITY OF GRAIN OF CORN DEPENDING ON RECEPTIONS	
OF THE MAIN PROCESSING OF THE SOIL OF MEANS OF CHEMICALIXATION	261
	201
Shapurko A.V.  PRIMROSE (PRIMLII A VIII GARIS HUDS (PRIMLII ACEAE) IN BRYANSK REGION	263

### ФИЗИКА, МАТЕМАТИКА

### УДК 530.01

## ПАРАДОКС КЛЕЙНА И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ

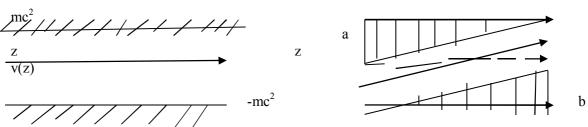
### А. П. Будехин

В статье рассмотрены некоторые явления, вытекающие, по мнению автора, из парадокса Клейна: электромагнитное происхождение гравитации; механизм подпитки массивных звёзд дополнительной энергией из вакуума; эффект самовозгорания человека; наличие параллельного мира.

**Ключевые слова:** электромагнитное взаимодействие, электрон- позитронный вакуум, виртуальный позитрон, гравитационное взаимодействие, классический радиус, энергия звёзд, самовозгорание человека, параллельный мир.

Как известно, [1] парадокс Клейна заключается в следующем:

Под действием постоянного и однородного электрического поля движение заряженной частицы инфинитно в любом направлении. В следствии чего в электрическом поле не может быть строгого разделения состояний на электронные E=mc² и позитронные E=-mc² Так как происходит поворот запретной энергетической зоны, которая разделяет верхний и нижний континуумы, соответствующие электронным и позитронным областям



Если движение частицы происходит по оси z вдоль электрического поля E, то границей верхнего континуума станет линия  $E=mc^2-eEz$ , а границей нижнего континуума –линия  $-mc^2-eEz$ , где eEz- потенциал энергии частицы.

Поворот запретной энергетической зоны, которая разделяет верхний и нижний континуумы, означает, что эти две области оказываются пространственно разделёнными. Например, если энергия электрона равна E=E0, то при z≤ а состояние будет электронным, а при z≥b - дпозитронным.

Следовательно, в электрическом поле не может быть строгого деления состояний на электронные и позитронные, то есть частица из области  $x \le a$  может переходить в область  $x \ge b$  благодаря туннельному эффекту и обратно.

Таким образом. существует вероятность перехода позитронов из позитронного вакуума в реальный мир, что приведёт к ряду наблюдаемых эффектов.

По мнению автора к этим эффектам можно отнести:

- 1) наличие силы притяжения между одноименными заряженными частицами, причём эти силы по порядку величины сопоставимы с гравитационными силами, действующими между этими частицами, что позволяет предположить электромагнитное происхождение гравитационных сил.
- 2) наличие огромных полей, как гравитационных, так и электрических у звёзд может привести к вынужденному переходу античастиц из вакуума с последующей аннигиляцией этих частиц с частицами звезды, что может послужить источником энергии звёзд. При этом звезда будет являться, как говорил Козырев Н.А., «машиной, вырабатывающей энергию». [2]
- 3) из-за перехода виртуальных частиц из вакуума в реальный мир, в вакууме образуются незаполненные уровни энергии (то есть дырки). Так как каждая заряженная частица нашего мира окружена виртуальными частицами, то каждому элементу нашего мира соответствует набор «дырок» в вакууме, то есть в электрон-позитронном вакууме существует «негатив» нашего мира.

Рассмотрим более подробно каждый из перечисленных пунктов:

### 1.Сила притяжения между зарядами одного знака.

В предыдущей статье [3], исходя из модели электрон-позитронного вакуума в толковании Р. Феймана, оценена сила взаимодействия облака виртуальных позитронов, перешедших из вакуума под действием поля заряженной частицы, с другой заряженной частицей. Данная сила является силой притяжения и, как показывают оценочные расчеты, для большинства элементарных частиц, обладающих электрическим зарядом, эта сила по порядку величины сравнима с силой гравитационного притяжения между частицами. Исходя из этой оценки, было высказано предположение, что гравитационное взаимодействие является квантовым эффектом электромагнитного взаимодействия.

В ходе обсуждения статьи [3] с коллегами, ими были высказаны несколько принципиальных возражений по поводу некоторых положений данной статьи. Поэтому здесь делается попытка уточнения некоторых спорных положений, направленная на согласование позиции автора и его оппонентов.

Рассмотрим уравнение Дирака для свободного электрона

$$(\gamma_{\mu}\frac{\partial}{\partial x_{\mu}}+m)\varphi=0$$

Здесь  $\varphi(r,t)$  – волновая функция электрона;  $\alpha$  и  $\beta$  - четырёхрядные матрицы Дирака:

$$lpha=egin{pmatrix} 0 & \sigma \\ \sigma & 0 \end{pmatrix}$$
  $eta=egin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$  Как известно [1], общее решение данного уравнения можно разделить на решение с положи-

Как известно [1], общее решение данного уравнения можно разделить на решение с положительными и отрицательными частотами:  $\varphi(r;t) = \varphi^+(r;t) + \varphi^-(r;t)$ 

Такое разделение является релятивистски инвариантным, так как при собственном преобразовании Лоренца знак частоты не меняется и наименьшая положительная частота равняется m  $c^2$  a наибольшая отрицательная частота равна –m  $c^2$ , то есть области частот разных знаков разделены конечным интервалом  $2 \text{m } c^2$  (рис.), а собственные преобразования Лоренца определяются только непрерывными параметрами.

Из-за соответствия различным собственным значениям самосопряженного оператора Н эти решения ортогональны. Существование решений уравнений Дирака двух типов с положительными и отрицательными частотами имеет фундаментальное значение. Оно приводит к выводу, что в релятивистской квантовой механике невозможно сохранить обычную интерпретацию нерелятивистской квантовой механики, так как согласно обычной интерпретации собственных значений гамильтониана, это означало бы существование у свободного электрона состояний с отрицательной энергией, то есть отсутствие наинизшего энергетического состояния. Отсюда бы следовало, что при взаимодействии с другими частицами, электрон мог бы неограниченно отдавать свою энергию, переходя во всё более низкие энергетические состояния, что физически бессмысленно.

Для того чтобы избежать таких переходов, П. Дирак предложил считать все уровни с отрицательной энергией заполненными электронами, благодаря чему электроны с положительной энергией не смогут переходить в обычных условиях на эти уровни. Резервуар состояний с отрицательной энергией получил название электрон-позитронный вакуум. Электроны в этом состоянии не наблюдаемы.

Иная интерпретация состояний с отрицательной энергией была предложена Р. Фейнманом [4]. Основная идея его состоит в том, что состояния с отрицательной энергией рассматриваются как состояния, в которых движение электронов носит возвратный характер во времени в классическом уравнении движения.

Изменение направления собственного времени S эквивалентно изменению знака заряда частицы, так что движущийся обратно во времени электрон подобен позитрону, движущемуся в обычном направлении.

В данной работе используется фейнмановская версия вакуума, в которой два континуума — верхний с положительной энергией ( $E = mc^2$ ) и нижний с отрицательной энергией ( $E = -mc^2$ ) разделены потенциальным барьером.

Причем, остаётся в силе гипотеза Дирака, что все уровни с отрицательными энергиями являются заполненными. Это условие аналогично утверждению, что в вакууме имеет место квантование частиц, в следствии чего они располагаются по уровням. То есть вакуум налагает некоторые условия (воздействия) на находящиеся в нём позитроны. Аналогично, например, тому как квантуются частицы, находящиеся в потенциальной яме или частицы, находящиеся в связанном состоянии вблизи другой частицы.

За счёт эффекта Клейна время от времени позитроны из нижнего континуума под воздействием электрического поля одного электрона переходят в верхний. Таким образом, реальный электрон оказывается, окружен облаком из позитронов. Это приводит к изменению заряда электрона е0=> еэф, то есть фактически получается некоторый эффективный заряд еэф отличающийся от затравочного заряда электрона е0.

Посредством еэф электрон взаимодействует с остальными заряженными частицами. В тоже время в вакууме образуется «дырка», соответствующая позитрону, перешедшему в облако, окружающее электрон. Эта дырка притягивается позитроном другого электрона, что создаёт силу притяжения между электронами. Так как «дырка» в вакууме существует не постоянно, а очень малое время, то через некоторый промежуток на её место вернётся позитрон из облака. Но этот позитрон может притянутся к «дырке», образованной в вакууме около другого электрона, что будет создавать силы притяжения между двумя электронами. Таким образом, сила притяжения обусловлена взаимодействием «дырок» (образовавшихся в вакууме из-за перехода позитронов в результате эффекта Клейна в облако вблизи электрон) с позитронами вакуума другого электрона. Фактически в данной модели нет свободного электрона, а есть комплекс «электрон+позитронное облако+ дырка в вакууме». И этот

комплекс взаимодействует с другим аналогичным комплексом.

В статье [3] оценён порядок этой силы.

Было получено для всех частиц, кроме электрона, облако позитронов, располагающегося вблизи классических радиусов этих частиц, создаёт силу притяжения между одноимёнными частицами, равную гравитационной силе притяжения.

Так как данные вычисления производились, исходя из предположения однородности электрического поля на некотором малом расстоянии вблизи частиц, и при этом получились относительно близкие результаты по г для различных частиц (то есть, облако позитронов лежит в пределах от  $10^{-18}$  до  $10^{-19}$  м. для большинства частиц), то отсюда можно сделать следующие выводы:

- а) предположение об однородности Е на малых расстояниях оправдано для более тяжелых частиц;
- б) равенство порядков значений сил, обусловленных облаком позитронов, порядку гравитационных сил, позволяет предположить, что гравитационное взаимодействие является квантовым эффектом электромагнитных взаимодействий.

### Звездная энергия

Для простоты выкладок рассмотрим сферически симметричное гравитационное поле в пустоте. Оно описывается метрикой Шварцшильда. Интервал в этой метрике имеет вид:

$$d_1 s^2 = \left(1 - \frac{r_g}{r}\right) c^2 dt^2 - \frac{dr^2}{\left(1 - \frac{r_g}{r}\right)^2} - r^2 \left(\sin^2 dQ d4 + dQ^2\right)$$

где  $r_g = rac{2G_m}{c^2}$  - так называемый гравитационный радиус тела массой m.

Здесь g00 - компонента метрического тензора, равная

$$g_{00} = \left(1 - \frac{r_g}{r}\right)^2$$

что соответствует

$$\gamma_0 = \left(1 - \frac{r_g}{r}\right) \gamma_0$$

так как  $2g_{\mu\nu}=\gamma_{\mu}\gamma_{\nu}+\gamma_{\nu}\gamma_{\mu}$  где  $\gamma_{\mu\nu}$  - матрица Дирака

Выражение «А» для гравитационного поля аналогично выражению

для электромагнитного поля. $\gamma_{i_0} = (1 - eA)\gamma_0$ 

Следовательно, уравнение частицы, находящейся в сферически симметричном гравитационном поле по внешнему виду аналогично уравнению Дирака для электрона в электромагнитном поле. Поэтому, исходя, из аналогии, можно предположить, что и в этом случае возможен эффект, подобный эффекту Клейна: под действием гравитационного поля античастицы из вакуума благодаря туннельному эффекту будут проникать в область звезды. Если величина гравитационного поля звезды достаточно большая, античастицы не будут возвращаться назад в вакуум, а будут аннигилировать, взаимодействуя с частицами звезды. Таким образом, звезда с достаточно большой массой будет «перекачивать» античастицы из вакуума, получая тем самым дополнительную энергию. То есть, являясь «машиной по вырабатыванию энергии».

Астроном Козырев Н.А. обратил внимание на несостоятельность объяснения звёздной энергии термонуклиарными реакциями Бетэ и показал, что должны существовать «некоторые специальные физические условия», благодаря которым «звезда может производить столько энергии, сколько требуется на покрытие расхода энергии звезды на излучение». [2]

Козырев для решения проблемы энергии звёзд предложил довольно экзотический механизм, заключающийся в превращении времени в энергию. По видимому, «перекачка» античастиц из вакуума массивной звездой выглядит более реалистичной и физически обоснованной.

Одним из примеров, говорящих в пользу данной модели, могут послужить реально наблюдавшиеся примеры самовозгорания людей. То есть случаи возгорания людей без видимых причин и наличия огня, приводящие к полному или частичному сгоранию человека. Явление, которое до сих пор никому не удалось объяснить, так как в крематориях кости человека не сгорают, а в данных случаях даже от костей остаётся только пепел, что можно объяснить аннигиляцией, при которой выделяется огромная энергия и высокая температура. То есть эффект самовозгорания можно рассматривать как переход античастиц из вакуума с последующей аннигиляцией. Механизмом, приводящим в дей-

ствие этот процесс может послужить резкий скачёк электромагнитного поля и хоть и маленькая, но отличная от нуля вероятность перехода античастиц из вакуума в реальный мир.

### Параллельный мир

Негативная копия нашего мира, существующая в позитронном вакууме, может рассматриваться как параллельный мир. Так как мир с отрицательной энергией имеет возвратный по времени характер развития, то все процессы в нём идут в обратном по времени порядке. Отсюда можно предположить, что негативное отражение мира в вакууме развивается в обратном по времени порядке для каждого субъекта реального мира.

Взаимосвязью реального мира с электрон-позитронным вакуумом можно объяснить такие явления как получение информации из будущего или прошлого.

Electromagnetic origin of the gravitation and the mechanism of nourish of the massive stars by additional energy from vacuum and also the effects of self-warming of the men; and the available of the parallel worlds.

**The key words:** eelectromagnetic interference, electron-positron vacuum, virtual positron, gravitational interaction, energy of stars, self-warming of the men, parallel worlds

### Список литературы

- 1. А.П.Ахиезер «Квантовая электродинамика».М.Наука.1981 г. 430 стр.
- 2. Н.А. Козырев «Избранные труды» . Издательство Ленинградского Университета 1991 г.
- 3. А.П. Будехин «Электромагнитное поле и гравитация» .Вестник БГУ том 4, 2011 г.
- 4. Р. Фейнман «Квантовая электродинамика». URSS Москва 2009 г. 218 стр.

### Об авторе

Будехин А.П. — преподаватель Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петроского, dodzo@yandex.ru.

### УДК 512.542

### О ТОЖДЕСТВАХ РЕШЁТОК Ω-КАНОНИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

### Ю.А. Еловикова

Исследуются решетка  $\Omega K_n$  всех n-кратно  $\Omega$ -канонических формаций конечных групп. Доказано совпадение систем тождеств решеток  $\Omega K_n$  и  $\Omega K_m$  для любого бесконечного множества простых групп  $\Omega$  и любых целых неотрицательных n и m.

**Ключевые слова:** конечная группа, формация, решетка, n-кратно  $\Omega$ -каноническая формация, тождество решетки.

В рамках функционального подхода к заданию формаций конечных групп в работах В.А. Ведерникова и М.М. Сорокиной (1999 г.) было введено понятие  $\Omega$ -расслоенных формаций с различными направлениями. Оно позволило ввести в рассмотрение бесконечное множество новых типов формаций, каждый из которых характеризуется определенным направлением  $\varphi$ . Частным случаем  $\Omega$ -расслоенных формаций являются композиционные формации, играющие важную роль при изучении конечных неразрешимых групп.

Через  $\Omega$  обозначается непустой подкласс класса I всех конечных простых групп, а направление формации определяется как отображение  $\varphi$  класса I во множество всех непустых формаций Фиттинга. В частности, в работах [1, 2] были определены канонические (K-формации) и  $\Omega$ -канонические ( $\Omega K$ -формации), имеющие направление  $\varphi$  (A)= $G_A$   $G_A$  при всех A E.

Рассматривая операции пересечения и формационного объединения, на множествах формаций можно задать структуру решётки. В [3] исследуется полная решетка  $l_n^{\ \tau}$  всех n-кратно локальных  $\tau$ -замкнутых формаций. В частности, А.Н. Скиба доказал совпадение систем тождеств у решеток  $l_n^{\ \tau}$  и  $l_m^{\ \tau}$  при различных n и m.

Множества  $\Omega K_n$  и  $K_n$  соответственно всех n-кратно  $\Omega$ -канонических и n-кратно канонических формаций также образуют полные решетки формаций [4]. Ряд работ автора [4-7] посвящен разработ-ке специального аппарата для применения методов общей теории решеток при изучении n-кратно  $\Omega$ -расслоенных и, в частности,  $\Omega K_n$ - и  $K_n$ -формаций. Основной результат данной работы — доказательство совпадения систем тождеств решеток  $\Omega K_n$  и  $\Omega K_m$  для любого бесконечного множества простых групп  $\Omega$  и любых целых неотрицательных n и m.

Все группы предполагаются конечными. Через G обозначают класс всех конечных групп. Необходимые определения и обозначения можно найти в [1-3]. В частности, функция f:

 $\Omega \cup \{\Omega'\} \to \{$ формации групп $\}$ , принимающая одинаковые значения на изоморфных группах из  $\Omega$ , называется  $\Omega$ -формационной функцией или, коротко,  $\Omega F$ -функцией. Функция  $\phi: I \to \{$ непустые формации Фиттинга $\}$ , принимающая одинаковые значения на изоморфных группах из I, называется формационно-радикальной функцией или, коротко, FR-функцией. Согласно [1], формация F называется  $\Omega$ -расслоенной с направлением  $\phi$ , если

 $F=\Omega F(f,\varphi)=(G \in G \mid G/O_{\Omega}(G) \in f(\Omega'))$  и  $G/G_{\varphi(A)} \in f(A)$  для всех  $A \in \Omega \cap K(G)$ ,

где f и  $\phi$  — некоторые  $\Omega F$ -функция и FR -функция соответственно. Функцию f называют  $\Omega$ -спутником формации F. В частности, если  $\phi$  — направление  $\Omega$ -канонической формации, получим  $\Omega$ -каноническую формацию вида

 $F = \Omega KF(f) = (G \cdot G) G/O_{\Omega}(G) \in f(\Omega')$  и  $G/O_{A',A}(G) \in f(A)$  для всех  $A \cdot \Omega \cap K(G)$ ).

Пусть  $\theta$  — полная решетка формаций. Будем называть  $\Omega$ -формационную функцию  $\theta$ -значной или, коротко,  $\Omega\theta$ -функцией, если все ее значения принадлежат  $\theta$ . Через  $\Omega F^{\varphi}\theta$  обозначим множество всех  $\Omega$ -расслоенных формаций с направлением  $\varphi$ , обладающих хотя бы одним  $\Omega\theta$ -спутником (в этом случае для  $\Omega$ -канонических формаций используем обозначение  $\Omega K\theta$ ). Обозначим также  $\Omega F\theta(X, \varphi) = \Omega F^{\varphi}\theta form(X)$ , и, в сокращенном виде,  $\Omega K\theta F(X)$ , если  $\varphi$  — направление  $\Omega$ -канонической формации. Множество всех  $\Omega$ -расслоенных формаций с направлением  $\varphi$  обозначим через  $\Omega F^{\varphi}$  ( $\Omega K$  — для множества всех  $\Omega$ -канонических формаций).

Как показано в [4],  $\Omega F^{\varphi}$  образует полную решетку формаций. Всякую формацию считают 0-кратно  $\Omega F^{\varphi}$ -формацией. Формацию F называют n-кратно  $\Omega F^{\varphi}$ -формацией для некоторого натурального n, если она обладает  $\Omega$  -спутником, все непустые значения которого являются (n-1)-кратно  $\Omega F^{\varphi}$ -формациями. Обозначим  $\Omega F_n^{\varphi}$  – множество всех n-кратно  $\Omega$ -расслоенных формаций с направлением  $\varphi$ . Если X – некоторый непустой класс групп, то  $\Omega F_n(X, \varphi) = \Omega F_n^{\varphi} form(X)$  – пересечение всех формаций из  $\Omega F_n^{\varphi}$ , содержащих X. Аналогично для  $\Omega$ -канонических формаций используются обозначения  $\Omega K_n$ ,  $\Omega K_n F(X)$ .

**Лемма 1** ([4], лемма 1). Пусть X — непустой класс групп,  $\theta$  — полная решетка формаций и  $F=\Omega K\theta F(X)$ . Тогда F обладает единственным минимальным  $\Omega\theta$ -спутником f таким, что  $f(\Omega')=\theta form$   $\left(G\big/O_{\Omega}\left(G\right)\Big|G\in X\right), f(A)=\theta form\left(G\big/O_{A',A}\left(G\right)\Big|G\in X\right)$  для всех  $A\in \Omega\cap K(X), f(A)=\emptyset$ , если  $A\in \Omega\setminus K(X)$ .

Выбирая в лемме 1  $\theta = \Omega K_{n-1}$ , получим

Следствие 1.1 ([4], следствие 1). Пусть X — непустой класс групп,  $F=\Omega K_n F(X)$ . Тогда F обладает единственным минимальным  $\Omega K_{n-l}$ -спутником f таким, что  $f(\Omega')=\Omega K_{n-l} F\left(G\big/O_{\Omega}\left(G\right)\big|G\in X\right)$ ,  $f(A)=\Omega K_{n-l} F\left(G\big/O_{A',A}\left(G\right)\big|G\in X\right)$  для всех  $A\in \Omega\cap K(X)$ ,  $f(A)=\emptyset$ , если  $A\in \Omega\backslash K(X)$ .

**Лемма.** ([7], лемма 1). Пусть  $F = \Omega K_n F(X)$ , где X – непустой класс групп,  $n \ge 1$ . Если f – минимальный  $\Omega K_{n-1}$ -значный спутник F , то для любого  $\Omega K_{n-1}$ -значного спутника h формации F имеет место  $f(A) = \Omega K_{n-1} F(B \mid B \oplus \cap h(A), O_A(B) = 1)$  для всех  $A \in K(X) \cap \Omega$ .

**Лемма 3** ([8], лемма 3.2.1). Пусть  $\theta$  — полная решетка формаций,  $\varphi$  — направление  $\Omega$ -расслоенной формации,  $\varphi_0 \leq \varphi$ ,  $f_i$  — минимальный  $\Omega\theta$ -спутник  $\Omega$ -расслоенной с направлением  $\varphi$  формации  $F_i$ ,  $i \in I$ . Тогда  $\vee_{\theta} (f_i \mid i \in I)$  — минимальный  $\theta$ -значный  $\Omega$ -спутник формации  $F = \vee_{\Omega E^{\varphi_0}} (F_i \mid i \in I)$ .

Далее, для каждого терма  $\omega(x_1,...,x_s)$  сигнатуры  $\{\cap, \vee_{\Omega F^{\varphi_{\theta}}}\}$  будем обозначать через  $\overline{\omega}$   $(x_1,...,x_s)$  терм сигнатуры  $\{\cap, \vee_{\theta}\}$ , полученный из  $\omega$  заменой всех вхождений символа  $\vee_{\Omega F^{\varphi_{\theta}}}$  на символ  $\vee_{\theta}$ . В частности, при  $\theta$ = $\Omega K_{n-1}$ , сигнатуры термов, соответственно имеют вид  $\{\cap, \vee_{\Omega K_n}\}$  и  $\{\cap, \vee_{\Omega K_{n-1}}\}$ .

**Лемма 4** ([7], лемма 7). Пусть  $\theta - \Omega_{\phi}$ -индуктивная решетка формаций,  $\omega(x_1, ..., x_s)$  – терм сигнатуры  $\{\cap, \vee_{\theta}\}$ ,  $f_i$  – внутренний  $\Omega\theta$ -спутник  $\Omega$ -расслоенной с направлением  $\phi$  формации  $F_i$ , i=1,...,s. Тогда  $\omega(\mathsf{F}_1, ..., \mathsf{F}_s)$ = $\Omega F(\overline{\omega}(f_1, ..., f_s), \varphi)$ .

**Лемма 5** ([3], с 163). Пусть  $\theta$  − X-отделимая полная решетка формаций, M − такая ее подрешетка, которая со всякой своей формацией F содержит и все ее однопорожденные подформации вида  $\theta$  formA, где A ∈ X. Тогда тождество  $\omega_1$ = $\omega_2$  сигнатуры  $\{\cap, \vee_\theta\}$  истинно в M, если оно выполняется для всех однопорождённых  $\theta$ -формаций из M.

Пусть X — некоторый непустой класс групп. Полную решетку формаций  $\theta$  называют X- *отделимой* [3], если для любого терма  $\omega(x_1, x_2, ..., x_m)$  сигнатуры  $\{\cap, \vee_{\theta}\}$ , любых  $\theta$ -формаций  $F_1, F_2, ...$ 

**Теорема 1** ([6], теорема 1). Для любого целого неотрицательного n решетка  $\Omega K_n$  всех n-кратно  $\Omega$ -канонических формаций G-отделима.

**Теорема 2**. Для любого целого неотрицательного n всякое тождество, справедливое в решетке  $\Omega K_{n-1}$ , справедливо и в решетке  $\Omega K_n$ .

**Доказательство.** Пусть два тождества

$$\omega_1(x_{i_1}, \dots, x_{i_a}) = \omega_2(x_{j_1}, \dots, x_{j_b}),$$
 (1)

$$\overline{\omega_1}\left(x_{i_1},\ldots,x_{i_a}\right) = \overline{\omega_2}\left(x_{j_1},\ldots,x_{j_b}\right) \tag{2}$$

имеют сигнатуры  $\{\cap, \vee_{\Omega K_n}\}$  и  $\{\cap, \vee_{\Omega K_{n-1}}\}$  соответственно. Предположим, что тождество (2) выполняется в решетке  $\Omega K_{n-1}$ . Покажем, что (1) выполняется в решетке  $\Omega K_n$ .

Пусть  $\mathsf{F}_{i_1},\dots,\mathsf{F}_{i_a},\ \mathsf{F}_{j_1},\dots,\mathsf{F}_{j_b}$  – произвольные  $\Omega K_{n\text{-}l}$ -формации,  $f_{i_c},f_{j_d}$  – минимальные  $\Omega K_{n\text{-}l}$ -значные спутники формаций  $\mathsf{F}_{i_c},\ \mathsf{F}_{i_d},\ c=l,...,a;\ d=l,...,b.$  Тогда, по лемме 4,

$$\omega_1\left(\mathsf{F}_{i_1},\ldots,\mathsf{F}_{i_a}\right) = \Omega KF\left(\overline{\omega_1}\left(f_{i_1},\ldots,f_{i_a}\right)\right), \ \omega_2\left(\mathsf{F}_{j_1},\ldots,\mathsf{F}_{j_b}\right) = \Omega KF\left(\overline{\omega_2}\left(f_{j_1},\ldots,f_{j_b}\right)\right).$$

Для любой простой группы  $A \in \Omega$ , значения спутников имеют вид

$$\overline{\omega_1}\left(f_{i_1},\ldots,f_{i_a}\right)(A) = \overline{\omega_1}\left(f_{i_1}(A),\ldots,f_{i_b}(A)\right), \ \overline{\omega_2}\left(f_{j_1},\ldots,f_{j_b}\right)(A) = \overline{\omega_2}\left(f_{j_1}(A),\ldots,f_{j_b}(A)\right),$$

и, ввиду справедливости тождества (2) в решетке  $\Omega K_{n-l}$ , получаем равенство

$$\overline{\omega_1}(f_{i_1},\ldots,f_{i_a})(A) = \overline{\omega_2}(f_{j_1},\ldots,f_{j_b})(A)$$
.

Аналогично доказывается равенство

$$\overline{\omega_1}(f_{i_1},\ldots,f_{i_a})(\Omega') = \overline{\omega_2}(f_{j_1},\ldots,f_{j_b})(\Omega')$$
.

Таким образом, спутники формаций  $\omega_1(\mathsf{F}_{i_1},\dots,\mathsf{F}_{i_a})$  и  $\omega_2(\mathsf{F}_{j_1},\dots,\mathsf{F}_{j_b})$  совпадают, следовательно,  $\omega_1(\mathsf{F}_{i_1},\dots,\mathsf{F}_{i_a})=\omega_2(\mathsf{F}_{j_1},\dots,\mathsf{F}_{j_b})$  и тождество (1) выполняется в решетке  $\Omega K_n$ .

Теорема доказана.

**Теорема 3.** Пусть  $\Omega$  — бесконечное множество простых групп. Тогда для любого целого неотрицательного n, всякое тождество, справедливое в решетке  $\Omega K_n$ , справедливо и в решетке  $\Omega K_{n-1}$ .

Доказательство. Рассмотрим некоторое тождество

$$\omega_1(x_{i_1},...,x_{i_a}) = \omega_2(x_{j_1},...,x_{j_b})$$
 (3)

сигнатуры  $\{\cap, {}^{\bigvee_{\Omega K_n}}\}$ . Предположим, что тождество (3) выполняется в решетке  $\Omega K_n$ . Покажем, что в этом случае тождество

$$\overline{\omega_1}\left(x_{i_1},\ldots,x_{i_n}\right) = \overline{\omega_2}\left(x_{i_1},\ldots,x_{i_k}\right) \tag{4}$$

выполняется в решетке  $\Omega K_{n-l}$ . Ввиду леммы 5 и теоремы 1, для этого достаточно показать, что для произвольных однопорождённых формаций  $\mathsf{F}_{i_1},\dots,\mathsf{F}_{i_n}$ ,  $\mathsf{F}_{j_1},\dots,\mathsf{F}_{j_h}$  из  $\Omega K_{n-l}$  справедливо

$$\overline{\omega_1} \left( \mathsf{F}_{i_1}, \dots, \mathsf{F}_{i_a} \right) = \overline{\omega_2} \left( \mathsf{F}_{j_1}, \dots, \mathsf{F}_{j_b} \right) \tag{3}$$

Пусть  $\mathsf{F}_{i_c} = \Omega K_{n\text{-}l} F\left(A_{i_c}\right)$ ,  $\mathsf{F}_{j_d} = \Omega K_{n\text{-}l} F\left(A_{j_d}\right)$ ,  $c = l, ..., a; \ d = l, ..., b$ . Выберем группу  $P \in \Omega$  такую, что  $P \not\in K\left(A_{i_1}, \ldots, A_{i_a}, A_{j_1}, \ldots, A_{j_b}\right)$ и пусть  $B_{i_c} = P \sim A_{i_c}$ ,  $B_{j_d} = P \sim A_{j_d}$ . Формации  $\mathsf{M}_{i_c} = \Omega K_n F\left(B_{i_c}\right)$ ,  $\mathsf{M}_{j_d} = \Omega K_n F\left(B_{j_d}\right)$  принадлежат решетке  $\Omega K_n$ , следовательно, для них выполняется тождество (3):

$$M = \omega_1(M_{i_1},...,M_{i_a}) = \omega_2(M_{i_1},...,M_{i_a}) = H$$

Пусть  $f_{i_c}$ ,  $f_{j_d}$ , m и h — минимальные  $\Omega K_{n\text{-}l}$ -значные спутники формаций  $\mathsf{M}_{i_c}$ ,  $\mathsf{M}_{j_d}$ ,  $\mathsf{M}$  и  $\mathsf{H}$  соответственно, c=l,...,a; d=l,...,b. Покажем, что ,  $m(P)=\overline{\omega_1}\left(f_{i_1},\ldots,f_{i_a}\right)(P)$  и  $h(P)=\overline{\omega_2}\left(f_{j_1},\ldots,f_{j_b}\right)(P)$ .

Обозначим спутник  $s=\overline{\omega_1}\left(f_{i_1},\ldots,f_{i_a}\right)$ и докажем s(P)=m(P) индукцией по числу r вхождений символов из  $\{\cap,\vee_{\Omega K_{n-1}}\}$  в терм  $\overline{\omega_1}$  .

Пусть r=1. В случае  $M=M_k\vee_{\Omega K_n}M_t$ , по лемме 3,  $s=f_k\vee_{\Omega K_{n-1}}f_t$  — минимальный  $\Omega K_{n-1}$ -значный спутник формации M. Ввиду единственности минимального спутника (лемма 1), s=m и s(P)=m(P).

В случае  $M=M_k\cap M_t$  имеем  $s=f_k\cap f_t$ . По лемме 2,  $m(P)=\Omega K_{n-1}F(H\mid H\oplus M\cap s(P),\ O_P(H)=1)=\Omega K_{n-1}F(H\mid H\oplus M_k\cap M_t\cap f_k(P)\cap f_t(P),\ O_P(H)=1)=\Omega K_{n-1}F(H\mid H\in f_k(P)\cap f_t(P),\ O_P(H)=1)$ . Так как  $f_k$  — минимальный  $\Omega K_{n-1}$ -значный спутник формации  $M_k=\Omega K_nF(B_k)$ , по следствию 1.1,  $f_k(P)=\Omega K_{n-1}F(B_k)=\Omega K_{n-1}F(A_k)\subseteq G_{P'}$ . Тогда для всех  $H\in f_k(P)$  получаем  $H\in G_{P'}$ ,  $O_P(H)=1$  и  $m(P)=\Omega K_{n-1}F(H\mid H\in f_k(P)\cap f_t(P))=f_k(P)\cap f_t(P)=s(P)$ .

Пусть утверждение верно для всех натуральных чисел, меньших r, и  $\varpi_1$  имеет г вхождений символов из  $\{\cap, \vee_{\Omega K_{n-1}}\}$ . Тогда  $\overline{\omega_1}$   $\left(f_{i_1}, \dots, f_{i_a}\right) = \overline{\omega_1}' \left(f_{k_1}, \dots, f_{k_l}\right) \overline{\Delta} \, \overline{\omega_1}'' \left(f_{t_1}, \dots, f_{t_q}\right)$  где  $\overline{\Delta} \in \{\cap, \vee_{\Omega K_{n-1}}\}$  и  $\{f_{k_1}, \dots, f_{k_l}\} \cup \{f_{t_1}, \dots, f_{t_q}\} = \{f_{i_1}, \dots, f_{i_a}\}$ . По предположению индукции, значения  $\overline{\omega_1}' \left(f_{k_1}, \dots, f_{k_l}\right)$  и минимального  $\Omega K_{n-1}$ -значного спутника формации  $\varpi_1'' \left(M_{k_1}, \dots, M_{k_l}\right)$  на P совпадают. То же можно сказать и о значениях на P спутника  $\overline{\omega_1}'' \left(f_{t_1}, \dots, f_{t_q}\right)$  и минимального  $\Omega K_{n-1}$ -значного спутника формации  $\varpi_1'' \left(M_{t_1}, \dots, M_{t_q}\right)$ . Так как для r=1 утверждение справедливо, то совпадают и значения на P спутника  $\overline{\omega_1}'' \left(f_{k_1}, \dots, f_{k_q}\right) = \overline{\omega_1} \left(f_{k_1}, \dots, f_{k_q}\right)$  и минимального  $\Omega K_{n-1}$ -значного спутника m формации  $\varpi_1'' \left(M_{t_1}, \dots, M_{t_q}\right) = \overline{\omega_1} \left(f_{k_1}, \dots, f_{k_q}\right) = \varpi_1 \left(M_{t_1}, \dots, M_{t_q}\right) = M$ . Таким образом,  $s(P) = \overline{\omega_1} \left(f_{k_1}, \dots, f_{k_q}\right) (P) = m(P)$  выполняется для любого натурального r.

Аналогично можно показать, что  $h(P) = \overline{\omega_2} \left( f_{i_1}, \dots, f_{i_k} \right) (P)$ .

В силу равенства формаций М=Н и единственности минимального спутника, их минимальные спутники равны: m=h. В частности, m(P)=h(P) и, по доказанному выше,  $\overline{\omega_1}\left(f_{i_1},\dots,f_{i_a}\right)(P)=\overline{\omega_2}\left(f_{j_1},\dots,f_{j_b}\right)(P)$ , то есть  $\overline{\omega_1}\left(f_{i_1}(P),\dots,f_{i_a}(P)\right)=\overline{\omega_2}\left(f_{j_1}(P),\dots,f_{j_b}(P)\right)$ . Но  $f_{i_c}(P)=\Omega K_{n-l}F\left(B_{i_c}/O_{P',P}\left(B_{i_c}\right)\right)=\Omega K_{n-l}F\left(A_{i_c}\right)=\mathsf{F}_{i_c}$ ,  $c=1,\dots,a$ . Аналогично,  $f_{j_d}(P)=\Omega K_{n-l}F\left(B_{j_d}/O_{P',P}\left(B_{j_d}\right)\right)=\Omega K_{n-l}F\left(A_{j_d}\right)=\mathsf{F}_{j_d}$ ,  $d=1,\dots,b$ . Таким образом,

$$\overline{\omega_1}\left(\mathsf{F}_{i_1},\ldots,\mathsf{F}_{i_a}\right)=\overline{\omega_2}\left(\mathsf{F}_{j_1},\ldots,\mathsf{F}_{j_b}\right),$$

и равенство (3) выполняется.

Теорема доказана.

Из теоремы 2 и теоремы 3 следует

**Теорема 4.** Пусть  $\hat{\Omega}$  – бесконечное множество простых групп. Тогда при любом целом неотрицательном n множества тождеств решеток  $\Omega K_n$  и  $\Omega K_{n-1}$  совпадают.

*Следствие 1.* Пусть  $\Omega$  – бесконечное множество простых групп. Тогда при любых целых неотрицательных n и m множества тождеств решеток  $\Omega K_n$  и  $\Omega K_m$  совпадают.

Частным случаем следствия 1 при  $\Omega$ =I являются результаты, полученные автором в статье [7] для решеток  $K_n$  и  $K_{n-1}$ .

**Следствие 2.** Для любого целого неотрицательного n решетка  $\Omega K_n$  модулярна.

**Доказательство.** При n=0 решетка  $\Omega K_{\theta}$  совпадает с решеткой всех формаций, которая модулярна (см. [9]). Ввиду теоремы 2, индукцией по n можно показать, что все тождества решетки  $\Omega K_{\theta}$  выполняются в решетке  $\Omega K_n$ . В частности, решетка  $\Omega K_n$  модулярна.

The lattice  $\Omega K_n$  of all *n*-multiply  $\Omega$ -canonical formations of finite groups considered. It is proved, that systems of laws of the lattices  $\Omega K_n$  and  $\Omega K_m$  are identical for every infinite set of prime groups  $\Omega$  and every integer non-negative n and m. *The key words: finite group, formation, lattice, n-multiply*  $\Omega$ -canonical formation, law of lattice.

### Список литературы

- 1. Ведерников В.А., Сорокина М.М.  $\Omega$ -расслоенные формации и классы Фиттинга// Дискретная математика. 2001. Т.13, Вып.3. С.125-144.
- 2. Ведерников В.А. Максимальные спутники  $\Omega$ -расслоенных формаций и классов Фиттинга// Труды ИММ УрО РАН. 2001. Т.8. С.1-23.
  - 3. Скиба А.Н. Алгебра формаций.-Мн.: Беларуская навука, 1997.
- 4. Скачкова Ю.А. Решетки  $\Omega$  -расслоенных формаций// Дискретная математика. 2002. Т.14, Вып.2. С.85-94.
- 5. Скачкова Ю.А. Булевы решетки кратно  $\Omega$ -расслоенных формаций // Дискретная математика. 2002. Т.14, Вып.3. С.42-46.
  - 6. Еловикова Ю.А. G-отделимость решетки  $\Omega K_n$  // Вестник БГУ. 2004. Вып.4. С. 95-98.
- 7. Еловикова Ю.А. Свойства решетки всех кратно  $\Omega$ -канонических формаций// Дискретная математика. 2006. Т.18, Вып.2. С.146-158.
- 8. Еловикова Ю.А. Решетки  $\Omega$ -расслоенных формаций конечных групп. Дисс. на соиск. учен. степени канд. физ.-мат. наук. Брянск. 2002.
- 9. Скиба А.Н. О локальных формациях длины 5 // В сб. Арифметическое и подгрупповое строение конечных групп. Минск: Наука и техника, 1986. С.135-149.

### Об авторе

Еловикова Ю.А. – кандидат физмат наук, доцент Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, elov77@yandex.ru.

### УДК 519.657:004.942

### МЕТОД РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ С ДИСКРЕТНЫМИ И НЕПРЕРЫВНЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ

### В.В. Ерохин

Рассмотрена методика определения оптимальных входных параметров технико-экономической системы в зависимости от выполняемых заданных функций по критерию минимума трудовых и стоимостных затрат. Входные искомые параметры являются как дискретными так и непрерывными.

Ключевые слова: оптимизация, качество.

В технико-экономических системах (далее система) для их надежного функционирования известны совокупность функций взаимосвязи параметров качества систем с их входными переменными:

$$F_i = f(x_j),$$

где  $F_i$  — совокупность i-х параметров качества в системе;  $f(x_j)$  — совокупность функций входных параметров  $x_j$  системы;  $x_j$  — совокупность j-х параметров системы.

Основными критериями оптимальности систем являются минимальная стоимость и минимальные трудовые затраты, необходимые для функционирования или создания систем. Тогда целевые функции системы имеют вид:

$$Cx_i = f_1(F_i) \Rightarrow \min;$$

$$Tx_i = f_2(F_i) \Rightarrow \min$$

где  $Cx_j$ ,  $Tx_j$  — соответственно стоимость и трудовые затраты, пошедшие на создание или функционировании системы;  $f_1(F_i)$ ,  $f_2(F_i)$  — функциональная взаимосвязь параметров качества системы соответственно со стоимостными и трудовыми затратами функционирования или создания системы.

Входные параметры систем могут быть как дискретными, так и непрерывными. Значения параметров качества  $F_i$  известны.

Для нахождения оптимальных входных параметров системы с учетом критериев оптимальности не могут быть применены симплекс-методы, методы дискретного, целочисленного и нелинейного программирования. Для поиска оптимальных значений может быть использован метод полного перебора, но он не эффективен, когда все функции нелинейные, что свойственно техническим системам, и число входных переменных более 8.

Предлагается следующая модифицированная методика неполного перебора в поиске оптимальных значений переменных. Для этого введем экспертный параметра оптимальности и приведем все непрерывные входные параметры к дискретным.

Экспертный параметр оптимальности, определяемый как

$$Kx_{ii} = (Tx_i \cdot Cx_i)_i$$

где  $Kx_{ji}$  – экспертный параметр оптимальности по проектному параметру  $x_j$  руб. ч; i – значение дискретно изменяемого входного параметра  $x_i$ .

Принимая вид зависимости между входными параметрами системы и стоимостными, а также и трудовыми затратами, необходимыми для их обеспечения, экспоненциальный (рис. 1), экспертный параметр оптимальности имеет вид

$$Kx_{ji} = \frac{Kx_{j, 2m1} \ln \left(\frac{x_{j, 2m1}}{x_{j, 2m2}}\right) + \left(Kx_{j, 2m1} - Kx_{j, 2m2}\right) \ln \left(\frac{x_{ji}}{x_{j, 2m2}}\right)}{\ln \left(\frac{x_{j, 2m1}}{x_{j, 2m2}}\right)},$$

где  $Kx_{j.эm.1}$ ,  $Kx_{j.эm.2}$  – экспертные параметры оптимальности по входному эталонному параметру  $x_j$  соответственно при первом и втором эталонных значениях  $x_j$  (определяются из условий функционирования системы) руб. ч;  $x_{j.эm.1}$ ,  $x_{j.эm.2}$  – эталонные значения входных параметров по которым определяются соответствующие им значения  $Tx_j$  и  $Cx_j$ , тем самым и  $Kx_{j.эm.1}$ ,  $Kx_{j.əm.2}$ ;  $x_{ji}$  – проектный параметр системы при каком-либо значении i.

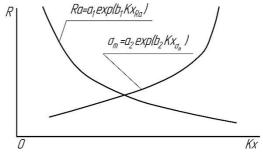


Рис. 1. Взаимосвязь входных параметров системы

с экспертными параметрами оптимальности:

R — какой-либо входной параметр системы (здесь параметры: Ra — среднее арифметическое отклонение профиля поверхности;  $\sigma_m$  — предел текучести материала);

$$a_1, a_2, b_1, b_2$$
 – коэффициенты

Коэффициенты  $a_1, b_1, a_2, b_2, \dots a_i, b_i$  (рис. 1) являются заданными и определяются для соответствующих входных параметров при определенных производственных или экономических условиях.

Оптимальные параметры определяются по следующей методике.

- 1. Формируются ряды входных  $x_i$ .
- 2. Проводится ранжирование параметров  $x_{ji}$  относительно возрастающего параметра  $Kx_{ji}$  в вектор-столбец.
- 3. Методом рекурсионного перебора, начиная с элемента вектора-столбца, имеющего наименьшее значение параметра  $Kx_{ji}$ , определяются первые (оптимальные) значения параметров  $x_{ji}$ , которые удовлетворяют требованиям параметрами качества  $F_i$ .

Данная методика по определению оптимальных входных параметров системы позволяет снизить временные затраты на их расчет в 100...862 раза по сравнению с полным перебором, построенным без ранжирования входных параметров по критерию  $Kx_{ii}$ .

Приведем пример прикладной задачи.

Имеется совокупность функций взаимосвязи эксплуатационных свойств технологической оснастки (далее оснастка) с проектными параметрами их качества. Условием задачи является подбор таких проектных параметров качества оснастки, которые обеспечивали требуемое качество изготавливаемых изделий с наименьшей себестоимостью и наибольшей производительностью.

Для обеспечения эксплуатационных свойств оснастки конструктор должен назначить проектные параметры на конструирование деталей оснастки, т.е. параметры качества поверхностного слоя, физико-химико-механических свойств и зерновой структуры материалов деталей приспособлений.

Для решения оптимизационной задачи зададимся изменяемыми в процессе конструирования оснастки проектными параметрами, которые могут быть указаны в технических требованиях или непосредственно на сборочном чертеже оснастки или на чертежах его деталях. К проектным пара-

метрам относятся параметры шероховатости поверхности — Ra,  $S_m$ , tm, v; параметры волнистости поверхности — Wz,  $S_{mw}$ ,  $tm_w$ ,  $v_w$ ; параметры макроотклонения — Hmax (для плоскостей — отклонение от плоскостности, параллельности, перпендикулярности, угла наклона; для цилиндрических поверхностей — отклонение от круглости, цилиндричности),  $tm_M$ ,  $v_M$ ; физико-механические параметры поверхности детали или детали в целом — HB,  $\sigma_m$ ,  $\sigma_s$ ,  $\delta_s$ ,  $\sigma_{ocm}$ ; параметры структуры материала —  $D_{\kappa p}$ ,  $\rho_{ucx}$ ,  $\rho_{\kappa p}$ ,  $\Theta$  . Здесь Ra — среднее арифметическое отклонение профиля;  $S_m$ ,  $S_{mw}$  — относительная опорная длина профиля соответственно шероховатости и волнистости; tm,  $tm_w$ ,  $tm_M$  — относительная опорная длина профиля на уровне средней линии соответственно шероховатости, волнистости и макроотклонения; v,  $v_w$ ,  $v_m$  — параметр аппроксимации начальной части опорной кривой профиля соответственно шероховатости, волнистости и макроотклонений; Wz — высота волнистости; tm — твердость материала; tm — предел (условный предел) текучести материала; tm — предел прочности на разрыв (сжатие); tm — относительная деформация материала при разрыве; tm — остаточные напряжения в поверхностном слое материала детали оснастки; tm — диаметр кристаллита (зерна) структуры материала; tm — исходная плотность дислокаций в материале; tm — критическая плотность дислокаций при разрыве материала; tm — угол разориентировки зерен материала.

Числовые параметры Ra (мкм) изменяются в соответствии с ГОСТ 2789-2003 по ряду R10 со знаменателем геометрической прогрессии 1,25: 0,008; 0,010; 0,012; 0,016; 0,020; 0,025; 0,032; 0,040; 0,050; 0,063; 0,080; 0,100; 0,125; 0,16; 0,20; 0,25; 0,32; 0,40; 0,50; 0,63; 0,80; 1,00; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100.

Числовые шаговые параметры  $S_m$  (мм) в соответствии с ГОСТ 2789-2003 изменяются по ряду R10: 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006; 0,008; 0,010; 0,012; 0,016; 0,020; 0,025; 0,032; 0,040; 0,050; 0,063; 0,080; 0,100; 0,125; 0,16; 0,20; 0,25; 0,32; 0,40; 0,50; 0,63; 0,80; 1,00; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5.

При технологическом обеспечении параметров шероховатости Ra и  $S_m$  параметр tm находиться в пределах 0,30...0,70 со знаменателем геометрической прогрессии 1,11 (надежность обеспечения параметра для точения, шлифования и фрезерования в пределах 90%) [1, 2]. В этом случае числовые значения параметра tm изменяются по ряду R40 (знаменатель геометрической прогрессии 1,06) в соответствии с ГОСТ 8032-84. Также параметры опорных кривых волнистости и макроотклонений аналогичны по геометрической сущности параметрам шероховатости. Отсюда следует, что параметры tm,  $tm_w$ ,  $tm_m$  могут принимать следующие числовые значения: 0,300; 0,315; 0,335; 0,355; 0,375; 0,400; 0,425; 0,450; 0,475; 0,500; 0,530; 0,560; 0,600; 0,630; 0,670; 0,710.

Параметр v в зависимости от методов обработки резанием заготовок находиться в пределах 1,05...2,4 [1, 2] и изменяется с минимальным знаменателем геометрической прогрессии 1,027. По ряду R80, имеющий знаменатель геометрической прогрессии 1,03, числовые значения параметра v,  $v_w$ ,  $v_M$  изменяются как: 1,000; 1,030; 1,060; 1,09; 1,12; 1,15; 1,18; 1,20; 1,25; 1,30; 1,32; 1,36; 1,40; 1,45; 1,50; 1,55; 1,60; 1,65; 1,70; 1,75; 1,80; 1,85; 1,9; 1,96; 2,00; 2,06; 2,12; 2,18; 2,24; 2,30; 2,36; 2,4.

Числовые параметры волнистости Wz (мкм) нормируются согласно PC 3951-73, учитывая ближайший и совпадающий ряд предпочтительных чисел R10, имеем: 0,100; 0,125; 0,16; 0,20; 0,25; 0,32; 0,40; 0,50; 0,63; 0,80; 1,00; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100.

Между высотными и шаговые параметрами волнистости при некоторых видах механической обработки существует детерминированная зависимость, и тем самым можно утверждать, что числовые значения параметра  $S_{mw}$  (мм) изменяются по ряду R10 в пределах 0,2...15 мм [1, 2]: 0,20; 0,25; 0,32; 0,40; 0,50; 0,63; 0,80; 1,00; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0.

Базовый ряд числовых значений допусков формы и расположения поверхностей и тем самым параметра Hmax (мкм) нормируется ГОСТ 24643-81 в виде: 0,1; 0,12; 0,16; 0,2; 0,25; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10; 12; 16; 20; 25; 40; 50; 60; 80; 100; 120; 160; 200; 250; 400; 500; 600; 800; 1000; 1200; 1600; 2000; 2500; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000; 12000; 16000.

Параметры HB,  $\sigma_m$ ,  $\sigma_s$ ,  $\delta_s$ ,  $\sigma_{ocm}$ ,  $D_{\kappa p}$ ,  $\rho_{ucx}$ ,  $\rho_{\kappa p}$ ,  $\Theta$  изменяются по ряду R80. Это объясняется максимально возможными условиями управления получением и контролем данных параметров.

Для расчета оптимальных проектных параметров качества оснастки необходимо иметь набор математических зависимостей между параметрами точности оснастки и его проектными параметрами, а также между проектными параметрами качества оснастки и трудовыми затратами.

При этом под оптимальными проектными параметрами будем понимать параметры, значения которых дискретны и определяют заданные параметры точности приспособления ( $\varepsilon_y$ ,  $ET_{np,nm}$  и  $ET_{np,\partial}$ ,  $A_{np,w}$ ,  $A_{np,u}$ ) при минимальных значениях трудовых затрат на изготовление приспособления или его деталей. Здесь  $\varepsilon_y$  — погрешность установки обрабатываемой заготовки в приспособлении;  $ET_{np,nm}$ ,  $ET_{np,\partial}$  — составляющие погрешности формы и расположения обрабатываемой поверхности за-

готовки, обусловленные соответственно неточностью изготовления оснастки и его деформациями, в направлении измерения параметров макроотклонений;  $A_{np.w}$ ,  $A_{np.w}$  — максимальные амплитуды периодических колебаний оснастки в направлении нормальном обрабатываемой поверхности заготовки, соответственно формирующих волнистость и шероховатость обрабатываемой поверхности.

За критерий оптимальности принимаем условие минимальности времени и себестоимости обеспечения проектных параметров оснастки, при одновременном соблюдении условия обеспечения ее заданной точности и работоспособности. Проектными параметрами  $x_j$  являются  $x_1 = Ra$ ,  $x_2 = Wz$  и т.д. При этом  $Tx_j$  время обеспечения проектного параметра детали приспособления, ч.;  $Cx_j$  себестоимость обеспечения проектного параметра детали приспособления, руб.

Решая оптимизационную задачу на основании аналитических выражений, определяющих параметры качества деталей оснастки, были получены проектные параметры качества функциональных поверхностей деталей оснастки, которые представлены в работе [3].

Method for determination of optimal considered input parameters the techno-economic system, depending on the preset functions according to the criterion of minimum labour and cost. Input search parameters are both discrete and continuous. *The key words: optimization, quality.* 

### Список литературы

- 1. Машиностроение. Энциклопедия. Т.III-3. Технология изготовления деталей машин / под ред. А.Г. Суслова. М.: Машиностроение, 2000.
- 2. Машиностроение. Энциклопедия. Т.IV-3. Надежность машин / ред. совет: К.В. Фролов (пред.), В.В. Клюев, А.П. Гусенков, К.С. Колесников. М.: Машиностроение, 1998. 592 с.
- 3. Ерохин В.В. Обеспечение качества станочных приспособлений. Дис. ... докт. техн. наук. Брянск. 2007. 412 с.

### Об авторе

Ерохин В.В. – доктор технических наук, профессор Брянского государственного университета им. И.Г. Петровского, erohinvv@mail.ru

### УДК 512.542

### О ПОДГРУППОВЫХ ФУНКТОРАХ И КЛАССАХ КОНЕЧНЫХ ГРУПП

М.А. Корпачева, Л.В. Грищенкова, М.В. Кирюшина, Ю.А. Левшенкова

Рассматриваются только конечные группы. Пусть X – некоторый непустой класс групп. Отображение  $\theta$ , выделяющее в каждой группе  $G \square X$  некоторую непустую систему  $\theta(G)$  ее подгрупп, называется подгрупповым X-функтором (подгрупповым функтором на X), если  $(\theta(G))^{\phi} = \theta(G^{\phi})$  для любого изоморфизма  $\phi$  каждой группы  $G \square X$ . В настоящей работе изучаются свойства  $\delta$ -радикальных подгрупповых функторов, а также свойства некоторых классов групп, индуцированных подгрупповыми функторами.

**Ключевые слова:** конечная группа, класс групп, подгрупповой функтор, *б-радикальный подгрупповой функтор*, радикальный подгрупповой функтор.

Пусть  $\tau$  — функция, которая выделяет в каждой группе G из класса групп X некоторую систему  $\tau$ (G) ее подгрупп. Говорят, что  $\tau$  — подгрупповой X-функтор, если  $(\theta(G))^{\phi}=\theta(G^{\phi})$  для любого изоморфизма  $\phi$  каждой группы  $G\in X$ . Теория подгрупповых функторов как самостоятельное направление в рамках теории групп берет свое начало в работах А.Г. Куроша [1] и С. Амицура [2-3]. Особенно интенсивно теория подгрупповых функторов стала развиватся в последние годы, что обусловлено обнаружением тесной связи между подгрупповыми функторами и классами групп, то есть множествами, содержащими с каждой своей группой G и все группы, изоморфные G. Основные положения теории подгрупповых функторов изложены в книге С.Ф. Каморникова, М.В. Селькина «Подгрупповые функторы и классы конечных групп» [4]. В [6] введено понятие  $\delta$ -радикального подгруппового функторов, а также некоторых классов групп, индуцированных подгрупповыми функторами.

Рассматриваются только конечные группы. Определения и обозначения, не приведенные в работе, можно найти в [4,7].

Подгрупповой X-функтор называется подгрупповым функтором, если X=G – класс всех конечных групп. В [4] на множестве F(X) всех подгрупповых X-функторов была введена операция умножения. Пусть  $\theta_1$  и  $\theta_2$  – подгрупповые X-функторы, причем  $\theta_2$  – X-замкнутый подгрупповой X-функтор, т.е.  $\theta(G)\subseteq X$ , для любой X-группы G. Подгрупповой X-функтор  $\theta$ , сопоставляющий каждой группе  $G\in X$  множество ее подгрупп  $\theta(G)=\{K\mid K\in \theta_1(H),\ H\in \theta_2(G)\}$ , называется произведением под-

групповых X-функторов  $\theta_1$  и  $\theta_2$ , и обозначается  $\theta_1 \circ \theta_2$ .

На множестве подгрупповых X-функторов следующим образом вводится бинарное отношение « $\leq$ »:  $\theta_1 \leq \theta_2$  тогда и только тогда, когда  $\theta_1(G) \subseteq \theta_2(G)$  для любой группы  $G \in X$ .

Подгрупповой функтор  $\theta$  называется регулярным, если выполняются два условия: 1) из того, что  $N \triangleright G$  и  $M \in \theta(G)$ , следует, что  $M \land N \in \theta(G/N)$ ; 2) из того, что  $M \land N \in \theta(G/N)$ , следует, что  $M \in \theta(G)$ .

Одним из важных видов подгрупповых функторов являются решёточные подгрупповые Х-функторы. Подгрупповой X-функтор  $\theta$  называется решеточным, если для любой X-группы G из H,  $K \in \theta(G)$  следует, что  $H \cap K \in \theta(G)$  и  $<H,K> \in \theta(G)$ . Другими словами, решёточный подгрупповой X-функтор  $\theta$  выделяет в каждой X-группе G некоторую её решетку подгрупп  $\theta(G)$ . Решёточными подгрупповыми функторами, например, являются подгрупповые X-функторы S, S<sub>n</sub>, sn, которые сопоставляют каждой X-группе G множества S(G) всех подгрупп, S<sub>n</sub>(G) всех нормальных подгрупп и sn(G) всех субнормальных подгрупп группы G соответственно.

Класс F называется формацией, если выполняются два условия: 1) из G∈F и N>G всегда следует, что G/N ∈ F; 2) из G/A ∈ F и G/B ∈ F всегда следует, что G/A ∩ B ∈ F. Класс групп F называется классом Фиттинга, если выполняются два условия: 1) из G∈F и N>G всегда следует, что N∈F; 2) из A>G, B ⊃ G, A ∈ F, B ∈ F, G=AB, всегда следует, что G∈F. Пусть F- класс Фиттинга. Класс групп F называется формацией Фиттинга, если он является формацией и классом Фиттинга. Отображение δ: P → {непустые формации Фиттинга} называется формационно-радикальной функцией или PFR-функцией. F-радикалом группы G называется произведение всех нормальных F-подгрупп группы G, где F – некоторый класс Фиттинга. Обозначается  $G_F$ .

Подгрупповой функтор  $\tau$  называется  $\delta$ -радикальным, если для любой группы G и любой подгруппы  $N \in \tau(G)$  справедливо равенство  $N_{\delta(p)} = N \cap G_{\delta(p)}$  для любого  $p \in \mathbb{P}$ , где  $\delta - \mathbb{P}FR$ -функция. В следующих леммах устанавливаются некоторые свойства  $\delta$ -радикальных подгрупповых функторов.

**Лемма 1.** Пусть  $\delta$  – PFR-функция,  $\tau_1$  –  $\delta$ -радикальный подгрупповой функтор. Тогда

- 1) если  $\tau_2$  подгрупповой функтор, то  $\tau_1 \cap \tau_2$  является  $\delta$ -радикальным подгрупповым функтором;
- 2)если  $\tau_2$   $\delta$ -радикальный подгрупповой функтор, то  $\tau_1$   $\cup$   $\tau_2$  является  $\delta$ -радикальным подгрупповым функтором;
- 3) если  $\tau_2$   $\delta$ -радикальный подгрупповой функтор, то  $\tau_1 \circ \tau_2$  является  $\delta$ -радикальным подгрупповым функтором.

Доказательство. Пусть  $\delta$  –  $\mathbb{P}FR$ -функция.

- 1)Пусть G группа,  $N \in \tau_1 \cap \tau_2(G)$ . Покажем, что  $N_{\delta(p)} = N \cap G_{\delta(p)}$  для любого  $p \in \mathbb{P}$ . Так как  $N \in \tau_1 \cap \tau_2(G) = \tau_1(G) \cap \tau_2(G)$ , то  $N \in \tau_1(G)$  и  $N \in \tau_2(G)$ . По условию,  $\tau_1 \delta$ -радикальный подгрупповой функтор. Значит, из  $N \in \tau_1(G)$  заключаем, что  $N_{\delta(p)} = N \cap G_{\delta(p)}$ .
- $2) Пусть \ G-группа, \ N\in\tau_1\cup\tau_2(G). \ Покажем, \ что \ N_{\delta(p)}=N\cap G_{\delta(p)} \ для \ любого \ p\in \mathbb{P}. \ Так \ как \\ N\in\tau_1\cup\tau_2(G)=\tau_1(G)\cup\tau_2(G), \ то \ N\in\tau_1(G) \ или \ N\in\tau_2(G). \ Рассмотрим \ случай, \ когда \ N\in\tau_1(G). \ По условию, \ \tau_1 \\ -\delta-радикальный \ подгрупповой \ функтор. \ Значит, \ из \ N\in\tau_1(G) \ заключаем, \ что \ N_{\delta(p)}=N\cap G_{\delta(p)}. \ Пусть \ теперь \ N\in\tau_2(G). \ Так \ как \ \tau_2-\delta-радикальный \ подгрупповой \ функтор, \ то \ из \ N\in\tau_2(G) \ следует \ равенство \\ N_{\delta(p)}=N\cap G_{\delta(p)}. \ Таким \ образом, \ \tau_1\cup\tau_2 \ является \ \delta-радикальным \ подгрупповым \ функтором.$
- 3)Пусть G группа,  $N \in \tau_1 \circ \tau_2(G)$ . Покажем, что  $N_{\delta(p)} = N \cap G_{\delta(p)}$  для любого  $p \in \mathbb{P}$ . Так как  $N \in \tau_1 \circ \tau_2(G)$ , то существует  $B \in \tau_2(G)$  такая, что  $N \in \tau_1(B)$ . Тогда, в силу  $\delta$ -радикальности подгруппового функтора  $\tau_2$ , имеем  $B_{\delta(p)} = B \cap G_{\delta(p)}$  Так как  $N \in \tau_1(B)$  и  $\tau_1 \delta$ -радикальный подгрупповой функтор, то  $N_{\delta(p)} = N \cap B_{\delta(p)}$ . Поэтому  $N_{\delta(p)} = N \cap B_{\delta(p)} = N \cap (B \cap G_{\delta(p)}) = (N \cap B) \cap G_{\delta(p)} = N \cap G_{\delta(p)}$ . Лемма доказана.
- **Лемма 2.** Пусть  $\delta$  −  $\mathbb{P}$ FR-функция,  $\tau$  −  $\delta$ -радикальный подгрупповой функтор. Тогда  $\delta$ (р) является  $\tau$ -замкнутой формацией Фиттинга для любого p∈ $\mathbb{P}$ .

Доказательство. Пусть  $p \in \mathbb{P}$ ,  $G \in \delta(p)$ ,  $N \in \tau(G)$ . Покажем, что  $N \in \delta(p)$ . Так как  $\delta(p)$  — класс фитинга и  $G \in \delta(p)$ , то  $G_{\delta(p)} = G$ . По условию,  $\tau - \delta$ -радикальный подгрупповой функтор. Значит, из  $N \in \tau(G)$  следует, что  $N_{\delta(p)} = N \cap G_{\delta(p)} = N \cap G = N$ . Таким образом,  $N_{\delta(p)} = N$  и, следовательно,  $N \in \delta(p)$ . Тем самым мы показали, что  $\delta(p)$  является  $\tau$ -замкнутой формацией Фиттинга. Лемма доказана.

Пусть X – класс Фиттинга, F – класс групп. Радикальным произведением классов X и F называется класс  $X \diamond F = (G : G/G_X \in F)$ .

**Лемма 3.** Пусть  $\delta$  –  $\mathbb{P}$ FR-функция,  $\tau$  – регулярный  $\delta$ -радикальный подгрупповой функтор. Тогда  $\delta(p) \circ \delta(q)$  является  $\tau$ -замкнутым классом Фиттинга для любых  $p, q \in \mathbb{P}$ .

Доказательство. Пусть р,  $q \in \mathbb{P}$ . Так как  $\delta(p)$  и  $\delta(q)$  – классы Фиттинга, то  $\delta(p) \circ \delta(q)$  – класс Фиттинга.

Пусть  $G \in \delta(p) \circ \delta(q)$ ,  $N \in \tau(G)$ . Покажем, что  $N \in \delta(p) \circ \delta(q)$ . Для этого необходимо показать, что  $N/N_{\delta(p)} \in \delta(q)$ . Так как  $G \in \delta(p) \circ \delta(q)$ , то  $G/G_{\delta(p)} \in \delta(q)$ . В силу регулярности подгруппового функтора  $\tau$  и того, что  $N \in \tau(G)$  получаем, что  $NG_{\delta(p)}/G_{\delta(p)} \in \tau(G/G_{\delta(p)})$ . По лемме 2,  $\delta(q)$  является  $\tau$ -замкнутым классом Фиттинга.

Тогда из  $G/G_{\delta(p)}$   $\in$   $\delta(q)$  следует, что  $\tau(G/G_{\delta(p)})$   $\subseteq$   $\delta(q)$ . Значит,  $NG_{\delta(p)}/G_{\delta(p)}$   $\in$   $\delta(q)$ . Так как  $\tau-\delta$ -радикальный подгрупповой функтор и N  $\in$   $\tau(G)$ , то  $N_{\delta(p)}$  =  $N/G_{\delta(p)}/G_{\delta(p)}$  =  $N/G_{\delta(p)}/G_{\delta(p)}$  =  $N/N_{\delta(p)}$  =  $N/N_{\delta(p$ 

**Лемма 4.** Пусть  $\delta$  –  $\mathbb{P}FR$ -функция,  $\tau_1$  –  $\delta$ -радикальный подгрупповой функтор,  $\tau_2$  – подгрупповой функтор, причем  $\tau_2 \leq \tau_1$ . Тогда для любой группы  $G \in \delta(p)$  справедливо включение  $\tau_1 \circ \tau_2(G) \subseteq \{N \leq G \mid N = N_{\delta(p)}\}$  для любого  $p \in \mathbb{P}$ .

Доказательство. Пусть  $p \in \mathbb{P}$ ,  $G \in \delta(p)$  и  $N \in \tau_1 \circ \tau_2(G)$ . Покажем, что  $N = N_{\delta(p)}$ . Так как  $N \in \tau_1 \circ \tau_2(G)$ , то существует  $M \in \tau_2(G)$  такая, что  $N \in \tau_1(M)$ . По условию  $\tau_1 - \delta$ -радикальный подгрупповой функтор. Значит,  $N_{\delta(p)} = N \cap M_{\delta(p)}$ . Так как  $\tau_2 \leq \tau_1$ , то  $M \in \tau_1(G)$ . Но согласно лемме 2  $\delta(p)$  является  $\tau_1$ -замкнутым классом. Значит,  $\tau_1(G) \subseteq \delta(p)$  и  $M \in \delta(p)$ . Следовательно,  $M = M_{\delta(p)}$  и  $N_{\delta(p)} = N \cap M_{\delta(p)} = N \cap M = N$ . Лемма доказана.

Следствие 4.1. Пусть  $\delta$  –  $\mathbb{P}$ FR-функция,  $\tau$  –  $\delta$ -радикальный подгрупповой функтор. Тогда для любой группы  $G \in \delta(p)$  справедливо включение  $\tau \circ \tau(G) \subseteq \{N \leq G \mid N = N_{\delta(p)}\}$  для любого  $p \in \mathbb{P}$ .

В монографии [5] рассмотрен класс  $F^{\tau} = (G \in F \mid \tau(G) \subseteq F)$ , где F -класс групп,  $\tau -$ подгрупповой функтор.

**Теорема 1** [5]. Пусть  $\tau$  – подгрупповой функтор. Если F – формация, то  $F^{\tau}$ =( $G \in F \mid \tau(G) \subseteq F$ ) является формацией.

**Теорема 2.** Пусть  $\tau$  – радикальный подгрупповой функтор, F – нормально наследственный класс групп, то  $F^{\tau}$ =(G  $\in$  F |  $\tau$ (G) $\subseteq$  F) является нормально наследственным классом групп.

Доказательство. Пусть  $G \in F^{\tau}$ ,  $N \triangleleft G$ . Покажем, что  $N \in F^{\tau}$ . Так как  $G \in F^{\tau}$ , то  $G \in F$  и  $\tau(G) \subseteq F$ . Из  $G \in F$ ,  $N \triangleleft G$  и нормальной наследственности класса F заключаем, что  $N \in F$ . Покажем, что  $\tau(N) \subseteq F$ . Пусть  $A \in \tau(N)$ . Так как  $\tau$  – радикальный подгрупповой функтор и  $N \triangleleft G$ , то  $A \in \tau(N) = N \cap \tau(G)$ . Значит, существует  $X \in \tau(G)$  такая, что  $A = N \cap X$ . Из  $N \cap X \triangleleft X$  и  $\tau(G) \subseteq F$  в силу нормальной наследственности класса групп F, следует, что  $N \cap X = A \in F$ . Таким образом,  $\tau(N) \subseteq F$  и, значит, класс групп  $F^{\tau}$  является нормально наследственным. Теорема доказана.

Обозначим через  $\tau(A)$ - $\tau(B)$  множество вида  $\{X \cdot Y \mid X \in \tau(A), Y \in \tau(B)\}$ . Класс групп F назовем замкнутым относительно произведения  $\tau$ -подгрупп, если для любых групп A и B из  $\tau(A) \subseteq F$  и  $\tau(B) \subseteq F$  всегда  $\tau(A) \cdot \tau(B) \subseteq F$ .

**Теорема 3.** Пусть  $\tau$  – радикальный подгрупповой функтор, причем  $\tau(A \cdot B) \subseteq \tau(A) \cdot \tau(B)$ , F – класс Фиттинга, замкнутый относительно произведения  $\tau$ -подгрупп. Тогда  $F^{\tau} = (G \in F \mid \tau(G) \subseteq F)$  является классом Фиттинга.

Доказательство. 1) Согласно теореме 2, класс  $F^{\tau}$  является нормально наследственным.

2)Пусть G=A·B, A $\triangleleft$ G, B $\triangleleft$ G, A $\in$ F<sup> $\tau$ </sup>, B $\in$ F<sup> $\tau$ </sup>. Покажем, что G $\in$ F<sup> $\tau$ </sup>. Так как A $\in$ F<sup> $\tau$ </sup>, B $\in$ F<sup> $\tau$ </sup>, то A $\in$ F, B $\in$ F и  $\tau$ (A) $\subseteq$ F,  $\tau$ (B) $\subseteq$ F. По условию, F – класс Фиттинга. Значит, из G=A·B, A $\triangleleft$ G, B $\triangleleft$ G и A $\in$ F, B $\in$ F следует, что G $\in$ F. Покажем, что  $\tau$ (G) $\subseteq$ F. По условию, F замкнут относительно произведения  $\tau$ -подгрупп. Следовательно, из  $\tau$ (A) $\subseteq$ F,  $\tau$ (B) $\subseteq$ F заключаем, что  $\tau$ (A) $\tau$ (B) $\subseteq$ F. Поэтому для любой подгруппы H $\in$  $\tau$ (G) имеем H $\in$  $\tau$ (G)= $\tau$ (A·B) $\subseteq$  $\tau$ (A) $\tau$ (B) $\subseteq$ F. Таким образом,  $\tau$ (G) $\subseteq$ F и, значит, G $\in$ F $^{<math>\tau$ </sup>.

Из 1) и 2) следует, что  $F^{\tau}$  является классом Фиттинга. Теорема доказана.

Гашюцовым произведением классов групп X и F называется класс групп  $Ext_XF=(G\mid\exists N\triangleleft G, N\in X, G/N\in F).$ 

**Лемма 4.** Пусть  $\tau$  – регулярный подгрупповой функтор, F – нормально наследственная формация. Тогда для любой группы  $G \in F^{\tau} = (G \in F \mid \tau(G) \subseteq F)$  каждая ее  $\tau$ -подгруппа является расширением некоторой F-группы с помощью F-группы.

Доказательство. Согласно теореме 1, класс  $F^{\tau}$  является формацией. Пусть  $G \in F^{\tau}$ ,  $H \in \tau(G)$ . Тогда  $G \in F^{\tau}$  и  $\tau(G) \subseteq F$ . Покажем, что  $H \in Ext_F F$ . Так как  $G \in F^{\tau}$ ,  $F^{\tau}$  — формация, то для любой  $N \triangleleft G$  справедливо  $G/N \in F^{\tau}$ . Значит,  $G/N \in F$  и  $\tau(G/N) \subseteq F$ . Далее, в силу регулярности подгруппового функтора  $\tau$  и  $H \in \tau(G)$  имеем  $HN/N \in \tau(G/N)$ . Следовательно,  $HN/N \cong H/(H \cap N) \in F$ . Так как  $H \cap N \triangleleft H$ ,  $H \in \tau(G) \subseteq F$ , то, из нормальной наследственности класса групп F, следует, что  $H \cap N \in F$ . Таким образом,  $H \cap N \triangleleft H$ ,  $H \cap N \in F$  и  $H/(H \cap N) \in F$ . Тем самым мы показали, что H — расширение F-группы C помощью C-группы, то есть C —

Only finite groups are considered. Let X be nonempty class of groups. A function  $\theta$  mapping each group G from X onto a certain nonempty system  $\theta(G)$  of its subgroups is called a subgroup X-functor (or else a subgroup functor on X), if  $(\theta(G))^{\varphi} = \theta(G^{\varphi})$  for any isomorphism  $\varphi$  of every group G from X. In this paper we study some properties of  $\delta$ -radical

subgroup functors and properties some class of groups subgraph of subgroup functors.

*The key words:* a finite group, a class of groups, a subgroup functor, a of  $\delta$ -radical subgroup functors, radical subgroup functors.

### Список литературы

- 1. Курош А.Г. Радикалы колец и алгебр. Матем. сб., T. 13. 1953. C. 13 26.
- 2. Amitsur S. A general theory of radicals. Amer. J. Math. V. 74. 1952. P. 774 786.
- 3. Amitsur S. A general theory of radicals. Amer. J. Math. V. 76. 1954. P. 100 136.
- 4. С.Ф. Каморников, М.В. Селькин. Подгрупповые функторы и классы конечных групп. Минск: Беларуская навука, 2003. 254 с.
  - 5. Скиба А.Н. Алгебра формаций. Минск: Беларуская навука, 1997. 240 с.
- 6. Корпачева М.А., Сорокина М.М. О максимальных т-замкнутых подформациях т-замкнутых формаций // Вестник Брянского государственного университета. № 4. 2009. С. 35-40.
- 7. В.С. Монахов. Введение в теорию конечных групп и их классов. Гомель, УО ГГУ им. Ф. Скорины, 2003.

### Об авторах

Корпачева М. А.- кандидат физико-математических наук Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, доцент кафедры алгебры, makorpachova@mail.ru

Грищенкова Л. В. - магистрант 1 курса магистратуры физико-математического факультета Брянского государственного университета имени акакадемика И.Г. Петровского

Кирюшина М. В.- магистрант 1 курса магистратуры физико-математического факультета Брянского государственного университета имени акакадемика И.Г. Петровского

Левшенкова Ю. А.- магистрант 1 курса магистратуры физико-математического факультета Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского

### УДК 511.36

### О ДИОФАНТОВЫХ ПРИБЛИЖЕНИЯХ НЕКОТОРЫХ ЛОГАРИФМОВ

### М.Ю. Лучин

Улучшена оценка меры иррациональности числа ln(8/5). Получена новая оценка снизу для диофантовых приближений линейных комбинаций чисел ln(4/3) и ln(5/4).

Ключевые слова: диофантовы приближения, мера иррациональности, метод перевала.

### Введение

Напомним, что показателем иррациональности или мерой иррациональности  $\mu(\gamma)$  вещественного числа  $\gamma$  называется нижняя грань множества чисел  $\lambda$  , для которых, начиная с некоторого положительного  $q \geq q_0(\lambda)$ , выполняется неравенство:

$$\left|\gamma - \frac{p}{q}\right| > q^{-\lambda}, \ p \in \mathbb{Z}, \ q \in \mathbb{N}.$$

В первой части работы получена новая оценка меры иррациональности числа  $\ln(8/5)$ :  $\mu(\ln(8/5)) \le 5.9897$ . Первоначально, результат о мере иррациональности данного числа получили в 1993 году К. Ваананен, А. Хеймонен и Т. Матала-ахо [4]. На тот момент он составлял:  $\mu(\ln(8/5)) \le 53.8149$ ... В дальнейшем, эта оценка была улучшена в диссертационной работе [1] Е.С. Золотухиной:  $\mu(\ln(8/5)) \le 7.2173$ ... Улучшение было связано с применением интеграла, подынтегральная функция которого обладала свойством симметрии. В приведенном ниже доказательстве также используются симметризованные вещественные интегралы, однако они существенно отличаются от интеграла, применяемого Е.С. Золотухиной.

Во второй части работы получена новая оценка снизу для диофантовых приближений линейных комбинаций чисел  $\ln(4/3)$  и  $\ln(5/4)$ . Первоначально оценку меры иррациональности ( $\mu$ <88) для совместных приближений этих логарифмов получили Д. Рин и П. Тоффин в 1986 году [5]. Затем в 2002 году в работе [6] К. Ву улучшил эту оценку:  $\mu$  ≤ 20.515 .

Цель второй части работы — получение новой оценки:  $\mu \le 9.3293...$ 

Стоит также отметить, что оба доказательства аналогичны доказательству, используемому В.Х. Салиховым (см. [2]) при нахождении меры иррациональности числа ln(3).

### §1. Улучшение оценки меры иррациональности числа ln(8/5)

**Теорема 1**. Пусть  $p, q_1, q_2 \in Z, Q = \max(|p|, |q_1|, |q_2|), Q \ge Q_0$ , где  $Q_0 - достаточно большое$ число. Тогда:

$$\left| p + q_1 \ln \frac{10}{9} + q_2 \ln \frac{27}{25} \right| > \frac{1}{O^{4.9897}} \tag{1}$$

**Следствие**. Пусть  $p, q \in N, q \ge q_0$ , где  $q_0$  – достаточно большое число. Тогда:

$$\left| \ln \frac{8}{5} - \frac{p}{q} \right| > \frac{1}{q^{5.9897}} \tag{2}$$

**Доказательство**. Неравенство (2) следует из (1) при  $q_1 = -3q$ ,  $q_2 = -2q$ . Для доказательства теоремы 1 рассмотрим следующие интегралы:

$$I(\alpha) = \int_{200}^{\alpha} \frac{\left(x - 190\right)^n \cdot \left(x - 198\right)^n \cdot \left(x - 209\right)^{2n} \cdot \left(x - 220\right)^n \cdot \left(x - 228\right)^n dx}{x^{2n+1} (418 - x)^{2n+1}} = \int_{200}^{\alpha} R(x) dx, \quad (3)$$

где  $\alpha \in \{220, 228\}$ ,  $n \in \mathbb{N}, n \to +\infty$  и n – чётное число.

Решающим в дальнейших рассмотрениях является следующее свойство подынтегральной функции R(x) в (3):

$$R(418 - x) = R(x). (4)$$

Ввиду (4), разложение рациональной функции R(x) в сумму простейших дробей можно записать в виде:

$$R(x) = P_{2n-2}(x) + \sum_{i=1}^{2n+1} \left( \frac{a_i}{x^i} + \frac{a_i}{(418 - x)^i} \right), \tag{5}$$

где все  $a \in \mathbb{Q}$ ,

$$P_{2n-2}(x) = \sum_{i=0}^{2n-2} b_i \cdot x^i, \text{где } b_i \in Z.$$
 (6)

**Лемма 1**. Справедливы следующие представления для коэффициентов разложения (5): 
$$a_i = 19^{i-2} \cdot 11^{i-2} \cdot 5^{i-1} \cdot 3^{2i-2-n} \cdot 2^{2i-3} \cdot A_i, \tag{7}$$

 $ede A_i ∈ Z, i = 1, 2, ..., 2n + 1.$ 

Доказательство.

Обозначим  $D_{k}(f(x)) = \frac{f^{(k)}(0)}{k!}$ . По формуле дифференцирования Лейбница для любых

функций  $u_1, u_2, ..., u_r$ , аналитичных в точке x=0:

$$D_{k}(u_{1},u_{2},...,u_{r}) = \sum_{\substack{k_{1}+...+k_{r}=k\\k_{i}\geq 0}} D_{k_{1}}(u_{1}) \cdot D_{k_{2}}(u_{2}) \cdot ... \cdot D_{k_{r}}(u_{r})$$

Следовательно, из (3) имеем:

$$a_{i} = D_{2n+1-i}(R(x) \cdot x^{2n+1}) =$$

$$= \sum_{k=1}^{n} D_{k_{1}}(x-190)^{n} \cdot D_{k_{2}}(x-198)^{n} \cdot D_{k_{3}}(x-220)^{n} \cdot D_{k_{4}}(x-228)^{n} \cdot D_{k_{5}}(x-220)^{n} \cdot D_{k_{5}}(x-$$

$$\cdot D_{k_s}(x-209)^{2n} \cdot D_{k_6}(418-x)^{-2n-1},$$

где 
$$\overline{k} = (k_1, k_2, ..., k_6)$$
, все  $k_j \ge 0, k_j \le n, j = 1, ..., 4, k_1 + k_2 + ... + k_6 = 2n + 1 - i$ .

$$a_i = \sum_{\overline{k}} z_{\overline{k}} \cdot 190^{n-k_1} \cdot 198^{n-k_2} \cdot 220^{n-k_3} \cdot 228^{n-k_4} \cdot 209^{2n-k_5} \cdot 418^{-2n-1-k_6},$$

$$z_{\overline{k}} = (-1)^{k_1 + \ldots + k_5} \cdot \prod_{i=1}^4 \frac{n \cdot (n-1) \cdot \ldots \cdot (n-k_i+1)}{k_i!} \cdot \frac{2n \cdot (2n-1) \cdot \ldots \cdot (2n-k_5+1)}{k_5!} \cdot \frac{(2n+1) \cdot \ldots \cdot (2n+k_6)}{k_6!} \in Z.$$

В итоге получим:

$$a_i = \sum_{\bar{k}} z_{\bar{k}} \cdot 19^{N_1} \cdot 11^{N_2} \cdot 5^{N_3} \cdot 3^{N_4} \cdot 2^{N_5}.$$
 (8)

Причём:

$$\begin{split} N_1 &= n - k_1 + n - k_4 + 2n - k_5 - 2n - 1 - k_6 = \\ &= 2n - 1 - (k_1 + k_4 + k_5 + k_6) \ge 2n - 1 - (2n + 1 - i) = i - 2, \\ N_2 &= n - k_2 + n - k_3 + 2n - k_5 - 2n - 1 - k_6 = \\ &= 2n - 1 - (k_2 + k_3 + k_5 + k_6) \ge 2n - 1 - (2n + 1 - i) = i - 2, \\ N_3 &= n - k_1 + n - k_3 = 2n - (k_1 + k_3) \ge 2n - (2n + 1 - i) = i - 1, \\ N_4 &= 2n - 2k_2 + n - k_4 = 3n - (2k_2 + k_4) \ge 3n - 2 \cdot (2n + 1 - i) = 2i - 2 - n, \\ N_5 &= n - k_1 + n - k_2 + 2n - 2k_3 + 2n - 2k_4 - 2n - 1 - k_6 = \\ &= 4n - 1 - (k_1 + k_2 + 2k_3 + 2k_4 + k_6) \ge 4n - 1 - 2 \cdot (2n + 1 - i) = 2i - 3. \end{split}$$

Но тогда из (8) следует (7), и лемма доказана.

В следующей лемме мы вычислим интегралы (3).

Лемма 2. Справедливы следующие представления интегралов (3) в виде линейных форм:

$$I_1 \equiv I(220) \cdot 418 \cdot 3^n \cdot q_{2n} = A \cdot \ln \frac{10}{9} + B_1, \quad I_2 \equiv I(228) \cdot 418 \cdot 3^n \cdot q_{2n} = A \cdot \ln \frac{6}{5} + B_2.$$

Здесь  $q_{2n} = HOK(1, 2, ..., 2n), A, B_1, B_2 \in \mathbb{Z}, A = 418 \cdot 3^n \cdot q_{2n} \cdot a_1.$ 

Доказательство. Из (6):

$$\Lambda_{\alpha} \equiv \int_{209}^{\alpha} P_{2n-2}(x) \cdot dx \cdot q_{2n} \in \mathbb{Z}, \alpha \in \{220, 228\}.$$

Далее при i > 1:

$$\begin{split} & \Lambda_{i,1} \equiv a_i \int_{209}^{220} \left( \frac{1}{x^i} + \frac{1}{(418 - x)^i} \right) dx = -\frac{a_i}{i - 1} \left( \frac{1}{x^{i - 1}} - \frac{1}{(418 - x)^{i - 1}} \right) \Big|_{209}^{220} = \\ & = -\frac{a_i}{i - 1} \left( \frac{1}{2^{2i - 2} \cdot 5^{i - 1} \cdot 11^{i - 1}} - \frac{1}{2^{i - 1} \cdot 3^{2i - 2} \cdot 11^{i - 1}} \right). \end{split}$$

Поскольку  $\frac{q_{2n}}{i-1} \in N$ , ибо  $i-1 \in \{1, 2, ..., 2n\}$ , то, используя (7), получим:

 $\Lambda_{i,1} \cdot 418 \cdot 3^n \cdot q_{2n} \in Z$ 

Аналогично:

$$\begin{split} &\Lambda_{i,2} \equiv a_i \int_{209}^{228} \left( \frac{1}{x^i} + \frac{1}{(418 - x)^i} \right) dx = -\frac{a_i}{i - 1} \left( \frac{1}{x^{i - 1}} - \frac{1}{(418 - x)^{i - 1}} \right) \Big|_{209}^{228} = \\ &= -\frac{a_i}{i - 1} \left( \frac{1}{2^{2i - 2} \cdot 3^{i - 1} \cdot 19^{i - 1}} - \frac{1}{2^{i - 1} \cdot 5^{i - 1} \cdot 19^{i - 1}} \right). \end{split}$$

Из (7) получим  $\Lambda_{i,2} \cdot 418 \cdot 3^n \cdot q_{2n} \in Z$  . Наконец, при i=1:

$$\Lambda_{1,1} = a_1 \int_{209}^{220} \left( \frac{1}{x} + \frac{1}{(418 - x)} \right) dx = a_1 \ln \left( \frac{x}{418 - x} \right) \Big|_{209}^{220} = a_1 \ln \left( \frac{10}{9} \right),$$

$$\Lambda_{1,2} = a_1 \int_{-\infty}^{228} \left( \frac{1}{x} + \frac{1}{(418 - x)} \right) dx = a_1 \ln \left( \frac{x}{418 - x} \right) \Big|_{209}^{228} = a_1 \ln \left( \frac{6}{5} \right).$$

Из (7) имеем  $418 \cdot 3^n \cdot a_1 \in \mathbb{Z}$  . Поэтому из (3) и (5) окончательно получим:

$$I_1 = 418 \cdot 3^n \cdot \Lambda_{220} + 418 \cdot 3^n \cdot q_{2n} \cdot \sum_{i=2}^{2n+1} \Lambda_{i,1} + 418 \cdot 3^n \cdot q_{2n} \cdot a_1 \cdot \ln \frac{10}{9},$$

$$I_2 = 418 \cdot 3^n \cdot \Lambda_{228} + 418 \cdot 3^n \cdot q_{2n} \cdot \sum_{i=2}^{2n+1} \Lambda_{i,2} + 418 \cdot 3^n \cdot q_{2n} \cdot a_1 \cdot \ln \frac{6}{5},$$

В основе дальнейших рассуждений лежит следующая лемма, доказанная М.Хата [3].

Лемма 3. Пусть 
$$\theta_1, \theta_2 \in R, n \in N, \mathcal{E}_n = Q_n \cdot \theta_1 + P_{n_1}, \delta_n = Q_n \cdot \theta_2 + P_{n_2}, \varepsilon \partial e$$

$$Q_n, P_{n_1}, P_{n_2} \in Z;$$

$$\lim_{n\to\infty} \left( \frac{1}{n} \cdot \ln(|\varepsilon_n|) \right) = -\tau_1, \quad \lim_{n\to\infty} \left( \frac{1}{n} \cdot \ln(|\delta_n|) \right) = -\tau_2, \ \partial e \ \tau_1, \tau_2 > 0, \tau_1 < \tau_2,$$

$$\lim_{n\to\infty}\sup\left(\frac{1}{n}\cdot\ln(|Q_n|)\right)\leq\lambda;$$

$$P_1, P_2, Q \in Z, H = \max(|Q|, |P_1|, |P_2|), \mu > \frac{\lambda}{\tau_1}, H \ge H_0(\mu).$$
 Тогда:

$$|P_1 \cdot \theta_1 + P_2 \cdot \theta_2 + Q| > \frac{1}{H^{\mu}}$$
.

Доказательство теоремы 1. Применим лемму 3 для чисел:

$$\theta_1 = \ln\left(\frac{10}{9}\right), \theta_2 = \ln\left(\frac{6}{5}\right) - \ln\left(\frac{10}{9}\right) = \ln\left(\frac{27}{25}\right), \varepsilon_n = I_1 = A \cdot \ln\left(\frac{10}{9}\right) + B_1,$$

$$\delta_n = I_2 - I_1 = A \cdot \ln\left(\frac{27}{25}\right) + B_2 - B_1, Q_n = A, P_{n_1} = B_1, P_{n_2} = B_2 - B_1.$$

Асимптотику интегралов  $\int_{200}^{220} R(x)dx$ ,  $\int_{220}^{228} R(x)dx$  несложно вычислить с помощью теоремы

Лапласа, а асимптотику  $a_1$  с помощью метода перевала.

Рассмотрим следующую функцию (см. (3)):

$$f(x) = \frac{(x-190)\cdot(x-198)\cdot(x-209)^2\cdot(x-220)\cdot(x-228)}{x^2\cdot(418-x)^2};$$
  
$$f(x) \equiv g(t) = \frac{(t-121)\cdot(t-361)\cdot t}{(t-43681)^2},$$

$$f(x) = g(t) = \frac{(t-121)\cdot(t-361)\cdot t}{(t-43681)^2}$$

где  $t = (x - 209)^2$ . Найдем нули g'(t), т.е. корни уравнения:

$$t^3 - 3 \cdot 209^2 t^2 + 963 \cdot 209^2 t - 209^4 = 0$$
  
 $t_1 \approx 267.0138, \ t_2 \approx 54.6645, \ t_3 \approx 130721.3217.$ 

Тогда:

$$\tau_1 = -2 - \ln(3) - \ln|g(t_1)| \approx 3.1443,$$

$$\tau_2 = -2 - \ln(3) - \ln|g(t_2)| \approx 4.3476, \ 0 < \tau_1 < \tau_2;$$

$$\lambda = \lim_{n \to \infty} \left( \frac{1}{n} \cdot \ln(|Q_n|) \right); \ \lambda = 2 + \ln(3) + \ln(|a_1|) = 2 + \ln(3) + \ln|g(t_3)| \approx 15.6891.$$

$$\frac{\lambda}{\tau_1} \approx 4.9897$$
. И из леммы 3 следует утверждение теоремы 1.

### §2. Улучшение оценки меры иррациональности совместных приближений чисел ln(4/3) и ln(5/4)

**Теорема 2**. Пусть  $q, p_1, p_2 \in Z$ ,  $Q = \max(|q|, |p_1|, |p_2|)$ ,  $Q \ge Q_0$ , где  $Q_0 -$ достаточно большое

$$\left| q + p_1 \ln \frac{4}{3} + p_2 \ln \frac{5}{4} \right| > \frac{1}{Q^{9.3293}}$$
 (9)

Для доказательства теоремы рассмотрим следующие интегралы:

$$I(\alpha) = \int_{63}^{\alpha} \frac{(x - 54)^{11} \cdot (x - 56)^{9} \cdot (x - 63)^{22} \cdot (x - 70)^{9} \cdot (x - 72)^{11} dx}{x^{20} \cdot (126 - x)^{20} \cdot (126 - x)^{20} \cdot (x - 72)^{11} dx} \equiv \int_{63}^{\alpha} R(x) dx,$$

$$(10)$$

где  $\alpha \in \{70, 72\}$ ,  $n \in \mathbb{N}, n \to +\infty$  и n – чётное число.

Решающим в дальнейших рассмотрениях является следующее свойство подынтегральной функции R(x) в (10):

$$R(126 - x) = R(x). (11)$$

Ввиду (11), разложение рациональной функции R(x) в сумму простейших дробей можно записать в виде:

$$R(x) = P_{22 n-2}(x) + \sum_{i=1}^{20 n+1} \left( \frac{a_i}{x^i} + \frac{a_i}{(126 - x)^i} \right), \tag{12}$$

где все  $a_i \in \mathbb{Q}$ ,

$$P_{22\,n-2}(x) = \sum_{i=0}^{22\,n-2} b_i \cdot x^i$$
, где  $b_i \in Z$ . (13)

Лемма 4. Справедливы следующие представления для коэффициентов разложения (12):

$$a_{i} = 7^{i-2} \cdot 5^{i-1-11n} \cdot 3^{3i-5-n} \cdot 2^{3i-4} \cdot A_{i},$$

$$\varepsilon \partial e A_{i} \in \mathbb{Z}, i = 1, 2, ..., 20n + 1.$$
(14)

Доказательство.

Обозначим  $D_k(f(x)) = \frac{f^{(k)}(0)}{h!}$ . По формуле дифференцирования Лейбница для любых

функций  $u_1, u_2, ..., u_r$ , аналитичных в точке x = 0:

$$D_{k}(u_{1},u_{2},...,u_{r}) = \sum_{\substack{k_{1}+...+k_{r}=k\\k_{j}\geq 0}} D_{k_{1}}(u_{1}) \cdot D_{k_{2}}(u_{2}) \cdot ... \cdot D_{k_{r}}(u_{r}).$$

Следовательно, из (10) имеем: 
$$a_i = D_{\scriptscriptstyle 20n+1-i}(R(x) \cdot x^{\scriptscriptstyle 20n+1}) = \sum_k D_{k_1}(x-54)^{11n} \cdot D_{k_2}(x-56)^{9n} \cdot D_{k_3}(x-70)^{9n} \cdot \\ \cdot D_{k_4}(x-72)^{11n} \cdot D_{k_5}(x-63)^{22n} \cdot D_{k_6}(126-x)^{-20n-1},$$

где 
$$\overline{k}=(k_1,k_2,\ldots,k_6)$$
, все  $k_j\geq 0$   $(k_1,k_4\leq 11n$  и  $k_2,k_3\leq 9n)$ ,  $k_1+k_2+\ldots+k_6=20n+1-i$ . Поэтому: 
$$a_i=\sum_{\overline{k}}\varepsilon_{\overline{k}}\cdot 54^{11n-k_1}\cdot 56^{9n-k_2}\cdot 70^{9n-k_3}\cdot 72^{11n-k_4}\cdot 63^{22n-k_5}\cdot 126^{-20n-1-k_6}$$
, где  $\varepsilon_{\overline{k}}\in Z$ .

$$a_{i} = \sum_{\overline{k}} z_{\overline{k}} \cdot 7^{N_{1}} \cdot 5^{N_{2}} \cdot 3^{N_{3}} \cdot 2^{N_{4}}, \tag{15}$$

$$\hat{N}_1 = 9n - k_2 + 9n - k_3 + 22n - k_5 - 20n - 1 - k_6 = 
= 20n - 1 - (k_2 + k_3 + k_5 + k_6) \ge 20n - 1 - (20n + 1 - i) = i - 2; 
N_2 = 9n - k_3 \ge 9n - (20n + 1 - i) = i - 1 - 11n; 
N_3 = 33n - 3k_1 + 22n - 2k_4 + 44n - 2k_5 - 40n - 2 - 2k_6 =$$

$$= 59n - 2 - (3k_1 + 2k_4 + 2k_5 + 2k_6), \quad N_3 \ge 59n - 2 - 3(20n + 1 - i) = 3i - 5 - n;$$

$$N_4 = 11n - k_1 + 27n - 3k_2 + 9n - k_3 + 33n - 3k_4 - 20n - 1 - k_6 =$$

$$= 60n - 1 - (k_1 + 3k_2 + k_3 + 3k_4 + k_6) \quad N_4 \ge 60n - 1 - 3 \cdot (20n + 1 - i) = 3i - 4.$$

Но тогда из (15) следует (14), и лемма 4 доказана. В следующей лемме мы вычислим интегралы (10). **Лемма 5**. Справедливы следующие представления интегралов (10) в виде линейных форм:

$$I_1 \equiv I(70) \cdot 126 \cdot 5^{11n} \cdot 3^n \cdot q_{22n} = A \cdot \ln \frac{5}{4} + B_1,$$

$$I_2 \equiv I(72) \cdot 126 \cdot 5^{11n} \cdot 3^n \cdot q_{22n} = A \cdot \ln \frac{4}{3} + B_2.$$

 $3 \partial e c \iota q_{22n} = HOK(1, 2, ..., 22n), A, B_1, B_2 \in \mathbb{Z}, A = 126 \cdot 3^n \cdot 5^{11n} \cdot q_{22n} \cdot a_1.$ 

Доказательство. Из (13):

$$\Lambda_{\alpha} \equiv \int_{63}^{\alpha} P_{22n-2}(x) \cdot dx \cdot q_{22n} \in \mathbb{Z}, \alpha \in \{70,72\}.$$

Далее при i > 1:

$$\begin{split} & \Lambda_{i,1} \equiv a_i \int_{63}^{70} \left( \frac{1}{x^i} + \frac{1}{(126 - x)^i} \right) dx = -\frac{a_i}{i - 1} \left( \frac{1}{x^{i - 1}} - \frac{1}{(126 - x)^{i - 1}} \right) \Big|_{63}^{70} = \\ & = -\frac{a_i}{i - 1} \left( \frac{1}{2^{i - 1} \cdot 5^{i - 1} \cdot 7^{i - 1}} - \frac{1}{2^{3i - 3} \cdot 7^{i - 1}} \right). \end{split}$$

Поскольку  $\frac{q_{2n}}{i-1} \in N$ , ибо  $i-1 \in \{1,2,\ldots,20n\}$ , то, используя формулу (14), полу-

чим:  $\Lambda_{i,1} \cdot 126 \cdot 3^n \cdot 5^{11n} \cdot q_{2n} \in Z$  . Аналогично:

$$\begin{split} & \Lambda_{i,1} \equiv a_i \int_{63}^{72} \left( \frac{1}{x^i} + \frac{1}{(126 - x)^i} \right) dx = -\frac{a_i}{i - 1} \left( \frac{1}{x^{i - 1}} - \frac{1}{(126 - x)^{i - 1}} \right) \Big|_{63}^{72} = \\ & = -\frac{a_i}{i - 1} \left( \frac{1}{2^{3i - 3} \cdot 3^{2i - 2}} - \frac{1}{2^{i - 1} \cdot 3^{3i - 3}} \right). \end{split}$$

Из (14) получим  $\Lambda_{i,2} \cdot 126 \cdot 3^n \cdot 5^{11n} \cdot q_{2n} \in \mathbb{Z}$ . Наконец, при i=1:

$$\Lambda_{1,1} \equiv a_1 \int_{63}^{70} \left( \frac{1}{x} + \frac{1}{(126 - x)} \right) dx = a_1 \ln \left( \frac{x}{126 - x} \right) \Big|_{63}^{70} = a_1 \ln \left( \frac{5}{4} \right),$$

$$\Lambda_{1,2} = a_1 \int_{63}^{72} \left( \frac{1}{x} + \frac{1}{(126 - x)} \right) dx = a_1 \ln \left( \frac{x}{126 - x} \right) \Big|_{63}^{72} = a_1 \ln \left( \frac{4}{3} \right),$$

Согласно (14)  $126 \cdot 3^n \cdot 5^{11n} \cdot a_1 \in \mathbb{Z}$ . Поэтому из (10) и (12) получим:

$$I_{1} = 126 \cdot 3^{n} \cdot 5^{11n} \cdot \Lambda_{220} + 126 \cdot 3^{n} \cdot 5^{11n} \cdot q_{20n} \cdot \sum_{i=2}^{2n+1} \Lambda_{i,1} + 126 \cdot 3^{n} \cdot 5^{11n} \cdot q_{20n} \cdot a_{1} \cdot \ln \frac{5}{4},$$

$$I_2 = 126 \cdot 3^n \cdot 5^{11n} \cdot \Lambda_{228} + 126 \cdot 3^n \cdot 5^{11n} \cdot q_{20n} \cdot \sum_{i=2}^{2n+1} \Lambda_{i,2} + 126 \cdot 3^n \cdot 5^{11n} \cdot q_{20n} \cdot a_1 \cdot \ln \frac{4}{3},$$

И лемма 5 доказана.

**Доказательство теоремы 2**. Применим лемму М. Хата, приведенную в первой части работы, где:

$$\begin{split} \theta_{1} &= \ln \left(\frac{5}{4}\right), \theta_{2} = \ln \left(\frac{4}{3}\right) - \ln \left(\frac{5}{4}\right) = \ln \left(\frac{16}{15}\right), \varepsilon_{n} = I_{1} = A \cdot \ln \left(\frac{5}{4}\right) + B_{1}, \delta_{n} = I_{2} - I_{1} = A \cdot \ln \left(\frac{16}{15}\right) + B_{2} - B_{1}, Q_{n} = A, P_{n_{1}} = B_{1}, P_{n_{2}} = B_{2} - B_{1} \end{split}$$

Асимптотику интегралов  $\int\limits_{63}^{70} R(x)dx$  ,  $\int\limits_{70}^{72} R(x)dx$  несложно вычислить с помощью теоремы

Лапласа, а асимптотику  $a_1$  с помощью метода перевала.

Рассмотрим следующую функцию (см. (10)):

$$f(x) = \frac{(x-54)^{11} \cdot (x-56)^9 \cdot (x-63)^{22} \cdot (x-70)^9 \cdot (x-72)^{11}}{x^{20} \cdot (126-x)^{20}};$$

$$f(x) \equiv g(t) = \frac{(t-49)^9 \cdot (t-81)^{11} \cdot t^{11}}{(t-3969)^{20}}$$
, где  $t = (x-63)^2$ .

Далее найдем нули g'(t), отличные от нулей g(t):  $t_1 \approx 21.6174$ ,  $t_2 \approx 65.6085$ ,  $t_3 \approx 11107.0469$ . Тогла:

$$\begin{split} \tau_1 &= -22 - \ln(3) - 11 \cdot \ln(5) - \ln \left| g(t_1) \right| \approx 16.2921, \\ \tau_2 &= -22 - \ln(3) - 11 \cdot \ln(5) - \ln \left| g(t_2) \right| \approx 23.2076, \ 0 < \tau_1 < \tau_2; \\ \lambda &= \lim_{n \to \infty} \left( \frac{1}{n} \cdot \ln \left| |Q_n| \right| \right); \end{split}$$

$$\lambda = 22 + \ln(3) + 11 \cdot \ln(5) + \ln(|a_1|) = 22 + \ln(3) + 11 \cdot \ln(5) + \ln|g(t_3)| \approx 151.9936.$$

Таким образом, получаем:  $\frac{\lambda}{\tau_1} \approx 9.3293$ . И из леммы 3 (лемма М. Хата) следует утверждение

теоремы 2. Остается показать, что

$$P_1 \cdot \ln\left(\frac{5}{4}\right) + P_2 \cdot \ln\left(\frac{16}{15}\right) \equiv p_1 \cdot \ln\left(\frac{4}{3}\right) + p_2 \cdot \ln\left(\frac{5}{4}\right)$$
, где  $P_1 = p_1 + p_2$ ,  $P_2 = p_1$ .

Стоит отметить, что при уточнении значений до сотых показателей степени сомножителей в интеграле (10) можно улучшить оценку до 9.1992.

Was improved estimate of the irrationality measure of ln(8/5). Was obtained a new lower estimate for the diophantine approximations of linear combinations of numbers ln(4/3) and ln(5/4).

The key words: diophantine approximations, irrationality measure, saddle point method.

### Список литературы

- 1. Золотухина Е.С. Диофантовы приближения некоторых логарифмов. Диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Брянский государственный техический университет, 2009, 100 с, 61 09-1/887.
- 2. Салихов В.Х. О мере иррациональности ln(3) // Доклады Академии наук РФ. 2007. Т. 417. № 6. С. 753-755.
- 3. Hata M. Rational approximations to  $\pi$  and some other numbers // Acta arith. 1993. V. 63. No 4. P. 335-349.
- 4. Heimonen A., Matala-aho T., Väänänen K. On irrationality measures of the values of Gauss hypergeometric function // Manuscripta Math. 1993. V. 81. P.183-202.
- 5. Rhin G., Toffin P. Approximants de Pade simultanes de logarithms // J. Number Theory 24. 1986. P 284-297
- 6. Wu Q. On the linear independence measure of logarithms of rational numbers // Math. Comput. 2002. V.72. № 242. P. 901-911.

### Об авторе

Лучин М.Ю. – аспирант Брянского государственного технического университета, М.Ү.Luchin@mail.ru.

### УДК 517.925

# О МЕТОДАХ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА СХОДИМОСТИ РЯДОВ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

И.П. Мартынов, Е.Е. Кулеш, М.В. Мисник

Свойство Пенлеве дифференциального уравнения в частных производных широко используется как критерий его полной интегрируемости. При исследовании уравнений на свойство Пенлеве, как правило ищут формальные разложения вокруг подвижных особых многообразий. В этой статье мы рассматриваем методы доказательства сходимости полученных рядов. Результаты продемонстрированы на некоторых известных уравнениях. Ключевые слова: дифференциальное уравнение в частных производных, свойство Пенлеве, ряд, сходимость,

**Ключевые слова:** дифференциальное уравнение в частных производных, свойство Пенлеве, ряд, сходимость, мажорантный ряд.

Объектом исследования этой статьи является формальное разложение в ряд решения дифференциального уравнения в частных производных, широко используемое для проверки наличия свойства Пенлеве. Свойство Пенлеве стало широко используемым критерием полной интегрируемости дифференциальных уравнений в частных производных, которые точно разрешимы методом обратной задачи рассеяния или линеаризацией через преобразование переменных. Широко используется гипотеза Абловица о том, что все редукции к обыкновенным дифференциальным уравнениям полностью интегрируемых дифференциальных уравнений в частных производных обязательно обладают свойством Пенлеве (возможно после замены переменных). Для обыкновенных дифференциальных уравнений свойство Пенлеве означает, что все подвижные особые точки его общего решения полярны. Дифференциальное уравнение с частными производными имеет свойство Пенлеве, если все подвижные особенности его общего решения, если они существуют, полярны [1].

Чтобы показать, что уравнение имеет свойство Пенлеве, требуется показать, что его решение может быть представлено в виде ряда

$$u(x,t) = \sum_{k=0}^{\infty} u_k(x,t) \varphi^{k-s}, \qquad (1)$$

в окрестности нехарактеристического  $(\varphi_x \varphi_t \neq 0)$ \$ особого многообразия  $\Phi$ , заданного уравнением  $\varphi(x,t)=0$ ; s — целое число,  $s\neq 0$ ,  $u_0(x,t)\neq 0$ ,  $u_k(x,t)$  — аналитические функции в окрестности  $\Phi$ . Если разложение (1) является локальным представлением общего решения, то оно будет, согласно [2, с.351], иметь n произвольных функций, среди которых n-1 коэффициентов  $u_r(x,t)$  и функция  $\varphi(x,t)$ . Числа r при этом называются резонансами (резонансными числами), а функции — резонансными коэффициентами. Уравнение может иметь разные доминантные степени в (1), каждая из которых будет иметь свою собственную резонансную структуру. Необходимо, чтобы при каждом значении s резонансные функции оставались произвольными. Подстановка ряда (1) в дифференциальное уравнение определяет возможные значения s и рекуррентные формулы для определения коэффициентов  $u_k(x,t)$ . Установлено, что можно считать  $\varphi=x\pm\gamma(t)$  или  $\varphi=t\pm\psi(x)$  поскольку потеря общности не влияет на резонансную структуру уравнения. Пусть  $\varphi=x+\gamma(t)$ , тогда  $\varphi_x=1$ . Заменив s на s0 коэффициентах s1, и переразложив ряд (1), получим ряд по степеням s2 с коэффициентами, зависящими только от s3.

$$u(x,t) = \sum_{k=0}^{\infty} u_k(t) \varphi^{k-s}. \tag{2}$$

Значит, необходимым условием наличия свойства Пенлеве для дифференциального уравнения в частных производных n-го порядка является произвольность и независимость функций  $\varphi$  и n-1 резонансных коэффициентов  $u_{r_i}$ ,  $i=\overline{1,n-1}$  ряда (2) представляющего решение дифференциального уравнения.

Однако полученный таким образом ряд представляет лишь формальное решение дифференциального уравнения в частных производных. Необходимо установить его сходимость. В работе [3] приводится доказательство сходимости рядов для уравнения Кортевега-де Фриза и уравнения Бюргерса. Продемонстрируем иной метод доказательства сходимости рядов для ниже следующих уравнений.

Рассмотрим дифференциальное уравнение

$$(u_{xxx} - 6u_x^2)_x = u_{tt}. (3)$$

Будем искать решение уравнения (3) в виде ряда

$$u = -\varphi^{-1} + \sum_{k=0}^{\infty} u_k \varphi^k,$$
 (4)

где  $u_k = u_k(t)$ , k = 0,1,2,...,  $\varphi = x + \gamma(t)$ . Подставляя ряд (4) в (3), найдем

$$u_{1} = -\frac{1}{12}\varphi_{t}^{2}, \quad u_{2} = \frac{1}{24}\varphi_{tt}, \quad u_{4} = -\frac{1}{24}(u_{0})_{tt} + \frac{5}{288}\varphi_{t}^{2}\varphi_{tt}. \tag{5}$$

Функции  $u_0$ ,  $u_3$ ,  $u_5$  и  $\varphi_t$  являются произвольными функциями от t и независимыми между собой, а все остальные коэффициенты можно найти по рекуррентным формулам

$$k(k+2)(k-3)(k-5)u_{k} = 12\sum_{m=1}^{k-3} m(m+1)(k-m-2)u_{m+1}u_{k-m-2} + (k-2)(k-3)\varphi_{t}^{2}u_{k-2} + 2(k-3)\varphi_{t}(u_{k-3})_{t} + (k-3)\varphi_{t}u_{k-3} + (u_{k-4})_{t}, k = 6,7,...$$

$$(6)$$

Докажем сходимость ряда (4) с коэффициентами (5), (6). Пусть  $T_1$  – область голоморфности коэффициентов  $u_k$  ,  $k=0,1,2,\ldots$  Выберем  $\delta$  так, чтобы выполнялись условия

$$|\gamma| \le \frac{1}{12\delta}, \quad |u_0| \le \frac{\delta}{12}, \quad |u_3| \le \frac{\delta^4}{12}, \quad |u_5| \le \frac{\delta^6}{12}$$
 (7)

при всех  $t\in T\subset T_1$ , где T – замкнутый круг радиуса  $\rho$  , причем  $\rho\geq \frac{1}{\delta^2}$ . Используя инте-

гральную формулу Коши 
$$f^{(n)}(z) = \frac{n!}{2\pi i} \int_{L} \frac{f(\xi)d\xi}{(\xi-z)^{n+1}},$$
 получим

$$\left|\varphi_{t}\right| = \left|\gamma_{t}\right| = \left|\frac{1}{2\pi i} \int_{L} \frac{\gamma(\tau)d\tau}{(\tau - t)^{2}}\right| \leq \frac{1}{2\pi} \int_{L} \frac{\left|\gamma(\tau)\right|}{\left|\tau - t\right|^{2}} \left|d\tau\right| \leq \frac{1}{24\pi\delta\rho} \int_{0}^{2\pi} d\varphi = \frac{1}{12\delta\rho} \leq \frac{\delta}{12}.$$
 Аналогично можно по-

казать, что 
$$\left| \varphi_{tt} \right| = \left| \gamma_{tt} \right| \leq \frac{2}{12\delta \rho^2} \leq \frac{\delta^3}{6}, \ \left| (u_0)_{tt} \right| \leq \frac{2\delta}{12\rho^2} \leq \frac{\delta^5}{6}.$$
 Тогда из (5) следует  $\left| u_k \right| \leq \frac{\delta^{k+1}}{12}, \ k = \overline{0.5}.$  Пусть

$$|u_k| \le \frac{\delta^{k+1}}{12}, \forall k < n$$
. Из (6) найдем

$$\left| n(n+2)(n-3)(n-5)u_n \right| \le \frac{\delta^{n+1}}{12} \left( \sum_{m=1}^{n-3} m(m+1)(n-m-2) + \frac{(n-2)(n-3)}{144} + \frac{(n-3)}{6} + \frac{(n-3)}{12} + 1 \right) = \frac{\delta^{n+1}}{12} \cdot \frac{12n^4 - 72n^3 + 133n^2 - 41n + 42}{144}.$$

Учитывая, что 
$$0 < \frac{12n^4 - 72n^3 + 133n^2 - 41n + 42}{144n(n+2)(n-3)(n-5)} \le 1$$
 при  $n = 6,7...$ , получим

 $|u_n| \le \frac{\delta^{n+1}}{12}$ . Таким образом, согласно методу математической индукции заключаем, что

$$\left|u_{n}\right| \leq \frac{\delta^{n+1}}{12}, \ k=0,1,2,\ldots$$
 Пусть  $\left|\varphi\right| = \left|x+\gamma\right| \leq \left|x\right| + \left|\gamma\right| < \sigma + \frac{1}{12\delta} < M$ . Тогда для ряда  $\sum\limits_{k=0}^{\infty} u_{k} \phi^{k}$ 

можно построить мажорантный ряд  $\frac{\delta}{12}\sum_{k=0}^{\infty}(\delta M)^k$  , который сходится при  $M<\delta^{-1}$  .

**Теорема 1.** Ряд (4) с коэффициентами (5), (6) сходится при  $0 \neq |\phi| < M < \delta^{-1}$ , где  $\delta$  определяется условиями (7),  $|x| < \sigma$ ,  $\sigma + \frac{1}{12\delta} < M$ , а значит является решением уравнения (3) в ука-

занной области.

Рассмотрим далее дифференциальное уравнение Бюргерса

$$u_{xx} = 2uu_x + u_t. (8)$$

Если искать решение уравнения (8) в виде ряда (4), то функции  $u_1$  и  $\varphi_t$  будут произвольными независимыми функциями от t , а все остальные коэффициенты найдем по рекуррентным формулам

$$u_{0} = -\frac{1}{2}\varphi_{t},$$

$$(k-1)(k+2)u_{k} = 2\sum_{m=1}^{k-1} mu_{m}u_{k-m-1} + (k-1)\gamma_{t}u_{k-1} + (u_{k-2})_{t}, k = 2,3,...$$
(9)

Докажем сходимость ряда (4) с коэффициентами (9). Пусть  $T_1$  – область голоморфности коэффициентов  $u_k$  ,  $k=0,1,2,\ldots$  Выберем  $\delta$  так, чтобы выполнялись условия

$$\left|\gamma\right| \le \frac{1}{2\delta}, \quad \left|u_{\scriptscriptstyle 1}\right| \le \frac{\delta^2}{2}$$
 (10)

при всех  $t\in T\subset T_1$ , где T – замкнутый круг радиуса  $\rho$ , причем  $\rho\geq \frac{1}{\mathcal{S}^2}$ . Тогда

$$\left|\gamma_{\scriptscriptstyle t}\right| \leq \frac{1}{2\delta\rho} \leq \frac{\delta}{2}, \ \left|u_{\scriptscriptstyle 0}\right| \leq \frac{\delta}{2}.$$
 Пусть  $\left|u_{\scriptscriptstyle k}\right| \leq \frac{\delta^{^{k+1}}}{2}, orall k < n.$  Из (9) найдем

$$(n-1)(n+2)|u_n| \leq \frac{\delta^{n+1}}{2} \left( \sum_{m=1}^{n-1} m + \frac{n-1}{2} + 1 \right) = \frac{\delta^{n+1}}{2} \cdot \frac{n^2 + 1}{2}.$$

Так как  $0 < \frac{n^2 + 1}{2(n-1)(n+2)} < 1$ ,  $\forall n = 2,3,\ldots$ , то  $\left|u_n\right| \le \frac{\delta^{n+1}}{2}$ . Следовательно, согласно

методу математической индукции  $|u_k| \le \frac{\delta^{k+1}}{2}, \forall k = 0,1,2,\dots$ 

Пусть  $|\varphi| = |x + \gamma| \le |x| + |\gamma| < \sigma + \frac{1}{2\delta} < M$ . Тогда для ряда  $\sum_{k=0}^{\infty} u_k \varphi^k$  можно построить

мажорантный ряд  $\frac{\delta}{2}\sum_{k=0}^{\infty}(\delta M)^k$ , который сходится при  $M<\delta^{-1}$ .

**Теорема 2.** Ряд (4) с коэффициентами (9) сходится при  $0 \neq |\phi| < M < \delta^{-1}$ , где  $\delta$  определяется условиями (10),  $|x| < \sigma$ ,  $\sigma + \frac{1}{2\delta} < M$ , а значит является решением уравнения (8) в указанной области.

Рассмотрим модифицированное уравнение Кортевега-де Фриза

$$(u_{xx} - 2u^3)_x = u_t. (11)$$

Будем искать решение уравнения (11) в виде ряда (4). Тогда функции  $u_2, u_3$  и  $\varphi_t$  будут произвольными независимыми функциями от t , а все остальные коэффициенты найдем по формулам

$$u_{0} = 0, \quad u_{1} = \frac{1}{6} \varphi_{t},$$

$$(k-3)(k^{2}-4)u_{k} = 2(k-2) \sum_{m=2}^{k-3} \sum_{l=1}^{m-1} u_{l} u_{m-l} u_{k-m-2} -$$

$$-6(k-2) \sum_{m=1}^{k-3} u_{m} u_{k-m-1} + (u_{k-3})_{t}, \quad k = 4,5,...$$
(12)

Докажем сходимость ряда (4) с коэффициентами (12). Пусть  $T_1$  — область голоморфности коэффициентов  $u_k$ , k=0,1,2,... Выберем  $\delta$  так, чтобы выполнялись условия

$$\left|\gamma\right| \le \frac{1}{2\delta}, \quad \left|u_2\right| \le \frac{\delta^3}{2}, \quad \left|u_3\right| \le \frac{\delta^4}{2}$$
 (13)

при всех  $t \in T \subset T$ , где T — замкнутый круг радиуса  $\rho$ , причем  $\rho \ge \frac{1}{\delta^3}$ . Тогда

$$\begin{split} \left|\gamma_t\right| &\leq \frac{1}{2\delta\rho} \leq \frac{\delta^2}{2}, \left|u_1\right| \leq \frac{\delta^2}{2}. \text{ Пусть } \left|u_k\right| \leq \frac{\delta^{k+1}}{2}, \forall k < n. \text{ Из (12) найдем} \\ &(n-3)(n^2-4)|u_n| \leq \frac{\delta^{n+1}}{2} \bigg(\frac{n-2}{2} \sum_{m=2}^{n-3} \sum_{l=1}^{m-1} 1 + 3(n-2) \sum_{m=1}^{n-3} 1 + 1\bigg) = \\ &= \frac{\delta^{n+1}}{2} \cdot \frac{n^3 + 3n^2 - 34n + 52}{2}, n = 4,5, \ldots \end{split}$$

Так как  $0 < \frac{n^3 + 3n^2 - 34n + 52}{2} < 1, \forall n = 4,5,..., \text{ то } |u_n| \le \frac{\delta^{n+1}}{2}$ . Следовательно, согласно мето-

ду математической индукции  $|u_k| \le \frac{\delta^{k+1}}{2}, \forall k = 0,1,2,\dots$ 

Пусть  $|\varphi| = |x + \gamma| \le |x| + |\gamma| < \sigma + \frac{1}{2\delta} < M$ . Тогда для ряда  $\sum_{k=0}^{\infty} u_k \varphi^k$  можно построить мажорантный ряд  $\frac{\delta}{2} \sum_{k=0}^{\infty} (\delta M)^k$ , который сходится при  $M < \delta^{-1}$ .

**Теорема 3.** Ряд (4) с коэффициентами (12) сходится при  $0 \neq |\phi| < M < \delta^{-1}$ , где  $\delta$  определяется условиями (13),  $|x| < \sigma$ ,  $\sigma + \frac{1}{2\delta} < M$ , а значит является решением уравнения (11) в указанной области.

Рассмотрим дифференциальное уравнение Кортевега-де Фриза

$$(u_{xx} - 6u^2)_x = u_t. (14)$$

Будем искать решение уравнения (14) в виде ряда

$$u = -\varphi^{-2} + u_0 + \sum_{k=2}^{\infty} u_k \varphi^k,$$
 (15)

где  $u_k = u_k(t), k = 0,2,3,..., \varphi = x + \gamma(t)$ . Подставляя ряд (15) в (14), найдем

$$u_0 = -\frac{\varphi_t}{12}, \quad u_3 = -\frac{(u_0)_t}{6}, \quad u_5 = \frac{(u_2)_t}{24},$$
 (16)

функции  $u_2, u_4$  и  $\varphi_t$  являются произвольными независимыми функциями от t, а все остальные коэффициенты найдем по формулам

$$(k-2)(k-4)(k+3)u_k = 6(k-2)\sum_{m=2}^{k-4} u_m u_{k-m-2} + (u_{k-3})_t, k = 6,7,...$$
(17)

Докажем сходимость ряда (15) с коэффициентами (16), (17). Пусть  $T_1$  — область голоморфности коэффициентов  $u_k$ , k=0,2,3,... Выберем  $\delta$  так, чтобы выполнялись условия

$$\left|\gamma\right| \le \frac{1}{2\delta}, \quad \left|u_2\right| \le \delta^4, \quad \left|u_4\right| \le \delta^6,$$
 (18)

при всех  $t \in T \subset T$ , где T — замкнутый круг радиуса  $\rho$ , причем  $\rho \ge \frac{1}{\delta^3}$ . Тогда  $|\gamma_t| \le \frac{1}{2\delta\rho} \le \delta^2$ ,  $|u_0| \le \delta^2$ ,  $|u_3| \le \frac{|(u_0)_t|}{6} \le \frac{\delta^2}{6\rho} \le \delta^5$ ,  $|u_5| \le \frac{|(u_2)_t|}{24} \le \frac{\delta^4}{24\rho} \le \delta^7$ . Пусть  $|u_k| \le \delta^{k+2}$ ,  $\forall k < n$ . Из (17) найдем

$$(n-2)(n-4)(n+3)|u_k| \le \delta^{n+2} \left(6(n-2)\sum_{m=2}^{n-4} 1 + 1\right) = \delta^{n+2} (6n^2 - 30n + 37).$$

Так как  $0 < \frac{6n^2 - 30n + 37}{(n-2)(n-4)(n+3)} < 1, \forall n = 6,7,...,$  то  $|u_n| \le \delta^{n+2}$ . Следовательно, согласно

методу математической индукции  $|u_k| \le \delta^{n+2}, \forall k = 0, 2, 3, \dots$ 

Пусть  $|\varphi| = |x + \gamma| \le |x| + |\gamma| < \sigma + \frac{1}{2\delta} < M$ . Тогда для ряда  $\sum_{k=0}^{\infty} u_k \varphi^k$  можно построить ма-

жорантный ряд  $\delta^2 \sum_{k=2}^{\infty} (\delta M)^k$ , который сходится при  $M < \delta^{-1}$ .

**Теорема 4.** Ряд (15) с коэффициентами (16), (17) сходится при  $0 \neq |\varphi| < M < \delta^{-1}$ , где  $\delta$  определяется условиями (18),  $|x| < \sigma$ ,  $\sigma + \frac{1}{2\delta} < M$ , а значит является решением уравнения (14) в указанной области.

Продемонстрируем несколько иной метод доказательства сходимости ряда, представляющего решение дифференциального уравнения Кортевега-де Фриза (14).

Докажем сходимость ряда (15) с коэффициентами (16), (17). Вводя в уравнение (14) параметр  $\lambda(\lambda = const)$  по формулам

$$u = \lambda^{-2} \upsilon$$
,  $\upsilon = \upsilon(\xi, t)$ ,  $\varphi = \lambda \xi$ ,

получим

$$\upsilon_{\varepsilon\varepsilon\varepsilon} - 12\upsilon\upsilon_{\varepsilon\varepsilon} = \phi_t \upsilon_{\varepsilon} \lambda^2 + \upsilon_t \lambda^3. \tag{19}$$

Решение уравнения (19) будем искать в виде ряда

$$\upsilon = \xi^{-2} + \sum_{k=0}^{\infty} \upsilon_k \lambda^{k+2}, \, \upsilon_k = \upsilon_k(\xi, t).$$
 (20)

Подставляя (20) в (19) и приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях  $\lambda$  , получим

$$(\upsilon_k)_{\xi\xi\xi} = \frac{12}{\xi^2} (\upsilon_k)_{\xi} - \frac{24}{\xi^3} \upsilon_k + F_k, k = 0, 1, \dots,$$
 (21)

где

$$F_0 = -2\varphi_t \xi^{-3}; \quad F_1 = F_2 = 0; \quad F_3 = (\upsilon_0)_t; \quad F_4 = 0; \quad F_5 = (\upsilon_2)_t;$$

$$F_{k+2} = 12 \sum_{m=2}^{k-2} \upsilon_{k-m} (\upsilon_m)_{\xi} + (\upsilon_{k-1})_t, \quad k = 4,5, \dots$$

Решая уравнение (21) при k = 0.1.2.3.4, найдем

$$\upsilon_0 = -\frac{\varphi_t}{12}, \ \upsilon_1 = 0, \ \upsilon_2 = \alpha_2(t)\xi^2, \ \upsilon_3 = \frac{\varphi_t}{72}\xi^3, \ \upsilon_4 = \alpha_4(t)\xi^4, \ \upsilon_5 = \alpha_2'(t)\xi^5.$$
 (22)

Если считать, что  $\upsilon_k = \alpha_k(t) \xi^k$  для всех k < n+2, то

$$F_{n+2} = \omega_{n+2} \xi^{n-1}$$
, где  $\omega_{n+2} = 6n \sum_{m=2}^{n-2} \alpha_m \alpha_{n-m} + (\alpha_{n-1})_t$ .

Решая уравнение (21) при k = n - 2, найдем

$$\upsilon_{n+2} = \alpha_{n+2} \xi^{n+2}, \quad \alpha_{n+2} = \frac{\omega_{n+2}}{n(n-2)(n+5)}.$$

Таким образом, согласно методу математической индукции  $\,\upsilon_k=\alpha_k\xi^k\,,\,\forall k\in{
m N}\,,\,$  где

$$\alpha_k = \frac{1}{(k-2)(k-4)(k+3)} \left( 6(k-2) \sum_{m=2}^{k-4} \alpha_m \alpha_{k-m-2} + (\alpha_{k-3})_t \right). \tag{23}$$

Сравнивая (22), (23) с (16), (17), заключаем, что  $\alpha_k \equiv u_k$ ,  $\forall k=0,1,2,\ldots$  При этом ряд (20) примет вид

$$\upsilon = \xi^{-2} - \frac{\varphi_t}{12} \lambda^2 + \sum_{k=2}^{\infty} u_k \xi^k \lambda^{k+2}.$$

Выше было доказано, что если  $T_1$  – круг радиуса  $\rho$  ,  $\frac{1}{\rho} \le \delta^3$  из области голоморфности коэф-

фициентов  $u_k$ , и функции  $u_2,u_4$  и  $\gamma$  таковы, что  $|\gamma| \leq \frac{1}{2\delta}$ ,  $|u_2| \leq \delta^4$ ,  $|u_4| \leq \delta^6$ , то

$$\left|u_{k}\right| \leq \delta^{k+2}$$
,  $\forall k$ . Пусть  $\left|\xi\right| \leq \delta_{1}$ , тогда для ряда  $\sum_{k=2}^{\infty} u_{k} \varphi^{k} = \frac{1}{\lambda^{2}} \sum_{k=2}^{\infty} u_{k} \xi^{k} \lambda^{k+2}$  мажорантным будет

ряд 
$$\frac{1}{\lambda^2 \delta_1^2} \sum_{k=2}^{\infty} (\delta \delta_1 \lambda)^{k+2}$$
. Выберем  $M$  так, чтобы  $|\phi| = |\xi \lambda| < \delta_1 |\lambda| < M$ . Тогда ряд  $\sum_{k=2}^{\infty} (\delta \delta_1 \lambda)^{k+2}$ 

сходится при  $\delta \delta_1 |\lambda| < \delta M < 1$  . Следовательно ряд (15) сходится при  $0 \neq |\phi| < M < \delta^{-1}$  .

The test for the Painleve property has become a widely used test for completely integrable PDEs. In the study of equations of the Painleve property, as a rule seek formal expansions around movable singularity manifolds. article we consider methods of proving of the convergence of the obtained series. The results demonstrated for some well-known equations.

The key words: partial differential equations, mobile features, Painleve property, series, convergence, majorant series

### Список литературы

- 1. Cosgrove, C. Painleve classification of all semilinear partial differential equations of the second order. I. Hyperbolic equations in two independent variables / C. Cosgrove // Stud. Appl. Math. 1993. Vol.89. P. 1 61.
- 2. Мартынов, И.П. Аналитическая теория нелинейных уравнений и систем: пособие / И.П. Мартынов, Н.С. Березкина, В.А. Пронько. Гродно: ГрГУ, 2009. 395 с.
- 3. Nalini Joshif and Johannes Petersen A method of proving the convergence of the Painleve expansions of partial differential equations // School of Mathematics. University of New South Wales, PO Box 1. Kensington NSW 2033. Australia.

### Об авторах

Мартынов И. П. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа и дифференциальных уравнений Гродненского государственного университета им. Я. Купалы;

Кулеш Е. Е. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Гродненского государственного университета им. Я. Купалы, kulesh@grsu.by

Мисник М. В. – старший преподаватель кафедры информатики и компьютерного моделирования Гродненского государственного университета им. Я. Купалы, misnikmv@mail.ru

### УДК 517.53

### ОБОБЩЕНИЕ ОДНОЙ ТЕОРЕМЫ ВАЛИРОНА НА СЛУЧАЙ СУБГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

### О.В. Охлупина

В работе обобщена классическая теорема Ж.Валирона на случай субгармонических функций. Ключевые слова: гармоническая функция, субгармоническая функция, мера, потенциал.

### Введение

Пусть C - комплексная плоскость. H(C) - множество всех целых функций в C .  $\Omega_{_{\rho}}$  - класс положительных функций, определённых на  $R_{_{+}}=\left(0;+\infty\right)$ , удовлетворяющих следующим условиям:  $1)\int\limits_{-\infty}^{+\infty}\frac{\omega\left(x\right)}{x^{1+\rho}}dx<+\infty\;;$ 

2) если 
$$\lambda_1 \leq \frac{x}{y} \leq \lambda_2$$
, то  $C_1 \omega(y) \leq \omega(x) \leq C_2 \omega(y)$ , где  $C_1, C_2$  - положительные константы.

Если  $f \in H(C)$ , то n(r) - число нулей функции f в круге  $D_r$ ,  $0 < r < +\infty$ . Введем в рассмотрение класс целых функций

$$A_{\rho}(C) = \left\{ f \in H(C) : \int_{1}^{+\infty} \frac{\ln M(r, f)}{r^{1+\rho}} dr < +\infty \right\},\tag{1}$$

где  $M\!\left(r,f\right) = \max_{|z| \le r} \left| f\!\left(z\right) \right|,\; \rho$  - порядок целой функции, 0 .

Фактор Вейерштрасса имеет вид:

$$A_{q}(z,z_{k}) = \left(1 - \frac{z}{z_{k}}\right) \exp\left\{\frac{z}{z_{k}} + \frac{1}{2}\left(\frac{z}{z_{k}}\right)^{2} + \dots + \frac{1}{q}\left(\frac{z}{z_{k}}\right)^{q}\right\},\tag{2}$$

где q - наибольшее целое число, для которого  $\int\limits_0^{+\infty}t^{-q-1}n(t)dt=+\infty$  , q>0 ,  $z,z_{_k}\in C,\ z_{_k}\neq 0$  .

Ж.Валирон доказал следующее утверждение (см. [1]).

Пусть целая функция  $f\in A_{_{\rho}}(C)$ , f тождественно не равна нулю, и  $\left\{z_{_k}\right\}_{_{k=1}}^{^{+\infty}}$  - последовательность нулей функции f , тогда  $\sum_{_{k=1}}^{^{+\infty}}\left|z_{_k}\right|^{^{-\rho}}<+\infty$  .

При  $\rho \notin Z$  верно и обратное: пусть  $\left\{z_k\right\}_{k=1}^{+\infty}$  - последовательность чисел из C, для которых  $\sum_{k=1}^{+\infty} \left|z_k\right|^{-\rho} < +\infty \text{ , тогда существует функция } f \in A_{_{\rho}}(C), \text{ корневое множество которой совпадает } c$  последовательностью  $\left\{z_k\right\}_{k=1}^{+\infty}$  .

Обозначим через SH(C) множество всех субгармонических функций в C . Введем в рассмотрение класс функций

$$SH_{\omega,\rho}^{p}(C) = \left\{ u \in SH(C) : \left( \int_{1}^{+\infty} \frac{\left( \int_{-\pi}^{\pi} u^{+}(re^{i\varphi}) d\varphi \right)^{p} \omega(r)}{r^{1+\rho}} dr < +\infty \right)^{\frac{1}{p}} \right\}, \tag{3}$$

где  $\rho > 0$ , 0 .

В случае  $\omega(r) \equiv 1$  для простоты введём обозначение:  $SH_{1,\rho}^p(C) = SH_{\rho}^p(C)$ .

Пусть q - набольшее целое число в произведении Вейерштрасса  $E_q\left(z,\zeta\right) = \prod_{k=1}^{\infty} A_q\left(z,\zeta\right),$  для

которого 
$$\int_{0}^{+\infty} t^{-q-1} n(t) dt = +\infty$$
,  $q > 0$ ,  $n(t) = \mu(D_t)$ , где  $D_t = \{z \in C : |z| < t\}$ ,  $z, \zeta \in C$ ,  $\zeta \neq 0$ .

В дальнейшем будем предполагать, что функции рассматриваемых классов являются гармоническими в некоторой окрестности начала координат, а возникающие меры обращаются в ноль в некоторой окрестности нуля (то есть носитель мер находится вне этой окрестности).

Основным результатом работы является следующее утверждение.

**Теорема 1.** Пусть 
$$0 ,  $\rho > 0$ ,  $\frac{\rho}{p} \not\in Z_+$  и  $q \in Z_+$  удовлетворяет неравенству  $\frac{\rho}{p} - 1 < q < \frac{\rho}{p}$ .$$

Тогда класс функций  $SH^{p}_{\rho}\left(C\right)$  совпадает с классом функций,  ${\it u}$  допускающих представление:

$$u(z) = \int_{C} \ln \left| A_q(z,\zeta) \right| d\mu(\zeta) + h(z) , \qquad (4)$$

где  $z,\zeta\in C$  ,  $\zeta\neq 0$  ,  $h\!\left(z\right)$  - гармоническая функция в C , удовлетворяющая условию

$$\int\limits_{1}^{+\infty} \frac{\left(\int\limits_{-\pi}^{\pi} \left|h\left(re^{i\varphi}\right)\right| d\varphi\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr < +\infty \,, \, \mu\left(\zeta\right) \quad - \quad \text{неотрицательная} \quad \text{борелевская} \quad \text{мера,} \quad \text{для} \quad \text{которой}$$
 
$$\int\limits_{1}^{+\infty} \frac{n^{p}(r)}{r^{1+\rho}} dr < +\infty \,, \, n(r) = \mu(D_{r}), \, \, 0 < r < +\infty \,.$$

### Доказательство вспомогательных утверждений

Доказательство теоремы основано на следующих вспомогательных утверждениях:

Лемма 1. Пусть 
$$\omega \in \Omega_{
ho}$$
,  $z,\zeta \in C$  ,  $\mathit{n}(r) = \mu(D_{r})$  . Тогда

$$I = \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(n(r)\right)^{p} \omega(r)}{r^{1+p}} dr < +\infty \Leftrightarrow \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{\left(n(2^{k})\right)^{p} \omega(2^{k})}{2^{kp}} < +\infty.$$

Следующее утверждение позволяет получить необходимое условие на представляющую меру функции из класса  $SH^{p}_{\omega,a}(C)$ .

**Теорема 2.** Пусть **и** - произвольная субгармоническая функция из класса  $SH^{r}_{\omega,\rho}(C)$ ,  $0 , <math>\mu(\zeta)$  - неотрицательная борелевская мера,  $\mu(D_{r}) = n(r)$ ,  $0 < r < +\infty$ ,  $\omega \in \Omega_{\rho}$ . Тогда  $\int_{1}^{+\infty} \frac{n^{p}(r)\omega(r)}{r^{1+\rho}} dr < +\infty$ 

Доказательство. Пусть сначала  $u \in SH^{p}_{\omega,\rho}(C) \cap C^{(2)}(C)$ ,  $u(0) > -\infty$ .

 $\Delta u$  - лапласиан функции u.

Рассмотрим круг радиуса t: 0 < t < 1 с центром в начале координат. Тогда имеет место следующее равенство:

$$t^{2} \int_{-\pi}^{\pi} u \left( t e^{i\varphi} \right) d\varphi = \int_{-\pi}^{\pi} \int_{0}^{t} \ln \frac{t}{r} \Delta u \left( r e^{i\varphi} \right) r dr d\varphi + 2\pi C_{0} t^{2}$$
 (5)

Так как  $u(0) \ge C_0 > -\infty$ , то, по свойству субгармонических функций,

$$\frac{1}{2\pi}\int\limits_{-\pi}^{\pi}u\Big(re^{i\varphi}\Big)d\varphi\geq u\Big(0\Big)\geq C_0>-\infty\text{ , а также, учитывая что }u\Big(z\Big)\leq u^+\Big(z\Big)\text{ , получим:}$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \int_{0}^{t} \ln \frac{t}{r} \Delta u \left( r e^{i\varphi} \right) r dr d\varphi \leq t^{2} \int_{-\pi}^{\pi} u^{+} \left( t e^{i\varphi} \right) d\varphi \leq \int_{-\pi}^{\pi} u^{+} \left( t e^{i\varphi} \right) d\varphi.$$

Возведем обе части неравенства в степень p , а затем умножим на  $\frac{\omega(t)}{t^{\rho+1}}$  и проинтегрируем по переменной t от 1 до  $+\infty$ :

$$\begin{split} & \int\limits_{1}^{+\infty} \left( \int\limits_{-\pi}^{\pi} \int\limits_{0}^{t} \ln \frac{t}{r} \Delta u \left( r e^{i \varphi} \right) r dr d\varphi \right)^{p} \frac{\omega(t) dt}{t^{\rho+1}} \leq \int\limits_{1}^{+\infty} \left( \int\limits_{-\pi}^{\pi} u^{+} \left( t e^{i \varphi} \right) d\varphi \right)^{p} \frac{\omega(t) dt}{t^{\rho+1}} \,. \end{split}$$
 Так как  $u \in SH_{\omega,\rho}^{p} \left( C \right)$ , то  $\int\limits_{1}^{+\infty} \left( \int\limits_{-\pi}^{\pi} u^{+} \left( t e^{i \varphi} \right) d\varphi \right)^{p} \frac{\omega(t) dt}{t^{\rho+1}} \,< +\infty$  . Поэтому 
$$& \int\limits_{1}^{+\infty} \left( \int\limits_{-\pi}^{\pi} \int\limits_{0}^{t} \ln \frac{t}{r} \Delta u \left( r e^{i \varphi} \right) r dr d\varphi \right)^{p} \frac{\omega(t) dt}{t^{\rho+1}} \,< +\infty \,. \end{split}$$
 
$$& I = \int\limits_{-\pi}^{\pi} \int\limits_{0}^{t} \ln \frac{t}{r} \Delta u \left( r e^{i \varphi} \right) r dr d\varphi = \int\limits_{0}^{t} \int\limits_{1}^{t} \left( \int\limits_{0}^{\tau} \int\limits_{-\pi}^{\pi} \Delta u \left( \rho e^{i \varphi} \right) d\varphi \rho d\rho \right) dr$$
 
$$& \text{Учитывая, что } \mu(D_{r}) = \int\limits_{0}^{r} \int\limits_{0}^{\pi} \Delta u \left( \rho e^{i \varphi} \right) d\varphi \rho d\rho = n(r) \,, \text{ получим: } I = \int\limits_{0}^{t} \frac{n(r)}{r} dr \,. \\ & \int\limits_{1}^{+\infty} \left( \int\limits_{0}^{t} \frac{n(r)}{r} dr \right)^{p} \frac{\omega(t) dt}{t^{\rho+1}} \leq \frac{1}{2} \int\limits_{1}^{+\infty} \left( \int\limits_{-\pi}^{\pi} u^{+} \left( t e^{i \varphi} \right) d\varphi \right)^{p} \frac{\omega(t) dt}{t^{\rho+1}} \,< +\infty \\ & +\infty > \int\limits_{1}^{+\infty} \left( \int\limits_{0}^{t} \frac{n(r)}{r} dr \right)^{p} \frac{\omega(t) dt}{t^{\rho+1}} \geq \int\limits_{1}^{+\infty} \left( \int\limits_{-\pi}^{t} \frac{n(r)}{r} dr \right)^{p} \frac{\omega(t) dt}{t^{\rho+1}} = n(t) \ln |r|_{\frac{t}{2}}^{t} = n(t) \ln 2 \\ & +\infty > \int\limits_{1}^{+\infty} \left( \int\limits_{0}^{t} \frac{n(r)}{r} dr \right)^{p} \frac{\omega(t) dt}{t^{\rho+1}} \geq \int\limits_{1}^{+\infty} \frac{(\ln 2)^{p}}{t^{\rho+1}} \frac{n^{p}(t) \omega(t) dt}{t^{\rho+1}} = C \int\limits_{1}^{+\infty} \frac{n^{p}(t) \omega(t)}{t^{\rho+1}} dt \\ & +\infty \cdot \int\limits_{1}^{+\infty} \frac{n^{p}(t) \omega(t)}{t^{\rho+1}} dt < +\infty \,. \end{split}$$

То есть для  $u \in SH^{p}_{\omega,\rho}(C) \cap C^{(2)}(C)$  теорема доказана.

Применим формулу (5) к данной последовательности:

$$\rho^{2} \int_{-\pi}^{\pi} u_{n} \left(\rho e^{i\varphi}\right) d\varphi = \int_{-\pi}^{\pi} \int_{0}^{\rho} \ln \frac{\rho}{r} \Delta u_{n} \left(r e^{i\varphi}\right) r dr d\varphi + 2\pi C_{0} \rho^{2}.$$

Применяя рассуждения, изложенные выше и формулу Иенсена, получим:

$$\int_{1}^{+\infty} \frac{n^{p}(t)\omega(t)}{t^{\rho+1}} dt < +\infty.$$

Что и требовалось доказать.

**Лемма 2.** Пусть  ${\it u}$  - произвольная субгармоническая функция в  ${\it c}$ , допускающая представление  $u(z)=\int\limits_{C}\ln\left|A_q(z,\zeta)\right|d\mu(\zeta)+h(z)$ , где  $z,\zeta\in C$ ,  $\zeta\neq 0$ , q>0,  $\mu(\zeta)$ - произвольная боре-

левская неотрицательная мера в C , для которой  $\int\limits_{1}^{+\infty} \frac{n^p(r)}{r^{\rho+1}} dr < +\infty$  ,  $n(r) = \mu(D_r)$  , 0 ,

$$\rho > 0$$
,  $\frac{\rho}{p} \notin Z_+$ ,  $\frac{\rho}{p} - 1 < q < \frac{\rho}{p}$ 

h(z) - гармоническая функция в c, удовлетворяющая условию:

$$\int\limits_{-\pi}^{+\infty} \frac{\left(\int\limits_{-\pi}^{\pi} \left|h\left(re^{i\varphi}\right)\right| d\varphi\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr < +\infty. \ \ To \text{do } a \ \ u \in SH^{p}_{\rho}\left(C\right).$$

Доказательство. Введём следующее обозначение:

пусть 
$$V_q(z) = \int_C \ln \left| A_q(z,\zeta) \right| d\mu(\zeta)$$
,  $V_q(0) = 0$ . Тогда  $u(z) = h(z) + V_q(z)$ .

Учитывая, что  $u\left(z\right)\leq u^{+}\left(z\right)$ , а также справедливость оценки  $\ln M\left(r,E_{q}\right)\leq K_{q}\left(r^{q}\int\limits_{1}^{r}t^{-q-1}n(t)dt+r^{q+1}\int\limits_{r}^{+\infty}t^{-q-2}n(t)dt\right)$ , где  $E_{q}\left(z,\zeta\right)$  - произведение Вейерштрасса (см., например, [3], с. 79), запишем:

$$u^{+}(z) \leq |h(z)| + K_{q} \left( r^{q} \int_{1}^{r} t^{-q-1} n(t) dt + r^{q+1} \int_{r}^{+\infty} t^{-q-2} n(t) dt \right)$$
 (6)

Разобьём доказательство теоремы на два случая.

1) Предположим сначала, что 1 .

Проинтегрируем обе части неравенства (6) по  $\varphi$  от  $-\pi$  до  $\pi$  , возведём обе части в степень p и применим неравенство Минковского:

$$\begin{split} &\left(\int_{-\pi}^{\pi} u^{+}\left(re^{i\varphi}\right)d\varphi\right)^{p} \leq 2^{p} \left(\int_{-\pi}^{\pi} \left|h\left(re^{i\varphi}\right)\right|d\varphi\right)^{p} + \\ &+ 2^{p} \left(\int_{-\pi}^{\pi} K_{q}\left(r^{q}\int_{1}^{r} t^{-q-1}n(t)dt + r^{q+1}\int_{r}^{+\infty} t^{-q-2}n(t)dt\right)d\varphi\right)^{p} \end{split}$$

Умножим обе части на  $\frac{1}{r^{1+\rho}}$  и проинтегрируем по r от 1 до  $+\infty$ :

$$\int_{1}^{+\infty} \frac{\left(\int_{-\pi}^{\pi} u^{+} \left(re^{i\varphi}\right) d\varphi\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr \leq 2^{p} \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(\int_{-\pi}^{\pi} \left|h\left(re^{i\varphi}\right)\right| d\varphi\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr + \\ +2^{p} K_{q}^{p} \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(r^{q} \int_{1}^{r} t^{-q-1} n(t) dt + r^{q+1} \int_{r}^{+\infty} t^{-q-2} n(t) dt\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr.$$

Первый интеграл в правой части сходится по предположению. Покажем сходимость второго интеграла правой части

$$2^{p}K_{q}^{p}\int_{1}^{+\infty} \frac{\left(r^{q}\int_{1}^{r}t^{-q-1}n(t)dt + r^{q+1}\int_{r}^{+\infty}t^{-q-2}n(t)dt\right)^{p}}{r^{1+\rho}}dr \leq \\ \leq c(p)K_{q}^{p}\left(\int_{1}^{+\infty} \frac{\left(r^{q}\int_{1}^{r}t^{-q-1}n(t)dt\right)^{p}}{r^{1+\rho}}dr + \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(r^{q+1}\int_{r}^{+\infty}t^{-q-2}n(t)dt\right)^{p}}{r^{1+\rho}}dr\right) = \\ = c(p)K_{q}^{p}\left(I_{1} + I_{2}\right)$$

Оценим  $I_1$  . Применим неравенство Харди (см. [4], с. 319). Учитывая условие  $0 < q < \frac{\rho}{p}$  , получим:

$$(I_{1})^{\frac{1}{p}} = \left(\int_{1}^{+\infty} \left(\frac{r^{q} \int_{1}^{r} t^{-q-1} n(t) dt}{r^{1+\rho}}\right)^{\frac{1}{p}} dr\right)^{\frac{1}{p}} = \left(\int_{1}^{+\infty} \left(\int_{1}^{r} t^{-q-1} n(t) dt\right)^{p} r^{pq-1-\rho} dr\right)^{\frac{1}{p}} \le \frac{p}{\rho - pq} \left(\int_{1}^{+\infty} \left(t n(t) t^{-q-1}\right)^{p} t^{pq-1-\rho} dt\right)^{\frac{1}{p}} \le \frac{p}{\rho - pq} \left(\int_{1}^{+\infty} \left(n(t)\right)^{p} t^{-qp+pq-1-\rho} dt\right)^{\frac{1}{p}} = \frac{p}{\rho - pq} \left(\int_{1}^{+\infty} \left(n(t)\right)^{p} t^{-1-\rho} dt\right)^{\frac{1}{p}} < +\infty$$

Оценим  $I_2$  . Снова применим неравенство Харди. Учитывая условие  $q>\frac{\rho}{p}-1$  , имеем:

$$\begin{split} &(I_{2})^{\frac{1}{p}} = \left(\int_{1}^{+\infty} \left(r^{q+1} \int_{r}^{+\infty} t^{-q-2} n(t) dt\right)^{p} dr\right)^{\frac{1}{p}} = \left(\int_{1}^{+\infty} \left(\int_{r}^{+\infty} t^{-q-2} n(t) dt\right)^{p} r^{pq+p-1-\rho} dr\right)^{\frac{1}{p}} \leq \\ &\leq \frac{p}{pq+p-\rho} \left(\int_{1}^{+\infty} \left(tn(t)t^{-q-2}\right)^{p} t^{pq+p-1-\rho} dt\right)^{\frac{1}{p}} \leq \\ &\leq \frac{p}{pq+p-\rho} \left(\int_{1}^{+\infty} \left(n(t)\right)^{p} t^{(1-q-2)p+pq+p-1-\rho} dt\right)^{\frac{1}{p}} = \\ &= \frac{p}{pq+p-\rho} \left(\int_{1}^{+\infty} \left(n(t)\right)^{p} t^{-1-\rho} dt\right)^{\frac{1}{p}} < +\infty \,. \end{split}$$

Следовательно, функция  $\mathcal{U}$  принадлежит классу  $SH_{_{\sigma}}^{^{p}}(C)$ .

2) Перейдём к случаю 0 . Снова применяя вышеуказанные рассуждения и условие <math>0 , имеем:

$$\int_{-\pi}^{+\infty} \frac{\left(\int_{-\pi}^{\pi} u^{+} \left(re^{i\varphi}\right) d\varphi\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr \leq C \int_{-\pi}^{+\infty} \frac{\left(\int_{-\pi}^{\pi} \left|h\left(re^{i\varphi}\right)\right| d\varphi\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr + C \int_{-\pi}^{\pi} \frac{\left(\int_{-\pi}^{\pi} \left|h\left(re^{i\varphi}\right)\right| d\varphi}{r^{1+\rho}} dr + C \int_{-\pi}^{\pi} \frac{\left(\int_{-\pi}^{\pi} \left|h\left(re^{i\varphi}\right)\right| d\varphi}{r^{1+\rho}} dr} dr + C \int_{-\pi}^{\pi} \frac{\left(\int_{-\pi}^{\pi} \left|h\left(re^{i\varphi}\right)\right| d\varphi}{r^{1$$

$$+ \int\limits_{-r}^{+\infty} \frac{\left(r^{q} \int\limits_{1}^{r} t^{-q-1} n(t) dt + r^{q+1} \int\limits_{r}^{+\infty} t^{-q-2} n(t) dt\right)^{p}}{r^{1+p}} dr \cdot \\$$

Первый интеграл в правой части сходится по предположению. Покажем сходимость второго интеграла правой части

$$\int_{1}^{+\infty} \frac{\left(r^{q} \int_{1}^{r} t^{-q-1} n(t) dt + r^{q+1} \int_{r}^{+\infty} t^{-q-2} n(t) dt\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr \leq \left(\int_{1}^{+\infty} \frac{\left(r^{q} \int_{1}^{r} t^{-q-1} n(t) dt\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr + \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(r^{q+1} \int_{r}^{+\infty} t^{-q-2} n(t) dt\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr\right) = I_{1} + I_{2}$$

Оценим каждый из интегралов в отдельности. Начнём с оценки  $I_{\perp}$  .

$$I_{1} = \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(r^{q} \int_{1}^{r} t^{-q-1} n(t) dt\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr = \int_{1}^{+\infty} r^{qp-1-\rho} \left(\int_{1}^{r} t^{-q-1} n(t) dt\right)^{p} dr$$

Обозначим внутренний интеграл  $I_1^* = \left(\int\limits_1^r t^{-q-1} n(t) dt\right)^p$ и оценим его. Предположим, что

$$2^m \le r < 2^{m+1}, m \in Z_{\perp}$$
:

$$I_{1}^{*} \leq \sum_{k=0}^{m-1} \left( \int_{2^{k+1}}^{2^{k+1}} \frac{n(t)}{t^{q+1}} dt \right)^{p} + \left( \int_{2^{m}}^{r} \frac{n(t)}{t^{q+1}} dt \right)^{p}.$$

Перейлем к оценке сверху интегралов, стоящих пол знаком суммы.

$$\left(\int_{2^{k}}^{2^{k+1}} \frac{n(t)}{t^{q+1}} dt\right)^{p} \leq \left(n(2^{k+1})\right)^{p} \cdot \frac{1}{2^{k(q+1)p}} \left(\int_{2^{k}}^{2^{k+1}} dt\right)^{p} = \left(n(2^{k+1})\right)^{p} \cdot \frac{2^{kp}}{2^{kqp+kp}} = \frac{\left(n(2^{k+1})\right)^{p}}{2^{kqp}}$$

Так как  $2^k \le t \le 2^{k+1}$ , то справедлива оценка:  $\frac{1}{2^{(k+1)pq}} \le \frac{1}{t^{pq}} \le \frac{1}{2^{kpq}}$ ,

$$\frac{1}{2^{kpq+pq}} = \frac{1}{2^{kpq} \cdot 2^{pq}} \leq \frac{1}{t^{pq}} \leq \frac{1}{2^{kpq}} \,, \quad \frac{1}{2^{kpq}} \leq \frac{2^{pq}}{t^{pq}} = \left(\frac{2}{t}\right)^{pq}.$$
 Тогда

$$\left(\int_{2^{k+1}}^{2^{k+1}} \frac{n(t)}{t^{q+1}} dt\right)^{p} \leq \left(\frac{2}{2^{k+1}}\right)^{pq} \cdot \left(n(2^{k+1})\right)^{p} \leq C \int_{2^{k+1}}^{2^{k+2}} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{qp+1}} dt$$

Учитывая, что  $2^m \le r \le 2^{m+1}$ , оценка для  $I_1^*$  примет вид:

$$\begin{split} &I_{1}^{*} \leq C \sum_{k=0}^{m-1} \int_{2^{k+1}}^{2^{k+2}} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{qp+1}} dt + \frac{\left(n\left(2^{m+1}\right)\right)^{p}}{2^{mp(q+1)}} \cdot \left(2^{m+1} - 2^{m}\right)^{p} \leq \\ &\leq C \sum_{k=0}^{m-1} \int_{2^{k+2}}^{2^{k+2}} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{qp+1}} dt + \frac{\left(n\left(2^{m+1}\right)\right)^{p}}{2^{mp(q+1)}} \cdot 2^{mp} = C \sum_{k=0}^{m-1} \int_{2^{k+2}}^{2^{k+2}} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{qp+1}} dt + \frac{\left(n\left(2^{m+1}\right)\right)^{p}}{2^{mpq}} \end{split}$$

$$\begin{split} \frac{1}{2^{(m+1)pq}} & \leq \frac{1}{t^{pq}} \leq \frac{1}{2^{mpq}}, \quad \frac{1}{2^{mpq} \cdot 2^{pq}} \leq \frac{1}{t^{pq}} \leq \frac{1}{2^{mpq}}, \quad \frac{1}{2^{mpq}} \leq \left(\frac{2}{t}\right)^{pq}. \\ I_1^* & \leq C \sum_{k=0}^{m-1} \int_{2^k}^{2^{k+1}} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt + \frac{\left(n\left(2^{m+1}\right)\right)^p}{t^{pq+1}} \cdot 2^{qp} \leq C \left(\sum_{k=0}^{m-1} \int_{2^k}^{2^{k+1}} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt + \sum_{2^{m+1}}^{2^{m+2}} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt\right) = C \sum_{k=0}^{m+1} \int_{2^k}^{2^{k+1}} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt \\ I_1 & \leq C \int_{1}^{+\infty} \frac{r^{pq} \left(\sum_{k=0}^{m} \int_{2^k}^{2^{k+1}} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt\right)}{r^{1+\rho}} dr = C \int_{1}^{+\infty} r^{qp-1-\rho} \left(\sum_{k=0}^{m} \int_{2^k}^{2^{k+1}} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt\right) dr \leq C \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} \left(\int_{1}^{t} r^{qp-1-\rho} dr\right) dt = C \int_{1}^{+\infty} r^{qp-1-\rho} dr dt \\ & \leq C \int_{1}^{+\infty} r^{qp-1-\rho} \left(\int_{1}^{r} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt\right) dr \leq C \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} \left(\int_{1}^{t} r^{qp-1-\rho} dr\right) dt = C \int_{1}^{+\infty} r^{qp-1-\rho} dr dt \\ & \leq C \int_{1}^{+\infty} r^{qp-1-\rho} \left(\int_{1}^{r} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt\right) dr \leq C \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt dt \\ & \leq C \int_{1}^{+\infty} r^{qp-1-\rho} \left(\int_{1}^{r} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt\right) dr \leq C \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt dt \\ & \leq C \int_{1}^{+\infty} r^{qp-1-\rho} \left(\int_{1}^{r} \frac{\left(n(t)\right)^p}{t^{qp+1}} dt\right) dr \leq C \int_{1}^{+\infty} r^{qp-1-\rho} dr dt \\ & \leq C \int_{1}^{+\infty} r^{qp-1-\rho} dr dt$$

Теперь, учитывая, что  $q < \frac{\rho}{p}$ , из последней оценки получим:

$$=C_{1}\int_{1}^{+\infty}\frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{qp+1}}\left(t^{qp-\rho}-1\right)dt\leq C_{1}\int_{1}^{+\infty}\frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{qp+1}}t^{qp-\rho}dt=C_{1}\int_{1}^{+\infty}\frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{\rho+1}}dt$$

Поэтому  $I_1$  сходится.

Приступим к оценке 
$$I_2=\int\limits_1^{+\infty}\!\! \frac{\left(r^{q+1}\int\limits_r^{+\infty}t^{-q-2}n\!\left(t\right)\!dt\right)^p}{r^{1+\rho}}dr$$
 .

Предварительно оценим внутренний интеграл:

$$\begin{split} I_{2}^{*} &= \left(\int_{r}^{+\infty} \frac{n(t)}{t^{q+2}} dt\right)^{p} \leq \left(\int_{r}^{2^{k+1}} \frac{n(t)}{t^{q+2}} dt\right)^{p} + \left(\int_{2^{k+1}}^{+\infty} \frac{n(t)}{t^{q+2}} dt\right)^{p} \leq \\ &\leq \left(\int_{2^{k}}^{2^{k+1}} \frac{n(t)}{t^{q+2}} dt\right)^{p} + \left(\sum_{m=k+1}^{+\infty} \int_{2^{m}}^{2^{m+1}} \frac{n(t)}{t^{q+2}} dt\right)^{p} \leq \left(\int_{2^{k}}^{2^{k+1}} \frac{n(t)}{t^{q+2}} dt\right)^{p} + \sum_{m=k+1}^{+\infty} \left(\int_{2^{m}}^{2^{m+1}} \frac{n(t)}{t^{q+2}} dt\right)^{p} \leq \\ &\leq \frac{\left(n(2^{k+1})\right)^{p}}{2^{kp(q+2)}} \cdot 2^{pk} + \sum_{m=k+1}^{+\infty} \frac{\left(n(2^{m+1})\right)^{p} \cdot 2^{pm}}{2^{pm(q+2)}} = \frac{\left(n(2^{k+1})\right)^{p}}{2^{kp(q+1)}} + \sum_{m=k+1}^{+\infty} \frac{\left(n(2^{m+1})\right)^{p}}{2^{pm(q+1)}} = \\ &= \sum_{m=k}^{+\infty} \frac{\left(n(2^{m+1})\right)^{p}}{2^{pm(q+1)}} \end{split}$$

Так как 
$$2^{m+1} \le t \le 2^{m+2}$$
, то:  $\frac{1}{2^{(m+2)p(q+1)}} \le \frac{1}{t^{p(q+1)}} \le \frac{1}{2^{(m+1)p(q+1)}}$ ,  $\frac{1}{2^{mp(q+1)} \cdot 2^{2p(q+1)}} \le \frac{1}{t^{p(q+1)}} \le \frac{1}{2^{(m+1)p(q+1)}}$ ,  $\frac{1}{2^{mp(q+1)}} \le \frac{2^{2p(q+1)}}{t^{p(q+1)}}$ .  $I_2^* \le C_1 \sum_{m=k}^{+\infty} \int_{2^{m+1}}^{2^{m+2}} \frac{\left(n\left(2^{m+1}\right)\right)^p}{t^{(q+1)p+1}} dt$ .

Воспользуемся полученной оценкой для дальнейшей оценки интеграла  $I_1$ .

$$\begin{split} I_{2} &\leq C_{1} \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(r^{p(q+1)} \sum_{m=k}^{+\infty} \sum_{2^{m+1}}^{2^{m+2}} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{(q+1)p+1}} dt\right)}{r^{1+\rho}} dr = C_{1} \int_{1}^{+\infty} r^{pq+p-1-\rho} \left(\sum_{m=k}^{+\infty} \sum_{2^{m+1}}^{2^{m+2}} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{(q+1)p+1}}\right) dt dr \leq \\ &\leq C_{1} \int_{1}^{+\infty} r^{pq+p-1-\rho} \int_{2^{k+1}}^{+\infty} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{(q+1)p+1}} dt dr \leq C_{1} \int_{1}^{+\infty} r^{pq+p-1-\rho} \int_{r}^{+\infty} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{(q+1)p+1}} dt dr = \\ &= C_{1} \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{(q+1)p+1}} \int_{1}^{t} r^{pq+p-1-\rho} dr dt = C_{2} \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{(q+1)p+1}} \left(t^{pq+p-\rho} - 1\right) dt \leq \end{split}$$

Учитывая снова условие  $q>\frac{\rho}{p}-1$  , получим:

$$I_{2} \leq C_{2} \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{(q+1)p+1}} t^{pq+p-\rho} dt = C_{2} \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(n(t)\right)^{p}}{t^{\rho+1}} dt.$$

Поэтому, учитывая сходимость интегралов  $I_1$  и  $I_2$ , видим, что

$$\int\limits_{1}^{+\infty} \frac{\left(\int\limits_{-\pi}^{\pi} u^{+}\left(re^{i\varphi}\right)d\varphi\right)^{p}}{r^{1+\rho}}dr < +\infty, \text{ причем } \frac{\rho}{p}-1 < q < \frac{\rho}{p}. \text{ Ясно, что если } q \in Z_{+}, \text{ то } \frac{\rho}{p} \notin Z_{+}.$$
 Лемма доказана.

## Доказательство теоремы 1.

Доказательство теоремы проведём при условии, что функция u является гармонической в некоторой малой окрестности точки ноль, а соответствующая мера обращается в ноль в некоторой окрестности начала координат. При этом  $u(0) > -\infty$ .

Необходимость. Пусть  $u \in SH^{\frac{p}{p}}(C)$ . Установим, что она допускает представление  $u(z) = \int\limits_{C} \ln \left|A_q(z,\zeta)\right| d\mu(\zeta) + h(z)$ .

Рассмотрим разность  $u(z) - V_{_q}(z) = h(z)$  и покажем, что она является гармонической функцией.

Пусть 
$$D_r = \{z: |z| < r\} \subset C$$
,  $0 < r < +\infty$ . По теореме Рисса для  $D_r : u(z) = V(z) + \int\limits_{D_r} \ln|\zeta - z| \Delta u(\zeta) d\mu(\zeta)$ ,

где  $\mathit{V}(z)$  - гармоническая функция в  $D_{_{\mathit{r}}}$  ,

$$\int\limits_{D_{z}} \ln \left| \zeta - z \middle| \Delta u \left( \zeta \right) d \, \mu \left( \zeta \right) \right. \text{- субгармоническая функция.}$$

Преобразуем выражение:

$$\ln\left|A_{q}(z,\zeta)\right| = \ln\left(\left|A_{q}(z,\zeta)\right| \cdot \left|\frac{\zeta - z}{\zeta - z}\right|\right) = \ln\frac{\left|A_{q}(z,\zeta)\right|}{\left|\zeta - z\right|} + \ln\left|\zeta - z\right|;$$

$$\ln\frac{\left|A_{q}(z,\zeta)\right|}{\left|\zeta - z\right|} = \ln\left(\frac{1}{\left|\zeta - z\right|} \cdot \left|1 - \frac{z}{\zeta}\right| \cdot \left|\exp\left\{\frac{z}{\zeta} + \frac{1}{2}\left(\frac{z}{\zeta}\right)^{2} + \dots + \frac{1}{q}\left(\frac{z}{\zeta}\right)^{q}\right\}\right|\right) = 1 + \left(\frac{1}{\left|\zeta\right|} + \operatorname{Re}\left\{\frac{z}{\zeta} + \frac{1}{2}\left(\frac{z}{\zeta}\right)^{2} + \dots + \frac{1}{q}\left(\frac{z}{\zeta}\right)^{q}\right\}\right|$$

$$h(z) = u(z) - \int_{D_{z}} \ln\left|A_{q}(z,\zeta)\right| d\mu(\zeta) = 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{z}{\zeta}\right)^{q} + \frac{1}{2} \left(\frac{z}{\zeta}\right)^{q} + \frac{1}{2} \left(\frac{z}{\zeta}\right)^{q}$$

$$= u(z) - \int_{D_r} \left( \ln \left| \zeta - z \right| + \ln \frac{1}{|\zeta|} + \operatorname{Re} \left\{ \frac{z}{\zeta} + \frac{1}{2} \left( \frac{z}{\zeta} \right)^2 + \dots + \frac{1}{q} \left( \frac{z}{\zeta} \right)^q \right\} \right) d\mu(\zeta) =$$

$$= u(z) - \int_{D_r} \ln \left| \zeta - z \right| d\mu(\zeta) - \int_{D_r} \ln \frac{1}{|\zeta|} d\mu(\zeta) -$$

$$- \int_{D_r} \operatorname{Re} \left\{ \frac{z}{\zeta} + \frac{1}{2} \left( \frac{z}{\zeta} \right)^2 + \dots + \frac{1}{q} \left( \frac{z}{\zeta} \right)^q \right\} d\mu(\zeta).$$

$$\int_{D_r} \ln \frac{1}{|\zeta|} d\mu(\zeta) < +\infty \cdot V_q(0) = 0, \quad 0 = \int_{D_r} \ln \left| A_q(0,\zeta) \right| d\mu(\zeta).$$

$$\operatorname{Re} \left\{ \frac{z}{\zeta} + \frac{1}{2} \left( \frac{z}{\zeta} \right)^2 + \dots + \frac{1}{q} \left( \frac{z}{\zeta} \right)^q \right\} - \operatorname{Гармоническая} \ \text{функция в круге радиуса} \quad r. \ \text{Учитывая, что } \mathcal{V} -$$

произвольное из  $(0;+\infty)$ , получаем, что

$$h(z) = u(z) - \int_{D} \ln |A_q(z,\zeta)| d\mu(\zeta)$$
 является гармонической функцией.

Покажем, что гармоническая функция h(z) удовлетворяет условию:

$$\int_{1}^{+\infty} \frac{\left(\int_{-\pi}^{\pi} \left| h(re^{i\varphi}) \right| d\varphi\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr < +\infty.$$

Рассмотрим разность  $u(z) - V_q(z) = h(z)$ .

Учитывая, что  $u(z) \le u^+(z)$ , при этом, используя оценку потенциала Вейерштрасса (см. [3], с. 79), получим:

$$\int_{-\pi}^{\pi} h^{+}(re^{i\varphi})d\varphi \leq \int_{-\pi}^{\pi} u^{+}(re^{i\varphi})d\varphi + c\int_{-\pi}^{\pi} K_{q}\left(r^{q}\int_{1}^{r} t^{-q-1}n(t)dt + r^{q+1}\int_{r}^{+\infty} t^{-q-2}n(t)dt\right)d\varphi.$$

Применим свойство среднего значении:

$$-\infty < 2\pi h(0) = \int_{-\pi}^{\pi} h(re^{i\varphi}) d\varphi.$$

$$2\pi h(0) = \int_{-\pi}^{\pi} \left(h^{+}\left(re^{i\varphi}\right) - h^{-}\left(re^{i\varphi}\right)\right) d\varphi$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} h^{-} \left( r e^{i \varphi} \right) d\varphi = \int_{-\pi}^{\pi} h^{+} \left( r e^{i \varphi} \right) d\varphi - 2\pi h(0) \leq \int_{-\pi}^{\pi} h^{+} \left( r e^{i \varphi} \right) d\varphi + 2\pi \left| h(0) \right|$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \left| h\left(re^{i\varphi}\right) \right| d\varphi \leq \int_{-\pi}^{\pi} h^{+}\left(re^{i\varphi}\right) d\varphi + c_{1}$$

В результате.

$$\int_{-\pi}^{\pi} \left| h\left(re^{i\varphi}\right) \right| d\varphi \leq \int_{-\pi}^{\pi} u^{+}\left(re^{i\varphi}\right) d\varphi + c \int_{-\pi}^{\pi} K_{q}\left(r^{q} \int_{1}^{r} t^{-q-1} n\left(t\right) dt + r^{q+1} \int_{r}^{+\infty} t^{-q-2} n\left(t\right) dt\right) d\varphi + c_{1} \cdot \left(re^{i\varphi}\right) d\varphi +$$

Возведём обе части в степень p и применим неравенство Минковского, а затем умножим обе части на  $\frac{1}{r^{1+\rho}}$  и проинтегрируем по r от 1 до  $+\infty$ :

$$\int_{1}^{+\infty} \frac{\left(\int_{-\pi}^{\pi} \left| h\left(re^{i\varphi}\right) \right| d\varphi\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr \leq \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(\int_{-\pi}^{\pi} u^{+}\left(re^{i\varphi}\right) d\varphi\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr + \\ +cK_{q}^{p} \int_{1}^{+\infty} \frac{\left(r^{q} \int_{1}^{r} t^{-q-1} n(t) dt + r^{q+1} \int_{r}^{+\infty} t^{-q-2} n(t) dt\right)^{p}}{r^{1+\rho}} dr.$$

Оба интеграла в правой части сходятся. Сходимость первого следует из принадлежности функции  $\boldsymbol{u}$  классу  $SH^{p}(C)$ , сходимость второго доказана в лемме 2.

1) Достаточность.

Доказательство достаточности непосредственно следует из предыдущего пункта и леммы 2. Теорема полностью доказана.

The paper summarizes the classical theorem Zh.Valirona in case of subharmonic functions. *The key words:* harmonic function, subharmonic function, measure, potential.

#### Список литературы

- 1. Boas, R.P. Entire Functions / R.P. Boas //Academic Press, Inc., New York, 1954.
- 2. Охлупина, О.В. Характеризация некоторых классов субгармонических в круге функций, имеющих степенной рост вблизи единичной окружности / О.В. Охлупина // Вестник Брянского государственного университета / Брянск: РИО БГУ. 4(2009). 2009. С. 61-73.
- 3. Ронкин, Л.И. Введение в теорию целых функций многих переменных / Л.И. Ронкин. М.:Наука. 1971. 432 с.
- 4. Стейн, И. Сингулярные интегралы и дифференциальные свойства функций / И. Стейн. М.: Мир, 1973. 342 с.

## Об авторе

Охлупина О.В. – кандидат физико-математических наук, доцент Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского.

### УДК 517.968.23

# ТРЕХЭЛЕМЕНТНАЯ ОДНОСТОРОННЯЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ С ОБРАТНЫМ СДВИГОМ КАРЛЕМАНА В ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОМ СЛУЧАЕ

## Н.Р. Перельман, К.М. Расулов

Статья посвящена исследованию трехэлементной односторонней краевой задачи для аналитических функций с обратным сдвигом Карлемана в так называемом исключительном случае. Разработан общий конструктивный алгоритм решения рассматриваемой задачи, который иллюстрируется на конкретном примере.

**Ключевые слова:** трехэлементная краевая задача, аналитические функции, обратный сдвиг Карлемана, исключительный случай.

**1. Постановка задачи.** Пусть  $T^+$  — конечная, односвязная область на плоскости комплексного переменного z = x + iy, ограниченная простым замкнутым контуром Ляпунова L, а  $T^- = \overline{C} \setminus (T^+ \cup L)$ .

В дальнейшем класс аналитических в области  $T^+$  функций F(z), непрерывно (в смысле Гельдера) продолжающихся на контур  ${\pmb L}$ , будем обозначать символом  $A(T^+) \cap H(L)$ .

Рассмотрим следующую краевую задачу. Требуется найти все аналитические в области  $T^+$  функции F(z) = U(x,y) + iV(x,y) класса  $A(T^+) \cap H(L)$ , удовлетворяющие на L условию

$$F^{+}[\alpha(t)] = A(t)F^{+}(t) + B(t)\overline{F^{+}(t)} + h(t), \tag{1}$$

где A(t), B(t), h(t) - заданные на L функции класса H(L) (Гельдера),  $\alpha(t)$  - прямой или обратный сдвиг контура L , удовлетворяющий условию Карлемана

$$\alpha[\alpha(t)] = t, \tag{2}$$

причем  $\alpha'(t) \neq 0$  и  $\alpha'(t) \in H(L)$ .

Следуя [1]-[3], сформулированную задачу назовем *трехэлементной односторонней задачей Карлемана* или, короче, *задачей*  $\mathbf{K}_3$ , а соответствующую *однородную задачу* ( $h(t) \equiv 0$ ) – *задачей*  $\mathbf{K}_3^0$ .

В так называемом невырожденном случае, т.е. когда на контуре L выполняются тождества

$$A(t) \cdot A[\alpha(t)] + \overline{B(t)} \cdot B[\alpha(t)] \equiv 1, \tag{3}$$

$$A[\alpha(t)] \cdot B(t) + \overline{A(t)} \cdot B[\alpha(t)] \equiv 0, \tag{4}$$

$$A[\alpha(t)] \cdot h(t) + B[\alpha(t)] \cdot \overline{h(t)} + h[\alpha(t)] \equiv 0, \tag{5} и при прямом$$

сдвиге  $\alpha(t)$  задача  $K_3$  подробно исследована в работах [1]-[3].

Основной целью настоящей заметки является разработка общего метода решения задачи  $K_3$  в случае *обратного сдвига*  $\alpha(t)$  в так называемом *исключительном случае*, т.е. когда выражение  $A[\alpha(t)]A(t)-1$  обращается в нуль в отдельных точках контура L (как, например, в случае  $\alpha(t)=\frac{1}{t},\ A(t)=t^2-2$ ,  $B(t)=\sqrt{2}\left(t-\frac{1}{t}\right)$  и  $h(t)\equiv 0$ ).

В дальнейшем для определенности будем предполагать, что  $L=\{t: \big|t\big|=1\}$  и  $T^+=\{z: \big|z\big|<1\}$ , так как общий случай с помощью конформного отображения можно привести к этому. Кроме того, обозначим через  $T^-$  дополнение  $\overline{T}^+=\{z: \big|z\big|\leq 1\}$  до полной комплексной плоскости.

2. О решении невырожденной задачи  $K_3$  с обратным сдвигом  $\alpha(t)$  в случае, когда  $A(t) \neq 0$ , но  $A[\alpha(t)]A(t)-1$  обращается в нуль в отдельных точках L .

В силу условия (3) в тех точках  $t_k \in L$ , где  $A[\alpha(t_k)]A(t_k)-1=0$ , будем иметь  $B(t_k)=0$ . Но поскольку  $A(t) \neq 0$ , то в данном случае во всех точках окружности L будем иметь неравенство вида (см., например, [3]-[4]):

$$|A(t)| > |B(t)|. \tag{6}$$

Всюду в дальнейшем предположим, что в краевом условии (1) функция B(t) имеет вид:

$$B(t) = B_1(t) \cdot \prod_{j=1}^{\nu} (t - \beta_j)^{\rho_j}, \ t, \beta_j \in L,$$
 (7)

где  $B_{_{\! 1}}(t)$   $\in$   $H(L)_{_{\! \ U}}$   $B_{_{\! 1}}(t)$   $\neq$   $0_{_{\! \ Ha}}$  L ;  $\beta_{_{\! j}}$   $(j=1,2,...,\nu)$  - некоторые точки на L, которые будем называть *нулями* функции B(t) на L , а  $\rho_{_{\! j}}$   $(j=1,2,...,\nu)$  – фиксированные натуральные числа.

Далее построим конструктивный алгоритм решения краевой задачи  $K_3$ , предположив, что в краевом условии (1) коэффициенты A(t), B(t), h(t) удовлетворяют условиям (3)-(5), причем  $A(t) \neq 0$ , а коэффициент B(t) имеет вид (7). При этом будем предполагать, что  $\alpha(t), A(t), B_1(t), h(t) \in H^{(s)}(L)$  (т.е.  $\alpha(t), A(t), B_1(t), h(t)$  удовлетворяют на L условию Гельдера вместе со своими производными до порядка S включительно), где  $S = \max_i \{\rho_i\}$ .

Поскольку  $A(t) \neq 0$ , то краевое условие (1) задачи  $K_3$  можно переписать в виде

$$F^{+}(t) = G_{1}(t)F^{+}(t) + G_{2}(t)F^{+}[\alpha(t)] + h_{2}(t), \tag{8}$$
 rate

$$G_1(t) = -\frac{B(t)}{A(t)}; G_2(t) = \frac{1}{A(t)}; h_2(t) = -\frac{h(t)}{A(t)}.$$
 (9)

Введем в рассмотрение вспомогательную задачу  $GK_3$ , состоящую в отыскании двух неизвестных аналитических функций  $F^+(z)$  и  $\Phi^+(z)$  класса  $A(T^+) \cap H(L)$ , удовлетворяющих краевому условию (см. также [1]-[4]):

$$F^{+}(t) = G_{1}(t)F^{+}(t) + G_{2}(t)\Phi^{+}[\alpha(t)] + h_{2}(t),$$
(10)

где  $G_1(t), G_2(t), h_2(t)$  определяются по формулам (9).

Нетрудно заметить, что все решения краевой задачи  $K_3$  можно получить, если решить краевую задачу  $GK_3$ , а затем потребовать, чтобы  $F^+(z) \equiv \Phi^+(z), z \in T^+ \cup L$ .

Далее, вводя в рассмотрение вспомогательную аналитическую в области  $T^-$  функцию

$$F^{-}(z) = \overline{F^{+}}\left(\frac{1}{z}\right), \ z \in T^{-}, \tag{11}$$

значения которой во всех точках окружности L удовлетворяют следующему условию «симметрии» (см., например, [5, с. 97])

$$F^{-}(t) = F^{+}(t), t \in L,$$
 (12)

краевое условие (10) можно записать так:

$$F^{+}(t) = \prod_{j=1}^{\nu} (t - \beta_{j})^{\rho_{j}} G^{*}(t) F^{-}(t) + g_{1}(t),$$
(13)

где

$$G^*(t) = -\frac{B_1(t)}{A(t)}, g_1(t) = G_2(t)\varphi(t) + h_2(t),$$
(14)

$$\varphi(t) = \Phi^{+}[\alpha(t)]. \tag{15}$$

Предположим временно, что в (14)  $g_1(t)$  – известная функция класса H(L). Тогда равенство (13) представляет собой краевое условие скалярной задачи Римана относительно кусочно аналитической функции  $F(z) = \{F^+(z), F^-(z)\}$  в так называемом *«исключительном случае»* (см., например, [5, с. 133]).

Пусть  $\chi^* = IndG^*(t) = \chi_2^* - \chi_1$ , где  $\chi_1 = IndA(t)$  и  $\chi_2^* = IndB_1(t)$ . Если  $\chi^* \ge 0$ , то, как известно (см., например, [5, с. 136]), общее решение задачи (13) имеет вид:

$$\begin{cases}
F^{+}(z) = Y^{+}(z) + X_{1}^{+}(z) \prod_{j=1}^{\nu} (t - \beta_{j})^{\rho_{j}} \cdot P_{\chi^{*}}(z), & z \in T^{+}, \\
F^{-}(z) = Y^{-}(z) + X_{1}^{-}(z) P_{\chi^{*}}(z), & z \in T^{-},
\end{cases}$$
(16)

где  $X_1^\pm(z)$  — канонические функции обычной однородной задачи Римана с коэффициентом  $G^*(t)$ ,  $P_\chi^*(z)$  — произвольный многочлен степени  $\chi^*$  с комплексными коэффициентами, а функции  $Y^+(z)$  и  $Y^-(z)$  определяются по формулам:

$$Y^{+}(z) = X_{1}^{+}(z)[\Psi^{+}(z) - Q_{\rho-1}(z)], \quad z \in T^{+},$$
(17)

$$Y^{-}(z) = \frac{X_{1}^{-}(z) \cdot [\Psi^{-}(z) - Q_{\rho-1}(z)]}{\prod_{j=1}^{\nu} (z - \beta_{j})^{p_{j}}}, \quad z \in T^{-},$$
(18)

$$\Psi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{L} \frac{g_1(\tau)}{X_1^{+}(\tau)} \frac{d\tau}{\tau - z},$$
(19)

здесь  $Q_{\rho-1}(z)=C_{\rho-1}z^{\rho-1}+C_{\rho-2}z^{\rho-2}+...+C_1z+C_0$  - определенный многочлен степени  $\rho-1$  , для которого выполняются равенства:

$$Q_{\rho-1}^{(m)}(\beta_j) = \Psi^{-(m)}(\beta_j), \quad (m = 0, 1, ..., \rho_j - 1; \quad j = 1, 2, ..., \nu).$$
(20)

Пусть теперь  $\chi^* < 0$  и выполняются следующие  $-\chi^* - 1$  условий разрешимости задачи Римана (13):

$$C_{\rho-1}=C_{\rho-2}=...=C_{\rho+\gamma^*+1}=0\,,$$
 (21) где  $C_{k}$  – коэффициенты разложения

$$\Psi^-(z)-Q_{\rho-1}(z)=-C_{\rho-1}z^{\rho-1}-C_{\rho-2}z^{\rho-2}-...-C_0+C_{-1}rac{1}{z}+C_{-2}rac{1}{z^2}+...$$
 ; здесь приня-

ты обозначения:  $C_{-k} = -\frac{1}{2\pi i} \int_{L} \frac{g_1(\tau) \cdot \tau^{k-1}}{X_1^+(\tau)} d\tau$  (k = 1, 2, ...). При выполнении условий (21) лишь

Далее находим предельные значения при  $z \to t \in L$  функции  $\Psi(z)$ , задаваемой по формуле (19). Поскольку  $\alpha(t)$  – обратный сдвиг контура L, причем  $\alpha'(t) \in H(L)$ , то для любой функции  $\Phi^+(z) \in A(T^+) \cap H(L)$  справедливы равенства (см., например, [5, с. 40]):

$$\frac{1}{2}\Phi^{+}(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{t}^{\Phi^{+}(\tau)} d\tau; \quad \frac{1}{2}\Phi^{+}[\alpha(t)] = -\frac{1}{2\pi i} \int_{t}^{\Phi^{+}[\alpha(\tau)]} \alpha'(\tau) d\tau.$$

$$(22)$$

С учетом формул Сохоцкого, обозначений (14) и равенств (22) будем иметь:

$$\Psi^{+}(t) = \int_{T} K(t,\tau) \varphi(\tau) d\tau + W_{1}^{+}(t), \qquad (23)$$

$$\Psi^{-}(t) = -\frac{1}{A(t)X_{1}^{+}(t)}\varphi(t) + \int_{t} K(t,\tau)\varphi(\tau)d\tau + W_{1}^{-}(t), \qquad (24)$$

где

$$K(t,\tau) = \frac{1}{2\pi i} \left[ \frac{1}{A(\tau)X_{\perp}^{+}(\tau)} \frac{1}{\tau - t} - \frac{1}{A(t)X_{\perp}^{+}(t)} \frac{\alpha'(\tau)}{\alpha(\tau) - \alpha(t)} \right], \tag{25}$$

$$W_1^{\pm}(t) = \pm \frac{1}{2} \frac{h_2(t)}{X_1^{+}(t)} + \frac{1}{2\pi i} \int_{L} \frac{h_2(\tau)}{X_1^{+}(\tau)} \frac{d\tau}{\tau - t}.$$

Известно (см., например, §7 монографии [6]), что если  $\alpha(t), A(t) \in H^{(s)}(L)$ , то ядро  $K(t,\tau) \in H^{(s)}_*(L \times L)$ .

Теперь найдем предельные значения при  $z \to t \in L$  функций  $F^+(z)$  и  $F^-(z)$ , задаваемых по формулам (16). С учетом (23) и (24) из (16) получим

$$F^{+}(t) = X_{1}^{+}(t) \left[ \int_{L} K(t,\tau) \varphi(\tau) d\tau + W_{1}^{+}(t) - Q_{\rho-1}(t) \right] + X_{1}^{+}(t) \prod_{j=1}^{\nu} (t - \beta_{j})^{\rho_{j}} \cdot P_{\chi}^{*}(t), \qquad (26)$$

$$F^{-}(t) = \frac{X_{1}^{-}(t)}{\prod_{j=1}^{\nu} (t - \beta_{j})^{\rho_{j}}} \left[ -\frac{1}{A(t)X_{1}^{+}(t)} \varphi(t) + \int_{L} K(t,\tau) \varphi(\tau) d\tau + W_{1}^{-}(t) - Q_{\rho-1}(t) \right] + X_{1}^{-}(t) P_{\gamma^{*}}(t) ,$$

$$(27)$$

причем в формулах (26) и (27) в случаях  $\chi^* < 0$  нужно положить  $P_{\chi^*}(z) \equiv 0$  .

Наконец, потребовав от функций  $F^+(t)$  и  $F^-(t)$ , задаваемых формулами (26) и (27), чтобы они удовлетворяли условию «симметрии» (12), получим следующее интегральное уравнение типа Фредгольма относительно функции  $\varphi(t) = \Phi^+[\alpha(t)]$ :

$$\begin{split} \frac{X_{1}^{-}(t)}{\prod_{j=1}^{\nu}(t-\beta_{j})^{\rho_{j}}} & \left[ -\frac{1}{A(t)X_{1}^{+}(t)} \varphi(t) + \int_{L} K(t,\tau) \varphi(\tau) d\tau + W_{1}^{-}(t) - Q_{\rho-1}(t) \right] + X_{1}^{-}(t) P_{\chi^{+}}(t) = \\ & = \overline{X_{1}^{+}(t)} \left[ \int_{L} \overline{K(t,\tau)} \varphi(\tau) d\tau + \overline{W_{1}^{+}(t)} - \overline{Q_{\rho-1}(t)} \right] + \overline{X_{1}^{+}(t)} \prod_{j=1}^{\nu} (t-\beta_{j})^{\rho_{j}} \cdot \overline{P_{\chi^{+}}(t)} \overset{\text{ИЛИ}}{\longrightarrow} \\ & (D\varphi)(t) \equiv \varphi(t) + \int_{L} d_{1}(t,\tau) \varphi(\tau) d\tau + \int_{L} \overline{d_{2}(t,\tau)} \varphi(\tau) d\tau = Q(t), \end{split}$$
 
$$(28)$$
 где  $d_{1}(t,\tau) = -A(t)X_{1}^{+}(t)K(t,\tau), \quad d_{2}(t,\tau) = \overline{A(t)}X_{1}^{+}(t)\overline{G^{*}(t)} \prod_{j=1}^{\nu} (t-\beta_{j})^{\rho_{j}} K(t,\tau), \end{split}$ 

$$-X_{1}^{+}(t)\prod_{i=1}^{\nu}(t-\beta_{j})^{\rho_{j}}A(t)G^{*}(t)\left(\overline{W_{1}^{+}(t)}-\overline{Q_{\rho-1}(t)}\right)-\overline{X_{1}^{+}(t)}\left|\prod_{i=1}^{\nu}(t-\beta_{j})^{\rho_{j}}\right|^{2}\cdot G^{*}(t)A(t)\overline{P_{\chi^{*}}(t)}.$$

**Замечание.** Важно отметить, что в силу равенств (20) интегральное уравнение (28) будет уравнением типа Фредгольма.

Воспользуемся известным утверждением (см., например, [3]) о том, что если пара  $(\Phi^+(z), F^+(z))$ аналитических в круге  $T^+$  функций образует решение неоднородной задачи  $GK_3$ , то и пара вида  $(F^+(z), \Phi^+(z))$  также образует решения этой задачи.

В силу указанного утверждения и обозначения (15) вывод уравнения (28) является одновременно доказательством следующей леммы.

**Лемма 1.** Если  $(F^+(z), \Phi^+(z))$  – решение вспомогательной задачи **GK** $_3$  в исключительном случае, то граничные значения  $\Phi^+[\alpha(t)]$  и  $F^+[\alpha(t)]$  функций  $\Phi^+(z)$  и  $F^+(z)$  соответственно представляют собой решения интегрального уравнения типа Фредгольма (28).

Предположим, что  $\left(\tilde{F}^{+}(z),\tilde{\Phi}^{+}(z)\right)$  – общее решение вспомогательной краевой задачи  $\emph{GK}_{3}$  в исключительном случае. Для того чтобы выделить среди решений  $\left(\tilde{F}^{+}(z),\tilde{\Phi}^{+}(z)\right)$  задачи  $\emph{GK}_{3}$  функции  $F^{+}(z)$ , являющиеся решениями исходной задачи  $\emph{K}_{3}$  в исключительном случае, нужно потребовать, чтобы  $\tilde{F}^{+}(z) \equiv \tilde{\Phi}^{+}(z)$ ,  $z \in T^{+}$ , или  $\tilde{F}^{+}(t) = \tilde{\Phi}^{+}(t) = \tilde{\phi}[\alpha(t)]$ ,  $t \in L$ . Но последнее равенство в силу (26), в свою очередь равносильно тому, что функции вида  $\tilde{F}^{+}(t) = \tilde{\phi}[\alpha(t)]$ ,  $t \in L$ , должны быть решениями интегрального уравнения типа Фредгольма

$$(R\tilde{\varphi})(t) = \tilde{\varphi}(t) + \int_{L} R(t,\tau)\tilde{\varphi}(\tau)d\tau = \tilde{f}(t), \ t \in L,$$
где  $R(t,\tau) = -X_{1}^{+}[\alpha(t)]K[\alpha(t),\tau],$  (29)

$$\tilde{f}(t) = X_1^+[\alpha(t)] \Big( W_1^+[\alpha(t)] - Q_{\rho-1}[\alpha(t)] \Big) + X_1^+[\alpha(t)] \prod_{i=1}^{\nu} (\alpha(t) - \beta_i)^{\rho_i} P_{\chi^*}[\alpha(t)] \cdot \frac{1}{2} \Big( \frac{1}{2} \left[ \frac{$$

Таким образом, справедливо следующее утверждение.

**Лемма 2.** Если функция  $F^+(z)$  – решение задачи  $K_3$  в исключительном случае, то ее граничные значения  $F^+(t) = \phi[\alpha(t)]$ ,  $t \in L$ , представляют собой решение интегрального уравнения типа Фредгольма (29).

Далее, также как и в случае прямого сдвига (см. [3]), можно установить следующее утверждение.

**Теорема.** Пусть  $\alpha(t)$  — обратный сдвиг контура **L**, удовлетворяющий условию (2), всюду на этом контуре выполняются условия (3)-(5),  $A(t) \neq 0$  и B(t) имеет вид (7). Тогда решение задачи **K**  $_3$  сводится к решению системы интегральных уравнений типа Фредгольма, составленной из (28) и (29), то есть вида

$$\begin{cases} (D\varphi)(t) \equiv \varphi(t) + \int_{L} d_{1}(t,\tau)\varphi(\tau)d\tau + \int_{L} \overline{d_{2}(t,\tau)\varphi(\tau)d\tau} = Q(t), \\ (R\varphi)(t) = \varphi(t) + \int_{L} R(t,\tau)\varphi(\tau)d\tau = \tilde{f}(t). \end{cases}$$
(30)

При этом, если  $\chi^* = IndG^*(t) \ge 0$ , то для разрешимости задачи  $K_3$  необходимо и достаточно, чтобы была разрешима система интегральных уравнений (30); если же  $\chi^* = IndG^*(t) < 0$ , то для разрешимости задачи  $K_3$  необходимо и достаточно, чтобы была разрешима система интегральных уравнений (30) и для решений этой системы выполнялись  $-\chi^* - 1$  условий вида (21).

**Пример.** Решить в классе  $A(T^{+}) \cap H(L)$  следующую краевую задачу

$$F^{+}[\alpha(t)] = (t^{2} - 2)F^{+}(t) + \sqrt{2}\left(t - \frac{1}{t}\right)\overline{F^{+}(t)} - \frac{6\sqrt{2}}{t^{2}} - \frac{4}{t} + 9\sqrt{2} - 14t - \sqrt{2}t^{2} + 6t^{3}, \quad (31)$$
 где  $L = \{t : \left|t\right| = 1\}, \ \alpha(t) = \frac{1}{t}.$ 

Решение. Перепишем (31) в виде

$$F^{+}(t) = \frac{1}{t^{2} - 2} F^{+}[\alpha(t)] - \frac{\sqrt{2}(t^{2} - 1)}{t(t^{2} - 2)} \overline{F^{+}(t)} + \frac{1}{t^{2} - 2} \left( \frac{6\sqrt{2}}{t^{2}} + \frac{4}{t} - 9\sqrt{2} + 14t + \sqrt{2}t^{2} - 6t^{3} \right), \ t \in L.$$
(32)

Вводя в рассмотрение вспомогательную аналитическую в  $T^+$  функцию (11), краевое условие (32) можно переписать так:

$$F^{+}(t) = (t^{2} - 1)G_{1}(t)F^{-}(t) + g(t), \ t \in L,$$
(33)

где приняты обозначения:

$$G_1(t) = \frac{-\sqrt{2}}{t(t^2 - 2)}, \quad g(t) = \frac{1}{t^2 - 2}F^{+}[\alpha(t)] + \frac{1}{t^2 - 2}\left(\frac{6\sqrt{2}}{t^2} + \frac{4}{t} - 9\sqrt{2} + 14t + \sqrt{2}t^2 - 6t^3\right)$$

Так как  $\chi = IndG_1(t) = -1$ , то, считая временно  $F^+[\alpha(t)]$  известной функцией и решая задачу Римана (33) методом Ф.Д. Гахова (см., например, [5, с. 136]), получим

$$F^{+}(z) = X^{+}(z) \Big[ \Psi^{+}(z) - Q_{1}(z) \Big], \ z \in T^{+}, \tag{34}$$

$$F^{-}(z) = X^{-}(z) \frac{\Psi^{-}(z) - Q_{1}(z)}{z^{2} - 1}, \ z \in T^{-},$$
(35)

где 
$$X^{+}(z) = \frac{-\sqrt{2}}{z^{2} - 2}, z \in T^{+}; X^{-}(z) = z, z \in T^{-},$$

$$\Psi(z) = -\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{2\pi i} \int_{L} F^{+}[\alpha(\tau)] \frac{d\tau}{\tau - z} - \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{2\pi i} \int_{L} \left( \frac{6\sqrt{2}}{\tau^{2}} + \frac{4}{\tau} - 9\sqrt{2} + 14\tau + \sqrt{2}\tau^{2} - 6\tau^{3} \right) \frac{d\tau}{\tau - z},$$
(36)

а  $Q_{\rm l}(z) = a_{\rm l}z + a_{\rm 0}$  – многочлен, удовлетворяющий следующим двум условиям

$$\Psi^{-}(-1) = Q_{1}(-1); \ \Psi^{-}(1) = Q_{1}(1). \tag{37}$$

Так как  $F^+(t) \in H(L)$ , то в силу  $\alpha(t) = \frac{1}{t}$  имеют место следующие соотношения (см., например, [5, c. 40]):

$$\frac{1}{2}F^{+}(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{T}^{T} \frac{F^{+}(\tau)}{\tau - t} d\tau, \frac{1}{2}F^{+}[\alpha(t)] = -\frac{1}{2\pi i} \int_{T}^{T} \frac{F^{+}[\alpha(\tau)]}{\tau - t} \frac{t}{\tau} d\tau.$$
 (38)

С учетом (38), согласно формулам Сохоцкого (см, например, [5, с. 40]), из (36) при  $z \to t \in L$  получим

$$\Psi^{+}(t) = -\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{2\pi i} \int_{L}^{F^{+}[\alpha(\tau)]} d\tau + 9 - 7\sqrt{2}t - t^{2} + 3\sqrt{2}t^{3}, \ t \in L,$$
(39)

$$\Psi^{-}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( F^{+}[\alpha(t)] - \frac{1}{2\pi i} \int_{L} \frac{F^{+}[\alpha(\tau)]}{\tau} d\tau \right) + \frac{6}{t^{2}} + \frac{2\sqrt{2}}{t}, \ t \in L.$$
 (40)

В силу (40) равенства (37) равносильны следующим

$$\begin{cases} a_0 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( F^+[\alpha(1)] + F^+[\alpha(-1)] - \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{F^+[\alpha(\tau)]}{\tau} d\tau \right) + 6, \\ a_1 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( F^+[\alpha(1)] - F^+[\alpha(-1)] \right) + 2\sqrt{2}. \end{cases}$$
(41)

Теперь с учетом (38)-(41) находим граничные значения функций  $F^+(z)$  и  $F^-(z)$ , задаваемых по формулам (34)-(35):

$$F^{+}(t) = \frac{\sqrt{2}}{t^{2} - 2} \left( \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( F^{+}[\alpha(1)] - F^{+}[\alpha(-1)] \right) t + \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( F^{+}[\alpha(1)] + F^{+}[\alpha(-1)] \right) \right) - \frac{\sqrt{2}}{t^{2} - 2} \left( 3 - 9\sqrt{2}t - t^{2} + 3\sqrt{2}t^{3} \right), \ t \in L,$$

$$F^{-}(t) = \frac{t}{t^{2} - 1} \left( \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( F^{+}[\alpha(1)] - F^{+}[\alpha(-1)] \right) t + \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( F^{+}[\alpha(1)] + F^{+}[\alpha(-1)] \right) \right) + \frac{t}{t^{2} - 1} \frac{1}{\sqrt{2}} F^{+}[\alpha(t)] + \frac{t}{t^{2} - 1} \left( \frac{6}{t^{2}} + \frac{2\sqrt{2}}{t} - 6 - 2\sqrt{2}t \right), \ t \in L.$$

$$(43)$$

Из (42), переходя к комплексно-сопряженным значениям, получим:

$$\overline{F}^{+}(t) = \frac{-\sqrt{2}t^{2}}{1 - 2t^{2}} \left( \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( \overline{F}^{+}[\alpha(1)] - \overline{F}^{+}[\alpha(-1)] \right) \frac{1}{t} + \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( \overline{F}^{+}[\alpha(1)] + \overline{F}^{+}[\alpha(-1)] \right) \right) - \frac{\sqrt{2}t^{2}}{1 - 2t^{2}} \left( 3 - \frac{9\sqrt{2}}{t} - \frac{1}{t^{2}} + \frac{3\sqrt{2}}{t^{3}} \right), \ t \in L.$$
(44)

В силу равенств (42)-(44) нетрудно проверить, что система интегральных уравнений (30) в данном случае будет иметь вид:

$$F^{+}[\alpha(t)] = \frac{1}{2} \left( F^{+}[\alpha(1)] - F^{+}[\alpha(-1)] \right) t + \frac{1}{2} \left( F^{+}[\alpha(1)] + F^{+}[\alpha(-1)] \right) - \frac{6\sqrt{2}}{t^{2}} - \frac{4}{t} + 6\sqrt{2} + 4t + \frac{2t(t^{2} - 1)}{1 - 2t^{2}} \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( \overline{F^{+}[\alpha(1)]} - \overline{F^{+}[\alpha(-1)]} \right) \frac{1}{t} + \frac{2t(t^{2} - 1)}{1 - 2t^{2}} \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( \overline{F^{+}[\alpha(1)]} + \overline{F^{+}[\alpha(-1)]} \right) - \frac{2t(t^{2} - 1)}{1 - 2t^{2}} \left( 3 - \frac{9\sqrt{2}}{t} - \frac{1}{t^{2}} + \frac{3\sqrt{2}}{t^{3}} \right),$$

$$F^{+}[\alpha(t)] = \frac{\sqrt{2}t^{2}}{1 - 2t^{2}} \left( \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( F^{+}[\alpha(1)] - F^{+}[\alpha(-1)] \right) \frac{1}{t} + \frac{1}{2\sqrt{2}} \left( F^{+}[\alpha(1)] + F^{+}[\alpha(-1)] \right) - 3 + \frac{9\sqrt{2}}{t} + \frac{1}{t^{2}} - \frac{3\sqrt{2}}{t^{3}} \right).$$

$$(45)$$

Из первого уравнения системы (45) нетрудно установить, что функция  $F^+(t)$  может быть граничным значением аналитической в  $T^{-+}$  функции тогда и только тогда, когда

$$F^{+}[\alpha(1)] = a + ib$$
,  $F^{+}[\alpha(-1)] = 28 - 14\sqrt{2} + (3 - 2\sqrt{2})a + ib(3 + 2\sqrt{2})$ ,

где a, b- произвольные действительные постоянные.

Подставляя найденные для  $F^{+}[\alpha(1)]$  и  $F^{+}[\alpha(-1)]$  значения в систему (45), получаем

$$F^{+}[\alpha(1)] = -6 + \sqrt{2}$$
,  $F^{+}[\alpha(-1)] = 6 + \sqrt{2}$ .

Наконец, подставляя полученные константы в (42), получим  $F^+(t) = -6t + \sqrt{2}$ , а, следовательно,  $F^+(z) = -6z + \sqrt{2}$ ,  $z \in T^+$ . Таким образом, краевая задача (31) имеет единственное решение вида  $F^+(z) = -6z + \sqrt{2}$ .

The article is devoted to the investigation of three-element one-sided boundary value problem for analytic functions with a reverse shift of Carleman in so-called exceptional case. A constructive method for its solution was found and illustrated on a specific example.

The key words: boundary value problem, analytic functions, Carleman shift, exceptional case.

## Список литературы

- 1. Расулов К.М. Трехэлементная односторонняя краевая задача со сдвигом Карлемана в классах аналитических функций в круге// Известия СмолГУ. 2008. №2. С. 94-104.
- 2. Расулов К.М. О решении трехэлементной краевой задачи со сдвигом Карлемана в классах аналитических функций в круге // Веснік Гродзенскага Дзяржаўнага універсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 2. Матэматыка. Фізіка. Інфарматыка. Гродно, 2010. № 3(102). С. 31-37.
- 3. Расулов К.М. Метод интегральных «ловушек» для решения трехэлементной краевой задачи со сдвигом Карлемана в классах аналитических функций// Системы компьютерной математики и их приложения: Материалы международной конференции. Смоленск: СмолГУ, 2012. Вып. 13. С. 191-212.
- 4. Литвинчук Г.С. Краевые задачи и сингулярные интегральные уравнения со сдвигом. М., Наука, 1977. 448 с.
  - 5. Гахов Ф. Д. Краевые задачи. М.: Наука, 1977. 640 с.
  - 6. Мусхелишвили Н.И. Сингулярные интегральные уравнения. М.: Наука, 1968. 511 с.

#### Об авторе

Перельман Н. Р. – аспирант Смоленского государственного университета, кафедра математического анализа, nataly@mannet.ru;

Расулов К. М. – доктор физико-математических наук, Смоленский государственный университет, профессор, заведующий кафедрой математического анализа.

УДК 512.542

#### К ИССЛЕДОВАНИЮ КОНЕЧНЫХ ГРУПП

С.В. Путилов, Э.П. Головко, Е.Н. Пушкарёва

Получены теоремы типа Силова и критерии непростоты, сверхразрешимости конечной группы с определёнными силовскими, холловскими подгруппами и с субнормальными подгруппами Шмидта.

**Ключевые слова:** конечная группа, силовская подгруппа, нормализатор, добавление, холлова подгруппа, пара подгрупп, перестановочные подгруппы.

Рассматриваются только конечные группы. Используемые обозначения и определения имеются в [1-8]. В настоящей работе доказываются усиления некоторых теорем из [1], [7], [8], [9], а также приводятся новые результаты, которые дополняют исследования начатые в [4]. Основные результаты анонсированы в [10-13].

**Определение 1**. ([1]) Для собственной подгруппы H группы G пара (A,B) называется  $\theta$ - парой подгруппы H группы G, если (1)  $A \subseteq G$ , < H, A >= G и  $B = (A \cap H)_G$ , (2) если  $A_1/B$ — собственная подгруппа A/B и  $A_1/B \lhd G/B$ , то  $G \neq < H$ ,  $A_1 >$ .

**Лемма 1.** Пусть K– нормальная подгруппа конечной группы G. Если для каждой максимальной подгруппы P любой силовской 2— подгруппы группы G, имеющей с K нециклическое пересечение, есть  $\theta$ - пара (A,B), такая, что A/B 2— нильпотентна и G=PA, то S(G) отлична от единичной группы.

Доказательство. Допустим, что S(G)=1. Пусть  $G_2$ ,  $K_2$ — силовские 2— подгруппы соответственно в G и K. Если  $G_2$  циклическая, то по теореме IV.2.8[2] группа G 2— нильпотентна и  $1 \subset S(G)$ . Пусть  $G_2$  нециклическая. Если  $K_2$  циклическая, то, как и выше, подгруппа K 2—нильпотентна и  $1 \subset S(G)$ . Поэтому  $K \cap G_2 = K_2$  будет нециклической группой. Тогда по условию для любой максимальной подгруппы P из  $G_2$  справедливо G = PA. Так как  $B \subseteq S(G) = 1$ , то A 2— нильпотентна. Пусть  $A = A_2[D]$ , где D- 2- дополнение в A. Ясно, что  $A \subseteq N_G(D) = C$ . Пусть  $G_2 \cap C \subset G_2$ . Тогда  $G_2 \cap C$  содержится в максимальной подгруппе G из G0 и по условию в группе G0 существует G0—пара G1, такая, что G1.

Пусть  $H=H_2[F]$ . Так как D и F являются холловыми подгруппами нечётного порядка в G, то по теореме из [3]  $D=F^g$ , для подходящего элемента g из G. Поскольку G=QH, то элемент g=ab,  $a\in Q,b\in H$ . Далее из нормальности F в H, следует, что элемент g можно выбрать из Q. Кроме того,  $H^g\subseteq N_G(F)^g=N_G(F^g)=N_G(D)=C$ . Поэтому  $G=G^g=(QH)^g=Q^gH^g=QH^g=QC$  и  $G_2=G_2\cap G=G_2\cap QC=Q(G_2\cap C)\subseteq Q$ , что противоречиво. Значит,  $G_2\cap C=G_2$ . Тогда  $G_2\subseteq C$  и G=PA=PC=C. Получили, что  $1\subset D\subseteq S(G)$ . Противоречие. Лемма 1 доказана.

**Лемма 2.** Пусть  $\Gamma$ — класс конечных групп, являющийся гомоморфом. Если  $A/B \in \Gamma$ , где A — подгруппа конечной группы  $G, B \leq A$  и  $N \leq G$ , то  $(AN/BN) \in \Gamma$ .

Доказательство. Так как  $AN/BN = ABN/BN \cong A/(A \cap BN) = A/B(A \cap N) \cong (A/B)/(B(A \cap N)/B) \in \Gamma$ , то  $(AN/BN) \in \Gamma$ . Лемма 2 доказана.

**Лемма 3.** Пусть K— нормальная подгруппа конечной группы G. Если для любой максимальной подгруппы P каждой силовской подгруппы в группе G, имеющей с K нециклическое пересечение, существует  $\theta$ - пара (A,B), такая, что A/B сверхразрешима и G=PA, то всякая нетривиальная факторгруппа G/N группы G имеет такие же свойства, относительно нормальной подгруппы KN/N.

Доказательство. Пусть силовская p— подгруппа  $G_pN/N$  факторгруппы G/N имеет с KN/N нециклическое пересечение.

Пусть  $N\subseteq K$ . Тогда  $(G_pN/N)\cap (K/N)=(G_pN\cap K)/N=(G_p\cap K)N/N=K_pN/N\cong K_p/(K_p\cap N)$ .

Пусть N не включается в K. Тогда по лемме 5[4] ( $G_pN$ )  $\cap K = (G_p \cap K)(N \cap K) = K_p(N \cap K)$ . Следовательно,  $(G_pN \cap K)N/N = K_p(N \cap K)N/N = K_pN/N \cong K_p/(K_p \cap N)$ . Значит, силовская p-подгруппа  $K_p$  в группе K нециклическая. Тогда по условию для максимальной подгруппы P из  $G_p$  существует  $\theta$ - пара (A,B), такая, что A/B сверхразрешима и G=PA. Поэтому G/N = PA/N = (PN/N)(AN/N). Пусть (C/N)/(BN/N) — наименьшая собственная подгруппа из (AN/N)/(BN/N) нормальная в (G/N)/(BN/N), удовлетворяющая равенству G/N = (PN/N)(C/N). Ясно, что  $(BN/N) \subseteq ((PN/N) \cap (C/N))_{G/N} = D/N$ . Поэтому  $(C/N)/(D/N) \cong C/D \cong (C/BN)/(D/BN)$ . Так как A/B сверхразрешима, то по лемме 2AN/BN сверхразрешима. Тогда из включения  $C/BN \subseteq AN/BN$  следует сверхразрешимость C/BN. Значит, (C/N)/(D/N) сверхразрешима. Следовательно, пара (C/N,D/N) является  $\theta$ - парой для PN/N в G/N. Лемма B/N0 доказана.

**Теорема 1**. Пусть K — нормальная подгруппа конечной группы G. Если для любой максимальной подгруппы P каждой силовской подгруппы в группе G, имеющей с K нециклическое пересечение, существует  $\theta$ - пара (A,B), такая, что A/B сверхразрешима и G=PA, то K сверхразрешима.

Доказательство. Пусть теорема неверна и группа G — контрпример минимального порядка. По лемме 1 1  $\subset$  S(G). Пусть N — минимальная нормальная подгруппа группы G и  $N \subseteq S(G)$ . По лемме 3 условия теоремы наследуются факторгруппой G/N. Поэтому по индукции подгруппа KN/N сверхразрешима.

Пусть  $K \cap N = 1$ . Тогда  $KN/N \cong K/K \cap N = K/1 \cong K$  и K сверхразрешима. Значит,  $N \subset K$  и K/N сверхразрешима, откуда K разрешима. Если L— неразрешимая минимальная нормальная подгруппа в G, то по лемме 3 G/L наследует условия теоремы. Тогда по индукции KL/L сверхразрешима. Так как  $L \cap N = 1$ , то  $K \cap L = 1$ . Поэтому  $KL/L \cong K$  и K сверхразрешима. Следовательно, N - единственная минимальная нормальная подгруппа в G. Поскольку K/N сверхразрешима, то  $\Phi(G) = \Phi(K) = 1$  и N нециклическая.

Пусть  $N = G_p$  – силовская p – подгруппа группы G. Если P – максимальная подгруппа в N, то по условию теоремы существует пара (A,B), такая, что A/B сверхразрешима и G=PA. Так как  $(P \cap A) \subset N$ , то  $B=(P \cap A)_G=1$ . Поэтому A сверхразрешима.

Так как  $N=N\cap G=N\cap PA=P(N\cap A)$ , то  $1\subset N\cap A$ . Тогда из минимальности N в G и нормальности  $N\cap A$  в G следует, что  $N\cap A=N$ . Поэтому G=A сверхразрешима, откуда K сверхразрешима. Следовательно, N- собственная подгруппа в силовской p- подгруппе  $G_p$  группы G.

Пусть Q—силовская q— подгруппа в K для наибольшего простого q из  $\pi(K)$  и N не включается в Q. Поскольку  $NQ/N \le K/N$ , то  $NQ \le K$ . Из равенства  $\Phi(K) = 1$  по лемме 19.7[5] следует, что в K существует максимальная подгруппа M, такая, что K = NM,  $N \cap M = 1$ . Так как N самоцентрализуема в G, то N является подгруппой Фиттинга в K. Далее для любого элемента x из K справедливо, что  $NQ = (NQ)^x = NQ^x$ . Тогда для любого автоморфизма  $\alpha$  подгруппы K выполняется равенство  $(NQ)^\alpha = N^\alpha Q^\alpha = NQ^x = NQ$ , для подходящего элемента x из K. Значит, NQ - характеристическая подгруппа в K, откуда  $NQ \le G$ .

Пусть  $NQ \subset K$ . Тогда по индукции NQ сверхразрешима, откуда  $NQ = N \times Q$  и  $Q \triangleleft G$ , что противоречит единственности N в G. Пусть NQ = K и Q— циклическая группа. Рассмотрим в G подгруппу  $T = G_p K = G_p Q$ . Пусть  $T \subset G$  и P— произвольная максимальная подгруппа из  $G_p$ . Тогда по условию существует пара (A,B), такая, что G = PA и A/B сверхразрешима,  $B = (P \cap A)_G$ . Так как  $T = T \cap G = G_p Q \cap PA = P(G_p Q \cap A) = PA_1$  и  $P \cap A_1 = P \cap G_p Q \cap A = P \cap A$ , то  $B_1 = (P \cap A_1)_T \supseteq (P \cap A)_G = B$ . Поэтому  $A_1/B_1 \cong (A_1/B)/(B_1/B)$ . Поскольку  $A_1/B \subseteq A/B$  и A/B сверхразрешима, то  $A_1/B_1$  сверхразрешима.

Следовательно, подгруппа T наследует условия теоремы и по индукции K сверхразрешима, что противоречиво.

Пусть  $G_pQ=G$ . По лемме Фраттини  $G=KN_G(Q)=NQN_G(Q)=NN_G(Q)$ . Из минимальности N в G следует, что  $N\cap N_G(Q)=1$ . Пусть  $D=N_G(Q)$  и  $D_p$  - силовская p - подгруппа в D. Тогда  $D_p\subseteq R$ , где R максимальная подгруппа в  $G_p$ , и по условию в G существует пара (A,B), такая, что G=RA и A/B сверхразрешима. Так как  $G_p=ND_p$ , то N не включается в R. Поэтому B=1 и A сверхразрешима. Поскольку любая силовская  $G_p=ND_p$ , то  $G_p=ND_p$  подгруппа группы  $G_p=ND_p$  включается в  $G_p=ND_p$  подгруппа группы  $G_p=ND_p$  включается в  $G_p=ND_p$  по  $G_p=ND_p$  подгруппа группы  $G_p=ND_p$  подгруппа группы  $G_p=ND_p$  по  $G_p=ND_p$ 

Пусть NQ = K и Q нециклическая группа, а так же P максимальная подгруппа в  $G_p$ , которая не содержит N. Тогда по условию существует пара (A,1), такая, что G = PA и A сверхразрешима. Аналогично для любой максимальной подгруппы M из силовской q-подгруппы  $G_q$  группы  $G_q$  существует пара (C,1), такая, что G = MC и G сверхразрешимая не холлова подгруппа в G. Пусть  $G_q$  наибольшее простое число из  $G_q$ . Тогда из сверхразрешимости  $G_q$  следует, что силовская нодгруппа  $G_q$  из  $G_q$  нормальна в  $G_q$ . Пусть  $G_q$  силовская  $G_q$  из  $G_q$  нормальна в  $G_q$  что противоречит единственности  $G_q$ .

Пусть t отлично от q и t- наибольшее простое из  $\pi(G)$ . Так как G = PA и силовская t- подгруппа  $A_t$  из A нормальна в A, то, для подходящего x из P,  $A_t^x \subseteq C$ . Поэтому  $A_t \subseteq C^{x^{-1}} = H$ . Поскольку (|G:A|,|G:H|) = 1, то  $G = AH \subseteq N_G(A_t)$ . Следовательно,  $A_t$  нормальна в G, что противоречиво.

Пусть  $N\subseteq Q$ . Тогда Q нормальна в K и Q будет подгруппой Фиттинга в K. Если  $N\subset Q$ , то  $N\subset C_G(N)$ , что противоречиво. Значит, N=Q. Допустим, что q наибольшее простое из  $\pi(G)$ . Так как  $\Phi(G)=1$ , то N не включается в  $\Phi(G_q)$ . Поэтому существует максимальная подгруппа H из  $S=G_q$ , которая не содержит N. По условию в G существует пара (M,1), такая, что G=HM и M сверхразрешимая не холлова подгруппа в G. Тогда по лемме 4.7 [6] получим, что  $M_q\subseteq S_G$ . Поскольку  $\Phi(G)=1$ ,

то в группе G существует максимальная подгруппа F такая, что G=NF и  $N\cap F=1$ . Пусть  $N\subset S_G$ .

Тогда  $G=S_GF$  и  $1\subset (S_G\cap F)\lhd G$ , что противоречит единственности N в G. Значит,  $S_G=N$ . Пусть  $M_q\subset N$  . Так как  $N\subset G_q$ , то  $NM\subset G$ . Пусть T максимальная подгруппа из  $G_q$  и  $N\subseteq T$ . Тогда по условию существует пара (L, X), такая, что G = TL и L/X сверхразрешима. Пусть  $1 \subset X$ . Ясно, что  $1 \subset X = (T \cap L)_G$  только тогда, когда  $N \subseteq T \cap L$ . Поскольку  $G_q = TL_q$ ,  $L_q$ - силовская q- подгруппа из L, то  $L_q$  не включается в N. В противном случае, придём к противоречию  $G_q = T$ . Поэтому N собственная подгруппа в  $L_q$ . Если  $L_q \subseteq X$ , то из  $X \subseteq T$  следует  $G_q = T$ . Значит,  $X \subset L_q$ . Теперь из сверхразрешимости L/X получаем, что  $L_q/X \triangleleft L/X$ , откуда  $L_q \triangleleft L$ . Тогда по лемме 4.7[6]  $L_q \subseteq N$ , откуда  $L_q \subseteq T$ , что противоречиво.

Пусть  $M_q = N$ . Тогда K включается в M и K сверхразрешима. Противоречие. Следоватедльно, наибольший простой делитель порядка группы G не делит порядок К.

Поэтому подгруппа  $T=G_q K$  собственная в G. Тогда, как показано ранее, T наследует условия теоремы и по индукции К сверхразрешима. Противоречие. Теорема 1 доказана.

Следствие 1. ([1]) Если для любой максимальной подгруппы P каждой нециклической силовской подгруппы в конечной группе G существует  $\theta$ - пара (A,B), такая, что A/B сверхразрешима и G = PA, то G сверхразрешима.

Доказательство следует из теоремы 1 при K = G.

**Теорема 2.** Если в конечной группе G существует субнормальная p-замкнутая pd-подгруппа Шмидта, то G p-разрешима.

Доказательство. Пусть S — данная по условию подгруппа Шмидта и S = [P]Q, где  $P \in \mathit{Syl}_p(S)\,,\;\; Q \in \mathit{Syl}_q(S)\,.$  Так как  $\;S \lhd \lhd G\,,$  то  $\;P \subseteq O_p(G)\;$  и в G есть минимальная нормальная pподгруппа N.

Рассмотрим фактор-группу  $G/N = \overline{G}$ .

Пусть  $N=G_p$  . Тогда p' -группа  $\overline{G}$  p-разрешима. Так как  $G_p$  и  $\overline{G}$  p-разрешимы, то G pразрешима. Поэтому  $N \subset G_n$ .

Пусть в  $\overline{G}$  нет p-сверхразрешимых pd-подгрупп Шмидта. Тогда по лемме 7 [7]  $\overline{G}$  pзамкнута, то есть  $\overline{G}_p \lhd \overline{G}$  . Так как  $\overline{G}_p = G_p \, / \, N$  , то  $\, G_p \, / \, N \lhd G \, / \, N$  . Тогда  $\, G_p \lhd G$  , откуда группа G p-разрешима. Следовательно, в  $\overline{G}$  есть p-сверхразрешимые pd-подгруппы Шмидта и пусть  $\overline{H}$ одна из них. По лемме 1 [7] подгруппа  $\overline{H}^{\overline{G}}$  бипримарна, а значит,  $\overline{H}^{\overline{G}}$  разрешима. Пусть  $\overline{K}$  – произведение нормальных замыканий всех p-сверхразрешимых pd-подгрупп Шмидта группы  $\overline{G}$  . Тогда  $\overline{K}$  – нормальная разрешимая собственная подгруппа в группе  $\overline{G}$  .

Допустим, что  $\overline{G}/\overline{K}$  не p-замкнута. Тогда по лемме 7 [7] в  $\overline{G}/\overline{K}$  существует pсверхразрешимая pd -подгруппа Шмидта  $\overline{A}/\overline{K}$ . Так как  $\overline{A}/\overline{K}$  p-сверхразрешима, то p-факторы  $\overline{A}/\overline{K}$  имеют порядок p. Следовательно, ранг  $\overline{A}/\overline{K}$  равен 1.

Пусть  $\overline{A}/\overline{K}$  *p*-замкнута и простое число q делит её порядок. Так как ранг  $\overline{A}/\overline{K}$  равен 1, то по лемме 10 [7] показатель числа p по модулю q равен 1. По лемме 2 [7] в минимальном добавлении  $\overline{L}$  к подгруппе  $\overline{K}$  в группе  $\overline{A}$  существует p-замкнутая  $\{p,q\}$ -подгруппа Шмидта  $[\overline{P}]\overline{Q}$  такая, что  $\overline{Q} \not\subseteq \overline{K}$  и  $(\overline{P} \overline{Q})^{\overline{L}} = \overline{L}$  , где  $\overline{P}$  ,  $\overline{Q}$  — соответственно p-силовская, q-силовская. Так как показатель числа p по модулю q равен 1, то по лемме 10 [7] ранг группы Шмидта [ $\overline{P}$ ]  $\overline{Q}$  равен 1. Следователь- $[\overline{P}]\overline{Q}$  p-сверхразрешима. Тогда из определения подгруппы  $\overline{L} = (\overline{P} \overline{Q})^{\overline{L}} \subseteq (\overline{P} \overline{Q})^{\overline{G}} \subseteq \overline{K}$ , что противоречит не включению  $\overline{Q}$  в  $\overline{K}$ .

Пусть  $\overline{A}/\overline{K}$  является p-нильпотентной группой Шмидта. Тогда по лемме 2 [7] в минимальном добавлении  $\overline{L}$  к подгруппе  $\overline{K}$  в группе  $\overline{A}$  существует p-нильпотентная  $\{p,q\}$ -подгруппа Шмидта [  $\overline{Q}$  ]  $\overline{P}$  такая, что  $\overline{P} \nsubseteq \overline{K}$  и  $\overline{L} = ([\overline{Q}]\overline{P})^{\overline{L}}$ . Так как каждая p-нильпотентная pd-подгруппа Шмидта p-сверхразрешима, то подгруппа [  $\overline{Q}$  ]  $\overline{P}$  p-сверхразрешима. Тогда из определения  $\overline{K}$  следует, что  $\overline{L}=([\ \overline{Q}\ ]\ \overline{P})^{\overline{L}}\subseteq ([\ \overline{Q}\ ]\ \overline{P})^{\overline{G}}\subseteq \overline{K}$  . Пришли к противоречию с тем, что  $\overline{P}\nsubseteq \overline{K}$  .

Пусть  $\overline{G}/\overline{K}$  p-замкнута, откуда  $\overline{G}/\overline{K}$  p-разрешима. Так как  $\overline{K}$  разрешима, то из p-

разрешимости  $\overline{G}/\overline{K}$  следует p-разрешимость  $\overline{G}=G/N$ , где  $N\subseteq O_p(G)$ . Значит, группа G p-разрешима. Теорема 2 доказана.

**Следствие 1.** Если в конечной группе G существует субнормальная 2-замкнутая 2d-подгруппа Шмидта, то G разрешима.

Доказательство. По теореме 2 группа G 2-разрешима. Так как 2-разрешимая группа разрешима, то утверждение следует. Следствие 1 доказано.

Следствие 2. Если в конечной группе G для каждого простого числа p из  $\pi(G)$  существует субнормальная p-замкнутая pd-подгруппа Шмидта, то G разрешима.

Доказательство. По теореме 2 группа G p-разрешима для каждого простого числа  $p \in \pi(G)$  . Тогда G разрешима. Следствие 2 доказано.

**Теорема 3.** Пусть в конечной группе G все p-нильпотентные pd- подгруппы Шмидта субнормальны и  $S = [S_q] S_p$  одна из них. Кроме того, G p-разрешимая для p > 2. Тогда в G все субнормальные p-нильпотентные pd- подгруппы Шмидта имеют тип  $S_{\langle q,p\rangle}$  и включаются в  $O_{q,p}(G)$ , где  $q,p \in \pi(G)$ .

Доказательство. Пусть  $\pi(G)$  — множество всех простых делителей порядка группы G. Тогда  $q \in \pi(G) \setminus \{p\}$ . Так как  $S \lhd G$ , то  $S_q \subseteq O_q(G) \neq 1$ . Тогда по лемме 5 [7] в  $G/O_q(G)$  нет p-нильпотентных pd-подгрупп Шмидта, откуда по лемме 6 пункты 2), 3) [7]  $G/O_q(G)$  p-замкнута.

Пусть  $r \neq q$  и  $r \in \pi(G) \setminus \{p\}$ . Допустим, что в G существует p-нильпотентная pd-подгруппа Шмидта  $K = [K_r]K_n$ .

Поскольку  $G/O_q(G)$  p-замкнута, то  $G_pO_q(G)/O_q(G) \triangleleft G/O_q(G)$ , откуда  $G_pO_q(G) \triangleleft G$ . Очевидно, что каждая силовская p-подгруппа из G включается в  $G_pO_q(G)$ . Следовательно,  $K_p \subseteq G_pO_q(G)$ . Поэтому

$$K \cap G_p O_q(G) = \left[K_r\right] K_p \cap G_p O_q(G) = K_p (K_r \cap G_p O_q(G)) = K_p \triangleleft K.$$

Значит, K нильпотентна, что противоречиво. Получили, что в группе G нет подгрупп Шмидта типа  $S_{\langle r,p\rangle}$ . Ясно, что каждая субнормальная p-нильпотентная pd-подгруппа Шмидта включается в  $O_{a,p}(G)=G_{p}O_{a}(G)$ . Теорема 3 доказана.

**Лемма 4**. Пусть $P \in Syl_p(G)$ и  $K \subseteq G$ . Если KP = PK, то  $P \cap K = K_p \in Syl_p(K)$ .

Доказательство. Так как KP=PK, то  $KP\subseteq G$ . Поскольку $P\in Syl_p(G)$ , то  $P\in Syl_p(KP)$ . Тогда (|KP:P|,p)=1.

Так как  $|KP| = \frac{|K| \cdot |P|}{|K \cap P|}$ , то  $\frac{|KP|}{|P|} = \frac{|K|}{|K \cap P|}$ . Получили, что $|KP:P| = |K:K \cap P|$ , откуда ( $|K:K \cap P|$ , |K|) = 1. Следовательно, |K|0 – |K|2 – |K|3. Лемма 4 доказана.

**Лемма 5**. Пусть  $H-\pi$ —холлова подгруппа в G,  $K\subseteq G$  и K перестановочна хотя бы с одной силовской р-подгруппой из H для любого $p\in\pi(H)$ . Тогда если  $\pi\cap\pi(K)\subseteq\pi(H)$ , то  $K\cap H-\pi$ - холлова подгруппа в K.

Доказательство. Пусть P — силовская p — подгруппа в H, удовлетворяющая условию. Тогда KP = PK и по лемме 4  $K \cap P = K_p \in Syl_p(K)$ .

Так как  $K_p \subseteq P \subseteq H$ , то  $K_p \subseteq H$ . Значит,  $K_p \in K \cap H$  для любого $p \in \pi(H \cap K)$ .

Докажем, что $|K:H\cap K|-\pi'$  — число. Допустим, что  $|K:H\cap K|$  делится на простое число  $r\in\pi$ . Тогда  $r\in\pi\cap\pi(K)\subseteq\pi(H)$ , и по условию найдется такая $H_r\in Syl_r(H)$ , что  $H_rK=KH_r$  и по лемме  $4K\cap H_r=K_r$ . Следовательно,  $K_r\subseteq H\cap K$ , откуда  $(|K_r|,|H\cap K|)=|K_r|$ .

Тогда  $|K:K\cap H|=|K|/|K\cap H|=|K_r|\cdot m/|K_r|\cdot n=\frac{m}{n}$ , где (r,m)=1.

Следовательно,  $|K:K\cap H|=\frac{m}{n}$  не делится на r, что противоречит допущению. Значит,  $|K:H\cap K|-\pi$ - число и так как  $|H\cap K|-\pi$ - число, то  $H\cap K-\pi$ - холлова в K. Лемма 5 доказана.

**Лемма 6**. Пусть X, Y — подгруппы конечной группы G такие, что G=XY, X — собственная  $\pi$ -холлова. Если X перестановочна с каждой силовской s-подгруппой из Y для  $s \in \pi(G) \setminus \pi$ , то X перестановочна с любой силовской s-подгруппой из G.

Доказательство. Пусть S – силовская s-подгруппа из Y, перестановочная с подгруппой X и F – произвольная силовская s-подгруппа из G.По теореме Силова  $F = S^a$  для некоторого элемента a из

G. Так как G=XY, то a = yx, где  $y \in Y$ ,  $x \in X$ . Тогда  $XF = XS^a = XS^{yx} = X(S^y)^x = (XS^y)^x = (S^yX)^x = S^yX = S^aX = FX$ . Лемма 6 доказана.

**Теорема 4.** Пусть A, B и X — подгруппы группы G такие, что G=AB, A — собственная нильпотентная  $\pi$ -холлова подгруппа и X— нормальная разрешимая подгруппа. Зафиксируем простое число  $q \in \pi(G) \backslash \pi$ . Если для каждого  $p \in \pi(G) \backslash \pi$ ,  $p \neq q$ , подгруппа A будет X - перестановочна с любой силовской р-подгруппой из B, то G — разрешима.

Доказательство. Пусть теорема неверна и G – контрпример минимального порядка.

Если  $|\pi(G)\backslash \pi| = 1$ , то G = AQ, где Q - q-силовская подгруппа группы  $G, q \in \pi(G)\backslash \pi$ . Тогда по теореме IV.4.3[2] G разрешима.

Значит,  $|\pi(G)\backslash \pi| \ge 2$ . Проверим, что факторгруппа G/X с подгруппами AX/X, BX/X и единичной подгруппой X/X удовлетворяет требованиям теоремы. Так как G=AB, тоG/X=AB/X=(AX/X)(BX/X), где AX/X –холлова нильпотентная  $\pi$ -подгруппа в G/X.

Если  $|\pi(G/X)\backslash\pi|=1$ , то, как и ранее для G, по теореме IV.4.3[2] получим, что G/X разрешима, откуда G разрешима, что противоречиво.

Пусть простое число  $p \in (\pi(BX/X) \cap (\pi(G/X) \setminus \pi)), p \neq q$ . Тогда p делит  $|BX/X| = \left|\frac{B}{B \cap X}\right|$  и p делит |G/X| = |G:X|, откуда  $p \in (\pi(B) \cap (\pi(G) \setminus \pi)), p \neq q$ . Пусть P — силовская p-подгруппа из B. Так как  $p \in \pi(G) \setminus \pi$ , то P — силовская p-подгруппа в G.

Тогда PX/X — силовская р- подгруппа в G/X. Поскольку  $PX/X \subseteq BX/X$ , то PX/X — силовская р-подгруппа в BX/X.

По условию теоремы A и P будут X-перестановочны, то есть  $\exists x \in X: AP^x = P^x A$ . Тогда  $AP^x X/X = (AX/X)(P^x X/X) = (AX/X)(x^{-1} PxX/X) = (AX/X)(PX/X)$ . Аналогично,  $P^x AX/X = (PX/X)(AX/X)$ .

Так как  $AP^{X}X/X = P^{X}A/X$ , то (AX/X)(PX/X) = (PX/X)(AX/X), то есть (AX/X) перестановочна с каждой силовской р — подгруппой изBX/Xдля каждого  $p \in \pi(G/X) \setminus \pi$ , р  $\neq$  q.Таким образом, фактор-группа G/X наследует условия теоремы. Если  $X \neq 1$ , то |G/X| < |G| и по индукции факторгруппа G/X разрешима, откуда G— разрешима.

Значит, X=1. В этом случае подгруппа А перестановочна с любой силовской р-подгруппой из В для каждого  $p \in \pi(G) \setminus \pi, p \neq q$ .

Пусть P — произвольная силовская p-подгруппа в группе G. По лемме 6 AP = PA. Таким образом, подгруппа A перестановочна с любой силовской p-подгруппой группы G для каждого  $p \in \pi(G) \backslash \pi, p \neq q$ .

Поскольку  $|\pi(G)\backslash \pi| \ge 2$ , то  $AG_p \subset G$  для каждого  $p \in \pi(G)\backslash \pi, p \ne q$ , и каждой силовской р-подгруппы  $G_p$  из G. Так как  $AG_p^x = G_p^x A$ ,  $\forall x \in G$ , то по лемме 3 [4], или  $A^G$  или  $B^G$  отличны от G. Следовательно группа G непроста.

Пусть К — минимальная нормальная подгруппа группы G. Тогда  $A \cap K = A_1$ является  $\pi$ — холловой подгруппой в К. Пусть $P_1$  — произвольная силовская р-подгруппа из K,  $p \in \pi(K) \setminus \pi, p \neq q$ . По теореме Силова  $P_1 \subseteq P$ для некоторой силовской р— подгруппы P из G.

По лемме 5 [4]  $K \cap AP = (K \cap A)(K \cap P) = A_1P_1 \subseteq G$ . Значит,  $A_1$  перестановочна с каждой силовскими р-подгруппами из K.

Так как G=AB и K нормальна в G, то по лемме 5 [4]  $K = K \cap G = K \cap AB = (K \cap A)(K \cap B) = A_1B_1$ . Следовательно, K наследует условия теоремы. Поскольку |K| < |G|, то по индукции Kразрешима.

Так же как и для G/X проверяется выполнение условий теоремы для G/K. Поэтому по индукции G/K разрешима, откуда G разрешима. Теорема 4 доказана.

**Лемма 7.**Пусть H − подгруппа конечной группы G и N − нормальная подгруппа в G. Если P − силовская p-подгруппа в H для  $p \in \pi(G)$ , то PN/N − силовская p- подгруппа в HN/N.

Доказательство. Так как  $N\cap H$ нормальна в H, то $P(N\cap H)/(N\cap H)$  является силовской р-подгруппой в H/( $N\cap H$ )  $\cong HN/N$ . Далее  $P(N\cap H)/(N\cap H)\cong P/(N\cap H\cap P)=P/(N\cap P)\cong PN/N$ . Следовательно, PN/N — силовская р-подгруппа в HN/N. Лемма 7 доказана

**Теорема 5.** Пусть X, Y и N— подгруппы конечной группы G такие, что G=XY, X — собственная  $\pi$ -холлова и N — нормальная. Если для каждого простого числа $s \in \pi(G) \setminus \pi$ , подгруппа X будет N-перестановочна с любой ненормальной силовской s-подгруппой из Y, то справедливы следующие утверждения:

Если N $\in$   $C_{\pi'}$ , то G $\in$   $C_{\pi'}$ .

Если N $\in$   $D_{\pi'}$ , то G $\in$   $D_{\pi'}$ .

Доказательство. Пусть теорема неверна и группа G – контрпример минимального порядка. Если для каждого  $s \in \pi(G) \setminus \pi$  любая силовская s-подгруппа из Y нормальна в Y, то в G существует нильпо-

тентная  $\pi$ '-холлова подгруппа, порядок которой совпадает с |G:X|.Тогда по теореме III.5.8 [2]  $G \in D_{\pi'}$ . Следовательно, существуют  $s \in \pi(G) \setminus \pi$ , для которых силовские s- подгруппы ненормальны в Y.

Проверим, что факторгруппа G/N с подгруппами XN/N, YN/N и единичной подгруппой N/Nнаследует условия теоремы. Так как G=XY, тоG/N=(XN/N)(YN/N), гдеXN/N $\cong$ X/( $N \cap X$ ) —  $\pi$ -холлова подгруппа в G/N.

Пусть S — ненормальная силовская s-подгруппа в Y,  $s \in \pi(G) \setminus \pi$ . Тогда по лемме 7 SN/N — силовская s-подгруппа вYN/N. Если все силовские s-подгруппы, для $s \in \pi(G) \setminus \pi$ , нормальны в YN/N, то по теореме III.5.8 [2]  $G/N \in D_{\pi'}$ .

Поэтому, без ограничения общности можно считать, что SN/N— ненормальная подгруппа вYN/N. Так как по условию теоремы подгруппа X будет N- перестановочна с любой ненормальной силовской s-подгруппой из Y, то по лемме 1 (пункт 2) [4] подгруппы SN/Nи XN/N перестановочны. Значит, фактор-группа G/N наследует условия теоремы.

Пусть N  $\neq$  1. Тогда|G/N| < |G| и по индукции фактор-группа G/N является  $C_{\pi'}$ -группой в п.1 доказываемой теоремы и  $D_{\pi'}$ -группой в п.2. Тогда по лемме 2 [4] группа G является  $C_{\pi'}$ -группой или  $D_{\pi'}$ -группой соответственно.

Пусть теперь N=1. Тогда подгруппа X перестановочна с любой ненормальной силовской s-подгруппой из Y для подходящих  $s \in \pi(G) \setminus \pi$ . Пусть F – произвольная силовская s-подгруппа в группе G. По лемме 6 FX = XF. Следовательно, в группе G подгруппа X перестановочна с любой ненормальной силовской s-подгруппой группы G, для соответствующих  $s \in \pi(G) \setminus \pi$ .

Если  $|\pi(G)\backslash \pi| = 1$ , то  $G \in D_{\pi'}$  по теореме Силова. Значит,  $|\pi(G)\backslash \pi| \ge 2$ . Пусть, для  $s \in \pi(G)\backslash \pi$ , силовская s-подгруппа  $G_s$  из G ненормальна в G. Тогда  $XG_s \subset G$ . Так как  $XG_s^a = G_s^a X$  для любого  $a \in G$ , то по лемме 3 [4] группа G непроста.

Пусть A — минимальная нормальная подгруппа в группе G. Тогда $A \cap X = X_1$ является  $\pi$ -холловой подгруппой в A. ПустьR — это любая ненормальная силовская s-подгруппа изA, дляя  $\in \pi(A) \setminus \pi$ . По теореме Силова R включается в некоторую силовскую s-подгруппу S группы G, которая, в силу ненормальности R в A, будет ненормальной в G.

По лемме 5 [4]  $A \cap XS = (A \cap X)(A \cap S) = X_1R$ , откуда  $X_1$  перестановочна с R. Следовательно,  $X_1$  перестановочна со всеми ненормальными силовскими s-подгруппами из A, для  $S \in \pi(A) \setminus \pi$ .

Так как по лемме 5 [4]  $A \cap XY = (A \cap X)(A \cap Y) = X_1Y_1$  и  $X_1$  перестановочна с каждой ненормальной силовской s-подгруппой из  $Y_1$ , для  $s \in \pi(A) \setminus \pi$ , то A наследует условия теоремы. По индукции  $A \in C_{\pi'}$ и  $G/A \in C_{\pi'}$ в пункте 1 теоремы или  $A \in D_{\pi'}$ и  $G/A \in D_{\pi'}$ в пункте 2 теоремы. Тогда по лемме 2 [4] группа  $G \in C_{\pi'}$ в пункте 1 теоремы или  $G \in D_{\pi'}$  в пункте 2 теоремы. Теорема 5 доказана.

**Теорема 6.** Пусть X, Y и N– подгруппы конечной группыG такие, что  $G=XY,X\cap Y=1$ и X – собственная  $\pi$ -холлова и N – нормальная. Если для каждого простого числа $s\in\pi(G)\setminus\pi$ , подгруппа X будет N-перестановочна с любой нециклической силовской s-подгруппой из Y, то справедливы следующие утверждения:

Если N $\in$   $C_{\pi'}$ , то G $\in$   $C_{\pi'}$ .

Если N $\in$   $D_{\pi'}$ , то G $\in$   $D_{\pi'}$ .

Доказательство. Пусть теорема неверна и группа G – контрпример минимального порядка. Если для каждого  $s \in \pi(G) \setminus \pi$  любая силовская s-подгруппа из Y циклическая в Y, то в G существует  $\pi$ '-холлова подгруппа с циклическими силовскими подгруппами, порядок которой совпадает с |G:X|. Тогда по теореме 18.7 [6]  $G \in D_{\pi'}$ . Следовательно, существуют  $s \in \pi(G) \setminus \pi$ , для которых силовские s-подгруппы нециклические в Y.

Проверим, что факторгруппа G/N с подгруппами XN/N, YN/N и единичной подгруппой N/N наследует условия теоремы. Так как G=XY, тоG/N=(XN/N)(YN/N), где XN/N $\cong$ X/( $N \cap X$ ) –  $\pi$ -холлова подгруппа в G/N.

Пусть S — нециклическая силовская s-подгруппа в Y,  $s \in \pi(G) \setminus \pi$ . Тогда по лемме 7 SN/N — силовская s-подгруппа вYN/N. Если все силовские s-подгруппы, для  $s \in \pi(G) \setminus \pi$ , циклические в YN/N, то по теореме 18.7 [6]  $G/N \in D_{\pi'}$ .

Поэтому, без ограничения общности, можно считать, что SN/N — нециклическая подгруппа вYN/N. Так как по условию теоремы подгруппа X будетN-перестановочна с любой нециклической силовской s-подгруппой из Y, то по лемме 1 (пункт 2) [4] подгруппы SN/Nи XN/N перестановочны. Значит, фактор-группа G/N наследует условия теоремы.

ПустьN $\neq$  1. Тогда|G/N| < |G| и по индукции фактор-группа G/N является  $C_{\pi'}$ -группой в п.1 доказываемой теоремы и  $D_{\pi'}$ -группой в п.2. Тогда по лемме 2 [4] группа G является  $C_{\pi'}$ -группой или  $D_{\pi'}$ -группой соответственно.

Пусть теперь N=1. Тогда подгруппа X перестановочна с любой нециклической силовской s-

подгруппой из Y для подходящих $s \in \pi(G) \setminus \pi$ . Пусть F— произвольная нециклическая силовская s-подгруппа в группе G. По лемме  $6 \ XF = FX$ .

Следовательно, в группе G подгруппа X перестановочна с любой нециклической силовской s-подгруппой группы G, для соответствующих  $s \in \pi(G) \setminus \pi$ .

Если $|\pi(G)\backslash \pi|=1$ , то  $G\in D_{\pi'}$  по теореме Силова. Значит,  $|\pi(G)\backslash \pi|\geq 2$ . Пусть, для  $s\in \pi(G)\backslash \pi$ , силовская s-подгруппа $G_s$  из G будет нециклической в G. Тогда  $XG_s\subset G$ . Так как  $XG_s^a=G_s^a$  Хдля любого  $a\in G$ , то по лемме 3 [4] группа G непроста.

Пусть A — минимальная нормальная подгруппа в группе G. Тогда $A \cap X = X_1$ является  $\pi$ -холловой подгруппой в A. Пусть R — это любая нециклическая силовская s-подгруппа из A, дляs $\in \pi(A) \setminus \pi$ .По теореме Силова R включается в некоторую силовскую s-подгруппу S группы G, которая, в силу нецикличности R в A, будет нециклической в G.

По лемме 5 [4]  $A \cap XS = (A \cap X)(A \cap S) = X_1R$ , откуда  $X_1$  перестановочна с R. Следовательно,  $X_1$  перестановочна со всеми нециклическими силовскими s- подгруппами из A, для $S \in \pi(A) \setminus \pi$ .

Так как по лемме 5 [4]  $A \cap XY = (A \cap X)(A \cap Y) = X_1Y_1$  и  $X_1$  перестановочна с каждой нециклической силовской s-подгруппой из  $Y_1$ , для  $s \in \pi(A) \setminus \pi$ , то A наследует условия теоремы. По индукции  $A \in C_{\pi'}$ и  $G/A \in C_{\pi'}$  в пункте 1 теоремы или  $A \in D_{\pi'}$  и  $G/A \in D_{\pi'}$  в пункте 2 теоремы. Тогда по лемме 2 [4] группа  $G \in C_{\pi'}$  в пункте 1 теоремы или  $G \in D_{\pi'}$  в пункте 2 теоремы. Теорема 6 доказана.

**Теорема 7.** Пусть G- конечная непримарная группа. Если нормализатор центра любой силовской подгруппы группы G имеет нильпотентное холлово добавление, то G характеристически непроста.

Доказательство. Пусть р — любой простой делитель порядка группы G и  $Z(G_p)$  - центр силовской р-подгруппы из G. Если  $Z(G_p) exttt{ riangle} G$ , то  $Z(G_p)$  включается в ядро подгруппы  $G_p$  и G характеристически непроста. Поэтому в G нормализаторы центров силовских р-подгрупп будут собственными подгруппами.

Пусть G — характеристически простая группа,  $G_2$  — силовская 2-подгруппа группы G и  $Z(G_2)$  — центр в  $G_2$ . Допустим, что  $D_1$  — нильпотентное холлово добавление к  $N_G(Z(G_2))$ , р — произвольный простой делитель  $|D_1|$ . По условию  $N_G(Z(G_p))$  имеет нильпотентное холлово добавление  $D_2$  в G.

Докажем следующие утверждения:

(1) Подгруппа  $G_2$  группы G включается в  $D_2$ .

Пусть число 2 не делит  $|D_2|$ . Тогда число 2 не делит  $|G:N_G(Z(G_p))|$ . Следовательно,  $N_G(Z(G_p))$  имеет силовскую 2- подгруппу из G. Так как  $D_1 \subseteq N_G(G_p) \subseteq N_G(Z(G_p))$ , то  $G = N_G(Z(G_2))D_1 = N_G(Z(G_2))N_G(Z(G_p))$ . Если  $G_2^x \subseteq N_G(Z(G_p))$ ,  $x \in G$ , то  $G_2 \subseteq \left(N_G(Z(G_p))\right)^{x^{-1}}$ . По лемме 3 [8]  $G = N_G(Z(G_2))N_G(Z(G_p))^{x^{-1}}$ . Так как  $Z(G_2) \subseteq N_G(Z(G_2))$  и  $Z(G_2) \subseteq N_G(Z(G_2)) \cap N_G(Z(G_p))$ , то по лемме 4.7 [6] G —характеристически непроста.

Значит, число 2 делит  $|D_2|$ . По теореме III.5.8 [2] все  $\pi$ - холловы подгруппы в G сопряжены, где  $\pi = \pi(D_2)$ . Поэтому  $G_2$  включается в некоторую сопряжённую с  $D_2$  и в качестве дополнения к  $N_G\left(Z(G_p)\right)$  можно брать эту сопряжённую с  $D_2$ . Поэтому, без ограничения общности, можно считать, что  $G_2 \subseteq D_2$ .

(2) Пусть  $A = N_G(G_2)$ . Тогда  $\pi(F(A)) = \pi(D_2)$  для любого  $p \in \pi(D_1)$  и для любого нильпотентного холлова добавления  $D_2$  группы  $N_G\left(Z\left(G_p\right)\right)$  в G. Следовательно,  $D_2$  не зависит от простого числа  $p \in \pi(D_1)$ .

Пусть простое число  $r \in \pi(D_2) \setminus \pi(F(A))$ . Тогда силовская г- подгруппа R группы  $D_2$  включается в  $C_A(F(A)), r \notin \pi(F(A))$ . Так как A разрешима, то  $R \subseteq C_A(F(A)) \subseteq F(A)$ , что противоречиво. Следовательно,  $\pi(D_2) \subseteq \pi(F(A))$ . Поэтому  $\pi(F(A)) = \pi(D_2)$ .

(3)Для каждого простого числа  $p \in \pi(D_1)$  и каждой силовской р- подгруппы  $G_p$  группы  $G_p$  группа  $D_2$  является минимальным нильпотентным холловым добавлением к  $N_G\left(Z(G_p)\right)$ . Доказательство следует из (2) и леммы 3 [8].

(4)Для каждого простого числа  $q \in \pi(D_2)$  и каждой силовской q- подгруппы  $G_q$  группы G

группа  $D_1$  будет нильпотентным холловым добавлением к  $N_G\left(Z(G_q)\right)$  в G.

Пусть  $G_q$  — силовская q-подгруппа из  $D_2$ . Тогда  $D_2 \subseteq N_G(G_q) \subseteq N_G(Z(G_q))$ . Пусть простое число  $p \in \pi(D_1)$  и p не делит  $|G: N_G(Z(G_q))|$ .

Тогда  $N_G\left(Z(G_q)\right)$  содержит силовскую p- подгруппу  $G_p$  группы G. Согласно (3) справедливы равенства  $G=N_G\left(Z(G_p)\right)D_2=N_G\left(Z(G_p)\right)N_G\left(Z(G_q)\right)$ . Тогда по лемме 4.7 [6] G характеристически непроста. Значит, каждое простое число  $p\in\pi(D_1)$  делит  $|G:N_G(Z(G_q))|$ . Тогда  $|D_1|$  будет делить порядок нильпотентного холлова добавления к  $N_G(Z(G_q))$  в G и по теореме III.5.8 [2]  $D_1$  включается в некоторое такое добавление. Допустим, что существует простое число G0, которое делит G1. Тогда, в силу отношения G2. G3 (G4.) G4 (G5. G6. G6. Посторое нильпотентное холлово добавление к G6. G7 (G8.) в G9 и G9 и G9. Так как G9. Так как G9 в G9 и горое нильпотентное холлово добавление к G8. G9 в G9 и G9 в G9 и G9 в G9 и горое нильпотентное холлово добавление к G4. Например, G5 для подходящего элемента G6. Тогда по лемме 3 [8] G6 е G9 с G9 с G9 с G9 с G9 горое на полеме 3 горое в G9 горое на полеме 3 горое в G9 горое на подгруппу сопряжённую с G9, например, G9 для подходящего элемента G9 горопы G9. Тогда по лемме 3 горое в G9 горогому G9. Откуда по лемме 4.7 горо в G9 горопа G9 характеристически непроста. Поэтому G9 горон G9 горопа G9 горопа G9 характеристически непроста. Поэтому G9 горопа G9 горо

(5)Группа G не существует. Пусть  $G = D_1D_2$ . Тогда по теореме VI.4.3 [2] группа G разрешима. Следовательно,  $D_1D_2 \subset G$  и  $\pi(D_1) \cup \pi(D_2) \subset \pi(G)$  Пусть простое число  $r \in \pi(G) \setminus (\pi(D_1) \cup \pi(D_2))$  и  $G_r$  – силовская r- подгруппа из G. Допустим, что  $|D_1|$  не делит $|N_G(Z(G_r))|$ . Тогда существует простое число  $p \in (\pi(D_1) \cap \pi(D))$ , где D — нильпотентное холлово добавление к  $N_G(Z(G_r))$ . По теореме Силова D имеет некоторую силовскую p- подгруппу  $G_p$  из G. Аналогично получим, что если  $|D_2|$  не делит  $|N_G(Z(G_r))|$ , то D содержит некоторую силовскую q-подгруппу группы G для простого числа  $q \in \pi(D_2)$ . Поэтому в G есть нильпотентная холлова  $\{p,q\}$ - подгруппа, откуда следует, что  $G_q \subseteq N_G(G_p) \subseteq N_G\left(Z(G_p)\right)$ , что противоречит (3). Значит,  $|D_2|$  делит  $|N_G(Z(G_r))|$  и  $N_G(Z(G_r))$  содержит подгруппу, сопряжённую с  $D_2$ , скажем  $D_2^t$ , для подходящего элемента G из G . Тогда из равенства  $G = N_G(Z(G_p))D_2$  по лемме 3 [8] получим, что  $G = N_G(Z(G_p))D_2^t$ , откуда  $G = N_G(Z(G_p))N_G(Z(G_r))$ . Так как  $|G_r|$  делит  $|N_G(Z(G_p))|$ , то, без ограничения общности, можно считать, что  $G_r \subseteq N_G(Z(G_p))$ . Опять по лемме 4.7 [6] G характеристически непроста.

Таким образом,  $|D_1|$  делит  $|N_G(Z(G_r))|$ . Тогда по теореме III.5.8 [2] и лемме 3 [8]  $G = N_G(Z(G_2))D_1 = N_G(Z(G_2))D_1^z = N_G(Z(G_2))N_G(Z(G_r))$ . Так как г не делит  $|D_1|$  то  $G_r$  включается в  $N_G(Z(G_2))^x$ , для подходящего x. Так как по лемме 3 [8]  $G = N_G(Z(G_2))^x$   $N_G(Z(G_r))$ , то по лемме 4.7 [6] группа G характеристически непроста. Полученное противоречие доказывает теорему. Теорема 7 доказана.

Следствие 1. Если нормализатор центра любой силовской подгруппы конечной группы G имеет нильпотентное холлово добавление в G, то G не является неабелевой простой группой.

Следствие 2. ([8]) Если нормализатор любой силовской подгруппы конечной группы G имеет нильпотентное холлово добавление в G, то G не является неабелевой простой группой.

**Определение 2**. Конечная группа, у которой все силовские подгруппы циклические называется Z- группой.

**Теорема 8**. Если нормализатор всякой силовской подгруппы конечной группы G имеет холлово добавление являющееся Z-подгруппой в G, то группа G сверхразрешима.

Доказательство. Пусть теорема неверна и G- контрпример минимального порядка. Пусть  $N \triangleleft G$ . Проверим выполнимость условий теоремы для факторгруппы G/N. Пусть P — некоторая силовская p- подгруппа из G,  $p \in \pi(G)$ . По условию  $G = N_G(P)D$ , где D — холлово добавление к нормализатору  $N_G(P)$ , являющееся Z- группой. Поэтому  $G/N = (N_G(P)N/N)(DN/N)$ . Так как  $N_G(P)N/N = N_{G/N}(PN/N)$ , то  $N_G(P)N/N$ - нормализатор силовской q- подгруппы в G/N.

Покажем, что DN/N- холлова подгруппа в G/N. Для этого надо показать, что (| DN/N |, |G/N:

$$DN/N|)=I$$
. Ясно, что  $|DN/N|=|DN|/|N|=|D||N|/|D\cap N||N|=|D|/|D\cap N|$  и  $\left|\frac{G}{N}:\frac{DN}{N}\right|=\frac{\left|\frac{G}{N}\right|}{\left|\frac{DN}{N}\right|}=\frac{\frac{|G|}{|N|}}{\frac{|DN|}{|D|}}=\frac{|G|}{|DN|}=\frac{|G|}{|DN|}=\frac{|G|}{|DN|}=\frac{|G|}{|D|}$ . Так как по условию  $(|D|,|G:D|)=1$ , то  $\left(\frac{|D|}{|D\cap N|},\frac{|G:D|}{|N:D\cap N|}\right)=1$ .

Следовательно, (|DN/N|, |G/N:DN/N|) = 1, го есть DN/N - холлова подгруппа в G/N. Пусть Q - силовская подгруппа группы D. Тогда QN/N будет силовской подгруппой в DN/N. Поскольку  $QN/N \cong Q/Q \cap N$  и группа Q - циклическая, то факторгруппа  $Q/Q \cap N$  циклическая. Поэтому группа

QN/N — циклическая, откуда DN/N является Z-группой. Следовательно, факторгруппа G/N наследует условия теоремы.

Если 1 < |N| < |G|, то по индукции G/N сверхразрешима. Допустим, что в G есть две различные неединичные минимальные нормальные подгруппы  $N_1$  и  $N_2$ . Тогда  $G \cong G/1 = G/(N_1 \cap N_2)$  изоморфно вкладывается по лемме Ремака в $(G/N_1) \times (G/N_2)$ , откуда G сверхразрешима. Противоречие. Следовательно, в G только одна минимальная нормальная подгруппа, которую обозначим K. Если K разрешима, то G разрешима.

Покажем, что G сверхразрешима. Если группа K циклическая, то G сверхразрешима, что противоречиво. Значит, группа K нециклическая. Пусть порядок  $|K| = p^{\alpha}$ . для простого числа  $p \in \pi(G)$ . Если  $K \subseteq \Phi(G)$ , то G сверхразрешима. Значит,  $K \cap \Phi(G) = 1$ . Так как K единственная минимальная нормальная в G, то  $\Phi(G) = 1$ .

Покажем, что  $K = O_p(G)$ . Поскольку,  $\Phi(G) = 1$ , то существует максимальная подгруппа M в G такая, что G = KM. Пусть  $K \cap M = L \neq 1$ . Тогда  $L \triangleleft M, L \triangleleft K$  и  $L \triangleleft \triangleleft M, K >= G$ , что противоречит минимальности K. Значит,  $K \cap M = 1$ . Допустив, что  $K \subseteq O_p(G)$  получим отношения  $G = O_p(G)M$  и  $O_p(G) \cap M \neq 1$ , откуда, как и выше, следует противоречие. Поэтому,  $K = O_p(G)$ .

Покажем, что  $K = C_G(K)$ . Пусть  $K \subset C_G(K)$ . Тогда  $C_G(K) = C_G(K) \cap G = C_G(K) \cap KM = K(C_G(K) \cap M)$  откуда $C_G(K) = K \times R$ , где  $R = C_G(K) \cap M$ . Если  $R \neq 1$ , то R будет собственной нормальной подгруппой в G, что противоречит единственности G. Поэтому G1 и G2 и G3 и G4.

Пусть Q— силовская q -подгруппа в G, D — холлово добавление к  $N_G(Q)$  в G. Предположим, что p не делит порядок  $|N_G(Q)|$ . Тогда p делит порядок |D| и  $K \subseteq D_p$ , где  $D_p$  — силовская p-подгруппа в D. Так как D по условию является Z-группой, то группа  $D_p$  циклическая, откуда K-циклическая. Тогда из минимальности K следует, что порядок |K| = p. Поэтому из сверхразрешимости G/K следует сверхразрешимость G, что противоречиво. Значит, G0 и из нормальности G1. Тогда G2 получаем, что G3 сG4 что противоречиво. Значит, в G5 нет разрешимых нормальных подгрупп.

Пусть p — наименьший простой делитель порядка группы G и P — силовская p-подгруппа в G. Тогда по условию  $G = N_G(P)D$ , где D — холлово добавление к  $N_G(P)$ , являющееся Z- группой. Так как  $N_G(P) \subset G$ , то  $1 \subset D$ . По теореме IV.2.11 [2] D сверхразрешима. Поэтому в D есть нормальная силовская q- подгруппа для наибольшего простого числа q из  $\pi(D)$ . Тогда  $D \subseteq N_G(Q)$ , откуда  $G = N_G(P)N_G(Q)$ . Пусть p делит  $|G:N_G(Q)|$  и  $D_1$  — холлово добавление к  $N_G(Q)$  в G. Тогда P циклическая и по теореме IV.2.8 [2] группа G p-нильпотентна. Ясно, что p = 2 и по теореме Фейта-Томпсона нормальное p-дополнение в G разрешимо, откуда G разрешима. Пришли к противоречию. Значит, G0 и, без ограничения общности, можно считать, что G1 гогда по лемме 4.7 [6] G3 включается в ядро G4 подгруппы G6.

Пусть R — произвольная силовская r-подгруппа в G и простое число r делит |F|. По условию теоремы  $G = N_G(R)K$ , где K— холлова Z -подгруппа в G.

По лемме 5 [4]  $F = F \cap N_G(R)K = (F \cap N_G(R))(F \cap K) = F_1K_1$ , где  $F_1 \leq N_G(R)$ ,  $K_1$  – холлова Z -подгруппа в F. По теореме I.18.1 [2]  $N_G(R) = [R]S$ .

По лемме 5 [4]  $F_1 = F_1 \cap [R]S = [F_1 \cap R](F_1 \cap S) = [R_1](F_1 \cap S), R_1$  – силовская г-подгруппа в F. Тогда  $F = [R_1](F_1 \cap S)K_1 = N_F(R_1)K_1$ . Значит, подгруппа F наследует условия теоремы. Поскольку |F| < |G|, то по индукции F сверхразрешима, что противоречиво. Теорема 8 доказана.

**Следствие** ([9]). Если дополнение к нормализатору всякой неединичной силовской подгруппы конечной группы G существует и является холловой Z-подгруппой в G, то группа G сверхразрешима.

The theorems of Sylow type and criteria for non-simplicity, supersolvable finite group with certain Sylow, Hall subgroups and with subnormal Schmidt subgroups.

**The key words:** a finite group, Sylow subgroup, normalizer, adding, Hall subgroup, a pair of subgroups, permutable subgroups

## Список литературы

- 1. Сяньхуа Ли, Шихэн Ли.  $\theta$ -пары и структура конечных групп // Сиб.мат. журн. 2004. Т.45, №3. С.676-681.
  - 2. Huppert B. Endliche Gruppen 1. Berlin: Springer-Verl, 1967.797s.
  - 3. Gross F. Conjngacy of odd order Hall Subgroups // London Math Soc. 1987. V. 19, №4. P. 311-319.
- 4. Княгина В.Н., Монахов В.С. О  $\pi'$  свойствах конечной группы, обладающей  $\pi$  холловой подгруппой // Сиб. мат. журн. 2011. Т.52, №2. С.297-309.
  - 5. Монахов В.С. Введение в теорию конечных групп и их классов // Гомель: УО «ГГУ им.

Ф.Скорины», 2003. 322c.

- 6. Шеметков Л.А. Формации конечных групп. М.: «Наука», 1978. 272с.
- 7. Княгина В.Н., Монахов В.С. О конечных группах с некоторыми субнормальными подгруппами Шмидта // Сиб. мат. журн. 2004. Т.45, №6. С.1316-1322.
- 8. Б.Ли, В.Го, Цз.Хуан. Конечные группы, в которых нормализаторы силовских подгрупп имеют нильпотентные холловы добавления // Сиб. мат. журн. 2009. Т.50, №4. С.841-849.
- 9. Докторов И.П. О конечных группах с дополняемыми нормализаторами силовских подгрупп // Математические заметки. 1978. Т.24, №2, c149-159.
- 10.Путилов С.В. Конечные группы с заданными субнормальными подгруппами Шмидта// Алгебра и математическая логика. Тез. докл. Меж. конф.Казань.2011.С.154-155.
- 11. Путилов С.В. О существовании дополнений к примарным подгруппам в конечных группах // Алгебра и геометрия Тез. докл. Меж. конф. Екатеринбург. 2011. С. 140-141.
- 12.Путилов С.В., Головко Э.П. О конечных группах с добавляемыми нормализаторами// Алгебра и ленейная оптимизация Тез. докл. Меж. конф. Екатеринбург.2012. С.130-131.
- 13.Путилов С.В., Пушкарева Е.Н. О силовских свойствах в конечной группе // Теория групп и её приложения. Тез. докл. Меж. конф. Владикавказ. 2012.С.100-101.

## Об авторах

Путилов С.В. – кандидат физико-математических наук, доцент Брянского Государственного университета имени академика И.Г.Петровского, algebra.bgu@yandex.ru.

Головко Э.П. – магистр Брянского Государственного университета имени академика И.Г. Петровского, emiliay.bgu@yandex.ru.

Пушкарёва Е.Н. - магистр Брянского Государственного университета имени академика И.Г. Петровского.

## УДК 517.53

## О КОЭФФИЦИЕНТНЫХ МУЛЬТИПЛИКАТОРАХ В ОДНОМ ВЕСОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ В КРУГЕ ФУНКЦИЙ

## Е.Г. Родикова

В работе на основе установленных автором точных оценок максимума модуля и коэффициентов тейлоровского разложения функций из весовых классов  $S^{p}_{\alpha}$  получена характеризация коэффициентных мультипликаторов в этих классах. **Ключевые слова:** мультипликаторы, *F-пространство*, аналитические функции, характеристика P. Неванлинны.

Пусть  ${\bf C}$  — комплексная плоскость,  $D\!=\!\!\left\{z\!:\!\left|z\right|\!<\!1\right\}$  — единичный круг на комплексной плоскости,  $_{H(D)}$  — множество всех аналитических в D функций. Рассмотрим класс  $S^p_{\alpha}$ ,  $\alpha>-1$ , (см. [1]) аналитических в D функций, таких что

$$\int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \int_{-\pi}^{\pi} T^{p}(r,f) d\theta dr < +\infty$$
(1)

где  $0 , <math>T(r,f) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \ln^{+} |f(re^{i\theta})| d\theta$  - характеристика Р. Неванлинны функции

f,  $\ln^+ a = \max(\ln a, 0)$ ,  $a \in \mathbf{R}_+ = [0, +\infty)$ . При  $\alpha = 0, p = 1$  класс  $S_\alpha^p = S^1$  совпадает с классом Р. Неванлинны по площади.

Пусть X - некоторый класс аналитических в круге D функций.

Определение. Последовательность комплексных чисел  $\Lambda = \left\{ \lambda_k \right\}_1^\infty$  назовем мультипликато-

ром из класса  $S_{\alpha}^{\ p}$  в класс X, если для произвольной функции  $f \in S_{\alpha}^{p}, f(z) = \sum_{k=0}^{+\infty} a_k z^k$ , функция

$$\Lambda(f)(z) = \sum_{k=0}^{+\infty} \lambda_k a_k z^k \in X$$

Описанию мультипликаторов в различных классах голоморфных функций посвящены работы

отечественных и зарубежных ученых (см. [2] - [5]). Основным результатом этой статьи является до-казательство следующего утверждения:

**Теорема.** Пусть X совпадает c одним из следующих классов:  $S^{\,p}_{\beta}\left(-1<\beta<\alpha\right)$  или  $H^{\,p}\left(0< p\leq\infty\right)$ . Тогда для того чтобы последовательность  $\Lambda=\left\{\lambda_{k}\right\}_{1}^{\infty}$  являлась мультипликатором из класса  $S^{\,p}_{\alpha}$  в класс X, необходимо и достаточно, чтобы

$$\left|\lambda_{k}\right| = O\left(\exp\left(-c \cdot k^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2\,p+1}}\right)\right), c > 0, k \to +\infty.$$
 (2)

Доказательство теоремы основывается на нескольких вспомогательных утверждениях:

**Теорема А.** Если  $f \in S^p_\alpha$  , то

$$\ln^{+} M(r, f) = o\left(\frac{1}{(1-r)^{\frac{\alpha+1}{p}+1}}\right), r \to 1-0,$$
(3)

где M(r,f) - максимум модуля функции f , m.e.  $M(r,f) = \max_{|z| \le r} \left| f(z) \right|$  .

**Теорема Б.** Если  $f(z) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n z^n - p$ яд Тейлора функции  $f \in S^p_{\alpha}$ , то

$$\ln^{+} |a_{n}| = o\left(n^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2p+1}}\right), n \to +\infty.$$
(4)

Теоремы A и Б установлены автором в работе [6]. Там же доказывается точность оценок (3), (4). Для доказательства следующих лемм введем в классе  $S_{\alpha}^{\ p}$  метрику по правилу

$$\rho(f,g) = \int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln\left(1+\left|f\left(re^{i\theta}\right)-g\left(re^{i\theta}\right)\right|\right) d\theta \right)^{p} dr \operatorname{\pipu} 0$$

$$\rho(f,g) = \left(\int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \left(\int_{-\pi}^{\pi} \ln(1+\left|f(re^{i\theta})-g(re^{i\theta})\right|) d\theta\right)^{p} dr\right)^{\frac{1}{p}} \text{ при } p > 1, \tag{6}$$

для любых  $f,g \in S^p_\alpha$ .

**Лемма 1.** Относительно введенной метрики  $S_{\alpha}^{\ p}$  образует F-пространство.

**Доказательство** данного утверждения эквивалентно установлению следующих свойств метрики  $\rho(f,g)$  (см. [7]):

а) 
$$\rho(f,g) = \rho(f-g,0)$$
 – очевидно;

б) Если 
$$f, f_n \in S^p_\alpha$$
 и  $\rho(f_n, f) \to 0, n \to +\infty$ , то для любого  $\beta \in \mathbb{C}$ 

$$\rho(\beta f_n, \beta f) \to 0, n \to +\infty;$$

в) Если 
$$\beta_n, \beta \in \mathbb{C}$$
 и  $\beta_n \to \beta$ , то  $\forall f \in S^p_\alpha$ 

$$\rho(\beta_n f, \beta f) \to 0, n \to +\infty;$$

г)  $S_{\alpha}^{\ p}$  - полное метрическое пространство.

Доказательство пунктов б) – г) проведем для случая 0 . Случай <math>p > 1 рассматривает-

ся аналогично.

Докажем сначала полноту пространства  $S_{lpha}^{\ p}$  . Пусть  $\{f_n\}$  - произвольная фундаментальная последовательность из класса  $S_{lpha}^{\ p}$  , то есть

$$\forall \varepsilon > 0 \,\exists N(\varepsilon) > 0 \,\forall n, m > N \Longrightarrow \rho(f_n, f_m) < \varepsilon$$

Покажем, что она сходится к некоторой функции  $f \in S^{\,p}_{\alpha}$  .

Сначала докажем, что из фундаментальности последовательности  $\{f_n\}$  в  $S_{\alpha}^{\ p}$  следует ее равномерная сходимость внутри круга D. Пусть 0 < r < R < 1. Ввиду субгармоничности функции  $u(z) = \ln \left(1 + \left|f_n(z) - f_m(z)\right|\right)$  в D имеем:

$$\begin{split} & \ln^p \left( 1 + \left| f_n \left( R e^{i\theta} \right) - f_m \left( R e^{i\theta} \right) \right| \right) \leq \\ & \leq \frac{\alpha + 1}{\left( 2\pi \right)^p \left( 1 - R \right)^{\alpha + 1}} \int\limits_R^1 (1 - r)^\alpha \left( \int\limits_{-\pi}^\pi \ln \left( 1 + \left| f_n \left( r e^{i\theta} \right) - f_m \left( r e^{i\theta} \right) \right| \right) d\theta \right)^p dr \leq \\ & \leq \frac{\alpha + 1}{\left( 2\pi \right)^p \left( 1 - R \right)^{\alpha + 1}} \cdot \rho \left( f_n, f_m \right), \\ & \text{откуда} \\ & \left| f_n \left( R e^{i\theta} \right) - f_m \left( R e^{i\theta} \right) \right| \to 0, \quad n, m \to +\infty. \end{split}$$

Используя принцип максимума модуля, получаем, что последовательность  $\{f_n\}$  равномерно сходится внутри круга D к некоторой функции  $f \in H(D)$ . Докажем, что  $f \in S^p_\alpha$ . Фиксируем число 0 < R < 1. Имеем:

$$\int_{0}^{R} (1-r)^{\alpha} \int_{-\pi}^{\pi} T^{p}(r,f) d\theta dr \leq \int_{0}^{R} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln\left(1+\left|f\left(re^{i\theta}\right)\right|\right) d\theta \right)^{p} dr \leq \\
\leq \int_{0}^{R} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln\left(1+\left|f\left(re^{i\theta}\right)-f_{n}\left(re^{i\theta}\right)\right|\right) d\theta \right)^{p} dr + + \int_{0}^{R} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln\left(1+\left|f_{n}\left(re^{i\theta}\right)\right|\right) d\theta \right)^{p} dr.$$

Фиксируем номер  $N \in \mathbb{N}$ . Для любого n > N справедливо

$$\rho(f_{n},0) = \int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln(1+\left|f_{n}(re^{i\theta})\right|) d\theta \right)^{p} dr \leq$$

$$\leq \int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln(1+\left|f_{n}(re^{i\theta})-f_{N+1}\right|) d\theta \right)^{p} dr +$$

$$+ \int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln(1+\left|f_{N+1}\right|) d\theta \right)^{p} dr = \rho(f_{n},f_{N+1}) + \rho(f_{N+1},0) < \varepsilon + c_{N} = c_{1}.$$
Поэтому
$$\int_{0}^{R} (1-r)^{\alpha} \int_{-\pi}^{\pi} T^{p}(r,f) d\theta dr \leq \rho(f_{n},f) + \rho(f_{n},0) < \varepsilon + c_{1} = c_{2}.$$

В силу произвольности выбора числа R получаем, что  $f \in S^p_{\alpha}$  . Значит,  $S^p_{\alpha}$  - полное пространство.

Докажем теперь справедливость свойства б).

Пусть  $f,f_n\in S^p_\alpha$  и  $\rho(f_n,f)\! o\!0,n\! o\!+\!\infty,\ eta\in {\mathbb C}$  . При  $\left|eta
ight|\!\le\!1$  свойство сразу следу-

ет. Предположим, что  $|\beta| > 1$ . Можно считать, что  $\beta > 1$ . Так как последовательность  $\{f_n\}$  сходится, то она фундаментальная. Но из фундаментальности, как установлено выше, следует равномерная сходимость указанной последовательности внутри D.

Поскольку для любого  $\beta \ge 1$  и  $x \ge 0$  справедлива оценка  $\left(1 + \beta x\right) \le \left(1 + x\right)^{\beta}$ , то

$$\rho(\beta f_{n}, \beta f) = \int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln(1+\beta \left| f_{n}(re^{i\theta}) - f(re^{i\theta}) \right|) d\theta \right)^{p} dr \le$$

$$\leq \int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln(1+\left| f_{n}(re^{i\theta}) - f(re^{i\theta}) \right|) \beta d\theta \right)^{p} dr \le$$

$$\leq \beta \int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln(1+\left| f_{n}(re^{i\theta}) - f(re^{i\theta}) \right|) \beta d\theta \right)^{p} dr = \beta \cdot \rho(f_{n}, f),$$

откуда следует свойство б).

Докажем, что выполняется свойство в). Пусть  $\,eta_n,eta\in {\mathbb C}\,$  и  $\,eta_n o\!eta$  .

$$\rho(\beta_{n}f,\beta f) = \int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln\left(1+\left|\beta_{n}f\left(re^{i\theta}\right)-\beta f\left(re^{i\theta}\right)\right|\right) d\theta \right)^{p} dr =$$

$$= \int_{0}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln\left(1+\left|f\left(re^{i\theta}\right)\right|\right) |\beta_{n}-\beta| d\theta \right)^{p} dr = \int_{0}^{r_{0}} ... + \int_{r_{0}}^{1} ... = J_{1} + J_{2}.$$

Выберем  $0 < r_0 < 1$  так, чтобы  $J_2 < \frac{\varepsilon}{2}$  , где  $\varepsilon > 0$  - произвольное достаточно маленькое число.

$$\begin{split} J_{1} &= \int_{0}^{r_{0}} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln\left(1+\left|f\left(re^{i\theta}\right)\right| \left|\beta_{n}-\beta\right|\right) d\theta \right)^{p} dr \leq \\ &\leq \left(2\pi\right)^{p} \ln^{p} \left(1+\left|\beta_{n}-\beta\right| \exp c\left(1-r_{0}\right)^{-\left(\frac{\alpha+1}{p}+1\right)}\right) \cdot \frac{1-\left(1-r_{0}\right)^{\alpha+1}}{\alpha+1} \leq \\ &\leq \frac{\left(2\pi\right)^{p}}{\alpha+1} \ln^{p} \left(1+\left|\beta_{n}-\beta\right|\right) < \frac{\varepsilon}{2}, \end{split}$$

при  $n > N(\varepsilon)$  . Таким образом, свойство в) установлено.

Итак, из а) – г) следует, что  $S_{\alpha}^{\ p}$  образует F -пространство. Лемма 1 доказана.

**Лемма 2.** Пусть последовательность комплексных чисел  $\left\{\lambda_k^{}\right\}_1^{\infty}$  удовлетворяет следующему условию:

$$\left|\lambda_{k}\right| = O\left(\exp\left(-c_{k} \cdot k^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2p+1}}\right)\right), k \to +\infty,\tag{7}$$

для любой положительной последовательности  $\{c_k\}_1^{+\infty}, c_k \downarrow 0, k \to +\infty$ . Тогда найдется положительное число c>0, такое что для всех номеров  $k \in \mathbb{N}$  будет выполняться условие (2).

Доказательство леммы 2 повторяет рассуждения, проведенные в работе [4], но с показателем степени  $\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2\,p+1}$  .

Лемма 3. Пусть

$$g(z) = \exp \frac{c}{(1-z)^{\frac{\alpha+1}{p}+1}},$$
(8)

 $\sum_{n=0}^{+\infty} a_n(c) z^n$  - ряд Тейлора функции g . Тогда справедлива оценка:

$$\left| a_n \right| \ge \exp(cn)^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2p+1}}. \tag{9}$$

Лемма 3 устанавливается на основе рассуждений, проведенных при доказательстве соответствующей леммы из [5].

Как показано выше, из сходимости  $ho(f_n,f) o 0, n o +\infty$  следует равномерная сходимость последовательности функций  $f_n(re^{i\theta})$  к функции  $f(re^{i\theta})$  в D . Следовательно, если

$$f_n(z) = \sum_{k=0}^{+\infty} a_k^n z^k$$
 if  $f(z) = \sum_{k=0}^{+\infty} a_k z^k$ ,

To 
$$a_k^n \to a_k, n \to +\infty$$
.

Пусть X – F -пространство, состоящее из комплексных последовательностей  $\left\{b_k^n\right\}_0^\infty$ , таких что сходимость последовательности  $\beta_n = \left\{b_k^n\right\} \to \beta = \left\{b_k^n\right\}$  предполагает покоординатную сходимость  $b_k^n \to b_k$ ,  $n \to +\infty$ , k = 0,1,2,...

Рассмотрим коэффициентный мультипликатор  $\Lambda \!=\! \left\{ \lambda_{\!k} \right\}_1^\infty$  из класса  $S_{\,\alpha}^{\,\,p}$  в класс

$$X = \left\{ H^p \left( 0$$

 $\Lambda$  – замкнутый оператор, следовательно, по теореме о замкнутом графике (см. [7])  $\Lambda$  – непрерывный оператор, и отображает ограниченные в классе  $S_{\alpha}^{\ p}$  множества в ограниченные в классе X множества.

## Доказательство теоремы

проведем для случая 0 , случай <math>p > 1 рассматривается аналогично.

*Необходимость*. Согласно лемме 1, нам достаточно показать, что последовательность  $\Lambda$  удовлетворяет условию (7) для некоторой положительной бесконечно малой последовательности  $\{c_k\}$ .

Последовательность  $\{c_k\}$  выберем таким образом, чтобы выполнялись следующие оценки:

$$c_{k} = O\left(\frac{1}{k^{\frac{(\alpha-\beta)p}{(\alpha+2p+1)(\beta+2p+1)}}}\right), k \to +\infty, \text{ если } X = S_{\beta}^{p}\left(-1 < \beta < \alpha\right), (11)$$

$$\frac{1}{\frac{1}{\alpha+p+1}} \le c_{k} \le \frac{1}{2}, \text{ если } X = H^{p}\left(0$$

Пусть последовательность  $\{r_k\}$  удовлетворяет следующим условиям:

$$1 - \frac{1}{k} \le r_k < 1 - \exp\left(-\frac{\gamma_k}{c_k}\right), \ r_k \uparrow 1, k \to +\infty, \tag{13}$$

где  $\gamma_k \downarrow 0, k \rightarrow +\infty$ , такая что  $c_k = o(\gamma_k)$ .

Рассмотрим в классе  $S_{\alpha}^{\ p}$  последовательность функций

$$f_k(z) = g(r_k z) = \exp \frac{c_k}{(1 - r_k z)^{\frac{\alpha + 1}{p} + 1}}, \ k = 1, 2, ...,$$
 (14)

удовлетворяющих условиям леммы 3.

Поскольку из (13) следует, что

$$c_k \ln \frac{1}{1 - r_k} < \gamma_k, k = 1, 2, ...,$$

то функции последовательности  $\left\{f_k\right\}$  принадлежат классу  $S_{lpha}^{\ p}$  при всех натуральных k .

Покажем, что  $\{f_k\}$  - ограниченная последовательность в классе  $S_{\alpha}^{\ p}$ , то есть докажем, что существует такое действительное  $0\!<\!\lambda\!<\!1$ , что при всех натуральных k выполняется неравенство  $\rho(\lambda f_k,0)\!<\!\eta$ , где  $\eta$  - фиксированное положительное число (см. [7], с. 31).

Рассмотрим случай 0 .

$$\rho(\lambda f_k, 0) = \int_0^1 (1 - r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln(1 + \left| \lambda f_k(re^{i\theta}) \right|) d\theta \right)^p dr = \int_0^{r_k} \dots + \int_{r_k}^1 \dots = I_1 + I_2,$$
 (15)

где  $0 < r_{\lambda} < 1$  выберем таким образом, чтобы

$$\frac{\left(2\pi\right)^{p}}{\alpha+1}\left(\ln^{p}\left(1+\lambda\right)+\varepsilon_{\lambda}\ln^{p}2\right)+\gamma_{k}\leq\eta,$$

$$\text{rde }\varepsilon_{\lambda}=\left(1-r_{\lambda}\right)^{\alpha+1}.$$
(16)

Оценим отдельно каждый из интегралов  $I_1$  и  $I_2$ .

$$I_1 \leq \left(2\pi\right)^p \ln^p \left(1 + \lambda \exp c_k \left(1 - r_k r_\lambda\right)^{-\left(\frac{\alpha+1}{p}+1\right)}\right) \cdot \frac{1 - \left(1 - r_\lambda\right)^{\alpha+1}}{\alpha+1},$$

откуда

$$I_1 \le \left(2\pi\right)^p \ln^p \left(1 + \lambda\right) \cdot \frac{1 - \varepsilon_\lambda}{\alpha + 1},\tag{17}$$

где  $\varepsilon_{\lambda} = (1 - r_{\lambda})^{\alpha + 1}$ .

Оценим интеграл  $I_2$ :

$$\begin{split} I_{2} &= \int_{r_{\lambda}}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln\left(1+\lambda \left| f_{k}\left(re^{i\theta}\right) \right| \right) d\theta \right)^{p} dr \leq \\ &\leq \int_{r_{\lambda}}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln\left(1+\lambda \right) d\theta \right)^{p} dr + \int_{r_{\lambda}}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln\left(1+\left| f_{k}\left(re^{i\theta}\right) \right| \right) d\theta \right)^{p} dr \leq \\ &\leq \frac{\left(2\pi\right)^{p} \ln^{p}\left(1+\lambda\right)}{\alpha+1} \left(1-r_{\lambda}\right)^{\alpha+1} + \int_{r_{\lambda}}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left(\ln^{+}\left| f_{k}\left(re^{i\theta}\right) \right| + \ln 2 \right) d\theta \right)^{p} dr. \end{split}$$

Но

$$\int_{r_{\lambda}}^{1} (1-r)^{\alpha} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left( \ln^{+} \left| f_{k} \left( r e^{i\theta} \right) \right| + \ln 2 \right) d\theta \right)^{p} dr \leq \frac{\left( 2\pi \right)^{p} \ln^{p} 2}{\alpha + 1} \left( 1 - r_{\lambda} \right)^{\alpha + 1} + \gamma_{k},$$

поэтому окончательно получаем:

$$I_{2} \leq \frac{\left(2\pi\right)^{p} \left(\ln^{p} 2 + \ln^{p} \left(1 + \lambda\right)\right)}{\alpha + 1} \varepsilon_{\lambda} + \gamma_{k},\tag{18}$$

где 
$$\varepsilon_{\lambda} = (1 - r_{\lambda})^{\alpha+1}$$

Складывая неравенства (17) и (18), приходим к оценке (16). Значит,  $\rho(\lambda f_k,0) < \eta$  при 0

Итак, мы показали, что при всех натуральных k последовательность функций  $\{f_k\}$  ограничена в  $S^{\;p}_{\alpha}$  , значит и мультипликатор  $\Lambda(f_k)$  ограничен в классе X .

Пусть сначала  $X = H^p (0 . Имеем:$ 

$$\left\|\Lambda\left(f_{k}\right)\right\|_{H^{p}} \leq C, C = const. \tag{19}$$

Еспи

$$f_k(z) = \exp \frac{c_k}{(1 - r_k z)^{\frac{\alpha+1}{p}+1}} = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n^{(k)} z^n \in S_\alpha^p,$$

то 
$$\Lambda(f_k)(z) = \sum_{n=0}^{+\infty} \lambda_n a_n^{(k)} z^n \in X$$
, а значит, (см. [2])

$$\left|\lambda_n a_n^{(k)}\right| \le C \cdot c_p \cdot n^{\frac{1}{p}-1}, \text{ если } 0$$

$$\left|\lambda_n a_n^{(k)}\right| \le C \cdot c_p, \text{ если } 1 \le p \le \infty, \tag{21}$$

где  $\mathcal{C}_p$  - некоторая константа, зависящая от параметра  $\,p\,$  .

Так как  $f_k(z) = g(r_k z)$ , то  $a_n^{(k)} = a_n(c_k) r_k^n$ . Согласно лемме 3,

$$\left|a_n^{(k)}r_k^n\right| \ge r_k^n \exp(c_k n)^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2p+1}}.$$

Учитывая неравенство (13), получим

$$\left| a_k^{(k)} r_k^{\ k} \right| \ge \left( 1 - \frac{1}{k} \right)^k \exp\left( c_k k \right)^{\frac{\alpha + p + 1}{\alpha + 2p + 1}}. \tag{22}$$

Из (20), (22) заключаем

$$\left|\lambda_{k}\right| \leq C \cdot c_{p}' \cdot k^{\frac{1}{p}-1} \cdot \exp\left(-\left(c_{k}k\right)^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2p+1}}\right),$$

то есть

$$\left|\lambda_{k}\right| = O\left(\exp\left(-\tilde{c}_{k}k^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2\,p+1}}\right)\right), k \to +\infty, \tag{23}$$
 где  $\tilde{c}_{k} = c_{k}^{\frac{\alpha+2\,p+1}{\alpha+p+1}}$ .

Аналогично из (21), (22) получим (23).

Рассмотрим теперь в качестве пространства X пространство  $S_{\beta}^{\ p}$  , где  $-1 < \beta < lpha$  .

Если 
$$f_k(z) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n^{(k)} z^n \in S^p_{\alpha}$$
 , то  $\Lambda(f_k)(z) = \sum_{n=0}^{+\infty} \lambda_n a_n^{(k)} z^n \in X$  , а значит, по теореме Б

$$\left|\lambda_n a_n^{(k)}\right| = o\left(\exp n^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2\,p+1}}\right), n \to +\infty$$
, (24)

то есть

$$\left|\lambda_n a_n^{(k)}\right| \le \varepsilon_k \exp n^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2\,p+1}}, \, n \to +\infty \,, \tag{25}$$

где  $\varepsilon_k = o(1), k \to +\infty$ .

Так как  $f_k(z) = g(r_k z)$ , то  $a_n^{(k)} = a_n(c_k) r_k^n$ . Из оценок (22), (25), получаем:

$$\left|\lambda_{k}\right| \leq \exp\left(-\left(c_{k}k\right)^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2p+1}}\right) \times \exp\left(\varepsilon_{k}k^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2p+1}}\right),$$

$$\left|\lambda_{k}\right| \leq \exp\left(-\tilde{c}_{k}k^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2\,p+1}}\right) \times \left(1 - \frac{\varepsilon_{k}}{\tilde{c}_{k}k^{\frac{(\alpha-\beta)p}{(\alpha+2\,p+1)(\beta+2\,p+1)}}}\right). \tag{26}$$

Но с учетом условия (11) имеем:

$$\frac{\mathcal{E}_k}{\tilde{c}_k k^{\frac{(\alpha-\beta)p}{(\alpha+2p+1)(\beta+2p+1)}}} \to 0, k \to +\infty.$$

Поэтому из (26) получаем:

$$\left|\lambda_{k}\right| = O\left(\exp\left(-\tilde{c}_{k}k^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2\,p+1}}\right)\right), k \to +\infty.$$

*Достаточность*. Пусть последовательность  $\Lambda = \left\{ \lambda_k \right\}_1^{\infty}$  удовлетворяет условию (2) теоремы

и 
$$f \in S^p_{lpha}$$
 ,  $f(z) = \sum_{k=0}^{+\infty} a_k z^k$  . Из теоремы Б следует

$$|a_k| \le C_1 \exp\left(\varepsilon_k \cdot k^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2p+1}}\right), \varepsilon_k \downarrow 0,$$

где  $C_1\!>\!0$ . Подбирая номер  $k_0$  так, чтобы  $arepsilon_k\!<\!\frac{c}{2}$  при всех  $k\!\geq\!k_0$ , получим:

$$\left|\lambda_k a_k\right| \le C_2 \exp\left(-\frac{c}{2} \cdot k^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2p+1}}\right), k \ge k_0, C_2 > 0.$$

Так как 
$$\sum_{k=0}^{+\infty} \exp\left(-\frac{c}{2} \cdot k^{\frac{\alpha+p+1}{\alpha+2p+1}}\right) < +\infty$$
, то  $\Lambda(f)(z) \in X$  при любом указанном выборе

класса X. Теорема доказана.

Работа выполнена под научным руководством д.ф.-м.н., профессора Ф.А. Шамояна.

In this paper, based on previously established by the author exact estimates of the maximum modulus and the Taylor coefficients of the functions from the weight classes  $S_{\alpha}^{p}$ , we characterize coefficient multipliers in those classes.

The key words: multipliers, F-space, analytic functions, the Nevanlinna characteristic.

## Список литературы

- 1. Шамоян Ф.А. Параметрическое представление и описание корневых множеств весовых классов голоморфных в круге функций // Сиб. матем. журн., 40 (6), 1999. С. 1422–1440.
- 2. Евграфов М.А. Поведение степенного ряда для функций класса  $H_{\delta}$  на границе круга сходимости // Изв. АН СССР. Сер. матем., 16 (5), 1952. С. 481–492.
  - 3. Duren P.L. Theory of  $H^P$  spaces, Pure and Appl. Math., V. 38, Academic Press, NY, 1970.
  - 4. Yanagihara N. Multipliers and linear functionals for the class  $N^+$ , Transactions of the AMS, v. 180, 1973.
- 5. Шамоян Ф.А., Шубабко Е.Н. Об одном классе голоморфных в круге функций // Исследования по линейным операторам и теории функций. 29, Зап. научн. сем. ПОМИ, 282, ПОМИ, СПб., 2001.С. 244–255.
- 6. Родикова Е.Г. Об оценках коэффициентов разложения некоторых классов аналитических в круге функций // Материалы VI Петрозаводской международной конференции «Комплексный анализ и приложения», Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. С. 64-69.
  - 7. Рудин У. Функциональный анализ. М.: Мир, 1975. 443 с.

## Об авторе

Родикова Е.Г. - аспирантка 2 года обучения кафедры математического анализа БГУ, evheny@yandex.ru.

### УДК 004.942

## «ВОЛНОВОЕ» РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ФОКУСИРОВАНИЯ В «АНОМАЛЬНЫХ» РЕЖИМАХ

### Л.В. Сахарова

Статья посвящена асимптотическому анализу математической модели многокомпонентных электрохимически активных смесей на примере изоэлектического фокусирования (ИЭФ) в «аномальных» режимах. Методом перевала построено асимптотическое решение данной задачи, имеющее форму экспоненциальной функции с так называемым «волновым» рядом в показателе и являющееся обобщением гауссовской функции.

Ключевые слова: интегро-дифференциальная задача; гауссовская функция; «волновой» ряд

#### Введение

Изоэлектрическое фокусирование (ИЭФ) — один из наиболее употребительных методов фракционирования и анализа биохимических смесей. При одномерном ИЭФ в естественных градиентах pH в электролитическую камеру (ЭК), цилиндр длиной l и радиусом r, помещается раствор амфолитов (амфотерных аминокислот). Для каждого амфолита известны его коэффициенты миграции  $\mathcal{H}_k$ , константы диссоциации  $K_1^{(k)}$ ,  $K_2^{(k)}$ , а также общие количества  $m_k$ ,  $k=1,2,\ldots,N$ . Под действием электрического тока плотности J в ЭК формируется неоднородная по pH среда. Разделяемые компоненты при некоторых значениях pH имеют нулевую скорость миграции и фокусируются в соответствующих областях ЭК. Картина при этом неизменна в любом осевом сечении ЭК. Таким образом, все рассматриваемые величины являются функциями одной переменной  $\mathcal{X}$ , ось которой параллельна оси цилиндра. Сответствующие точки  $\mathcal{X}=\mathcal{X}_k$  называются изоэлектрическими точками.

Для математического описания системы ИЭФ используются следующие функции [1, с.8], [2, с.25], [3, с.31]: концентрация ионов водорода H(x); концентрация гидроксил-ионов OH, связанная с H стандартным уравнением  $OH=k_w^2/H$ , где  $k_w^2=10^{-14}$  константа автодиссоциации воды; аналитические концентрации амфолитов  $\xi_k(x)$ ,  $k=1,2,\ldots,N$ . Указанные функции являются решениями одномерной

задачи, громоздкой и достаточно сложной для исследования как аналитическими, так и численными методами. Поэтому автором задача ИЭФ приведена к более удобному для исследования виду [4, с.139]. Установлено, что указанные функции могут быть найдены из формул:

$$\xi_k(x) = c_k(x)\varphi_k(\psi), \tag{1}$$

$$H = k_{w} \exp(\psi). \tag{2}$$

где  $\,{\cal C}_k\,,\,\,\psi\,\,$  ,  $\,{\cal Q}_k(\psi)\,$  – вспомогательные функции,

$$\varphi_k(\psi) = \delta_k + ch(\psi - \psi_k), \tag{3}$$

являющиеся решением интегро-дифференциальной задачи, включающей N дифференциальных, одно алгебраическое и N интегральных уравнений:

$$\varepsilon \frac{dc_k}{dx} \frac{1}{c_k} = \frac{\varphi_k'(\psi)}{\varphi_k(\psi)} \frac{J}{\sigma},\tag{4}$$

$$\sigma = \sum_{k=1}^{n} \mu_{k} c_{k} \left( \varphi_{k}^{"}(\psi) - \frac{(\varphi_{k}^{'}(\psi))^{2}}{\varphi_{k}(\psi)} \right) + 2k_{w} \mu \, ch(\psi - \psi_{0}), \tag{5}$$

$$\sum_{k=1}^{n} c_k \, \varphi_k'(\psi) + 2k_{w} sh\psi = 0, \tag{6}$$

$$\int_{0}^{l} c_{k}(x) \varphi_{k}(\psi) dx = M_{k}, \qquad M_{k} = \frac{m_{k}}{2\pi r^{2}}; \tag{7}$$

здесь  $\varepsilon = RT/F$  — стандартный электрохимический параметр (величины R , T и F — соответственно универсальная газовая постоянная, температура и число Фарадея);  $\psi_k$ ,  $\delta_k$ ,  $\psi_0$ ,  $\mu$  — константы, связанные с константами диссоциации амфолитов  $K_1^{(k)}$ ,  $K_2^{(k)}$ , а также подвижностями ионов водорода и гидроксил ионов  $\mu_H$ ,  $\mu_{OH}$  посредством формул:

$$\psi_k = \frac{1}{2} ln \left( K_1^{(k)} K_2^{(k)} / k_w^2 \right), \quad \delta_k = \frac{1}{2} \sqrt{K_1^{(k)} / K_2^{(k)}}, \quad \psi_0 = \frac{1}{2} ln \left( \mu_{OH} / \mu_H \right), \quad \mu = \sqrt{\mu_H \mu_{OH}}.$$

Основоположниками математической теории ИЭФ [7, р.26] была построена базовая модель, согласно которой распределение концентрации амфолитов определяется стандартной функцией плотности гауссовского распределения. Гауссовские кривые для концентраций амфолитов получены при компьютерном моделировании ИЭФ многими авторами [6, р.1806], [9, р.972]. Однако, ими же в ряде случаев было получено искажение гауссовского распределения, получившее название "аномальных" режимов ИЭФ [6, р.1806], [9, р.978], [10, р.3740]. В "аномальных" режимах, наблюдаемых, как правило, при высоких плотностях тока, профили концентраций амфолитов утрачивают гауссовский вид, и на вершинах профилей появляются "плато", расширяющиеся при увеличении плотности тока. Автором настоящей статьи также были зафиксированы "аномальные" режимы при численном решении соответствующей интегро- дифференциальной задачи [3, с.34], [8, р.5], (Рис.1).

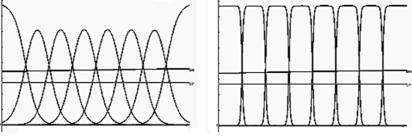


Рис. 1. Трансформации классических гауссовских кривых в "платообразные" в "аномальных" режимах ИЭФ

Математический аспект наблюдаемого феномена остался за рамками работ [6], [9], [10], являющихся прикладными электрохимическими исследованиями. Какая формула выражает аналитически "аномальные" режимы? Данный вопрос, на который и отвечает настоящая статья, представляет серьезный научный интерес, поскольку гауссовский закон распределения относится к наиболее употребимым не только в теории электрофореза, но и в математической физике в целом. Методом перевала в настоящей работе построена так называемая "волновая" асимптотика решения,

являющаяся обобщением гауссовской функции для задачи ИЭФ при высоких плотностях тока.

## Преобразование интегро-дифференциальной задачи

Для преобразования задачи ИЭФ была введена в рассмотрение новая функция:

$$a_k = c_k \varphi_k(\psi), \tag{8}$$

формально совпадающая с функцией концентрации  $\xi_k$ . Этим символом будем обозначать асимптотическое решение задачи, обладающее условием непрерывности на отрезке,  $a_k \in C[\psi_1, \psi_N]$ , k=1,2,...,N, и бесконечной дифференцируемости в окрестности изоэлектрической точки.

**Утверждение 1.** Система (4) – (7) путем введения новой функции

$$\theta_k = \varphi_k'/\varphi_k = sh(\psi - \psi_k)(\delta_k + ch(\psi - \psi_k))^{-1}$$
(9)

может быть приведена к виду:

$$\frac{da_k}{dx}\frac{1}{a_k} = \frac{\lambda J}{\sigma}\theta_k + \frac{d\psi}{dx}\theta_k,\tag{10}$$

$$\sigma = \sum_{k=1}^{n} \mu_k a_k \frac{d\theta_k}{d\psi} + 2k_w \mu ch(\psi - \psi_0), \tag{11}$$

$$\sum_{k=1}^{n} a_k \theta_k + 2k_w sh\psi = 0.$$
 (12)

$$\frac{d\psi}{dx} = -\frac{\lambda J}{\sigma} \left( \sum_{k=1}^{n} a_k \theta_k^2 \right) \left( \sum_{k=1}^{n} a_k (\theta_k^2 + \frac{d\theta_k}{d\psi}) + 2k_w ch \psi \right)^{-1}, \tag{13}$$

где  $\lambda = 1/\varepsilon = F/RT$ .

Доказательство реализуется с помощью алгебраических и диференциальных преобразований системы дифференциальных уравнений (4) – (7).

## Представление решения в виде экспоненты

**Утверждение 1.** Функция  $\mathcal{A}_k$ , являющаяся решением дифференциального уравнения (10), может быть представлена в интегральной форме:

$$a_k(x) = a_k(0) \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi(0))} \exp(\lambda J \int_0^x \frac{\theta_k}{\sigma} dx). \tag{14}$$

Доказательство осуществляется непосредственным интегрированием уравнения (10). Поскольку  $\lambda = F/RT \approx 38.9105$ , то при больших значениях плотности тока решение (14) может рассматриваться как экспонента с большим параметром  $\lambda J$  в показателе. При подстановке формулы (14) в интегральное условие (7), с учетом формулы (8), получим уравнение:

$$\frac{a_k(0)}{\varphi_k(\psi(0))} \int_0^l \varphi_k(x) \exp(\lambda J \int_0^x \frac{\theta_k}{\sigma} dx) dx = m_k. \tag{15}$$

**Утверждение** 3. Функция  $a_k \in C^{\infty}[0,l]$ , являющаяся асимптотическим решением дифференциального уравнения (10), в окрестности изоэлектрической точки  $\psi = \psi_k$  может быть представима в форме:

$$a_k(x) = a_k(x_k) \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp[\lambda J S_k(x)], \tag{16}$$

$$S_k(x) = \int_0^x \frac{\theta_k}{\sigma} dx - \int_0^{x_k} \frac{\theta_k}{\sigma} dx \tag{17}$$

Доказательство. Метод перевала [5] применим к интегралу в левой части уравнения (15) в случае переобозначений:

$$s_k(x) = \int_0^x \frac{\theta_k}{\sigma} dx. \tag{18}$$

Как следует из (3), (11), (18), если  $a_k(\psi) \in C^{\infty}[0,l]$  , то f(x) ,  $s_k(x) \in C^{\infty}[0,l]$  , то есть

функции удовлетворяют условиям гладкости, допускающим применение к ним метода перевала. Найдем критическую точку функции (18), используя соотношения (3) и (9):  $s_k'(x) = 0$ ,  $\frac{\theta_k}{\theta_k} = 0$ , следовательно,  $sh(\psi-\psi_k)=0$ ,  $\psi-\psi_k=0$ , а значит, экстремум достигается в изоэлектрической точке  $x=x_k$ . Кроме того,

$$s_k''(x) = \frac{\theta_k'}{\sigma} \psi_x' - \theta_k \frac{\sigma'}{\sigma^2}, \qquad s_k''(x_k) = \frac{\theta_k'(\psi_k)}{\sigma(x_k)} \psi_x'(x_k). \tag{19}$$

Ясно, что  $s_k''(x_k) \neq 0$ ,  $s_k''(x_k) < 0$ , а это означает, что  $x = x_k$  является точкой максимума. уравнению (15) дает формулу:

Применение метода перевала к уравнению (15) дает формулу 
$$a_k(x) = m_k \varphi_k(x) (\varphi_k(x_k) \sqrt{-\frac{2\pi}{s_{k''}(x_k)\lambda J}} + O((\lambda J)^{-1}))^{-1} \exp[\lambda J(\int_0^x \frac{\theta_k}{\sigma} dx - \int_0^{x_k} \frac{\theta_k}{\sigma} dx),$$
 (20)

откуда и вытекает формула (16). Утверждение доказано.

## Получение асимптотики $\psi_x^{(n)}(x_k)$

Рассмотрим формулу (13) в окрестности изоэлектрической точки. Оценим вклад отдельных сомножителей уравнения. Примем два допущения, вытекающих из поведения профилей в "аномальных" режимах (Рис. 1).

**Допущение 1.** Вклад слагаемых с сомножителями  $a_i$ ,  $i \neq k$ , в суммы уравнений (10) — (13) пренебрежимо мал по сравнению со вкладом слагаемых, содержащих сомножители  $a_{k-1}$ , то есть

$$\sum_{k=1}^{n} a_k \theta_k^2 \approx a_{k-1} \theta_{k-1}^2 + a_{k+1} \theta_{k+1}^2.$$
 (21)

 $\sum_{k=1}^{n} a_k (\theta_k^2 + \frac{d\theta_k}{d\psi}) + 2k_w \approx a_k(x_k) \theta_k'(\psi_k) = \frac{a_k(x_k)}{1 + \delta};$ 

Очевидно, что поскольку  $x_{k-1} < x_k < x_{k+1}$ , то

$$a_{k-1}(x_k) = a_{k-1}(x_{k-1}) \frac{\varphi_{k-1}(\psi_k)}{\varphi_{k-1}(\psi_{k-1})} \exp[\lambda J S_{k-1}(x_k)], \tag{22}$$

$$S_{k-1}(x_k) = \int_0^{x_k} \frac{\theta_{k-1}}{\sigma} dx - \int_0^{x_{k-1}} \frac{\theta_{k-1}}{\sigma} dx = \int_{x_{k-1}}^{x_k} \frac{\theta_{k-1}}{\sigma} dx;$$
 (23)

$$a_{k+1}(x_k) = a_{k+1}(x_{k+1}) \frac{\varphi_{k+1}(\psi_k)}{\varphi_{k+1}(\psi_{k+1})} \exp[\lambda J S_{k+1}(x_k)], \tag{24}$$

$$S_{k+1}(x_k) = \int_0^{x_k} \frac{\theta_{k+1}}{\sigma} dx - \int_0^{x_{k+1}} \frac{\theta_{k+1}}{\sigma} dx = -\int_{x_k}^{x_{k+1}} \frac{\theta_{k+1}}{\sigma} dx.$$
 (25)

Преобразуем интеграл (23). Выполним замены:  $\frac{x-x_{k-1}}{x_k-x_{k-1}}=t\;,\;\frac{\psi-\psi_{k-1}}{\psi_k-\psi_{k-1}}=u\;:$   $S_{k-1}(x_k)=-(x_k-x_{k-1})\int_0^1\frac{sh((\psi_{k-1}-\psi_k)u)}{\delta_{k-1}+ch((\psi_{k-1}-\psi_k)u)}\cdot\frac{dt}{\sigma((x_k-x_{k-1})t+x_{k-1})}.$ 

$$S_{k-1}(x_k) = -(x_k - x_{k-1}) \int_0^1 \frac{sh((\psi_{k-1} - \psi_k)u)}{\delta_{k-1} + ch((\psi_{k-1} - \psi_k)u)} \cdot \frac{dt}{\sigma((x_k - x_{k-1})t + x_{k-1})}.$$
 (26)

Аналогично преобразуем интеграл (25)

$$S_{k+1}(x_k) = -(x_{k+1} - x_k) \int_0^1 \frac{sh((\psi_k - \psi_{k+1})v)}{\delta_{k+1} + ch((\psi_k - \psi_{k+1})v)} \cdot \frac{dy}{\sigma(x_{k+1} - (x_{k+1} + x_k)y)}.$$
 (27)

В соответствии с (23), (25) введем обозначени

$$S_{k-1}(x_k) = -\beta_{k-1}, \quad S_{k+1}(x_k) = -\beta_{k+1}.$$
 (28)

Как следует из (26), (27),  $\beta_{k-1} > 0$ ,  $\beta_{k+1} > 0$ . Тогда, с учетом (22), (24), (28), соотношение (21) может быть переписано в виде:

Физика, математика

$$a_{k-1}(x_k)\theta_{k-1}^2(\psi_k) + a_{k+1}(x_k)\theta_{k+1}^2(\psi_k) =$$

$$= a_{k-1}(x_{k-1})\theta_{k-1}^2(\psi_k)\alpha_{k-1}\exp(-\lambda J\beta_{k-1}) + a_{k+1}(x_{k+1})\theta_{k+1}^2(\psi_k)\alpha_{k+1}\exp(-\lambda J\beta_{k+1}), \tag{29}$$

$$\alpha_{k-1} = \frac{\varphi_{k-1}(\psi_k)}{\varphi_{k-1}(\psi_{k-1})}, \qquad \alpha_{k+1} = \frac{\varphi_{k+1}(\psi_k)}{\varphi_{k+1}(\psi_{k+1})}. \tag{30}$$

Следовательно.

$$a_{k-1}(x_k)\theta_{k-1}^2(\psi_k) + a_{k+1}(x_k)\theta_{k+1}^2(\psi_k) = O(\exp(-\lambda J\beta)), \qquad \beta = \min(\beta_{k-1}, \beta_{k+1}). \tag{31}$$

Формула (13) в точке  $x = x_k$  приобретает вид:

$$\psi_{x}' \approx -\frac{\lambda J(1+\delta_{k})}{\sigma(x_{k})} \left( \frac{a_{k-1}(x_{k})}{a_{k}(x_{k})} \theta_{k-1}^{2}(\psi_{k}) \alpha_{k-1} \exp(-\lambda J \beta_{k-1}) + \frac{a_{k+1}(x_{k})}{a_{k}(x_{k})} \theta_{k+1}^{2}(\psi_{k}) \alpha_{k+1} \exp(-\lambda J \beta_{k+1}) \right). (32)$$

В случае, если достигнут аномальный режим,  $a_k(x_k) = a_k^0$  ([16]), и оценка (32) в точке приобретает форму:

$$\psi_{x}' \approx -\lambda J \frac{(1+\delta_{k})}{\sigma(x_{k})} \left( \frac{a_{k-1}^{0}}{a_{k}^{0}} \theta_{k-1}^{2}(\psi_{k}) \alpha_{k-1} \exp(-\lambda J \beta_{k-1}) + \frac{a_{k+1}^{0}}{a_{k}^{0}} \theta_{k+1}^{2}(\psi_{k}) \alpha_{k+1} \exp(-\lambda J \beta_{k+1}) \right). (33)$$

$$\psi_x'(x_k) = O(\lambda J \cdot \exp(-\lambda J\beta)). \tag{34}$$

Отсюда, на основании формул (19), (33), в аномальном режиме

$$S''(x_k) \approx -\frac{\lambda J}{\sigma^2(x_k)} \left( \frac{a_{k-1}^0}{a_k^0} \theta_{k-1}^2(\psi_k) \alpha_{k-1} \exp(-\lambda J \beta_{k-1}) + \frac{a_{k+1}^0}{a_k^0} \theta_{k+1}^2(\psi_k) \alpha_{k+1} \exp(-\lambda J \beta_{k+1}) \right). \tag{35}$$

С учетом (35) оценим производную  $\psi_x''(x_k)$ :

$$\psi''(x_k) = -\frac{(\lambda J(1+\delta_k))^2}{a_k(x_k)\sigma^2(x_k)} \sum_{k=1}^n a_k(x_k)\theta_k^3(\psi_k).$$
 (36)

С учетом (36), применением метода математической индукции получим следующую оценку в точке  $x=x_k$ :

$$\psi_x^{(n)}(x_k) = -\frac{(\lambda J(1+\delta_k))^n}{a_k(x_k)\sigma^n(x_k)} \sum_{k=1}^n a_k(x_k)\theta_k^{n+1}(\psi_k).$$
(37)

или, в "аномальном" режиме:

$$\psi_{x}^{(n)} \approx -\frac{(\lambda J)^{n} (1 + \delta_{k})}{\sigma^{n}(x_{k})} \left( \frac{a_{k-1}^{0}}{a_{k}^{0}} \theta_{k-1}^{n+1}(\psi_{k}) \alpha_{k-1} \exp(-\lambda J \beta_{k-1}) + \frac{a_{k+1}^{0}}{a_{k}^{0}} \theta_{k+1}^{n+1}(\psi_{k}) \alpha_{k+1} \exp(-\lambda J \beta_{k+1}) \right), (38)$$

$$\psi_x^{(n)}(x_k) = O((\lambda J)^n \exp(-\lambda J\beta)). \tag{39}$$

Получение асимптотического решения задачи в общем случае

**Утверждение 4.** В "аномальном" режиме в окрестности изоэлектрической точки  $\Psi = \Psi_k$  решение задачи (10) – (13) имеет вид:

$$a_k(x) = a_k^0 \frac{\varphi_k(\psi)}{\varphi_k(\psi_k)} \exp\left(-\sum_{n=2}^{\infty} \frac{(\lambda J)^n}{\sigma^n(x_k)} \cdot \frac{(x - x_k)^n}{n!} A_k(\lambda J)\right), \tag{40}$$

$$A_{k}(\lambda J) = \frac{a_{k-1}^{0}}{a_{k}^{0}} \theta_{k-1}^{n+1}(x_{k}) \alpha_{k-1} \exp(-\lambda J \beta_{k-1}) + \frac{a_{k+1}^{0}}{a_{k}^{0}} \theta_{k+1}^{n+1}(x_{k}) \alpha_{k+1} \exp(-\lambda J \beta_{k+1}).$$

Доказательство: На **первом этапе** на основе формулы Лейбница и равенства (9) получена общая формула для производной функции  $S_k^{(n)}(x_k)$ 

$$S_k^{(n)}(x_k) \approx \left(\frac{\theta_k}{\sigma}\right)_x^{(n-1)} \bigg|_{x=x_k} = (\theta_k)_x^{(n-1)} \sigma^{-1} + C_{n-1}^1(\theta_k)_x^{(n-2)} (\sigma^{-1})' + \dots + C_{n-1}^1(\theta_k)_x' (\sigma^{-1})^{(n-1)} \bigg|_{x=x_k} . \tag{41}$$

На **втором этапе** , с учетом (11), (34) получена оценка для значения  $\sigma'(x_k)$ :  $\sigma'(x_k) = O(\lambda J \exp(-\lambda J \beta))$ ; затем, применением метода математической индукции, с учетом (39), получена следующая оценка:

$$\sigma^{(n)}(x_k) = O((\lambda J)^n \exp(-\lambda J\beta)). \tag{42}$$

На **третьем этапе**, на основании этапов 1-3 был сделан вывод, что  $S_k^{(n)}(x_k)$  в окрестности изоэлектрической точки имеет порядок старшей производной  $\psi^{(n-1)}$  по  $\lambda J$ . Следовательно, на основании формулы (37) справедлива оценка:

$$S_{k}^{(n)}(x_{k}) = -\frac{(\lambda J)^{n-1}}{\sigma^{n}(x_{k})} \left( \frac{a_{k-1}^{0}}{a_{k}^{0}} \theta_{k-1}^{n+1}(x_{k}) \alpha_{k-1} \exp(-\lambda J \beta_{k-1}) + \frac{a_{k+1}^{0}}{a_{k}^{0}} \theta_{k+1}^{n+1}(x_{k}) \alpha_{k+1} \exp(-\lambda J \beta_{k+1}) \right). \tag{43}$$

На **четвертом этапе** функция  $S_k(x)$  была представлена в виде стандартного ряда Тейлора, коэффициенты которого были рассчитаны с использованием формулы (43). После подстановки ряда в (16) была получена требуемая формулировка (40). Доказательство окончено.

#### "Волновая" асимптотика для случая равномерного распределения

Случай так называемого равномерного распределения характеризуется равномерным шагом по константам диссоциации и изоэлектрическим точкам. В этом случае, как следует из (3):  $\psi_{k-1} - \psi_k = \psi_k - \psi_{k+1} = \Delta \psi \,, \; x_k - x_{k-1} = x_{k+1} - x_k = \Delta x \,, \; \delta_{k-1} = \delta_k = \delta_{k+1} \,. \; \text{На основании формул (26),}$  (27), (28)  $\beta_{k-1} = \beta_{k+1} \,, \; \alpha_{k-1} = \alpha_{k+1} \,. \; \text{Кроме того,} \; a_{k-1}^0 = a_k^0 = a_{k+1}^0 = a_0 \,. \; \text{Равномерное распределение характеризуется отсутствием асимметрии профилей концентрации и их "классическим" гауссовским видом в обычных режимах. Как следует из формул (9) и (34), для равномерного распределения <math>\psi \,, \; \theta_{k-1} = -\theta_{k+1} \,, \; a_{k+1} \,, \; a_{k+$ 

$$s_k^{(2n-1)}(x_k) = 0, s_k^{(2n)}(x_k) = -(\lambda J)^{2n-1} \frac{2\alpha_{k-1}\theta_{k-1}^{2n}(x_k)}{\sigma^{2n}(x_k)} \exp(-\lambda J\beta_{k-1}).$$

Утверждение 5. Для равномерного распределения

$$a_{k}(x) = a^{0} \frac{\varphi_{k}(\psi)}{\varphi_{k}(\psi_{k})} \exp\left(-2\alpha_{k-1} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{(\lambda J)^{2n} \exp(-\lambda J \beta_{k-1})}{\sigma^{2n}(x_{k})(2n)!} (x - x_{k})^{2n} \theta_{k-1}^{2n}(x_{k})\right), \tag{44}$$

Ведем в рассмотрение обозначение ряда в показателе экспоненты (44):

$$u_n(x,\lambda_0) = \frac{(\lambda_0)^{2n} \exp(-\lambda_0 \beta_{k-1})}{\sigma^{2n}(x_k)(2n)!} (x - x_k)^{2n} \theta_{k-1}^{2n}(x_k), \qquad \lambda_0 = \lambda J.$$

Применением стандартной теории числовых и функциональных рядов доказываются следующие свойства данного ряда, который далее будем называть "волновым".

- 1. Ряд сходится абсолютно при любых конечных значениях x и  $\lambda_0$
- **2.** Функция  $u_n(x,\lambda_0)$  по параметру  $\lambda_0$  представляет собой асиммет- ричную "волну" (Рис. 2), наибольшее значение которой равно:

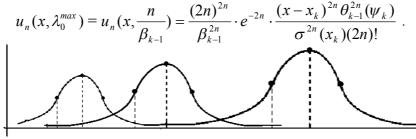


Рис. 2. Схематический чертеж взаимного расположения графиков функций  $f_{2n}(\lambda_n)$ 

3. Для любого значения параметра  $\lambda_0$ , существует конечное число "волн"  $\mathcal{U}_k(x,\lambda_0)$ , таких, что  $|u_k(x,\lambda_0)| \geq \mathcal{E}$ , где  $\mathcal{E}$  -- любое сколь угодно малое число.

Физика, математика 75

#### Выводы

Функция  $\mathcal{Q}_k$ , являющаяся асимптотическим решением задачи (10)-(13), для равномерного распределения представима в виде экспоненты с "волновым" рядом в показателе. Исследование свойств "волновых" рядов показало, что для каждого значения плотности тока J имеется конечное число членов ряда ("волн") содержащих сомножители вида  $(x-x_k)^{2l}$  и обладающих существенным вкладом в сумму ряда; величины l увеличиваются при возрастании плотности тока J. Между тем, "плато" на вершине профиля функции  $\exp(-x^{2k})$  тем шире, чем больше значение l в показателе функции (Рис. 3). Проведенный анализ объясняет поведение профилей концентраций в "аномальных" режимах и указывает формулу, являющуюся обобщением гауссовского решения для жесткой интегро-дифференциальной задачи ИЭФ.

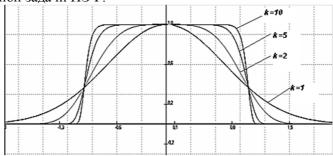


Рис. 3. Графики функций  $e^{\chi}$  ( $-\chi^{2k}$ ), полученные с помощью программы Math Graph

The article is devoted to asymptotic analysis of mathematic model by multicomponent electrochemical active mixtures on example Isoelectric Focusing (IEF) in ``anomalous" regimen. By means of saddle-point method the asymptotic solution of this problemwas constructed, which has form of the exponential with ``wave" series in exponent; it is generalization of gaussian function.

The key words: integro-differential problem; gaussian function; ``wave'' series

#### Список литературы

- 1. Бабский В. Г., Жуков М. Ю. Биофизические методы: Теоретические основы электрофореза. М.: Изд-во МГУ, Учебно-метод. Пособие для студентов биол. ф-тов университетов. 1990.
- 2. Жуков М.Ю. Массоперенос электрическим полем. Ростов н/Д: Изд-во Рост. Ун-та,  $2005.216~\mathrm{c}$ .
- 3. Сахарова Л.В. Исследование механизма трансформации гауссовского распределения концентраций при аномальных режимах изоэлектрического фокусирования // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 2012 / Ростов-на-Дону: 2012 г. с. 30 36.
- 4. Сахарова Л. В. Численный анализ интегро-дифференциальной задачи изоэлектрического фокусирования в «гипергауссовских» режимах // Вестник Тюменского Государственого Университета, 2012, № 4, Физико-математичесие науки. Информатика / Тюмень: Издательство Тюменьского Государственного университета: 2012 г. с. 137 144.
  - 5. Федорюк М.В. Метод перевала. М: Наука, 1977. 268 с.
- 6. Mosher R. A., Thormann W. High-resolution computer simulation of the dynamics of isoelectric focusing using carrier ampholytes: The post-separation stabilizing phase revisited // Electrophoresis. 2002,  $N \ge 23$ . P. 1803-1814.
- 7. Righetti P.G. Isoelectric focusing: Theory, Methodology and Application. Elsevier Biomedical Press, New York-Oxford: Elsevier, 1983. 386 p.
- 8. Sakharova L.V., Vladimirov V.A., Zhukov M.Yu. Anomalous pH-gradient in Ampholyte Solution. arXiv: 0902.3758vl [physics.chem-ph] 21 Feb 2009.
- 9. Thormann W., Mosher R A. High-resolution computer simulation of the dynamics of isoe-lectric focusing using carrier ampholytes: Focusing with concurrent electrophoretic mo-bilization is an isotachophoretic process. Research Article // Electrophoresis. 2006, № 27. P. 968-983.
- 10.Zilberstein G.V., Baskin E.M., Bukshpan Sh. Parallel processing in the isoelectric focusing chip // Electrophoresis. 2003, № 24. P. 3735-3744.

#### Об авторе

Сахарова Л.В.- кандидат технических наук , доцент Филиал ФГОУ ВПО «Морская Государственная Академия имени адмирала Ф.Ф.Ушакова» в г. Ростове-на-Дону, L Sakharova@mail.ru

#### УДК 512.542

#### КРИТИЧЕСКИЕ Q-РАССЛОЕННЫЕ au-ЗАМКНУТЫЕ ФОРМАЦИИ КОНЕЧНЫХ ГРУПП

#### М.М. Сорокина, М.А. Корпачева

Рассматриваются только конечные группы. Пусть H — некоторый класс групп,  $\tau$  — подгрупповой функтор.  $\Omega$ -расслоенная  $\tau$ -замкнутая формация F с направлением  $\varphi$  называется  $H_{\Omega\tau\varphi}$ -критической формацией или, иначе, минимальной  $\Omega$ -расслоенной  $\tau$ -замкнутой не H-формацией с направлением  $\varphi$ , если F $\not\sqsubseteq$ H, но все собственные  $\Omega$ -расслоенные  $\tau$ -замкнутые подформации с направлением  $\varphi$  из F в классе H содержатся. В настоящей работе изучаются критические  $\Omega$ -расслоенные  $\tau$ -замкнутые формации с br-направлением  $\varphi \leq \varphi_3$  для регулярного  $\Omega \varphi$ -радикального подгруппового функтора  $\tau$ , замкнутого относительно композиционных факторов.

**Ключевые слова:** конечная группа, формация групп,  $\tau$ -замкнутая формация,  $\Omega$ -расслоенная формация, направление  $\Omega$ -расслоенной формации, подгрупповой функтор,  $H_{\Omega\tau\phi}$ -критическая формация.

Общая проблема изучения  $H_{\theta}$ -критических формаций впервые была поставлена Л.А. Шеметковым в 1980 году на VI Всесоюзном симпозиуме по теории групп [1]. Решение данной проблемы для различных видов формаций (локальных, композиционных, частично локальных, частично композиционных,  $\omega$ -веерных,  $\Omega$ -расслоенных и др.) были получены В.А. Ведерниковым, А.Н. Скибой и их учениками (см., например, [2-8]). В частности, в работе [8] исследовано строение критических  $\Omega$ -расслоенных формаций с br-направлением  $\varphi \leq \varphi_3$ .

Последние десятилетия характеризуются интенсивным развитием теории подгрупповых функторов, что обусловлено обнаружением тесной связи между подгрупповыми функторами и классами групп. Так, например, А.Н. Скиба в [9] применил метод подгрупповых функторов к изучению свойств локальных формаций, замкнутых относительно систем подгрупп, выделяемых подгрупповыми функторами. С.Ф. Каморниковым и М.М. Селькиным получена классификация подгрупповых функторов и разработаны связи функторов с различными классами групп [10]. Пусть  $\tau$  — подгрупповой функтор. Формация называется  $\tau$ -замкнутой, если со всякой своей группой она содержит и все ее  $\tau$ -подгруппы. В настоящей работе изучаются критические  $\Omega$ -расслоенные  $\tau$ -замкнутые формации конечных групп с  $b\tau$ -направлением  $\varphi \leq \varphi_3$ . Предварительные результаты данной статьи были анонсированы в [11].

Рассматриваются только конечные группы. Основные определения и обозначения, используемые в работе, можно найти в [10, 12-13]. Приведем лишь некоторые из них. Запись G=[A]B означает, что группа G есть полупрямое произведение своих подгрупп A и B, где A — нормальная подгруппа группы G. Монолитической группой называется группа, имеющая единственную минимальную нормальную подгруппу (монолит). Пусть I — класс всех простых групп,  $\Omega$  — непустой подкласс класса I,  $G_{\Omega}$  — класс всех  $\Omega$ -групп, то есть таких групп G, что  $K(G) \subseteq \Omega$ , где K(G) — класс всех простых групп, изоморфных композиционным факторам группы G; полагают, что  $1 \in G_{\Omega}$ . Через (X) обозначают класс групп, порожденный множеством групп X, в частности, G — класс всех групп, изоморфных группе G. Пусть  $A \in I$ . Тогда  $A' = I \setminus (A)$ ,  $G_A = G_{(A)}$ ,  $S_{cA}$  — класс всех групп, у которых каждый главный A-фактор централен. Через G обозначается G - радикал группы G где G — непустой класс Фиттинга групп; через G — G — G — G — G — непустой класс Фиттинга групп; через G —

Функции  $f: \Omega \cup \{\Omega'\} \to \{$ формации групп $\}, g:I \to \{$ формации групп $\}, g:I \to \{$ непустые формации Фиттинга $\}$  называются соответственно  $\Omega F$ -функцией, F-функцией и FR-функцией. Формация  $\Omega F(f,\varphi) = (G: G/O_{\Omega}(G) \in f(\Omega')$  и  $G/G_{\varphi(A)} \in f(A)$  для всех  $A \in \Omega \cap K(G)$ ) называется  $\Omega$ -расслоенной формацией с  $\Omega$ -спутником f и направлением  $\varphi$ ; формация  $F(g,\varphi) = (G: G/G_{\varphi(A)} \in g(A))$  для всех  $A \in K(G)$ ) называется расслоенной формацией со спутником g и направлением  $\varphi$  [12]. Направление  $\varphi$   $\Omega$ -расслоенной формации называется b-направлением, т.е.  $\varphi(A)G_A = \varphi(A)$  для любой абелевой группы  $A \in I$ ; и  $\varphi$  является r-направлением, т.е.  $G_{A'}\varphi(A) = \varphi(A)$  для любого  $A \in I$ . Через  $\varphi_0$  обозначается направление  $\Omega$ -свободной формации, то есть  $\varphi_0(A) = G_{A'}$  для всех  $A \in I$ ; через  $\varphi_3$  обозначается направление  $\Omega$ -центральной формации, то есть  $\varphi_3(A) = S_{cA}$  для всех  $A \in I$  [13]. Пусть  $\psi_1$  и  $\psi_2$  — произвольные  $\Omega F$ -функции (F-функции, E-функции). Говорят, что E-функции (E-функции, E-функции). Говорят, что E-функцией пормация пемма является следствием теоремы 1 из [13].

**Лемма 1.** Пусть f – внутренний  $\Omega$ -спутник  $\Omega$ -расслоенной формации F c br-направлением  $\varphi$ , удовлетворяющим условию  $\varphi \leq \varphi_3$ . Тогда формация F обладает единственным максимальным внутренним  $\Omega$ -спутником h, причем h(A) = F для всех  $A \in (\Omega \backslash A) \cup \{\Omega'\}$  и  $h(Z_p) = N_p f(Z_p)$  для всех  $Z_p \in \Omega$ .

Пусть  $\tau$  – отображение, ставящее в соответствие каждой группе G некоторую непустую си-

Физика, математика 77

стему  $\tau(G)$  ее подгрупп. Говорят, что  $\tau$  - подгрупповой функтор, если  $(\tau(G))^{\varphi} = \tau(G^{\varphi})$  для любого изоморфизма  $\varphi$  каждой группы G. Подгрупповой функтор  $\tau$  называется регулярным, если выполняются следующие два условия:

- 1) из того, что N нормальная подгруппа группы G и  $M \in \tau(G)$ , следует  $MN/N \in \tau(G/N)$ ;
- 2) из  $M/N \in \tau(G/N)$  следует  $M \in \tau(G)$  (см., например, [10]).

Пусть  $\varphi$  — некоторая FR-функция. Подгрупповой функтор  $\tau$  назовем  $\Omega \varphi$ -радикальным, если он является  $\Omega$ -радикальным, т.е. для всякой группы G и для всякой  $N \in \tau(G)$  справедливо  $O_{\Omega}(G) \cap N = O_{\Omega}(N)$ , и  $\tau$  является  $\varphi$ -радикальным, т.е. для любой группы G и для любой  $N \in \tau(G)$  выполняется равенство  $G_{\varphi(A)} \cap N = N_{\varphi(A)}$  для всех  $A \in I$ . Подгрупповой функтор  $\tau$  назовем замкнутым относительно композиционных факторов, если для всякой группы G и для всякой  $N \in \tau(G)$  справедливо включение  $K(N) \subseteq K(G)$ .

Формация F называется  $\tau$ -замкнутой, если из  $G \in F$  всегда следует, что  $\tau(G) \subseteq F$  [9].  $\Omega$ -спутник (спутник) f  $\Omega$ -расслоенной (расслоенной) формации назовем  $\tau$ -замкнутым, если для любого  $A \in \Omega \cup \{\Omega'\}$  (для любого  $A \in I$ ) формация f(A) является  $\tau$ -замкнутой. Установим взаимосвязь между  $\tau$ -замкнутостью  $\Omega$ -расслоенной формации и  $\tau$ -замкнутостью ее  $\Omega$ -спутника.

**Лемма 2.** Пусть  $F - \Omega$ -расслоенная формация c br-направлением  $\varphi$ ,  $\varphi \leq \varphi_3$ ,  $\tau - регулярный <math>\Omega \varphi$ -радикальный подгрупповой функтор, замкнутый относительно композиционных факторов. Формация F является  $\tau$ -замкнутой тогда и только тогда, когда F обладает хотя бы одним  $\tau$ -замкнутым  $\Omega$ -спутником.

<u>Доказательство</u>. Необходимость. Пусть  $F-\tau$ -замкнутая формация. Поскольку  $\varphi-br$ -направление и  $\varphi \leq \varphi_3$ , то по лемме 1 F имеет единственный максимальный внутренний  $\Omega$ -спутник h, причем h(A)=F для всех  $A \in (\Omega \backslash A) \cup \{\Omega'\}$  и  $h(Z_p)=N_p f(Z_p)$  для всех  $Z_p \in \Omega$ , где f произвольный внутренний  $\Omega$ -спутник формации F. Поэтому формация h(A) является  $\tau$ -замкнутой для любой группы  $A \in (\Omega \backslash A) \cup \{\Omega'\}$ .

Покажем, что  $h(Z_p)$  –  $\tau$ -замкнутая формация для всех  $Z_p \in \Omega$ . Предположим, что найдется такая группа  $Z_p \in \Omega$ , что формация  $h(Z_p)$  не является  $\tau$ -замкнутой. Пусть G – группа наименьшего порядка из  $h(Z_p)$ , обладающая такой подгруппой N, что  $N \in \tau(G)$  и  $N \notin h(Z_p)$ . Тогда  $G \neq 1$ .

Если G — не монолитическая группа, то найдутся две различные минимальные нормальные подгруппы R и M группы G, причем, ввиду  $G \in h(Z_p)$ , имеем  $G/R \in h(Z_p)$  и  $G/M \in h(Z_p)$ . Поскольку  $\tau$  — регулярный подгрупповой функтор и  $N \in \tau(G)$ , то  $NR/R \in \tau(G/R)$ . Тогда по индукции  $NR/R \in h(Z_p)$ , и значит,  $N/N \cap R \in h(Z_p)$ . Аналогично,  $NM/M \cong N/N \cap M \in h(Z_p)$ . Так как F — формация, то  $N/(N \cap R \cap M) \cong N \in h(Z_p)$ . Противоречие. Поэтому G — монолитическая группа.

Пусть M — монолит группы G. Предположим, что  $O_p(G) \neq 1$ . Тогда  $M \subseteq O_p(G)$ . Как показано выше,  $N/N \cap M \in h(Z_p)$ . Так как  $N \cap M - p$ -группа, то  $N \in \mathbb{N}_p h(Z_p) = h(Z_p)$ . Противоречие. Следовательно,  $O_p(G) = 1$ . Согласно лемме 18.8 [14], существует точный неприводимый  $F_p[G]$ -модуль K. Пусть T = [K]G. Тогда группа T монолитична с монолитом  $K = C_T(K)$ . Покажем, что  $T_{\varphi(Z_p)} = K$ . Поскольку  $\varphi$  является b-направлением, то  $K \in \mathbb{N}_p \subseteq \varphi(Z_p)\mathbb{N}_p = \varphi(Z_p)$  и  $K \subseteq T_{\varphi(Z_p)}$ . С другой стороны,  $\varphi_3(Z_p) = S_{cZ_p}$  и  $T_{\varphi_3(Z_p)} = F_{Z_p}(T) \subseteq C_T(K) = K$ . Так как  $\varphi \leq \varphi_3$ , то  $T_{\varphi(Z_p)} \subseteq T_{\varphi_3(Z_p)} \subseteq K$ . Следовательно,  $T_{\varphi(Z_p)} = K$ . Из  $T/K \cong G \in h(Z_p)$  получаем  $T \in \mathbb{N}_p h(Z_p) = h(Z_p) \subseteq F$ , и, ввиду  $\tau$ -замкнутости формации F, имеем  $\tau(T) \subseteq F$ . Покажем, что  $NK \in \tau(T)$ . Так как  $T/K \cong G$ , то существует изоморфизм  $\alpha$ :  $G \to T/K$ , при этом,  $N^\alpha = NK/K$ . Поскольку  $\tau$  — подгрупповой функтор и  $N \in \tau(G)$ , то  $NK/K = N^\alpha \in (\tau(G))^\alpha = \tau(G^\alpha) = \tau(T/K)$ . Так как  $\tau$  — регулярный подгрупповой функтор и  $NK/K \in \tau(T/K)$ , то  $NK \in \tau(T)$ , и значит,  $NK \in F$ . Поэтому  $NK/(NK)_{\varphi(Z_p)} \in h(Z_p)$ . Поскольку  $\tau$  —  $\Omega \varphi$ -радикальный подгрупповой функтор и  $NK \in \tau(T)$ , то  $(NK)_{\varphi(Z_p)} = T_{\varphi(Z_p)} \cap NK = K \cap NK = K$  и  $NK/(NK)_{\varphi(Z_p)} = NK/K \cong N \in h(Z_p)$ . Противоречие. Таким образом, формация h(A) является  $\tau$ -замкнутой для всех  $A \in \Omega \cup \{\Omega'\}$ , и значит,  $h \to \tau$ -замкнутый  $\Omega$ -спутник формации F.

Достаточность. Пусть  $f-\tau$ -замкнутый  $\Omega$ -спутник формации  $F, G \in F$  и  $N \in \tau(G)$ . Покажем, что  $N \in F$ . Так как  $G \in F$ , то  $G/G_{\varphi(A)} \in f(A)$  для любого  $A \in \Omega \cap K(G)$ . Поскольку  $N \in \tau(G)$  и  $\tau$  – подгрупповой функтор, замкнутый относительно композиционных факторов, то  $K(N) \subseteq K(G)$ , и значит,  $G/G_{\varphi(A)} \in f(A)$  для любого  $A \in \Omega \cap K(N)$ . Пусть  $A \in \Omega \cap K(N)$ . Из  $N \in \tau(G)$ , ввиду регулярности подгруппового функтора  $\tau$ , получаем  $NG_{\varphi(A)}/G_{\varphi(A)} \in \tau(G/G_{\varphi(A)})$ . Отсюда, в силу  $\tau$ -замкнутости формации f(A), следует, что  $NG_{\varphi(A)}/G_{\varphi(A)} \cong N/(N \cap G_{\varphi(A)}) \in f(A)$ . Так как подгрупповой функтор  $\tau$  является  $\Omega \varphi$ -радикальным и  $N \in \tau(G)$ , то  $N \cap G_{\varphi(A)} = N_{\varphi(A)}$  и  $N/(N \cap G_{\varphi(A)}) = N/N_{\varphi(A)} \in f(A)$ . Далее, из  $G/O_{\Omega}(G) \in f(\Omega')$ ,  $NO_{\Omega}(G)/O_{\Omega}(G) \in \tau(G/O_{\Omega}(G))$  и  $\tau$ -замкнутости формации  $f(\Omega')$  имеем  $NO_{\Omega}(G)/O_{\Omega}(G) \cong N/(N \cap O_{\Omega}(G)) \in f(\Omega')$ . Так как  $\tau - \Omega \varphi$ -радикальный подгрупповой функтор, то  $N \cap O_{\Omega}(G) = O_{\Omega}(N)$  и  $N/O_{\Omega}(N) \cong N/(N \cap O_{\Omega}(G)) \in f(\Omega')$ . Таким образом, по определению  $\Omega$ -расслоенной формации,  $N \in F$ , и значит, формация F является  $\tau$ -замкнутой. Лемма доказана.

Следствие 1. Пусть F- расслоенная формация c br-направлением  $\varphi$ ,  $\varphi \leq \varphi_3$ ,  $\tau-$  регулярный  $\varphi$ -радикальный подгрупповой функтор, замкнутый относительно композиционных факторов. Формация F является  $\tau$ -замкнутой тогда u только тогда, когда u обладает хотя бы одним u-замкнутым спутником.

Следствие 2. Пусть  $F-\Omega$ -расслоенная (расслоенная)  $\tau$ -замкнутая формация c brнаправлением  $\varphi$ ,  $\varphi \leq \varphi_3$ ,  $\tau$  – регулярный  $\Omega \varphi$ -радикальный ( $\varphi$ -радикальный) подгрупповой функтор, замкнутый относительно композиционных факторов. Тогда максимальный внутренний  $\Omega$ -спутник

(спутник) формации F является т-замкнутым.

Через  $F = \Omega \tau F(X, \varphi)$  ( $F = \tau F(X, \varphi)$ ) обозначается  $\tau$ -замкнутая  $\Omega$ -расслоенная (расслоенная) формация с направлением  $\varphi$ , порожденная множеством групп X;  $F = \Omega F_{\tau}(X, \varphi)$  ( $F = F_{\tau}(X, \varphi)$ ) -  $\Omega$ -расслоенная (расслоенная) формация с направлением  $\varphi$ , обладающая хотя бы одним  $\tau$ -замкнутым  $\Omega$ -спутником (спутником), порожденная множеством групп X.

**Следствие 3.** Пусть  $\varphi$  – br-направление  $\Omega$ -расслоенной формации,  $\varphi \leq \varphi_3$ ,  $\tau$  –  $perулярный <math>\Omega \varphi$ -радикальный подгрупповой функтор, замкнутый относительно композиционных факторов. Тогда  $\Omega \tau F(X, \varphi) = \Omega F_{\tau}(X, \varphi)$ .

Доказательство следующей леммы проводится аналогично доказательству теоремы 5 [12].

**Лемма 3.** Пусть X — непустой класс групп,  $\varphi$  - такое направление  $\Omega$ -расслоенной формации, что  $\varphi_0 \leq \varphi$ ,  $\tau$  — регулярный подгрупповой функтор. Тогда формация  $F = \Omega F_{\tau}(X,\varphi)$  обладает единственным минимальным  $\tau$ -замкнутым  $\Omega$ -спутником f таким, что  $f(\Omega') = \tau form(G/O_{\Omega}(G): G \in X)$ ,  $f(A) = \tau form(G/G_{\omega(A)}: G \in X)$  для всех  $A \in \Omega \cap K(X)$  и  $f(A) = \emptyset$ , если  $A \in \Omega \setminus K(X)$ .

Пусть H — некоторый класс групп. Следуя [2],  $\Omega$ -расслоенную (расслоенную)  $\tau$ -замкнутую формацию F с направлением  $\varphi$  назовем минимальной  $\Omega$ -расслоенной (расслоенной)  $\tau$ -замкнутой не H-формацией с направлением  $\varphi$ , или иначе,  $H_{\Omega\tau\varphi}$ -критической ( $H_{\tau\varphi}$ -критической) формацией, если F  $\nsubseteq$  H, но все собственные  $\Omega$ -расслоенные (расслоенные)  $\tau$ -замкнутые подформации с направлением  $\varphi$  из F в классе H содержатся.

<u>Доказательство.</u> Пусть F –  $H_{\Omega\tau\phi}$ -критическая формация и G – группа минимального порядка из F\H. Тогда G является монолитической группой с монолитом  $P = G^H$ . Поскольку  $\Omega\tau F(G,\phi) \subseteq F$  и  $\Omega\tau F(G,\phi) \not\subseteq H$ , то, в силу  $H_{\Omega\tau\phi}$ -критичности формации F, получаем  $\Omega\tau F(G,\phi) = F$ .

Покажем, что  $G - \tau$ -минимальная не H-группа. Пусть  $H \in \tau(G)$  и  $H \neq G$ . Достаточно установить, что  $H \in H$ . Действительно, так как  $H \in \tau(G)$ , то, ввиду  $\tau$ -замкнутости формации F,  $H \in F$ . Тогда, в силу |H| < |G|,  $H \in H$ . Следовательно, G является  $\tau$ -минимальной не H-группой.

Согласно лемме 3,  $f(\Omega') = \tau form(G/O_{\Omega}(G))$ ,  $f(A) = \tau form(G/G_{\varphi(A)})$  для всех  $A \in \Omega \cap K(G)$  и  $f(A) = \emptyset$ , если  $A \in \Omega \setminus K(G)$ . По лемме 1  $h(\Omega') = H$ , h(A) = H для всех  $A \in \Omega \setminus A$  и  $h(Z_p) = N_p h_1(Z_p)$  для любого  $Z_p \in \Omega$ , где  $h_1$  – произвольный внутренний  $\Omega$ -спутник формации H. Кроме того, по следствию 2 h –  $\tau$ -замкнутый  $\Omega$ -спутник формации H.

Пусть  $K(P) \subseteq \Omega$  и  $A \in K(P)$ . Покажем, что  $f(A) - h(A)_{\tau}$ -критическая формация. Пусть A — неабелева группа. Так как  $\varphi(A) \subseteq \varphi_3(A) = \mathrm{S}_{cA} = \mathrm{G}_{A'}$ , то  $P \nsubseteq G_{\varphi(A)}$ , и значит,  $G_{\varphi(A)} = 1$ . Следовательно,  $f(A) = \tau formG$ ,  $h(A) = \mathrm{H}$ , и ввиду  $G \notin \mathrm{H}$ , получаем  $f(A) \nsubseteq h(A)$ . Поскольку A — неабелева группа, то  $P \nsubseteq \Phi(G)$ . Тогда согласно лемме 2.1.5 [9],  $\mathrm{M} = \tau form((G/P) \cup \mathrm{X})$  — единственная максимальная  $\tau$ -замкнутая подформация формации  $\tau formG = f(A)$ , где  $\mathrm{X}$  - множество всех собственных  $\tau$ -подгрупп группы G. Так как  $G^{\mathrm{H}} = P$ , то  $G/P \in \mathrm{H}$ . Поскольку  $G - \tau$ -минимальная не  $\mathrm{H}$ -группа, то  $\mathrm{X} \subseteq \mathrm{H}$ . Таким образом,  $\mathrm{M} \subseteq \mathrm{H}$  = h(A) и поэтому формация f(A) является  $h(A)_{\tau}$ -критической.

Пусть  $A \cong Z_p$ . Рассмотрим случай, когда  $h(Z_p) = \emptyset$ . Допустим, что  $Z_p \in K(H)$ . Пусть  $h_2$  — минимальный  $\tau$ -замкнутый  $\Omega$ -спутник формации H. Тогда  $h_2(Z_p) \neq \emptyset$ , и значит,  $h(Z_p) \neq \emptyset$ . Противоречие. Следовательно,  $Z_p \notin K(H)$ , и поэтому  $Z_p \notin H$ . Ввиду  $A \in \Omega$ , по следствию 3 [13] имеем  $Z_p \in \mathbb{N}_p \subseteq \mathbb{N}_p$   $f(Z_p) \subseteq F$ . Таким образом,  $Z_p \in F \setminus H$ , и значит, в силу выбора группы G, справедливо  $G = Z_p$ . Так как  $\varphi$  — g

Пусть теперь  $h(Z_p) \neq \emptyset$ . Предположим, что  $f(Z_p) \subseteq h(Z_p)$ . Тогда  $G/G_{\varphi(Z_p)} \in h(Z_p)$ . Так как  $P \subseteq O_{Z_p}(G)$ , то  $G/O_{Z_p}(G) \cong (G/P)/(O_{Z_p}(G)/P) \in H$ . Ввиду леммы 2 [13],  $G \in H$ , что невозможно. Поэтому  $f(Z_p) \nsubseteq h(Z_p)$ .

Пусть М — собственная  $\tau$ -замкнутая подформация из  $f(Z_p)$ . Предположим, что М $\nsubseteq h(Z_p)$  и M — группа минимального порядка из М $\lor h(Z_p)$ . Тогда M является монолитической группой с монолитом  $R=M^{h(Z_p)}$ . Допустим, что  $R\subseteq O_p(M)$ . Тогда  $M\in \mathbb{N}_ph(Z_p)=h(Z_p)$ , что невозможно. Следовательно,  $O_p(M)=1$  и по лемме 18.8 [14] существует точный неприводимый  $F_p[M]$ -модуль K. Пусть T=[K]M. Тогда группа T монолитична с монолитом  $K=C_T(K)$ . Покажем, что  $T_{\varphi(Z_p)}=K$ . Поскольку  $\varphi$  является b-направлением, то  $K\in \mathbb{N}_p\subseteq \varphi(Z_p)\mathbb{N}_p=\varphi(Z_p)$  и  $K\subseteq T_{\varphi(Z_p)}$ . С другой стороны,  $\varphi_3(Z_p)=S_{cZ_p}$  и  $T_{\varphi3(Z_p)}=F_{Z_p}(T)\subseteq C_T(K)=K$ . Так как  $\varphi \leq \varphi_3$ , то  $T_{\varphi(Z_p)}\subseteq F_{Z_p}(T)$ , и следовательно,  $T_{\varphi(Z_p)}\subseteq K$ . Следовательно,  $T_{\varphi(Z_p)}=K$ . Так как  $T/K\cong M\in M$ 

Физика, математика 79

 $\subseteq f(Z_p)$ , то  $T \in \mathbb{N}_p f(Z_p) \subseteq \mathbb{F}$ . Поэтому  $\Omega \tau F(T, \varphi) \subseteq \mathbb{F}$ . Если  $\Omega \tau F(T, \varphi) = \mathbb{F}$ , то  $f(Z_p) = \tau form(T/T_{\varphi(Z_p)})) = \tau formM$   $\subseteq \mathbb{M}$ , что невозможно. Поэтому  $\Omega \tau F(T, \varphi) \subseteq \mathbb{F}$ , и значит,  $\Omega \tau F(T, \varphi) \subseteq \mathbb{H}$ . Тогда  $M \cong T/K = T/T_{\varphi(Z_p)} \in h(Z_p)$ . Противоречие. Следовательно,  $\mathbb{M} \subseteq h(Z_p)$  и формация  $f(Z_p)$  является  $h(Z_p)_{\tau}$ -критической.

Рассмотрим случай, когда  $K(P) \nsubseteq \Omega$ . Покажем, что  $f(\Omega')$  является  $h(\Omega')_{\tau}$ -критической формацией. Поскольку  $K(P) \nsubseteq \Omega$ , то  $O_{\Omega}(G) = 1$  и  $f(\Omega') = \tau form G \nsubseteq H = h(\Omega')$ . Пусть M — собственная  $\tau$ -замкнутая подформация из  $f(\Omega')$  и  $M_1 = \Omega \tau F(M, \varphi)$ . Из  $M \subset f(\Omega') \subseteq F$  получаем  $M_1 \subseteq F$ . Допустим, что  $M_1 = F$ . Тогда  $f(\Omega') = \tau form (M/O_{\Omega}(M): M \in M) \subseteq M \subset f(\Omega')$ . Противоречие. Следовательно,  $M_1 \subset F$ , и значит,  $M_1 \subseteq H$ . Тогда  $M \subseteq H = h(\Omega')$ . Тем самым установлено, что формация  $f(\Omega')$  является  $h(\Omega')_{\tau}$ -критической. Теорема доказана.

Only finite groups are considered. Let H be a class of groups, let  $\tau$  be a subgroup functor. An  $\Omega$ -foliated  $\tau$ -closed formation F with direction  $\varphi$  is called  $H_{\Omega\tau\varphi}$ -critical formation or a minimal  $\Omega$ -foliated  $\tau$ -closed non-H-formation with direction  $\varphi$ , if  $F\nsubseteq H$ , but each non-trivial  $\Omega$ -foliated  $\tau$ -closed subformation with direction  $\varphi$  of F belongs to the class H. In the paper we study critical  $\Omega$ -foliated  $\tau$ -closed formations with br-direction  $\varphi \le \varphi_3$  for regular  $\Omega \varphi$ -radical subgroup functor  $\tau$ , closed by composition factors.

**The key words:** a finite group, a formation of groups, a  $\tau$ -closed formation, an  $\Omega$ -foliated formation, a direction of  $\Omega$ -foliated formation, a subgroup functor, an  $H_{\Omega\tau\phi}$ -critical formation.

#### Список литературы

- 1. Л.А. Шеметков. Экраны ступенчатых формаций // Тр. VI Всесоюз. Симпозиума по теории групп. Киев: Наукова думка. 1980. С. 37 50.
- 2. А.Н. Скиба. О критических формациях // Бесконечные группы и примыкающие алгебраические структуры. Киев: ИМ АН Украины. 1993. С. 250 268.
- 3. В.М. Селькин, А.Н. Скиба. О  $H_{\Theta\omega}$ -критических формациях // Вопросы алгебры. Гомель: Изд-во Гомельского ун-та. 1999. Вып. 14. С. 127 131.
- 4. В.А. Ведерников, М.М. Сорокина. Композиционные и локальные наследственные критические формации // Ред. журн. «Сиб. Матем. ж.». Новосибирск, 1998. 19 с. Деп. в ВИНИТИ 8.01.98. № 25 В 98.
- 5. В.А. Ведерников, Д.Г. Коптюх. Частично композиционные формации групп. Препринт БГПУ. Брянск, 1999. С. 1-28.
- 6. М.М. Сорокина, Н.В. Силенок. Критические  $\Omega$ -расслоенные формации конечных групп // Математические заметки. Т. 72, Вып. 2, 2002. С. 269 282.
- 7. М.А. Корпачева, М.М. Сорокина. О критических ω-веерных формациях конечных групп // Математические заметки. Т. 79, Вып. 1, 2006. С. 87 94.
- 8. М.М. Сорокина, М.А. Корпачева. О критических  $\Omega$ -расслоенных формациях конечных групп // Дискретная математика. Т. 18, Вып. 1, 2006. С. 106 115.
  - 9. Скиба А.Н. Алгебра формаций. Минск: Беларуская навука, 1997. 240 с.
- 10.С.Ф. Каморников, М.М. Селькин. Подгрупповые функторы и классы конечных групп. Минск: Беларуская навука, 2003. 254 с.
- 11.М.А. Корпачева, М.М. Сорокина. О  $\Omega$ -расслоенных т-замкнутых формациях конечных групп // Международная алгебраическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения  $A.\Gamma$ . Куроша (тезисы докладов). Москва, 2008. С. 137-138.
- 12.B.A. Ведерников, М.М. Сорокина.  $\Omega$ -расслоенные формации и классы Фиттинга конечных групп // Дискретная математика. Т.13. Вып. 3, 2001. С. 125-144.
- 13.V.A. Vedernikov. Maximal satellites of  $\Omega$ -foliated formations and Fitting classes // Proc. Steklov Inst. Math. No 2, 2001. P. 217-233.
  - 14.Л.А. Шеметков, А.Н. Скиба. Формации алгебраических систем. М.: Наука. 1978. 256с.

#### Об авторе

Сорокина М.М. - преподаватель Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, mmsorokina@yandex.ru.

Корпачева М.А. - преподаватель Брянского государственного университета имени И.П. Петровского, makorpachova@mail.ru

#### УДК 517.53

## $L^p$ -ОЦЕНКИ В КЛАССАХ АНАЛИТИЧЕСКИХ В КРУГЕ ФУНКЦИЙ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ Р. НЕВАНЛИННЫ

Ф.А. Шамоян, Е.Г. Родикова

В работе получено полное описание тех неотрицательных борелевских мер  $\mu$  в единичном круге, при которых класс  $S^p_a$  вложен в пространство Лебега  $L^p(\mu)$ .

Ключевые слова: теорема вложения, пространство Лебега, борелевская мера.

Пусть  ${\bf C}$  – комплексная плоскость,  $D = \{z \in {\bf C}: |z| < 1\}$  – единичный круг на комплексной плоскости, H(D) – множество всех аналитических в D функций,  $\Omega$  – множество всех суммируемых положительных функций на  $\{0,1\}$ , для которых существуют числа  $m_\omega, q_\omega \in \{0,1\}$ ,  $M_\omega$ , такие что

$$m_{\omega} \le \frac{\omega(\lambda r)}{\omega(r)} \le M_{\omega}, \ r \in (0,1], \lambda \in [q_{\omega},1].$$
 (1)

Для всех  $0 и <math>\omega \in \Omega$  введем в рассмотрение следующие весовые классы функций (см. [1], [2]):

$$A^{p}(\omega) = \left\{ f \in H(D) : \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left| f\left(re^{i\theta}\right) \right| d\theta \right)^{p} dr < +\infty \right\}, \tag{2}$$

$$S_{\omega}^{p} = \left\{ f \in H(D) : \int_{0}^{1} \omega(1-r) T^{p}(r,f) dr < +\infty \right\}, \tag{3}$$

где 
$$T(r,f) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \ln^+ |f(e^{i\theta})| d\theta^-$$
 характеристика Р. Неванлинны функции  $f$ ,

 $\ln^+ a = \max(\ln a, 0), a \in \mathbf{R}_+$ . Отметим, что функция T(r, f) играет существенную роль в общей теории функций комплексного переменного (см. [3], [4], [5]).

Во многих задачах комплексного анализа часто возникает вопрос вложения одного класса аналитических функций в другой (см. [6], [7]). Например, при решении интерполяционных задач в классах  $S^{\ p}_{\omega}$  естественным образом возникает задача следующего типа:

Пусть  $\mu$  — неотрицательная борелевская мера в D ,  $0 . Каким условиям должна удовлетворять мера <math>\mu$  , чтобы для всех  $f \in S^p_\omega$ 

$$\int_{D} \left( \ln^{+} \left| f(\zeta) \right| \right)^{p} d\mu(\zeta) < +\infty? \tag{4}$$

В работе получена полная характеризация мер  $\mu$  , для которых справедлива указанная оценка. Для формулировки основного результата введем также следующие обозначения. Пусть  $l \in [0,1)$ ,  $\theta \in [-\pi,\pi]$ , положим

$$\Delta_{l}(\theta) = \left\{ z \in D : 1 - l < \left| z \right| < 1, \left| \arg z - \theta \right| \le \frac{l}{2} \right\}. \tag{5}$$

Справедлива

**Теорема 1.** Пусть  $\mu$  – конечная неотрицательная борелевская мера, заданная на подмножествах единичного круга D,  $1 \le p < +\infty$ . Тогда следующие утверждения равносильны:

a) 
$$\int_{D} \left( \ln^{+} \left| f(\zeta) \right| \right)^{p} d\mu(\zeta) \leq C \cdot \int_{0}^{1} \omega(1-r) T^{p}(r,f) dr < +\infty, \ \forall f \in S_{\omega}^{p}, \tag{6}$$

Физика, математика 81

6) 
$$\mu(\Delta_l(\theta)) \le C_1 \cdot \omega(l) \cdot l^{p+1}$$
, npu scex  $\theta \in [-\pi, \pi]$ ,  $0 < l < 1$ , (7)

где C,C – некоторые положительные числа, не зависящие от f и l .

При 0 характеризация мер имеет другой вид.

Зададим диадическое разбиение  $\Delta_{k,\ell}$  единичного круга D. Пусть  $k \in \mathbb{Z}_+$ ,  $\ell \in \mathbb{Z}_+$ , причем  $-2^k \le \ell \le 2^k - 1$ .

$$\Delta_{k,l} = \left\{ z \in D : 1 - \frac{1}{2^k} \le \left| z \right| < 1 - \frac{1}{2^{k+1}}, \frac{\pi \ell}{2^k} \le \arg z < \frac{\pi \left(\ell + 1\right)}{2^k} \right\}. \tag{8}$$

Ясно, что система диадических прямоугольников покрывает единичный круг однократно, причем  $\Delta_{k,l}$  и  $\Delta_{n,m}$  могут пересекаться только по границам, если  $(k,\ell) \neq (n,m)$ .

**Теорема 2.** Пусть  $\mu$  — конечная неотрицательная борелевская мера, заданная на подмножествах единичного круга D,  $0 , <math>\frac{1}{r_k = 1 - \frac{1}{2^k}}$ , k = 0,1,2... Тогда следующие утверждения равносильны:

a) 
$$\int_{D} \left( \ln^{+} \left| f(\zeta) \right| \right)^{p} d\mu(\zeta) \leq C \cdot \int_{0}^{1} \omega(1-r) T^{p}(r,f) dr < +\infty;$$
 (9)

$$6) \sum_{l=2^{k}}^{2^{k}-1} \left| \mu \left( \Delta_{k,\ell} \right) \right|^{\frac{1}{1-p}} \le c \left( 1 - r_{k} \right)^{\frac{1+p}{1-p}} \omega^{\frac{1}{1-p}} \left( 1 - r_{k} \right). \tag{10}$$

Замечание. Характеризация соответствующих мер в классах Харди и Бергмана не зависит от параметра p (см. [9], [10], [11]), а в классах  $S_{\omega}^{\ p}$ , как видно из (7), (10), зависимость существенная. Отметим также, что при доказательстве теорем 1, 2 мы применяем метод, разработанный ранее в работах [10], [11].

#### Доказательство теоремы 1.

Докажем импликацию (6)  $\Longrightarrow$  (7).

Пусть функция  $g \in A^p(\omega), g(z) = u(z) + iv(z)$ , тогда  $\exp\{\pm g(z)\} \in S^p_\omega$ . Введем также стандартные обозначения:  $u^+(z) = \max(0, u(z)), \ u^-(z) = \max(0, -u(z))$ . Тогда очевидно, что  $u^+(z) + u^-(z) = |u(z)|$ .

Из неравенства (6) получаем:

$$\int_{D} \left( u^{+}(\zeta) \right)^{p} d\mu(\zeta) \leq \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left| u(re^{i\theta}) \right| d\theta \right)^{p} dr$$
(11)

Действительно, положив  $f(z) = \exp\{g(z)\}$ , получим:

$$\int_{D} \left( \ln^{+} \left| f(\zeta) \right| \right)^{p} d\mu(\zeta) = \int_{D} \left\{ \left( \operatorname{Re} g(\zeta) \right)^{+} \right\}^{p} d\mu(\zeta) = \int_{D} \left( u^{+}(\zeta) \right)^{p} d\mu(\zeta) \leq \\
\leq \int_{D}^{1} \omega(1-r) T^{p}(r,f) dr = \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} u^{+} \left( re^{i\theta} \right) d\theta \right)^{p} dr \leq \\
\leq \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left| u \left( re^{i\theta} \right) \right| d\theta \right)^{p} dr \leq \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left| g \left( re^{i\theta} \right) \right| d\theta \right)^{p} dr < +\infty.$$

Из тех же соображений, положив  $f\left(z\right) = \exp\left\{-g\left(z\right)\right\}$ , имеем:

$$\int_{D} \left( u^{-}(\zeta) \right)^{p} d\mu(\zeta) \leq \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left| u\left(re^{i\theta}\right) \right| d\theta \right)^{p} dr$$
(12)

Складывая неравенства (11) и (12), получаем:

$$\int_{D} \left\{ \left( u^{+}(\zeta) \right)^{p} + \left( u^{-}(\zeta) \right)^{p} \right\} d\mu(\zeta) \leq \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left| u\left(re^{i\theta}\right) \right| d\theta \right)^{p} dr$$
(13)

Но поскольку для любого  $0 и любых <math>a,b \in \mathbb{C}$  справедлива оценка  $\left(\left|a\right| + \left|b\right|\right)^p \le 2^p \cdot \left(\left|a\right|^p + \left|b\right|^p\right)$ , то из (13) заключаем:

$$\int_{D} \left| u(\zeta) \right|^{p} d\mu(\zeta) \le c(p) \cdot \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left| u(re^{i\theta}) \right| d\theta \right)^{p} dr$$
(14)

Далее, так как  $g\in A^p\left(\omega\right), g\left(z\right)=u\left(z\right)+iv\left(z\right)$ , то и  $\exp\left\{\pm ig\left(z\right)\right\}\in S^p_\omega$ . Рассуждая, как выше, с учетом равенства  $v(z)=-\operatorname{Re}\left\{ig\left(z\right)\right\}$  получим:

$$\int_{D} \left| v(\zeta) \right|^{p} d\mu(\zeta) \leq \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left| v(re^{i\theta}) \right| d\theta \right)^{p} dr$$
(15)

Объединяя (14) и (15), заключаем:

$$\int_{D} |g(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta) \leq \int_{D} (|u(\zeta)| + |v(\zeta)|)^{p} d\mu(\zeta) \leq c_{1} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta) + \int_{D} |v(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) \leq c_{2} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta) + \int_{D} |v(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) \leq c_{2} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta) + \int_{D} |v(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) \leq c_{2} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) + \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) \leq c_{2} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) + \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) \leq c_{2} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) + \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) \leq c_{1} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) + \int_{D} |v(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) \leq c_{2} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) + \int_{D} |v(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) \leq c_{1} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) \leq c_{1} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) + \int_{D} |v(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) \leq c_{1} \cdot \left(\int_{D} |u(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)\right) + \int_{D} |v(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta)$$

Таким образом, в условиях теоремы для любой функции  $g \in A^p(\omega)$  справедлива оценка:

$$\int_{D} \left| g(\zeta) \right|^{p} d\mu(\zeta) \le c_{3} \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \left| g(re^{i\theta}) \right| d\theta \right)^{p} dr. \tag{16}$$

Не ограничивая общности, предположим, что  $\,\theta \! = \! 0\,,\,$  т.е.  $\,\Delta_l \left(0\,\right) \! = \! \Delta_l\,.$  Тогда подбирая в ка-

честве g(z) функцию  $\frac{\left(1-a^2\right)^{\beta}}{\left(1-az\right)^{2\beta}}$ , 0< a<1,  $\beta$  - достаточно большое число, после подстановки в неравенство (16), получим:

$$\begin{split} & \int\limits_{D} \left| g(\zeta) \right|^{p} d\mu(\zeta) \leq c_{3} \int\limits_{0}^{1} \omega(1-r) \Bigg( \int\limits_{-\pi}^{\pi} \frac{\left(1-a^{2}\right)^{\beta}}{\left|1-are^{i\theta}\right|^{2\beta}} d\theta \Bigg)^{p} dr \leq \\ & \leq c_{3} \left(1-a\right)^{\beta p} \int\limits_{0}^{1} \frac{\omega(1-r)}{\left(1-ar\right)^{(2\beta-1)p}} dr \leq c_{4} \frac{\omega(1-a)}{\left(1-a\right)^{p(\beta-1)-1}} = c_{4} \frac{\omega(l)}{l^{p(\beta-1)-1}}, \\ & \text{ где } l = 1-a, 0 < l < 1. \end{split}$$

При получении этой оценки мы воспользовались неравенством (см. [1])

$$\int_{0}^{1} \frac{\omega(1-r)}{(1-ar)^{\beta}} dr \le c \frac{\omega(1-a)}{(1-a)^{\beta-1}}$$

при достаточно больших  $\beta$ 

Ho 
$$|1-az|^2 = ((1-a)+a(1-r))^2 + 4ar\sin^2\frac{\theta}{2} \ge (1-a)^2$$
,  $z = re^{i\theta} \in \Delta_l$ , поэтому

Физика, математика 83

$$\int_{D} |g(\zeta)|^{p} d\mu(\zeta) = \int_{D} \frac{\left(1 - a^{2}\right)^{\beta p}}{\left|1 - a\zeta\right|^{2\beta p}} d\mu(\zeta) \ge \frac{\left(1 - a^{2}\right)^{\beta p}}{\left(1 - a\right)^{2\beta p}} \int_{\Delta_{l}} d\mu(\zeta) = c_{5} \frac{\mu(\Delta_{l})}{l^{\beta p}}, \\
l = 1 - a_{5} 0 < l < 1.$$

Таким образом,

$$c_5 \frac{\mu(\Delta_l)}{l^{\beta p}} \leq \int_D |g(\zeta)|^p d\mu(\zeta) \leq c_4 \frac{\omega(l)}{l^{p(\beta-1)-1}},$$

откуда непосредственно следует условие (7) теоремы.

Докажем обратную импликацию (7) $\Longrightarrow$ (6), т.е. если  $\mu$  - конечная неотрицательная мера в единичном круге D и  $\mu(\Delta_l) \leq const \cdot \omega(l) \cdot l^{p+1}$ , то справедлива оценка (6).

С учетом разбиения  $\Delta_{\!k,\ell}$  единичного круга D (см. (8)) имеем:

$$\int_{D} \left( \ln^{+} \left| f(\zeta) \right| \right)^{p} d\mu(\zeta) \leq \sum_{k=0}^{+\infty} \sum_{\ell=-2^{k}}^{2^{k}-1} \left( \ln^{+} \left| f(\zeta_{k,l}) \right| \right)^{p} \mu(\Delta_{kl}).$$

Применим теперь оценку (7) теоремы, в результате получим:

$$\sum_{k=0}^{+\infty} \sum_{\ell=-2^{k}}^{2^{k}-1} \left( \ln^{+} \left| f\left(\zeta_{k,l}\right) \right| \right)^{p} \mu\left(\Delta_{kl}\right) \leq c \sum_{k=0}^{+\infty} \sum_{\ell=-2^{k}}^{2^{k}-1} \left( \ln^{+} \left| f\left(\zeta_{k,\ell}\right) \right| \right)^{p} \omega\left(\ell_{k}\right) \cdot \ell_{k}^{p+1},$$

где  $\zeta_{k,l}$  - некоторая точка из  $\Delta_{k,l}$  ,  $\ell_k = r_{k+1} - r_k$  ,  $k \in \square_+$  .

Продолжим оценку:

$$\sum_{k=0}^{+\infty} \sum_{\ell=-2^k}^{2^k-1} \left( \ln^+ \left| f\left(\zeta_{k,l}\right) \right| \right)^p \omega \left( r_{k+1} - r_k \right) \cdot \left( r_{k+1} - r_k \right)^{p+1} \leq c \sum_{k=0}^{+\infty} \omega \left( 1 - r_k \right) \left( 1 - r_k \right) \sum_{\ell=-2^k}^{2^k-1} \left( \ln^+ \left| f\left(\zeta_{k,l}\right) \right| \right)^p \cdot \left( 1 - r_k \right)^p.$$

Учитывая теперь, что  $0 < \frac{1}{n} \le 1$  будем иметь:

$$c\sum_{k=0}^{+\infty}\omega(1-r_k)(1-r_k)\left(\sum_{l=-2^k}^{2^k-1}\left(\ln^+\left|f(\zeta_{k,l})\right|\right)^p\cdot\left(1-r_k\right)^p\right)^{\frac{p}{p}}\leq$$

$$\leq c \sum_{k=0}^{+\infty} \omega \left(1-r_k\right) \left(1-r_k\right) \left(\sum_{l=-2^k}^{2^k-1} \ln^+ \left|f\left(\zeta_{k,l}\right)\right| \cdot \left(1-r_k\right)\right)^p.$$

Рассмотрим круг 
$$K_{\rho}\left(\zeta_{k,l}\right) = \left\{\zeta: \left|\zeta - \zeta_{k,l}\right| < \rho\left(1 - \left|\zeta_{k,l}\right|\right)\right\},$$
 где  $\zeta_{k,l} \in \Delta_{kl}$ ,

 $-2^k \le l \le 2^k - 1$ ,  $0 < \rho < \frac{1}{2}$ , и субгармоническую функцию  $\ln^+ |f(\zeta)|$  в нем. Имеем:

$$\ln^{+}\left|f\left(\zeta_{k,l}\right)\right| \leq \frac{1}{\pi\rho^{2}\left(1-\left|\zeta_{k,l}\right|\right)^{2}} \int_{K_{\rho}\left(\zeta_{k,l}\right)} \ln^{+}\left|f\left(\zeta\right)\right| dm_{2}\left(\zeta\right),$$

откуда

$$\sum_{l=-2^{k}}^{2^{k}-1} (1-r_{k}) \ln^{+} \left| f(\zeta_{k,l}) \right| \leq \sum_{l=-2^{k}}^{2^{k}-1} \frac{1}{(1-r_{k})} \int_{K_{0}(\zeta_{k,l})} \ln^{+} \left| f(\zeta) \right| dm_{2}(\zeta).$$

Очевидно, что 
$$\bigcup_{l=2^k}^{2^k-1} K_{\rho}\left(\zeta_{k,l}\right) \subset \Pi_k = \left\{\zeta: 1 - \frac{1}{2^{k-1}} < \left|\zeta\right| < 1 - \frac{1}{2^{k+2}}\right\}$$
, поэтому:

$$\sum_{l=-2^{k}}^{2^{*}-1} \frac{1}{(1-r_{k})} \int_{K_{\rho}(\zeta_{k,l})} \ln^{+} |f(\zeta)| dm_{2}(\zeta) \leq \frac{1}{(1-r_{k})} \int_{\Pi_{k}} \ln^{+} |f(\zeta)| dm_{2}(\zeta) \leq$$

$$\leq \frac{\left(1-r_{k+2}\right)}{\left(1-r_{k}\right)} \int_{-\pi}^{\pi} \ln^{+} \left| f\left(r_{k+2}e^{i\theta}\right) \right| d\theta \leq c \int_{-\pi}^{\pi} \ln^{+} \left| f\left(r_{k+2}e^{i\theta}\right) \right| d\theta.$$

В последнем неравенстве мы воспользовались тем, что функция  $\rho \to \frac{1}{2\pi} \int\limits_{-\pi}^{\pi} \ln^+ \left| f \left( r e^{i\theta} \right) \right| d\theta \text{ монотонно возрастает (см. [5], с. 21)}.$ 

$$\int_{D} \left( \ln^{+} \left| f(\zeta) \right| \right)^{p} d\mu(\zeta) \leq c \sum_{k=0}^{+\infty} \omega(1-r_{k}) \left( 1-r_{k} \right) \left( \sum_{l=-2^{k}}^{2^{k}-1} \ln^{+} \left| f(\zeta_{k,l}) \right| \cdot (1-r_{k}) \right)^{p}.$$

Используя оценку (1), заключаем:

$$\sum_{k=0}^{+\infty} \omega (1-r_k) \Big(1-r_k\Big) \bigg(\int\limits_{-\pi}^{\pi} \ln^+ \left|f\Big(r_{k+2}e^{i\theta}\Big)\right| d\theta \bigg)^p \leq c \int\limits_{0}^{1} \omega (1-r) \bigg(\int\limits_{-\pi}^{\pi} \ln^+ \left|f\Big(re^{i\theta}\Big)\right| d\theta \bigg)^p dr.$$
 Теорема 1 доказана.

Доказательство теоремы 2.

Докажем сначала достаточность, то есть импликацию  $(10) \Longrightarrow (9)$ . С учетом разбиения (8) единичного круга получим:

$$\int_{D} \left( \ln^{+} \left| f(\zeta) \right| \right)^{p} d\mu(\zeta) \leq \sum_{k=0}^{+\infty} \sum_{\ell=-2^{k}}^{2^{k}-1} \max_{\zeta \in \Delta_{k,\ell}} \left( \ln^{+} \left| f(\zeta) \right| \right)^{p} \times \mu(\Delta_{k,\ell}). \tag{17}$$

Пусть точка  $\zeta_{k,l} \in \Delta_{k,\ell}$  , такая что

$$\max_{\zeta \in \Delta_{k,\ell}} \left( \ln^{+} \left| f(\zeta) \right| \right) = \ln^{+} \left| f(\zeta_{k,l}) \right|.$$

Будем предполагать, что  $\ln^+ \left| f(\zeta_{k,l}) \right| > 0$  (в противном случае, соответствующие оценки тривиальны). Учитывая субгармоничность функции  $\ln^+ \left| f(\zeta) \right|$  и теорему Харди-Литтлвуда (см. [6], с. 195), получаем:

$$\left(\ln^{+}\left|f\left(\zeta_{k,l}\right)\right|\right)^{p} \leq \frac{c}{\left|\Delta_{k,\ell}\right|} \int_{r_{k}}^{r_{k+1}} \int_{\alpha_{k,l}}^{\alpha_{k,l+1}} \left(\ln^{+}\left|f\left(\rho e^{i\theta}\right)\right|\right)^{p} d\theta \, \rho d\rho. \tag{18}$$

Применив к внутреннему интегралу неравенство Гёльдера с показателями  $q=\frac{1}{p},\ q'=\frac{1}{1-p},$  приходим к оценке:

$$\left(\ln^{+}\left|f\left(\zeta_{k,l}\right)\right|\right)^{p} \leq \frac{c}{\left|\Delta_{k,\ell}\right|} \int_{r_{k}}^{r_{k+1}} \int_{\alpha_{k,l}}^{\alpha_{k,l+1}} \ln^{+}\left|f\left(\rho e^{i\theta}\right)\right| d\theta\right)^{p} \left(\alpha_{k,l+1} - \alpha_{k,l}\right)^{1-p} \rho d\rho.$$

$$\sum_{k=0}^{+\infty} \sum_{\ell=-2^{k}}^{2^{k}-1} \left(\ln^{+}\left|f\left(\zeta_{k,l}\right)\right|\right)^{p} \mu\left(\Delta_{k,\ell}\right) \leq$$

$$\leq c \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{1}{\left|\Delta_{k,\ell}\right|} \left(\sum_{r_{k}}^{r_{k+1}} \sum_{\ell=-2^{k}}^{2^{k}-1} \left(\int_{\alpha_{k,l}}^{\alpha_{k,l+1}} \ln^{+}\left|f\left(\rho e^{i\theta}\right)\right| d\theta\right)^{p} \mu\left(\Delta_{k,\ell}\right) \left(\alpha_{k,l+1} - \alpha_{k,l}\right)^{1-p} d\rho\right). \tag{19}$$

Снова применим к внутренней сумме неравенство Гёльдера с показателями  $q=\frac{1}{p}, \ q'=\frac{1}{1-p},$  получим оценку (20):

$$\int_{r_{k}}^{r_{k+1}} \left( \sum_{\ell=-2^{k}}^{2^{k}-1} \int_{\alpha_{k,l+1}}^{\alpha_{k,l+1}} \ln^{+} \left| f\left(\rho e^{i\theta}\right) \right| d\theta \right)^{p} \times \left( \sum_{\ell=-2^{k}}^{2^{k}-1} \left( \mu\left(\Delta_{k,\ell}\right) \right)^{\frac{1}{1-p}} \left(\alpha_{k,l+1} - \alpha_{k,l}\right) \right)^{1-p} \right) d\rho \leq \int_{r_{k}}^{r_{k+1}} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln^{+} \left| f\left(\rho e^{i\theta}\right) \right| d\theta \right)^{p} \times \left( \sum_{\ell=-2^{k}}^{2^{k}-1} \left( \mu\left(\Delta_{k,\ell}\right) \right)^{\frac{1}{1-p}} \left(\alpha_{k,l+1} - \alpha_{k,l}\right) \right)^{1-p} \right) d\rho.$$

Физика, математика 85

Из (19), (20) окончательно получим:

$$\sum_{k=0}^{+\infty}\sum_{\ell=-2^k}^{2^k-1}\max_{\zeta\in\Delta_{k,\ell}}\Bigl(\ln^+\Bigl|f\bigl(\zeta^-\bigr)\Bigr|\Bigr)^p\;\mu\bigl(\Delta_{k,\ell}^-\bigr)\!\leq\!$$

$$\leq \sum_{k=0}^{+\infty} \int_{r_k}^{r_{k+1}} \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln^+ \left| f(\rho\zeta) \right| \left| d\zeta \right| \right)^p \left( \sum_{\ell=-2^k}^{2^k-1} \frac{1}{\left| \Delta_{k,\ell} \right|} \left( \mu(\Delta_{k,\ell}) \right)^{\frac{1}{1-p}} \left( \alpha_{k,l+1} - \alpha_{k,l} \right) \right)^{1-p} \right) d\rho.$$

Следовательно, если

$$\frac{\left(1-r_k\right)^{1-p}}{\left|\Delta_{k,\ell}\right|} \left(\sum_{\ell=-2^k}^{2^k-1} \left|\mu\left(\Delta_{k,\ell}\right)\right|^{\frac{1}{1-p}}\right)^{1-p} \leq c \cdot \omega(1-r_k),$$

то ести

$$\sum_{\ell=-2^{k}}^{2^{k}-1} \left| \mu \left( \Delta_{k,\ell} \right) \right|^{\frac{1}{1-p}} \leq c \cdot \left( 1 - r_{k} \right)^{\frac{1+p}{1-p}} \omega^{\frac{1}{1-p}} \left( 1 - r_{k} \right),$$

то

$$\sum_{k=0}^{+\infty}\sum_{\ell=-2^k}^{2^k-1}\max_{\zeta\in\Delta_{k,\ell}}\left(\ln^+\left|f(\zeta)\right|\right)^p\mu\left(\Delta_{k,\ell}\right)\leq \int_0^1\omega(1-r)\left(\int_{-\pi}^\pi\ln^+\left|f(\rho\zeta)\right|\left|d\zeta\right|\right)^pd\rho$$

откуда учитывая (17), получим

$$\int_{D} \left( \ln^{+} \left| f\left(\zeta\right) \right| \right)^{p} d\mu \left(\zeta\right) \leq \int_{0}^{1} \omega (1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \ln^{+} \left| f\left(\rho e^{i\theta}\right) \right| d\theta \right)^{p} d\rho.$$

Импликация (10) ⇒(9) установлена. Докажем теперь обратную импликацию.

Мы получим оценку (10) для суммы  $\sum_{l=0}^{2^{\kappa}-1} \left| \mu(\Delta_{\ell,k}) \right|^{\frac{1}{1-p}}$ . Остальная часть оценивается аналогичным образом.

Положим

$$f(z,t) = \sum_{l=0}^{2^{k}-1} \frac{c_{l,k} \varphi_l(t)}{\left(1 - \overline{z}_{k,l} z\right)^n}, \qquad t \in [0,1], z \in D,$$
(21)

где  $C_{l,k}$  - произвольная последовательность комплексных чисел,  $z_{k,l}$  - центр криволинейного прямоугольника  $\Delta_{k,l}$ ,  $\mathcal N$  - достаточно большое натуральное число,  $\varphi_l(t)$  - функция Радемахера порядка l . Положим также

$$F(z,t) = \exp f(z,t)$$
.

Очевидно, что для произвольного  $t \in [0,1]$  функция  $F \in S^p_\omega$ . Поэтому если выполняется (9), то

$$\int_{D} |f(z,t)|^{p} d\mu(z) \leq c \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} |f(re^{i\theta},t)| d\theta \right)^{p} dr$$

Проинтегрируем это неравенство по  $t \in [0,1]$ . Меняя порядок интегрирования, получаем:

$$\iint_{D0} |f(z,t)|^p dt d\mu(z) \le c \int_0^1 \omega(1-r) \int_0^1 \left( \int_{-\pi}^{\pi} |f(re^{i\theta},t)| d\theta \right)^p dt dr$$

Используя известное свойство системы Радемахера (см. [12], с. 341), получаем:

$$\int_{D} \left( \sum_{l=0}^{2^{k}-1} \frac{\left| c_{l,k} \right|^{2}}{\left| 1 - \overline{z}_{k,l} z \right|^{2n}} \right)^{\frac{p}{2}} d\mu(z) \leq c \int_{0}^{1} \omega(1-r) \left( \int_{-\pi}^{\pi} \sum_{l=0}^{2^{k}-1} \frac{\left| c_{l,k} \right|}{\left| 1 - \overline{z}_{k,l} z \right|^{n}} d\theta \right)^{p} dr'$$

то есть

$$\begin{split} &\sum_{\ell=0}^{2^{k}-1} \left| c_{l,k} \right|^{p} \mu \left( \Delta_{k,\ell} \right) \leq \left( 1 - r_{k} \right)^{pn} \int_{0}^{1} \omega \left( 1 - r \right) \times \left( \sum_{\ell=0}^{2^{k}-1} \frac{\left| c_{l,k} \right|}{\left( 1 - r_{k} r \right)^{n-1}} \right)^{p} dr \leq \\ &\leq c \left( 1 - r_{k} \right)^{pn} \int_{0}^{1} \frac{\omega \left( 1 - r \right)}{\left( 1 - r_{k} r \right)^{p(n-1)}} dr \times \left( \sum_{\ell=0}^{2^{k}-1} \left| c_{l,k} \right| \right)^{p} \cdot \end{split}$$

Снова учитывая оценку (см. [1])

$$\int_{0}^{1} \frac{\omega(1-r)}{(1-r_{k}r)^{p(n-1)}} dr \leq \frac{c\omega(1-r_{k})}{(1-r_{k})^{p(n-1)-1}},$$

в итоге получаем:

$$\sum_{\ell=0}^{2^{k}-1} \left| c_{l,k} \right|^{p} \mu \left( \Delta_{k,\ell} \right) \leq c \omega \left( 1 - r_{k} \right) \left( 1 - r_{k} \right)^{1+p} \times \left( \sum_{\ell=0}^{2^{k}-1} \left| c_{l,k} \right| \right)^{p},$$

откуда нетрудно вывести оценку (10). Импликация (9) = (10) установлена.

Теорема 2 доказана полностью.

In this paper we get a complete description of those non-negative Borel measures  $\mu$  in the unit circle, for which the class  $S_{\mu}^{p}$  is embedded in the Lebesgue space.

The key words: embedding theorem, the Lebesgue space, Borel measure.

#### Список литературы

- 1. Шамоян Ф. А. Параметрическое представление и описание корневых множеств весовых классов голоморфных в круге функций \\ Сиб. матем. журн., Т. 40, №6, 1999. С. 1422–1440.
- 2. Шамоян Ф.А., Шубабко Е.Н. Введение в теорию весовых  $L^p$  –классов мероморфных функций. Брянск: БГУ, 2009. 152 с.
  - 3. Неванлинна Р. Однозначные аналитические функции. М.-Л.: ГИТТЛ, 1941. 388 с.
- 4. Гольдберг А.А., Островский И.В. Распределение значений мероморфных функций М.: Наука.1970. 457 с.
  - 5. Хейман У.К. Мероморфные функции .М.: Мир. 1966. 447 с.
  - 6. Гарнетт Дж. Ограниченные аналитические функции М.: Мир, 1984. 469 с.
  - 7. Кусис П. Введение в теорию пространств  $H^p$ : Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 368 с.
- 8. Виноградов С.А., Хавин В.П. Свободная интерполяция в  $H^{\infty}$  и в некоторых других классах функций // Зап. научн. семин. ЛОМИ, Т. 47, 1974 с. 15-54.
- 9. Олейник В.Л. Теоремы вложения для весовых классов гармонических и аналитических функций // Исследования по линейным операторам и теории функций. V, Зап. научн. сем. ЛОМИ, 47, Изд-во «Наука», Ленинград. отд., Л., 1974. С. 120-137.
- 10. Шамоян Ф.А. Теорема вложения в пространствах *N* -гармонических функций и некоторые приложения // ДАН АрмССР, Т. 62, №1, 1976.
- 11. Шамоян Ф.А. Теоремы вложения и характеристика следов в пространствах  $H^p(U^n)$ , 0<p<+∞ // Матем. сб., Т. 107(149), №3(11), 1978. С. 446–462.
  - 12. Зигмунд А. Тригонометрические ряды .М.: Мир, 1965. 615 с.

#### Об авторах

Шамоян  $\Phi$ . А.- доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой математического анализа БГУ, shamoyanfa@yandex.ru;

Родикова Е. Г.- аспирантка 2 года обучения кафедры математического анализа БГУ, evheny@yandex.ru.

#### ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

#### УДК 581.526.427

## КАЛЬЦЕФИТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЗАПОВЕДНИКА ДИВНОГОРЬЕ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

#### Е. А. Аверинова

В статье разработана синтаксономия кальцефитной растительности заповедника Дивногорье (Воронежская область). Дана характеристика синтаксонов.

**Ключевые слова:** кальцефитная растительность, кальцефильные виды, Helianthemo—Thymetea, синтаксономия, ассоциация, заповедник Дивногорье, Воронежская область.

## Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных МК-2019.2011.4

Уникальные растительные сообщества правого крутого склона долины р. Тихая Сосна близ её впадения в Дон, распространённые на открытом мелу, издавна вызывают у ботаников большой интерес. В настоящее время они охраняются на территории музея-заповедника Дивногорье. Растительному покрову заповедника посвящена обширная ботаническая литература [1-3], однако с позиций синтаксономии Браун-Бланке его фитоценотическое разнообразие ещё не анализировалось.

В 2011 г. было проведено геоботаническое обследование правого коренного склона долины р. Тихая Сосна в пределах заповедника Дивногорье. Выполнено 15 полных геоботанических описаний на пробной площади 100 м<sup>2</sup>. Классификация проведена по методике Браун-Бланке [7] с использованием программ TURBOVEG и MEGATAB [8]. Названия синтаксонов даны в соответствии с Кодексом фитосоциологической номенклатуры [9]. Ниже приведена характеристика выделенных синтаксонов.

#### Продромус

Класс *Helianthemo-Thymetea* Romaschenko, Didukh et V. Sl. 1996

Порядок *Thymo cretacei–Hyssopetalia cretacei* Didukh 1989

Союз Centaureo carbonatae-Koelerion talievii Romaschenko, Didukh et V. Sl. 1996

Acc. Astragalo albicaulis-Cephalarietum uralensis ass. nov. hoc loco

Bap. Polygala sibirica

Bap. Minuartia setacea

**Ассоциация** *Astragalo albicaulis–Cephalarietum uralensis* ass. nov. hoc loco (таблица, номенклатурный тип (*holotypus*) – оп. 7).

Состав и структура. Диагностические виды: Agropyron cristatum, Alyssum lenense, Androsace koso-poljanskii, Astragalus albicaulis, Carex humilis (dom.), Cephalaria uralensis, Koeleria talievii. Травостой обычно дифференцирован на два подъяруса. Основными доминантами нижнего подъяруса высотой 5-15 см являются Carex humilis, создающая во многих сообществах ярко-зелёный фон, и Thymus calcareus. Местами их дополняют тёмно-зелёные пятна Androsace koso-poljanskii и сизозелёные вкрапления Astragalus albicaulis, Onosma simplicissima, Euphorbia seguierana, Teucrium polium. В одном из фитоценозов обилен реликтовый вид Schivereckia podolica. Второй подъярус высотой от 40 до 90 см сформирован генеративными побегами Gypsophila altissima и Cephalaria uralensis. На многих участках эти виды создают желтовато-белый аспект. Общее проективное покрытие травостоя варьирует от 15 до 70 % (среднее – 45 %). На более пологих частях склонов развит тёмно-бурый подсед из мха Tortula ruralis с покрытием 15-40 %. Флористическая насыщенность фитоценозов колеблется от 19 до 40 видов на 100 м² (в среднем 30).

**Распространение и экология.** Сообщества занимают весь правый коренной склон долины Тихой Сосны от прибровочной придолинной части до нижней, включая также склоны впадающих в долину балок и оврагов разных экспозиций. Крутизна склонов варьирует очень сильно – от 2 до 45°. Субстрат – преимущественно меловой мелкозём со щебнем, лишь на самых пологих участках присутствует очень тонкий слой эродированной почвы. Хозяйственное использование фитоценозов отсутствует.

Синтаксономическое положение ассоциации с применением классификационных и ординационных методов было проанализировано ранее [4]. В этой работе ассоциация фигурировала под названием Cephalario uralensis—Caricetum humilis Averinova nom. ined. Она отнесена к союзу Centaureo carbonatae—Koelerion talievii, пограничному между классами Helianthemo—Thymetea и Festuco—Brometea [5]. Мы не поддерживаем перенесение данного союза из Helianthemo—Thymetea в Festuco—Brometea [6] и рассматриваем его в составе первого класса.

Ассоциация подразделяется на два варианта.

**Вариант** *Polygala sibirica* диагностируют *Crambe tataria, Festuca cretacea, Polygala sibirica*. Вариант объединяет типичные для класса *Helianthemo–Thymetea* сообщества, занимающие крутые

части склонов с голым мелом.

**Вариант** *Minuartia setacea* диагностируют *Astragalus austriacus, Minuartia setacea, Oxytropis pilosa, Poa bulbosa, Polygala cretacea, Scabiosa ochroleuca, Stipa capillata, Tortula ruralis.* Он объединяет фитоценозы, более насыщенные степными видами по сравнению с предыдущим вариантом и являющиеся переходными к классу *Festuco–Brometea*. Они распространены на пологой (2-4°) придолинной части склонов возле бровки с фрагментарным слаборазвитым почвенным слоем. Сообщества варианта граничат со степными залежами, занимающими плакор.

Характе	ризун	ощая	1 таб.	лица	уста	новл	еннь	іх си	нтак	соноі	В			
Варианты				ıla sibii						rtia seta		)		
Табличный № описаний	1	2	3	4	5	6	7*	8	9	10	11	12		
Экспозиция склона	вюв	В	юз	Ю	Ю	В	ююз	сз	ЮЗ	ЮЗ	-	3		Per Per
Крутизна склона, град.	25	25	45	10	5	15	40	3	4	3	-	2	] }	постоянство
Часть склона	В	Н	В	В	c	В	Н	пд	пд	пд	-	В	] ;	140
Покрытие травяного яруса, %	45	50	40	15	25	45	50	45	60	60	50	70	]	5
Покрытие мохового яруса, %	-	-	0,5	-	-	-	-	15	40	30	25	25	Ì	i
Средняя высота травостоя, см	5	7	5	5	5	7	15	5	15	15	10	30		
Макс. высота травостоя, см	90	90	60	50	90	50	90	40	90	40	50	60		
Число видов	26	38	27	20	19	27	37	40	33	31	31	32	a	b
Д. в. ас	социац		agalo a	ılbicaul	is–Cep								1	i
Carex humilis	1	+	r	r	r	2	2	+	2	3	2	3	V	V
Androsace koso-poljanskii	+	+		+	2	1	+	+		r	+	r	V	IV
Koeleria talievii ( <b>CK</b> )	+ +	r		+		+	+	+	r	r	+	+	IV	V
Cephalaria uralensis	+	++	1 +	+	+	+	1	•	+	+		•	V	III
Astragalus albicaulis Agropyron cristatum	+	+		r	•	+	r +	r	+	r +	r r	r	IV	V
Alyssum lenense	+	+	+	r	•	+	+	1	r	+	+	r	V	IV
11tyssum tenense	· ·				gala sib			•	•		·	•		1 - 1
Polygala sibirica	r	+	r	r	+	+	+						V	I
Crambe tataria		r	r	r		+	r		r				IV	İ
Festuca cretacea	r	r	+	+	+				-				IV	
		Д. в. в	арианта	a Minu	artia se	tacea							·	
Minuartia setacea								+	+	+	+	+	1.	V
Astragalus austriacus						r		r	r	+	r	r	I	V
Scabiosa ochroleuca	+					+		+	+	+	+	+	II	V
Poa bulbosa								+	+	+	+	2		V
Tortula ruralis			+					2	3	3	2	2		V
Oxytropis pilosa								r	r	+	+			IV
Stipa capillata							+		r	r		r	I	III
Polygala cretacea						. •		r			r	r		III
			reo car		e–Koel		ılievii (C						1	1 **
Vincetoxicum hirundinaria	+	+	+	r		+	r +	+	+	+	r	+	V	V
Salvia nutans	r	+		•	r	•	+	+	+	+	r	+	III	V II
Thalictrum minus Д. в. порядка <b>Thyr</b>	r no crat	acei H	vecan <i>at</i>	alia ere	<i>tacoi</i> 11			thama	Thyma	otoa	r	r	111	11
Gypsophila altissima	10 Creii	1   11	yssopei 2	<i>ини сте</i> +	1	2	+	2	-1 nyme 2	2	2	1	V	V
Thymus calcareus	3	3	2	1	1	2	2	2	+	+	1	r	v	v
Teucrium polium	+	+	+		+	+	+	+	1	+	+	+	v	v
Linum ucrainicum	+	+	+	+	+	+	+	+	r	+	+	r	V	V
Pimpinella tragium	+	1	+	1	+	+		+			r		V	II
Onosma simplicissima	+	1	+	+	+	+		+	r		1		V	III
Asperula tephrocarpa	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		V	III
Bupleurum falcatum		+	+			+	+	+	+	r	r	r	III	V
			класса	Festuce	9–Brom								ā	
Festuca valesiaca	+	+	r	r	+	+	+	+	+	+	+	+	V	V
Campanula sibirica	r	r	r			r	+	r	r		r	+	IV	IV
Euphorbia seguierana	+	+	+		•	•	r		+	1	+		III	III
Medicago falcata Stipa pennata		+	+	•	•	•	+	r	+	+	•	2	III	III
Securigera varia	r	r +	•	•	•	•	+	r	+	+	r		II	III
Echinops ruthenicus	•	+	•	•	r	•	+		+	'	1		III	I
Viola ambigua	•	r	•	•	1	•	r	r		•	•	r	II	II
Galium octonarium			+	•	•	•	+		+	+	•		II	II
Stachys recta		+					+		r				II	I
Euphorbia stepposa					r			+			r		I	II
Jurinea arachnoidea					r			r			+		I	II
Bromopsis riparia		+						r		r			I	II
• •			Про	чие ви,	ды									
Hieracium sp.			r			+		+	r	r	+	+	II	V
Allium inaequale			r			r			+	+	r		II	III
Erysimum canescens		r	r			r	+			r		r	III	II
Elytrigia intermedia		-	r		+		+		r	-			III	I
Potentilla sp.		+				+			•	•	+	+	II	II
Reseda lutea	r	r						r					II	I
Diplotaxis cretacea	r				•	•		r	•	•	•	r	I	II
Genista tinctoria		+	+	•	•	•	+	+	•	•	•		III	i
Abietinella abietina	٠.				•	•	•		•	•	•	•	١ .	1 1

**Примечание.** Знаком «\*» отмечен номенклатурный тип ассоциации.

**Единично встречены:** Acer negundo - 2 (r), Acinos arvensis - 12 (r), Ajuga chia - 8 (r), Anthericum ramosum - 2 (r), Artemisia austriaca - 9 (r), Asperula cynanchica - 11 (r), 12 (+), Astragalus onobrychis - 10 (+), Centaurea pseudomaculosa - 8 (r), Centaure

**Локализация описаний:** Воронежская область, Лискинский р-н, окрест-ти с. Дивногорье, музей-заповедник Дивногорье, правый коренной склон долины р. Тихая Сосна: оп. № 1, 2, 4-7, 11, 12 – 29.07.2011; оп. № 3, 9, 10 – 28.07.2011; оп. № 8 – 30.07.2011. Автор описаний Е. А. Аверинова.

In the article the syntaxonomy of the calciphytic vegetation of the nature reserve Divnogorye (Voronezh Region) is done. The characteristic of the syntaxa is done.

The key words: calciphytic vegetation, calciphilous species, Helianthemo-Thymetea, syntaxonomy, association, the nature reserve Divnogorye, Voronezh Region.

#### Список литературы

- 1. Агафонов В. А., Ганнибал Б. К., Чернобылова М. В. К созданию экологической сети на территории Центрального Черноземья // Состояние, изучение и сохранение заповедных природных комплексов лесостепной зоны: Сб. науч. статей, посв. 65-летию Хопёрского государственного природного заповедника. Воронеж, 2000. С. 128-130.
- 2. Хмелев К. Ф., Чернобылова М. В. Конспект флоры сосудистых растений музея-заповедника «Дивногорье» / Воронеж. ун-т. Воронеж, 1996. 52 с. Деп. в ВИНИТИ 29.01.1997, № 264-В97.
- 3. Хмелев К. Ф., Чернобылова М. В. Растительность Дивногорья // Дивногорье: природа и ландшафты. Воронеж, 1996. С. 51-56.
- 4. Аверинова Е. А. Кальцефитная растительность Среднерусской возвышенности (в пределах Российской Федерации) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1 (4). С. 950-953.
- 5. Ромащенко К. Ю., Дідух Я. П., Соломаха В. А. Синтаксономія класу Helianthemo-Thymetea cl. nov. рослинності крейдяних відслонень південно-східної України // Укр. фітоцен. зб. 1996. Серія А. № 1. С. 49-62.
- 6. Коротченко І. А., Дідух Я. П. Степова рослинність південної частини Лівобережного Лісостепу України // Укр. фітоцен. зб. 1997. Серія А. № 1 (6). С. 20-39.
- 7. Westhoff V., van der Maarel E. The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities. The Hague: Junk, 1978. P. 287-399.
- 8. Hennekens S. M. TURBO(VEG). Software package for input, processing and presentation of phytosociological data. Lancaster: Wageningen et University of Lancaster, 1995. 70 p.
- 9. Weber H. E., Moravec J., Theourillat D.-P. International code of phytosociological nomenclature. 3<sup>rd</sup> editional // Journal of Vegetation Science. 2000. Vol. 11. N 5. P. 739-768.

#### Об авторе

Аверинова Е. А.-доцент кафедры ботаники Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, elena averi@mail.ru

УДК 581.526.427

## ОСТЕПНЁННЫЕ ОПУШЕЧНЫЕ СООБЩЕСТВА ПРИОКСКО-ТЕРРАСНОГО ЗАПОВЕДНИКА (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

#### Е. А. Аверинова, И. М. Ивенкова

В статье разработана синтаксономия остепнённых опушечных сообществ Приокско-Террасного заповедника (Московская область). Дана характеристика синтаксонов.

**Ключевые слова:** остепнённые опушечные сообщества, Trifolio—Geranietea sanguinei, синтаксономия, ассоциация, Приокско-Террасный заповедник, Московская область.

### Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных МК-2019.2011.4

Приокско-Террасный заповедник, находящийся на юге Московской области (Серпуховский район), расположен на стыке двух подзон лесной зоны: хвойно-широколиственных и широколиственных лесов [1-4]. Уникальная особенность заповедника – существование на его территории, в урочище Долы, сообществ с обширным комплексом луговостепных видов, оторванных от основного ареала луговых степей примерно на 200 км. Это фрагмент знаменитой окской флоры в понимании Н. Н. Кауфмана [5]. В ботанической литературе эти сообщества, наряду с более или менее сходными фитоценозами из других участков долины Оки, однозначно относят к луговым степям [6-8]. Однако

как показывает наш опыт классификации сообществ со степными видами из лесной зоны [9-13], чаще всего их нельзя назвать степями. В системе эколого-флористической классификации по методу Браун-Бланке они обычно относятся к ксеротермным опушкам класса *Trifolio-Geranietea sanguinei*. В этой связи нами была поставлена задача — выяснить, какой же характер носят уникальные сообщества Приокско-Террасного заповедника: луговостепной или опушечный?

Для этого в 2010 г. было проведено геоботаническое обследование урочища Долы. Выполнено 31 полное геоботаническое описание на пробной площади 100 м². Классификация проведена по методике Браун-Бланке [16] с использованием программ TURBOVEG и MEGATAB [17]. Описанные сообщества разделились на две группы. Первая группа обнаруживает ярко выраженный степной характер и поэтому включена в класс *Festuco–Brometea* (этим фитоценозам будет посвящена отдельная публикация). Вторая, включающая 14 описаний, представляет собой типичные опушки класса *Trifo-lio–Geranietea*, которые рассматриваются в данной статье.

Названия синтаксонов даны в соответствии с Кодексом фитосоциологической номенклатуры [18]. Наряду с классическим синтаксономическим анализом, применялся дедуктивный метод [19]. Ниже приведена характеристика выделенных синтаксонов.

#### Продромус

Класс Trifolio-Geranietea sanguinei Th. Müller 1962

Порядок *Origanetalia* Th. Müller 1962

Союз Geranion sanguinei R. Tx. in Th. Müller 1962

Acc. Fritillario ruthenicae-Melicetum pictae Averinova ass. nov. hoc loco

Базальное сообщество Seseli libanotis [Trifolio-Geranietea sanguinei]

**Ассоциация** *Fritillario ruthenicae–Melicetum pictae* Averinova ass. nov. hoc loco (таблица, оп. 1-9; номенклатурный тип (*holotypus*) – оп. 1).

Состав и структура. Диагностические виды: Aconitum nemorosum, Cerasus fruticosa, Fritillaria ruthenica, Lathyrus pisiformis, Melica picta (dom.), Rosa majalis, Stipa pennata, Veratrum nigrum. Данный диагностический блок выявлен путём сопоставления флористического состава сообществ Приокско-Террасного заповедника с синтаксонами класса *Trifolio-Geranietea* из близлежащих областей [9-13]. Основной ареал большинства диагностических видов лежит в пределах лесостепной и степной зон, а в описанных сообществах они находятся на северной границе своего распространения. Эти виды занесены в Красную книгу Московской области [14] (Aconitum nemorosum, Cerasus fruticosa, Fritillaria ruthenica, Melica picta, Stipa pennata, Veratrum nigrum). Фон в травостое создаёт дерновинный злак Melica picta. Основным содоминантом является Geranium sanguineum, создающая красочный тёмно-розовый аспект. В июне этот аспект местами дополнен вкраплениями серебристых остей ковыля и белых соцветий Amoria montana. Важную физиономическую роль играет кустарник Cerasus fruticosa, блестящие яркозелёные листья которого придают сообществам особую живописность. В мае отмечается белый аспект степной вишни. Общее проективное покрытие травостоя варьирует от 45 до 90 % (среднее – 60), средняя высота его на уровне наибольшего развития растительной массы изменяется от 30 до 40 см. В большинстве сообществ развит кустарниковый ярус из Cerasus fruticosa и Rosa majalis, покрытие которого местами достигает 20 %. Средняя высота кустарников составляет 40-50 см, но отдельные плодоносящие экземпляры шиповника возвышаются над землёй на 90 см. Изредка отмечаются единичные особи *Populus tremula* высотой 50-100 см. Моховый ярус в большинстве фитоценозов отсутствует. Иногда отмечается Brachythecium albicans с покрытием 0,5 %. Флористическая насыщенность колеблется от 31 до 43 видов на 100 м<sup>2</sup> (в среднем 37). При высокой активности степных растений класса *Festuco*— Brometea (таблица) фитоценотическая роль опушечных видов Trifolio-Geranietea более значительна.

Распространение и экология. Сообщества распространены вблизи южной границы заповедника – в урочище Долы. Это урочище представляет собой участки высокой поймы левобережья Оки, окаймлённые дугообразными песчаными валами первой надпойменной террасы. Коренные породы – известняки каменноугольного возраста, перекрытые днепровской мореной и одетые мощным покровом аллювиально-флювиогляциальных песков [15]. Валы покрыты сосновым лесом, а характеризуемые сообщества занимают их пологую (1-5°) нижнюю часть с песчано-перегнойными почвами, плавно переходящую в пойму. Экспозиция склонов юго-восточная и юго-западная с переходом на южную. Хозяйственное использование фитоценозов отсутствует, о чём свидетельствует слой ветоши. Пограничные пойменные участки заняты преимущественно луговостепными фитоценозами с доминированием ковыля перистого, типчака и других степных видов.

Базальное сообщество Seseli libanotis [Trifolio-Geranietea sanguinei] (таблица, оп. 10-14). Состав и структура. Диагностические виды: Alopecurus pratensis, Glechoma hederacea, Inula salicina, Melampyrum nemorosum, Myosotis suaveolens, Seseli libanotis (dom.), Tragopogon orientalis, Veronica spuria. Облик сооб-

ществ определяет Seseli libanotis. В роли содоминантов иногда выступают Galium verum и Amoria montana. Обильна Fragaria viridis, создающая подъярус в травостое. Общее проективное покрытие травяного яруса варьирует от 70 до 90 %, средняя высота его изменяется от 10 до 50 см. Кустарниковый ярус отсутствует. Мхи Brachythecium albicans и Abietinella abietina на одном из участков образуют подсед с покрытием 90 %. Флористическая насыщенность колеблется от 38 до 48 видов на  $100 \,\mathrm{m}^2$  (в среднем 43).

**Распространение и экология.** Фитоценозы распространены на высотном градиенте ниже по сравнению с предыдущим синтаксоном. Они занимают крайние нижние части песчаных валов террасы, а также наиболее затенённые и увлажнённые плоские участки поймы вблизи леса с песчаными дерново-аллювиальными почвами.

Характеризующая таблица установленных синтаксонов ассоциация базальное с-во Синтаксоны Fritillario–Melicetum Seseli libanotis (b) № описаний 3 4 5 6 8 9 10 11 12 13 Постоянство Экспозиция склона юв юв ЮЗ Ю ЮЗ ЮВ ЮЗ ю ю ЮВ 5 5 3 3 3 4 Крутизна склона, град. 1 3 90 90 55 60 45 50 50 50 60 80 90 90 90 70 Покрытие травяного яруса, % Покрытие кустарникового яруса, % 5 5 20 15 2 20 1 0,5 0,5 0,5 Покрытие мохового яруса, % 0,5 Средняя высота кустарников, м 0,4 0,5 0,4 0,5 35 50 35 35 40 40 35 Средняя высота травостоя, см Число видов 43 31 38 45 48 38 b Fritillario ruthenicae-Melicetum pictae Ш Melica picta 4 4 Lathyrus pisiformis V Fritillaria ruthenica V IV r r V Aconitum nemorosum Stipa pennata + IV Rosa majalis 2 IV Cerasus fruticosa III Veratrum nigrum Д. в. базального сообщества Seseli libanotis [Trifolio-Geranietea sanguinei] Seseli libanotis 1 r 3 Glechoma hederacea II IV IV Alopecurus pratensis I Melampyrum nemorosum II IV r IV Tragopogon orientalis r Veronica spuria Ш Inula salicina Ш Myosotis suaveolens Д. в. союза Geranion sanguinei Geranium sanguineum 3 IV П Vincetoxicum hirundinaria r Ш Melampyrum cristatum Ι Galium tinctorium IV Trifolium alpestre IV Ш Clematis recta Д. в. порядка Origanetalia и класса Trifolio Campanula rapunculoides IV IV Veronica teucrium IV Primula veris + + + IV Stachys officinalis IV IV Origanum vulgare III II Ш Viola hirta Д. в. класса Festuco Brom etea 3 Fragaria viridis Filipendula vulgaris V 2 2 2 V V Galium verum V Phlomoides tuberosa V IV V Amoria montana 2 Poa angustifolia IIIV Seseli annuum Ш Festuca valesiaca IIIThalictrum minus II IV r r III Ι Medicago falcata Centaurea scabiosa II I Polygala comosa Д. в. класса Molinio-Arrhenatheretea Veronica chamaedrys + V Centaurea jacea Heracleum sibiricum r I I + П Plantago lanceolata Dactylis glomerata II Festuca pratensis II

Festuca rubra

7 . 1. 1 .	1														1	l m
Lysimachia nummularia	-								•	+		+		•		111
Thalictrum lucidum	-									r		r				II
Taraxacum officinale												r	+			II
Campanula patula	-												r	r		II
	Ι	Ірочи	е виді	Ы						_						_
Pimpinella saxifraga	+	+	+	+	r	+	+	+	r	+	+	+	r	+	V	V
Ranunculus polyanthemos	+	+	r	+	+	+				+	+	+	+		IV	IV
Eryngium planum	+	+	r			r	r		r	r	+	+		+	IV	IV
Securigera varia	+	1	+	+		+	+	r	r			+	r		V	II
Calamagrostis epigeios	+	+	+	+	+	+		+	+				+		V	I
Galium boreale		r	+	+	+			r	+			+		+	IV	II
Steris viscaria	+		r			r	+	r	r				+		IV	I
Carex praecox	+	1	+				+			2	+	+	+	1	III	V
Achillea millefolium	+	+	+			+				+	+	+	+		III	IV
Euphorbia virgata		r	r	r					r		+	+		r	III	III
Genista tinctoria	r		+			r	+				r			r	III	II
Agrimonia eupatoria	r				r	r	r				r				III	I
Quercus robur		r		r	r	r	r			r					III	I
Allium oleraceum	r						r					r		r	II	II
Rumex thyrsiflorus		r					r		r	r	+	+	+	r	II	V
Tanacetum vulgare					r	r			+	r		r	r	+	II	IV
Dianthus sp.											+	+	r	r		IV
Trommsdorfia maculata	r					r		+							II	
Aristolochia clematitis	+	+									r				II	I
Brachythecium albicans			+	+			+	·					+	3	II	II
Abietinella abietina	•	•			•	•		•	•	•	•	•		3		I
			•	•		•	•	•	•	ı .	•	•	•	_	١.	

**Примечание.** Знаком «\*» отмечен номенклатурный тип ассоциации.

Единично встречены: Amoria repens – 14 (r), Anthericum ramosum, Anthriscus sylvestris – 10 (r), Asparagus officinalis – 1 (r), Astragalus cicer – 4 (r), Bromopsis inermis – 10 (+), Campanula sp. – 2 (+), Carduus sp. – 2, 9 (r), Carex contigua – 10, 12 (+), Convolvulus arvensis – 5 (r), Euonymus verrucosa – 4 (r), 8 (+), Geranium pratense – 10 (r), Helictotrichon pubescens – 2 (r), Hieracium sp. – 13 (r), Hylotelephium maximum – 11, 13 (r), Iris sibirica – 4 (+), Knautia arvensis – 1, 6 (r), Linaria vulgaris – 12 (+), Lithospermum officinale – 4 (+), Phleum phleoides – 7, 13 (+), P. pratense – 11 (r), Pinus sylvestris – 6 (r), Poa pratensis – 13 (+), Polygonatum odoratum – 3 (+), Populus tremula – 7 (+), Potentilla arenaria – 3 (r), P. argentea – 12, 14 (r), P. sp. – 6 (r), Pulmonaria angustifolia – 4 (r), Ranunculus auricomus – 10 (+), Rumex confertus – 10 (r), Salvia pratensis – 2 (r), Turritis glabra, Valeriana sp. – 14 (r), Vicia sp. – 5 (r), Vicia tetrasperma – 12 (r), 14 (+).

**Локализация описаний:** Московская обл., Серпуховский р-н, 1,7 км на 3Ю3 от д. Республика, Приокско-Террасный заповедник, квартал № 34 (а) (урочище «Долы»): оп. 1, 2, 4, 5, 8, 9, 14 - 06.06.2010; оп. 3, 6, 7 - 07.06.2010; оп. 11-13 - 08.06.2010. Автор описаний Е. А. Аверинова.

In the article the syntaxonomy of the steppe fringe communities of the Prioksko-Terrasny nature reserve (Moscow Region) is done. The characteristic of the syntaxa is done.

The key words: the steppe fringe communities, Trifolio-Geranietea sanguinei, syntaxonomy, association,. the Prioksko-Terrasny nature reserve, Moscow Region.

Авторы благодарят директора Приокско-Террасного заповедника А. И. Ивонина за помощь в организации исследований. Отдельную благодарность авторы выражают с.н.с. ИФПБ РАН Н. Н. Зеленской за ценные научные консультации.

#### Список литературы

- 1. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР. Л.: БИН АН СССР, 1989. 63 с.
- 2. Курнаев С. Ф. Дробное лесорастительное районирование нечерноземного центра. М.: Наука, 1982. 120 с.
- 3. Смирнов П. А. Флора Приокско-Террасного государственного заповедника // Тр. Приокско-Террасного гос. заповед. Вып. 2. М., 1958.247 с.
- 4. Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / Под ред. О. В. Смирновой, Е. С. Шапошникова Спб.: РБО, 1999. 549 с.
  - 5. Кауфман Н. Н. Московская флора. М., 1866. 718 с.
- 6. Воронцова Л. И., Данилов В. И., Зеленская Н. Н., Ломакина Г. А. Редкие лугово-степные фитоценозы долины реки Оки // Изучение и охрана биологического разнообразия ландшафтов Русской равнины. Пенза, 1999. С. 91-94.
- 7. Данилов В. И. Степные фитоценозы долины Оки в Московской области и их происхождение // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1983. 18 с.
- 8. Зеленская Н. Н. Приокско-Террасный биосферный заповедник фрагмент луговых степей в лесной зоне // Изучение и сохранение природных экосистем заповедников лесостепной зоны: Мат-лы международн. науч.-практ. конф., посв. 70-летию Центрально-Чернозёмного заповедника. (пос. Заповедный, Курская область, 22–26 мая 2005 г.). Тула: ИПП «Гриф и К», 2005. С. 180-183.
- 9. Аверинова Е. А. Остепнённые опушечные сообщества памятников природы «Меловицкие Склоны» и «Урочище Печное» (Комаричский район Брянской области) // Изучение и охрана биологического разнообразия Брянской области: Мат-лы по ведению Красной книги Брянской области. Вып. 5. Брянск, 2010. С. 21-26.

10. Аверинова Е. А., Булохов А. Д. Кальцефитные опушечные сообщества памятника природы Марковские Горы (Брянская область) // Вестник Брянского государственного университета. № 4 (2010): Точные и естественные науки. Брянск: РИО БГУ, 2010. С. 68-73.

- 11. Аверинова Е. А., Полуянов А. В. Сообщества класса Trifolio-Geranietea sanguinei Th. Müller 1962 в Курской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 3. С. 27-32.
- 12. Аверинова Е. А. Кальцефитная растительность Среднерусской возвышенности (в пределах Российской Федерации) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1(4). С. 950-953.
- 13. Аверинова Е. А. Остепнённые луга и опушки северных районов Белгородской области // Мат-лы науч. конф. «Флора и растительность Центрального Черноземья 2012» (Курск, 6 апреля 2012 г.). Курск: Курский гос. ун-т, 2012. С. 107-115.
- 14. Красная книга Московской области / Отв. ред. В. А. Зубакин, В. Н. Тихомиров. М.: Аргус: Рус. ун-т, 1998. 560 с.
- 15. Заблоцкая Л. В. Приокско-Террасный заповедник // Заповедники Европейской части РСФСР. Т. II. М.: Мысль, 1989. С. 30-51.
- 16. Westhoff V., van der Maarel E. The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities. The Hague: Junk, 1978. P. 287-399.
- 17. Hennekens S. M. TURBO(VEG). Software package for input, processing and presentation of phytosociological data. Lancaster: Wageningen et University of Lancaster, 1995. 70 p.
- 18. Weber H. E., Moravec J., Theourillat D.-P. International code of phytosociological nomenclature. 3<sup>rd</sup> editional // Journal of Vegetation Science. 2000. Vol. 11. N 5. P. 739-768.
- 19. Kopečký K., Hejný S. A new approach to the classification of anthropogenic plant communities // Vegetatio. 1974. Vol. 29. P. 17-20.

#### Об авторах

Аверинова Е. А.- доцент кафедры ботаники Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского; elena averi@mail.ru

Ивенкова И. М.- аспирант кафедры ботаники Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского; kafbot2002@mail.ru

#### УДК 519.241.6: 519.25: 581.55: 634.948

## АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОДМОСКОВЬЯ В СВЯЗИ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА НА ОСНОВЕ МЕТОДА БАЛЛЬНЫХ ОЦЕНОК

#### И.Ю. Аверкиева

Статья посвящена проблеме влияния техногенной эмиссии соединений азота на структуру и функционирование лесных экосистем Московской области. Предложены подходы к анализу степени трансформации лесных биогеоценозов в результате повышенного поступления соединений азота с атмосферными выпадениями на основе метода балльных оценок. Ключевые слова: азот, лесные экосистемы, трансформация экосистем, стадии насыщения азотом

#### Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-04-31795

#### Введение

Лесные экосистемы Московской области выполняют важные экологические функции. Можно говорить о том, что средообразующие и средостабилизирующие функции этих лесов по своей биосферной и экологической значимости намного весомее их ресурсного потенциала. Начиная с 70-х годов прошлого века, приоритетным фактором техногенного влияния на состояние лесных экосистем Центрального региона является атмосферная эмиссия поллютантов, в том числе, оксидов азота (NOx). Уровень эмиссии NOx в атмосферу определяется развитием промышленности и численностью автотранспорта на территории региона. В Московской области эмиссия оксидов азота только от стационарных источников (без учета выбросов автотранспорта) в ряде административных районов в пересчете на их площадь достигает 10 кг N/га в год и выше [1, с.51].

В результате увеличения уровня поступления азота в экосистемы с атмосферными выпадениями происходит трансформация его естественного биогеохимического цикла, что ведет к различным экологическим нарушениям [2, р.44]. Характер проявления тех или иных нарушений зависит от многих факторов: уровня выпадений азота, типа растительности и почв, климатических условий, а так же от степени уже существующей антропогенной трансформации естественных экосистем. Степень

трансформации природных экосистем в зависимости от уровня их «насыщения» азотом можно оценить по проявлению тех или иных экологических эффектов, которые условно можно разделить на эффекты, связанные с изменением геохимических параметров атмосферного воздуха и почвы, и эффекты, проявляющиеся на уровне растительных сообществ и видов [2, р. 43-60; 3, р. 34].

Оценке азотного статуса природных экосистем и анализу их изменений в результате антропогенной эмиссии NOх много внимания уделяется в западной литературе [2, р. 44-173, 4, р.221], однако в отечественной практике такие исследования проводятся в основном в агрохимическом аспекте [5. с.21-40; 6, с. 10-20; 7], что определяет малую изученность процессов, происходящих в естественных экосистемах, в том числе лесных. В этой связи актуальными становятся исследования направленные на оценку степени трансформации естественных биогеоценозов в регионах с повышенным поступлением оксидов азота с целью определения изменений, которые будут происходить при дальнейшем антропогенном воздействии.

#### Подходы и методы

Знание о характере изменений, происходящих в функционировании лесов в результате воздействия техногенных соединений азота, дает возможность оценить степень их трансформации в случае сохранения или увеличения уровней эмиссии NOх. При анализе степени трансформации лесных экосистем Подмосковья нами были использованы подходы, разработанные западноевропейскими учеными при определении критических уровней выпадений азота, а так же принципы, разработанные в отечественной экотоксикологии и геохимии [2, р. 43; 4, р. 220; 7, с. 2-6; 9, с. 176].

Объектами исследования были лесные биогеоценозы 23 ключевых участков в пределах территории Московской области, расположенные на разном удалении от источников эмиссии оксидов азота, которые отражали разнообразие почвенно-геохимических и геоботанических условий региона. На данных ключевых участках проводились полевые исследования, включающие отбор снежных проб (в которых определялись минеральные формы азота) и почвенных проб (с последующим определением общего содержания азота и углерода и минеральных форм азота), а так же выполнялись геоботанические описания.

Оценка характера и уровня поступления соединений азота с атмосферными осадками проводилась на основе данных снегосъемки, что позволило получить информацию о суммарном поступлении соединений азота с осадками и за счет сухого осаждения [10, с. 34-40; 11, с. 142]. При оценке трансформации лесных экосистем нами учитывалось соотношение минеральных форм азота в атмосферных осадках. Согласно имеющимся данным [11, 12], до 70-х гг. XX века уровень выпадений азота на территории региона составлял 2-4 кг N/га в год, а в пуле минерального азота преобладали аммонийные формы. В связи с повышением антропогенной эмиссии в 70-80-ые годы, уровень выпадений возрос до 7-15 кг N/га в год, сохраняясь в этих пределах до настоящего времени [1]. При этом, в минеральном пуле нитратные формы превышают аммонийные [7, с. 15; 11, с.143].

Концентрации соединений азота в талых снеговых водах могут рассматриваться как одни из показателей обеспеченности лесной растительности доступным азотом в начале вегетации. В связи с этим, данный показатель необходимо учитывать при оценке эффектов нарушения видового разнообразия лесов. Для напочвенного покрова лесов эффекты нарушения видового разнообразия (увеличение доли видов-нитрофилов и уменьшение числа олиготрофных видов) возможны, когда концентрация азота в почвенном растворе превышает для лишайников и мхов величины 0,2-0,4 мг N/л, для кустарничковых видов -1 мг N/л, а для осок и злаков -1-3 мг N/л [2, p, 54].

В связи с тем, что азот является одним из основных элементов питания растительности, содержание в почве его легкоусвояемых форм является прямым показателем производительности экосистем [13, р.495]. Данные, полученные в результате наших исследований показывают, что пул минерального азота преимущественно представлен аммонийной формой, так как превращение органических остатков в лесных экосистемах в основном идет до стадии аммиака, что обусловлено особенностями биогеохимических процессов данных экосистем [13, с.74-86]. Однако для некоторых ключевых участков на территории Подмосковья показано преобладание нитратных форм, что на наш взгляд свидетельствует об изменении трофического статуса данных экосистем.

Проведенные на ключевых участках геоботанические описания позволили охарактеризовать типы леса по составу доминантов древесного яруса и видовой структуре напочвенного покрова. Плотность популяции видов-индикаторов - один из важнейших показателей состояния экосистем, особенно высокочувствительных к изменению питательных условий [14, с. 46]. В результате повышения поступления азота в природные экосистемы плотность популяций видов-нитрофилов будит возрастать. Пороговым значением антропогенной нагрузки следует считать повышение плотности популяции видов-нитрофилов на 20 % от общей численности видов на исследуемом участке, а критическим значением - на 50 % [15, с. 23; 16, с. 17-26].

Анализ эффектов, проявляющихся на разных уровнях насыщения азотом экосистем, проводился на основе концепции, предложенной Аббером с соавторами [4, р.220-224]. Согласно предлагаемой концепции,

при долговременном воздействии техногенных соединений азота на природные экосистемы выделяют 3 стадии их трансформации. На первой стадии - иммобилизации – происходят изменения в соотношении почвенно-химических процессов: минерализации, иммобилизации; на второй стадии - насыщения – изменяется режим питания и роста растений; на третьей - стадии избытка азота - изменяется видовой состав в биоценозе (происходит сокращение биоразнообразия) и проявляются другие неблагоприятные эффекты.

Опираясь на методы, разработанные в отечественной экотоксикологии [11, с. 54; 16, с. 31], границу перехода экосистем из стадии иммобилизации в стадию насыщения можно охарактеризовать как превышение порогового значения, т.е. такого значения аккумуляции азота в природной экосистеме, при котором сохраняется современный режим функционирования. Переход из стадии насыщения в стадию избытка характеризуется превышением критического значения, т.е. уровня, при котором происходит гибель лесов хотя бы в одном видовом состоянии, характерном для данного региона в настоящее время [15, с. 54; 16, с. 21]. При оценке степени трансформации лесов в результате воздействия техногенных соединений азота необходимо учитывать негативные изменения как в почвенно-геохимических показателях (изменение в соотношении нитратных и аммонийных форм в почве, снижение соотношения С:N почв в связи с усилением минерализации органического вещества), так и на уровне растительных сообществ и отдельных видов (популяций): изменение видового состава и ухудшение ассоциированности доминантов.

Для того, чтобы провести сравнительный анализ полученных данных и определить степень трансформации лесных ландшафтов Подмосковья нами был использован метод балльных оценок, который позволяет сравнивать между собой количественные и качественные показатели [17, с. 23]. Усилению процессов трансформации соответствовало повышение значений присваиваемых баллов. Так, процессам, характерным для стадии иммобилизации присваивался балл, равный 1, насыщения - 2 и избытка – 3. Если процесс не был отмечен для какого-либо участка, то этому соответствовало значение равное 0. Степень трансформации оценивалась суммированием полученных баллов. Согласно предлагаемым принципам оценки, превышение порогового значения соответствует 2 баллам, а превышение критического значения — 8 баллам. Индикаторные критерии, использованные нами для анализа степени трансформации лесных экосистем Московской области, и соответствующие им баллы представлены в таблице 1.

Таблица 1 Критерии балльной оценки степени трансформации лесных экосистем в связи с воздействием техногенных соединений азота

e bosgenerbnem realior eniibix coeghnennii as	ora	
	Присваин	ваемый балл
Процессы, происходящие на стадии	Если отмечается	Если не отмечается
	параметр	параметр
Стадия иммобилизации		
Соотношение N-NO <sub>3</sub> /N-NH <sub>4</sub> в атмосферных осадках выше 1	1	0
Соотношение N-NO <sub>3</sub> /N-NH <sub>4</sub> в почве выше 1	1	0
Превышение порогового значения -2 балла		
Стадия насыщения		
Содержание минерального азота в атмосферных осадках превышает критические значения для оли-	2	0
готрофных и мезотрофных видов (0,4-0,6 мгN/л)	۷	U
В напочвенном покрове преобладают виды, приспособленные к высокому содержанию азота в почве	2	0
(Urtica dioica L., Geum urbanum L., Humulus lupulus L.u m.n)	2	U
В структуре напочвенного покрова присутствуют виды нитрофилы (10-20 % от общего числа видов)	2	0
Превышение критического значения – 8 баллов		
Стадия избытка		
Содержание минерального азота в атмосферных осадках превышает критические значения для злакового	2	0
разнотравья (1-2 мгN/л)	3	U
В напочвенном покрове преобладают виды нитрофилы (30-50% от общего числа видов) и отсутствуют	2	0
олиготрофные виды	]	0

Процессы, происходящие на стадии Присваиваемый балл

Если отмечается параметр Если не отмечается параметр

Стадия иммобилизации

Соотношение N-NO3/N-NH4 в атмосферных осадках выше 1 1 0

Cooтношение N-NO3/N-NH4 в почве выше 1 1 0

Превышение порогового значения -2 балла

Стадия насыщения

Содержание минерального азота в атмосферных осадках превышает критические значения для олиготрофных и мезотрофных видов (0,4-0,6 MrN/n) 2 0

В напочвенном покрове преобладают виды, приспособленные к высокому содержанию азота в почве (Urtica dioica L., Geum urbanum L., Humulus lupulus L.и т.п) 2 0

В структуре напочвенного покрова присутствуют виды нитрофилы (10-20 % от общего числа видов) 2 0

Превышение критического значения – 8 баллов

Стадия избытка

Содержание минерального азота в атмосферных осадках превышает критические значения для злакового разнотравья (1-2 мгN/л) 3 0

В напочвенном покрове преобладают виды нитрофилы (30-50% от общего числа видов) и отсутствуют олиготрофные виды 3 0

#### Обсуждение результатов

Проведенный анализ трансформации лесных экосистем в связи с воздействием техногенных соединений азота выявил пространственную неоднородность в характере проявления тех или иных экологических эффектов для различных типов леса. На рисунке 1 представлены результаты балльной оценки, выполненной в соответствии с рассмотренными выше принципами. Согласно полученным данным, для лесных биогеоценозов Московской области характерны разные стадии трансформации азотного статуса.

По нашим оценкам на стадии иммобилизации находятся экосистемы двух КУ (осинник неморальный и сосняк зеленомошник), которые располагаются в Восточной части области. Состояние большинства исследованных экосистем соответствует стадии насыщения (балл 3-7), то есть можно говорить о том, что для них превышено пороговое значение концентрации азота, что ведет к смене осовремененного режима функционирования. Не выявлено лесных участков на стадии избытка азота, но для двух КУ рассчитанный балл 8 соответствует критическому значению.



Рисунок 1: Распределение биогеоценозов КУ по стадиям трансформации азотного статуса

Анализ данных по атмосферной поставке оксидов азота на территории области и полученных результатов оценки степени трансформации лесных экосистем позволяет дать прогноз того, какие изменения в функционировании лесов могут произойти при сохранении существующих параметров антропогенного воздействия. К лесным экосистемам, в которых произойдут наиболее сильные изменения в структуре и функционировании, могут быть отнесены сосняки с преобладанием олиготрофных и мезотрофных видов в напочвенном покрове, а так же мелколиственные леса с преобладанием лугово-опушечных видов. Экологическое состояние этих лесов по нашим оценкам соответствует стадии насыщения, а атмосферная поставка азота превышает критические уровни для олиготрофных видов напочвенного покрова.

К лесным экосистемам, где при сохранении современного уровня эмиссии оксидов азота произойдут менее значимые изменения, относятся ельники и ельники с примесью лиственных пород, в напочвенном покрове которых преобладают лугово-опушечные виды. Эти ключевые участки располагаются в зоне высокой техногенной поставки соединений азота, что объясняет их экологическое состояние, соответствующее стадии насыщения. В долговременной перспективе, сохранение существующих параметров эмиссии оксидов азота и соответствующих ей уровней поступления азота будут определять переход этих лесов на стадию избытка, характеризующуюся различными экологическими нарушениями.

Благополучную экологическую ситуацию и незначительные изменения при сохранении современного уровня атмосферной эмиссии соединений азота можно прогнозировать для смешанношироколиственных и хвойно-широколиственных лесов с преобладанием в напочвенном покрове злакового разнотравья. Большинство из данных экосистем находятся на стадии иммобилизации или перехода к стадии насыщения, но для них не наблюдается превышений концентраций азота для основных видов напочвенного покрова.

#### Заключение

В условиях интенсивной эмиссии оксидов азота лесные экосистемы подвергаются сильному антропогенному воздействию, в результате которого происходят изменение в их структуре и функционировании. Согласно выполненным исследованиям, на территории Московской области к лесным экосистемам, подверженным наиболее сильным изменениям в результате данного воздействия, относятся сосняки с преобладанием олиготрофных и мезотрофных видов в напочвенном покрове, а так же мелколиственные леса с преобладанием лугово-опушечных видов. Наименьшие изменения в структуре и функционировании лесов на территории Подмосковья можно прогнозировать для смешанно-широколиственных и хвойно-широколиственных лесов с преобладанием в напочвенном покрове лугово-опушечных видов.

The article deals with the influence of anthropogenic emissions of nitrogen oxides on the structure and function of forest ecosystems of the Moscow region. Assessment of the transformation of forest ecosystems due to increased atmospheric deposition of nitrogen oxides is based on the evaluation of scores.

The key words: nitrogen, forest ecosystems, the transformation of ecosystems, the stage of saturation of nitrogen.

#### Список литературы

- 1. Аверкиева И.Ю., Припутина И.В. Оценка влияния техногенной эмиссии NOх на питательный режим лесных биогеоценозов Подмосковья // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова, 2011, т.17, № 3. С. 51-57.
- 2. Bobbink R., Ashmore M., Braun S. et al. (2003). Empirical nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems: 2002 update. In: Empirical critical loads for Nitrogen. Environmental Documentation No. 164. Eds. D. Achermann & R. Bobink. SAEFL, Bern. pp. 43-170.
- 3. Sutton M., Reis S., Baker S.M. (Eds.) (2009) Atmospheric Ammonia: Detecting emission changes and environmental impacts. Results of an Expert Workshop under the Convention on Long–range Transboundary Air Pollution, Springer, pp. 15–40.
- 4. Aber J.D. (1992) Nitrogen cycling and saturation in temperature forest ecosystems // Reds Ecol. Evol. 7 (7), pp. 220-224.
  - 5. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989 216 с.
  - 6. Башкин В.Н. Агрогеохимия азота. Пущино: ОНТИ НЦБИ, 1987.270 с.
- 7. Припутина И.В. Распределение соединений азота в ландшафтах Московской области. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. М., 1996.
- 8. Разработать научные основы экологического нормирования антропогенного воздействие на экосистемы суши. Электронный справочник. 1990,114 с.
- 9. Куценко С.А. Основы токсикологии, С-Петербург, Изд-во Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова. 2002. 395 с.
- 10. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова Л.: ГИМИЗ, 1985. 182 с.
- 11. Глазовский Н.Ф. Геохимические потоки в биосфере и их сопряженный анализ// Биогеохимические циклы в биосфере. М.: Наука. 1976. С. 142-153.
- 12. Бобрицкая М.А. Поступление азота в почву с атмосферными осадками в различных зонах Европейской части СССР // Почвоведение. 1962. № 12. с.34-37.
- 13. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н. Экологические особенности трансформации соединений углерода и азота в лесных почвах. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003, 240 с.
- 14. Заугольнова Л.Б. Оценка степени динамичности ценопопуляций растений. М.: Наука, 1985. С.45-63.
  - 15. Стандарты охраны природы. М.: Наука, 1985.
  - 16. Принципы и методы определения норм нагрузок на ландшафты. М.:
  - ИГ АН СССР, 1987.32 с.
- 17. Метод комплексного (ландшафтного) профилирования и балльной оценки природнотерриториальных комплексов: учеб.-метод. пособие. /О. П. Ермолаев, С.Г. Курбанова и др.- Казань: Казан.ун-т., 2011, 36 с.

#### Об авторе

Аверкиева И. Ю. – младший научный сотрудник лаборатории моделирования экосистем Федерального бюджетного учреждения Российской академии наук Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, averkieva25@rambler.ru

УДК 581.5:574.4

# ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И БИОИНДИКАЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ СООБЩЕСТВ МАКРОФИТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАССЕЙНА Р.ДЕСНЫ И ИПУТИ (В ПРЕДЕЛАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)

#### Л.Н. Анищенко

В составе макрофитной растительности Брянской области установлено 32 ассоциации, 1 ассоциация и 1 вариант. Ценофлору трех классов формируют 41 вид высших сосудистых растений и 12 мохообразных. Основные экологические факторы, определяющие развитие водной растительности, – гидрофизические. Сообщества из *Nuphar lutea* дает самые высокие приросты свежесобранной и абсолютно сухой надгрунтовой биомассы.

Ключевые слова: водная растительность, синтаксономия, биразнообразие, продуктивность

Водная растительность водоёмов и водотоков Брянской области многообразна и в настоящее время привлекает внимание ввиду разработки проектов сохранения и восстановления биологического разнообразия достаточно обширной в географическом плане территории. Инвентаризация таких сообществ в России позволит диагностировать качество местообитаний, проводить биоиндикационные исследования при осуществлении мониторинга, а также планировать мероприятия по их сохранению.

Брянская область – территориальный центр Южного Нечерноземья России. Большинство водото-ков Брянщины принадлежит к бассейну Черного моря. По территории Брянской области протекает 2867 рек длиной более 11600 км, образуя речную сеть густотой 330 км/км²; ручьев – около 26000 с общей длиной более 5000 км. Площадь болот составляет 2,4% от общей территории области. Озерная сеть невелика, множество мелких озер расположены в поймах крупных рек [10]. Цель работы – оценить β-разнообразие макрофитной растительности через синтаксономическое разнообразие и продуктивность фитоценозов в пределах Брянской области. β-разнообразие – индекс разнообразия между местообитаниями [6].

Геоботанические описания выполнялись в полевые сезоны 2004-2012 гг. на всех водоемах и водотоках Брянской области: материковых озерах и прудах, пойменных озерах, реках, на эфемерных водоемах. Рассматривались фитоценозы с участием сосудистых растений и мохообразных, описанные непосредственно в воде. Классификация фитоценозов проводилась в соответствии с методами школы Ж. Браун-Бланке [5, 12]. Пробная площадь для изучения сообществ принималась равной от 1 дм² до 10 м² или в естественных границах сообществ [3]. Названия синтаксонов приведены в соответствии с требованиями «Кодекса фитосоциологической номенклатуры» [4]. Номенклатура сосудистых растений — по С.К. Черепанову (1995) [11]. Распространение сообществ определенных синтаксонов оценивалось по числу выполненных описаний: до 25 описаний — редко встречающиеся, от 25 до 60 — спорадически, более 60 — часто. Пробы надгрунтовой биомассы настоящих водных макрофитов отбирались в течение 2006-2010 гг. в водных объектах области. При сравнительной характеристике продуктивности ценозов использовались данные исследований по Южному Нечерноземью России, опубликованные ранее [1]. Сырая и сухая биомасса определялась на основе ранее апробированных методик [7-9].

Водная растительность водоемов и водотоков принадлежит к 3 классам, 6 порядкам, 10 союзам, 2 подсоюзам, 34 ассоциациям, субассоциации, варианту и 2 сообществам. Продромус синтаксонов дан ниже.

Класс *Lemnetea* R. Tx. 1955

Порядок Lemnetalia minoris R. Тх. 1955

Союз *Lemnion minoris* R. Тх. 1955

Ассоциация Lemnetum minoris Soó 1927

Ассоциация *Lemnetum gibbae* Miyaw. et Tx. 1960

Accoциация Lemno-Spirodeletum polyrhizae W. Koch 1954 em. Müll. et Görs. 1960

Accoциация Lemno-Ceratophylletum demersi (Hilbig 1971) Pass. 1995

Ассоциация Spirodelo-Salvinietum Slavnić 1956

Союз Lemnion trisulcae Den Hartog et Segal 1964

Accoциация Riccietum fluitantis Slavnić 1956 em R. Тх. 1974

Accoциация *Lemnetum trisulcae* Kelh. ex Knapp et Stoffers 1962

Accoциация Potameto-Ceratophylletum demersi (Hild et Renhelt 1965) Pass. 1995

Порядок Hydrocharitetalia Rübel 1933

Союз Lemno-Hydrocharition morsus-ranae Rübel 1933

Ассоциация Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae Oberd. 1957

Accoциация Ceratophylletum demersi (Soó 1928) Eggler 1933

Союз *Hydrocharition* Rübel 1933

Accoциация Stratiotetum aloidis (Nowiński 1930) Miljan 1933

Порядок Lemno-Utricularietalia Pass. 1978

Союз Utricularion vulgaris Pass. 1964

Accoциация Lemno-Utricularietum vulgaris Soó (1928) 1938

Класс *Potametea* Klika in Klika et Novak 1941

Порядок *Potametalia pectinati* Koch 1926 em. Oberd. 1957

Союз *Potamion pectinati* V. Koch 1926 em. Oberd. 1957

Подсоюз Potamenion pusilli Vollmar 1947

Ассоциация Potametum pectinati Carston 1955

Ассоциация Hippuridetum vulgaris Pass. 1955

Ассоциация Potametum compressi Tomasz. 1976

Подсоюз *Potamenion lucentis* Vollmar 1947

Ассоциация Potametum crispi Soó 1927

Ассоциация Potametum perfoliati (Koch. 1926) Pass. 1964

Ассоциация Potametum natantis Soó 1927

Ассоциация Polygonetum natantis Soó 1927

Ассоциация Potametum lucentis Huek 1931

Accoциация Potametum graminei (W. Koch 1926) Pass. 1964

Ассоциация Potameto perfoliati-Ranunculetum circinati Sauer 1937

Ассоциация Myriophylletum verticillati Soó ex Tomasz. 1977

Ассоциация *Elodeetum canadensis* Eggler 1933

Ассоциация Zannichellietum palustris Lang. 1986

Союз Nymphaeion albae Oberd. 1957

Ассоциация *Potameto natantis-Nymphaeetum candidae* Hejný in Dykyjva et Kvet 1978

Ассоциация *Potameto-Nupharetum lutei* Müll. et Görs 1960

Ассоциация Nymphaeo-Nupharetum lutei Nowiński 1928

Accoциация *Trapetum natantis* (Karpati 1963) Th. Müll. et Görs 1960

Ассоциация Lemno-Sagittarietum natantis Taran et Tyurin 2005

Порядок Callitricho-Batrachietalia Pass. 1978

Союз Batrachion aquatilis Pass. 1964

Accoциация *Ranunculetum circinati* Sauer 1937 [syn. *Batrachietum circinati* (Bennema et Westhof 1943) Segal 1965]

Ассоциация Hottonietum palustris R. Tx. 1937

Базальное сообщество Nuphar lutea [Potametea]

Базальное сообщество Callitriche hermaphroditica [Potametea]

Класс *Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae* Phil. 1956

Порядок *Leptodictyetalia riparii* Phil. 1956

Союз *Brachythecion rivularis* Hertel 1974

Acc. Brachythecio rivularis-Hygrohypnetum luridi Phil. 1965

Cybacc. hygrohypnetosum luridi Phil. 1965

вариант *Cratoneuretosum filicini* (Marst. 1980) comb.nov.

Союз Fontinalion antipyreticae W. Koch. 1936

Acc. Fontinalietum antipyreticae Kaiser ex Frahm 1971

Макрофитная растительность класса *Lemnetea* и *Potametea* включает многочисленные и разнообразные по структуре сообщества, в состав класса *Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae* входят бриоценозы. Синтаксоны класса *Lemnetea* представлены 12 ассоциациями, класса *Potametea* — 20 ассоциациями. Наименее разнообразна структура класса *Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae* — 2 ассоциации, субассоциация и региональный вариант. Ценофлору классов формируют 41 вид высших сосудистых растений и 12 мохообразных. Основные экологические факторы, определяющие развитие водной растительности, — течение и его скорость, прозрачность и глубина водоема, освещенность и кислотность, сопутствующие — грунта (субстрата).

Основное русло рек, очень редко старицы, занимают сообщества ассоциаций *Potametum natantis, Potameto natantis-Nymphaeetum candidae, Potameto natantis-Nupharetum lutea, Nymphaeo-Nupharetum lutea, Lemnetum minoris, Lemno-Spirodeletum polyrhizae, Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae, Fontinalietum antipyreticae* сообщество *Potamogeton perfoliatus-Nuphar lutea.* аразнообразие ценозов – от 4 до 9 видов.

На различных стадиях заболачивания в водоемах сукцессионные серии формируют сообщества, принадлежащие к ассоциациям *Lemnetum trisulcae, Potameto-Ceratophylletum demersi, Potametum lucentis, Potametum perfoliati, Elodeetum canadensis, Ceratophylletum demersi, Potametum pectinati, Potametum crispi.* α-разнообразие ценозов – от 2 до 4 видов. На незначительных глубинах со средней и значительной

мутностью воды зарегистрированы сообщества из *Ceratophyllum demersum* L. Мелководья занимают сообщества из *Elodea canadensis* Michx., с минимальным уровнем воды в межень. Чаще всего до глубины в 1,5 м пояс растительных зарослей сформирован *Potamogeton natans* L.; на глубине от 1,5 до 2 м – *Potamogeton perfoliatus* L. и *P. lucens* L. – пионерами зарастания водоёмов. Фитоценозы *Potamogeton pectinatus* L. поселяются на глубинах до 3 метров, продолжая сукцессионные серии. Озера и мелкие непроточные эвтрофные водоемы в массе заселены фитоценозами ассоциаций *Stratiotetum aloides*, *Hottonietum palustris*, *Potameto-Ceratophylletum demersi*, *Myriophylletum verticillati*, *Lemno-Utricularietum vulgaris*, сообществами *Nuphar lutei*. α-разнообразие этих монодоминантных фитоценозов в среднем 2-3 вида. В эфемерных водоемах, а также водоемах с резкими колебаниями уровня вод фитоценозы представлены ассоциациями *Ranunculetum circinati*. Сообщества из *Batrachium circinatum* (Sibth.) Spach формируются в пересыхающих протоках, затонах рек. Бобровые запруды, лесные старицы, редко затоны рек – местообитания ценозов ассоциации *Riccietum fluitantis*, *Spirodelo-Salvinietum*.

В пределах водных объектов области редко распространены сообщества ассоциаций Myriophylletum verticillati, Hippuridetum vulgaris, Fontinalietum antipyreticae Riccietum fluitantis, Spirodelo-Salvinietum, Brachythecio rivularis-Hygrohypnetum luridi субассоциации hygrohypnetosum luridi и вариант Cratoneuretosum filicini; спорадически – Nymphaeo-Nupharetum lutea, Potameto-Ceratophylletum demersi, Potamogetonetum pectinati, Potamogeton perfoliatus-Nuphar lutea, Trapetum natantis. В водных объектах области распространение получают фитоценозы ассоциации *Lemnetum gibbae* с характерным видом Lemna gibba L. и сопутствующим Wolffia arrhiza Horkel ex Wimm. [2]. В ценофлоре сообществ макрофитной растительности представлены охраняемые и регионально редкие виды [2]. Так в фитоценозах ассоциации Potameto-Ceratophylletum demersi и Potamogetonetum pectinati – это Hippuris vulgaris L. и Zannichellia palustris L., в сообществах ассоциаций Potametum natantis, Potameto natantis-Nymphaeetum candidae, Potameto natantis-Nupharetum lutea, Nymphaeo-Nupharetum lutea – Nymphaea candida. Trapa natans L.: в монодоминантных сообществах ассоциации Mvriophvlletum verticillati – Mvriophyllum spicatus L., M. verticillatum L. Значительное аналитическое α-разнообразие определено в синтаксонах Potameto natantis-Nymphaeetum candidae, Potameto natantis-Nupharetum lutea, Nymphaeo-Nupharetum lutea, наименьшее – Stratiotetum aloides, Ranunculetum circinati, Elodeetum canadensis, Ceratophylletum demersi и бриоценозах класса Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae.

Различие в надгрунтовой биомассе по сухому и свежесобранному весу для сообществ ассоциаций указаны в таблице. При продукционных характеристиках ассоциаций водных растений эта разница нивелировалась в силу того, что подавляющее большинство из них содержит как речные, так и озерные сообщества. Биомасса фитоценозов прямо связана с величинами проективного покрытия растений, доминирующих в них. Наибольшей надгрунтовой биомассой обладают те ассоциации, сообщества которых либо одновидовые с высоким проективным покрытием, либо сложены несколькими доминантами. Например, фитоценозы ассоциаций *Ceratophylletum demersi, Elodeetum canadensis, Ranunculetum circinati*, базальное сообщество *Nuphar lutea, Potametum lucentis* и другие. Многовидовые сообщества водных растений, для которых характерно низкое проективное покрытие доминанта и наличие менее обильных (покрытие 10-15%) сопутствующих видов, обладают небольшой биомассой. Эти данные относятся к сырой надгрунтовой биомассе.

Таблица Надгрунтовая биомасса наиболее распространенных сообществ ассоциаций водных макрофитов исследуемого района

munipophio heereg enoro punona												
Ассоциации	Сырая биомасса, кг/м <sup>2</sup> (М±m)	Абсолютно сухая биомасса, кг/м <sup>2</sup> (М±m)	Абсолютно сухая масса, %									
Ceratophylletum demersi	3,60±0,10	0,21±0,02	5,8									
Elodeetum canadensis	3,10±0,07	0,62±0,11	20									
Potameto-Ceratophylletum demersi	2,90±0,07	0,29±0,02	10									
Lemno-Ceratophylletum demersi	1,90±0,09	0,21±0,01	11,1									
Ranunculetum circinati	1,90±0,08	0,34±0,03	17,9									
Базальное сообщество Nuphar lutea	5,90±0,12	1,15±0,08	19,5									
Potameto natantis-Nymphaeetum candidae	4,80±0,08	0,90±0,02	18,8									
Potameto-Nupharetum lutei	4,10±0,04	0,54±0,03	13,2									
Potametum natantis	3,10±0,10	0,95±0,60	30,6									
Potametum lucentis	6,10±0,70	1,11±0,06	18,2									
Potametum pectinati	2,30±0,40	0,48±0,07	20,9									
Potametum crispi	2,10±0,30	0,29±0,02	13,8									
Potametum perfoliati	2,10±0,10	0,18±0,02	8,6									
Lemnetum minoris	0,40±0,02	0,01	2,5									
Lemno-Spirodeletum polyrhizae	0,30±0,02	0,01	3,3									
Lemnetum trisulcae	0,80±0,04	0,21±0,02	26,3									

Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae	0,40±0,01	0,01	2,5
Stratiotetum aloidis	3,10±0,09	0,97±0,09	31,3
Lemno-Utricularietum vulgaris	1,80±0,05	0,20±0,01	11,1
Trapetum natantis	4,10±0,40	1,01±0,07	24,6

Показатели биомассы сообществ зависят не только от проективного покрытия доминанта, но также и от видового состава других обильных в них видов. Присутствие в фитоценозах даже в большом количестве *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, погруженных рдестов ведет к образованию значительной свежесобранной биомассы растений, но не способствует созданию большого запаса энергии вещества, т.к. виды эти низкокалорийны из-за их высокой влажности и зольности. Сообщества из *Nuphar lutea* дает самые высокие приросты свежесобранной и абсолютно сухой надгрунтовой биомассы. В целом, присутствие этого вида характерно для высокопродуктивных сообществ.

Итак, выделенные ассоциации и сообщества исследованной территории отличаются простым строением, в отдельные ценозы — доминированием одного или немногих видов, которые входят в диагностические группы видов ассоциаций. Каждое из описанных сообществ диагностирует в основном гидрофизические и гидрохимические показатели вод. Список синтаксонов несомненно будет дополнен в связи с расширением территории исследования.

At processing of geobotanical descriptions 32 associations, 1 association and 1 variant are established. The cenophlora three classes form 41 species of the higher vascular plants and 12 of moss. The basic ecological factors defining development of water vegetation, – hydrophysical. Communities from *Nuphar lutea* gives the highest gain collect the fresh and absolutely dry of a plant runaway biomass.

The key words: water vegetation, syntaksonomy, biodiversity, efficiency

#### 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. Анищенко Л.Н. Находки редких гидрофитов в Брянской области / Л.Н. Анищенко, Н.Н. Панасенко // Ботан.журн. 2010. Т.95. №1. С.93-96.
- 3. Бобров А.А. Описание растительных сообществ в водоёмах и водотоках и подходы к их классификации методом Браун-Бланке / А.А. Бобров, Е.В. Чемерис // Гидроботаника: методология, методы: Материалы Школы по гидроботанике (п. Борок, 8-12 апреля 2003 г.). Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. С. 105-117.
- 4. Вебер Х. Э. Международный кодекс фитосоциологической номенклатуры / Х.Э. Вебер, Я. Моравец, Ж.-П. Терийя. Перевод И. Б. Кучерова, редактор перевода А. И. Соломещ // Растительность России. 2005. № 7. С. 3-38.
- 5. Миркин Б.М. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций) / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. Уфа: Гилем, 1998. 413 с.
  - 6. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. М.: Мир, 1992. 184 с.
- 7. Папченков В. Г. К методике изучения продуктивности водной растительности в средних и малых реках / В.Г. Папченков // Растит. ресурсы. 1979. Т. 15. Вып. 3. С. 454 459.
- 8. Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья / В.Г. Папченков. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001.200 с.
- 9. Папченков В.Г. Продукция макрофитов вод и методы её изучения / В.Г. Папченков // Гидроботаника: Методология, методы: Матер. Школы по гидроботанике (Борок, 8-12 апреля 2003 г.). Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2003. С. 137-145.
- 10. Природа и природные ресурсы Брянской области / Под ред. Л. М. Ахромеева. Брянск: Изд-во Брянского госпедин-та, 2001. 216 с.
- 11. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С.К. Черепанов. СПб.: Мир и семья-95, 1995. 992 с.
- 12. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde / J.Braun-Blanquet. 3 Anfl. Wien- New York: Springer Verlag, 1964. 865 s.

#### Об авторах

Анищенко Л.Н. – профессор кафедры экологии  $\bar{\rm u}$  рационального природопользования, Брянский государственный университет, eco\_egf@mail.ru

#### УДК 574.5+543.31

## ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОХРАНИЛИЩ СЕВЕРО-ВОСТОКА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.М. Ахромеев, С.В. Кузнецов, Л.В. Токман, И.В. Шарапаев

В статье дается гидробиологическая и гидрохимическая характеристики водохранилищ северо-востока Брянской области.

Ключевые слова: водохранилище, гидробиология, гидрохимия, Брянская область.

**Общая характеристика.** На северо-востоке Брянской области расположено 4 водохранилища: Бытошское и Ивотское в Дятьковском районе, Дубровское и Салыньское в Дубровском. Водохранилища образованы в результате строительства плотин на малых реках: Бытошское на реке Бытошинка, Ивотское на реке Ивоток, Дубровское на реке Сеща и Салыньское на реке Ивот (табл. 1).

Водохранилища северо-востока Брянской области

Таблица 1

Название	Административный район	Река	Площадь, $\kappa \text{м}^2$	Максимальная глубина, м	Объем, тыс. м <sup>3</sup>
Бытошское	Дятьковский	Бытошинка	1700	6,3	4240
Ивотское	Дятьковский	Ивоток	650	3,0	1600
Дубровское	Дубровский	Сеща	420	4,6	1430
Салыньское	Дубровский	Ивот	780	6,9	2381

#### Гидробиологическая характеристика.

Водоемы северо-востока Брянской области представляют собой малые водохранилища, в которых можно выделить плесы, мелководные участки, а в Бытошском и Салыньском водохранилищах и глубоководную зону.

Прибрежная полоса водоемов зарастает водной растительностью (кувшинка белая, кубышка желтая, рогоз широколистный, камыш озерный, рдест плавающий, рдест курчавый, ряска малая). В Ивотском водохранилище покрытие водоема макрофитами составляет около 70 %, в Бытошском и Дубровском – 20–30 %, в Салыньском не превышает 20 %.

Мелководные участки в Бытошском, Дубровском и Салыньском водохранилищах ограничены и представляют особую ценность для водоема, являясь нерестовыми участками для большинства видов рыб, а также местом преимущественного обитания таких ценных видов как линь, золотистый карась, плотва, окунь, красноперка, щука.

Крупные плесовые участки являются территорией нагула для крупных стай леща — наиболее ценного в хозяйственном отношении вида ихтиофауны Бытошского водохранилища.

Таблица 2 Список доминирующего комплекса фитопланктона Бытошского водохранилища

Отдел	Род	Вид	Числ. Кл/л	Биомасса мг/л					
BACILLARIOPHYTA	Stephanodiscus	Stephanodiscus sp.	280000	0,121638541					
	Aulacosira	Aulacosira granulata (Ehrenberg) Sim.	224000	0,439822972	П	К	И	Ал	b
DINPHYTA	Peridinium	Peridinium sp.	56000	0,458148929					
CRYPTOPHYTA	Chroomonas	Chroomonas acuta Utemohl	1568000	0,200440156	П	К	И		b-a
	Cryptomonas	Cryptomonas Marssonii Skuja	336000	0,339889236	П	К	И		o-b
	Cryptomonas	Cryptomonas sp.	280000	0,913319889					
CYANOPHYTA	Aphanocapsa	Aphanocapsa incerta (Lemmermann) Gronberg et Komarek	1008000	0,065973446					
	Microcystis	Microcystis wesenbergii (Komarek) Komarek in Kondrateva	336000	2,933985739	П	К	И		o-a
	Woronichinia	Woronichinia naegeliana (Ung.) Elenkin	112000	0,69272118	П	б	И		o-b
	Oscilatoria	Oscilatoria sp.	112000	0,099647392	П	К	И		b
EUGLENOPHYTA	Trachelomonas	Trachelomonas dibowskii Drez.	112000	0,114537232	Л	К	И	Ин	
CHLOROPHYTA	Chlamidomonas	Chlamidomonas sp.	56000	0,057268616					
	Pteromonas	Pteromonas angulosa (Carter) Lemmermann	56000	0,019643135	П	К	И		b
	Golenkiniopsis	Golenkiniopsis solitaria (Kors.) Korsch.	168000	0,037110063	П	К	И		
	Kircheriella	Kirchneriella lunaris (Kirchn.) Moebius.	56000	0,009528066	П	К	И		b
	Scenedesmus	Scenedesmus sp.	1232000	0,4904375					
	Lagerheimia	Lagerheimia genevensis Chodat	56000	0,001546253	П	К	И		b
	Oocystis	Oocystis borgei Snow	896000	0,114537232	П	К	И		b
	Oocystis	Oocystis marssonii Lemmermann	112000	0,083497642	П	к			b-o
	Tetraedron	Tetraedron caudatum (Corda) Hansgirg.	56000	0,006835938	П	К	И		b
	Tetraedron	Tetraedron minimum (A. Br.) Hansgirg.	112000	0,023625	П	К	И		b
	Tetraedron	Tetraedron trigonum (Nag.) Hansgirg.	112000	0,01575					
	Tetraedron	Tetraedron triangulare Korsch.	168000	0,0354375	П	К	И		b
	Tetrastrum	Tetrastrum staurogeniaeforme (Schrod.) Lemmermann	112000	0,007	П	К	И		b
		Сумма:	7616000	7,282341657					

Таблица 3 Список доминирующего комплекса фитопланктона Дубровского водохранилища

01111	, or 20, 11111111111111111111111111111111111	, 102401 0 110111111111111111111111111111	отого водо.	-1					
Отдел	Род	Вид	Числ. Кл/л	Биомасса мг/л					
BACILLARIOPHYTA	Cyclotella	Cyclotella sp.	5840000	3,687444377					
	Synedra	Synedra ulna Nitzsch, Ehrenberg	480000	2,002765317	Л	К	И	Ин	b
DINPHYTA	Glenodinium	Glenodinium sp.	480000	3,496985323					
	Peridinium	Peridinium sp.	320000	1,549197877					
CRYPTOPHYTA	Chroomonas	Chroomonas acuta Utemohl	2000000	0,255663465	П	К	И		b-a
	Cryptomonas	Cryptomonas Marssonii Skuja	160000	0,119282346	П	К	И		o-b
	Cryptomonas	Cryptomonas ovata Ehrenberg	80000	0,477129384	П	К	И	Ин	a
	Cryptomonas	Cryptomonas	160000	0,357928851					
CYANOPHYTA	Aphanocapsa	Aphanocapsasp.	1040000	0,79767001	П	К	И		
	Anabaena	Anabaena spiroides Kleb.	8000000	42,20533381					
EUGLENOPHYTA	Trachelomonas	Trachelomonas sp.	80000	0,335103216					
CHLOROPHYTA	Chlamidomonas	Chlamidomonas sp.	160000	0,163624617					
	Actinastrum	Actinastrum hantzchii var. subtile Wolosz.	1280000	0,803887745	П	К	И		
	Monoraphydium	Monoraphydium contortum (Thur.) KomLegn.	320000	0,805155836	П	К	И		b
	Micractinium	Micractinium pusillum Fres.	2800000	0,046223954	П-Б	К			b-a
		Сумма:	23200000	57 10339612					

Таблица 4 Список доминирующего комплекса фитопланктона Салыньского водохранилища

Отдел	Род	Вид	Числ. Кл/л	Биомасса мг/л					
BACILLARIOPHYTA	Cyclotella	Cyclotella sp.	612000	0,235324925					
	Fragilaria	Fragilaria crotonensis Kitton	612000	0,405559977	П	К	Гл	Ал	o-b
	Synedra	Synedra ulna Nitzsch, Ehrenberg	68000	0,112655549	Л	К	И	Ин	b
CHRYSOPHYTA	Chrysococcus	Chrysococcus biporus Skuja	204000	0,04506222	П	К	И	Ин	o-b
DINPHYTA	Peridinium	Peridinium sp.	204000	0,595822682					
CRYPTOPHYTA	Chroomonas	Chroomonas acuta Utemohl	408000	0,052155347	П	К	И		b-a
	Cryptomonas	Cryptomonas Marssonii Skuja	612000	0,581349573					
	Cryptomonas	Cryptomonas sp.	204000	0,704097182					
EUGLENOPHYTA	Trachelomonas	Trachelomonas dibowskii Drez.	68000	0,120165919	Л	К	И	Ин	
CHLOROPHYTA	Scenedesmus	Scenedesmus opoliensis P.Richt.	68000	0,09296875	П	к	Ог	Ин	b
	Scenedesmus	Scenedesmus armatus Chod.	68000	0,02390625	П	К			b
	Scenedesmus	Scenedesmus bicaudatus Dedus	408000	0,112625	П	К	И		b
	Scenedesmus	Scenedesmus sp.	136000	0,650217052					
	Pediastrum	Pediastrum duplex var. gracillimum W. & G. S. West	68000	0,375518497	П				
	Tetraedron	Tetraedron minimum (A. Br.) Hansgirg.	204000	0,068332031	П	К	И		b
	Tetraedron	Tetraedron trigonum (Nag.) Hansgirg.	68000	0,0095625					
	Tetrastrum	Tetrastrum komarekii Hind.	544000	0,11475	П-Б	К			
		Сумма:	4556000	4,300073452					

Таблица 5 Список доминирующего комплекса фитопланктона Ивотского водохранилища

Отдел	Род	Вид	Числ. Кл/л	Биомасса мг/л					
BACILLARIOPHYTA	Stephanodiscus	Stephanodiscus Hantzchia Grunow	40000	0,070685835	П	К	И	Ал	а-р
	Stephanodiscus	Stephanodiscus minutulus Kutzing	20000	0,004417865	П	б	И	Ал	a
	Synedra	Synedra berolinensis Lemmermann	20000	0,008835729	П	К	И		o-a
CHRYSOPHYTA	Dinobryon	Dinobryon sociale Ehrenberg	180000	0,023009712	П	К	И		0
	Dinobryon	Dinobryon divergens var. angulatum (Sel.) Brunnth.	80000	0,017671459	П	К	И		
	Chrysococcus	Chrysococcus rufescens	20000	0,004417865	П	К	Ог		o-b
	Chrysococcus	Kephyrion rubri-claustri Conr.	40000	0,002617994	Б		Ог		0
CRYPTOPHYTA	Chroomonas	Chroomonas acuta Utemohl	920000	0,117605194	П	К	И		b-a
	Cryptomonas	Cryptomonas sp.	60000	0,04473088	П	К	И		o-b
	Cryptomonas	Cryptomonas Marssonii Skuja	20000	0,035342917					
	Cryptomonas	Cryptomonas reflexa (Marsson) Skuja.	20000	0,044935411	П	К	Ог		o-b
CHLOROPHYTA	Shroederia	Schroederia setigera (Schrod.) Lemmermann	40000	0,014186254	П	К	И		b
	Pediastrum	Pediastrum duplex Meyen	20000	0,016689711	П	К	И		b
		Сумма:	1480000	0,405146824					

П-планктон, О- обростатель, Б-бентос, Л- литораль, Э - эпибионт к- космополит, а- альпийский, с-а - северо-альпийский, б - бореальный, ст - субтропический Мг - мезогалоб, Ог - олигогалоб, И -индифферент, Гл -галофил Ал - алкалифил+алкалибионт, Ин - индиферент, Ац - ацидофил+ацидобионт а - альфасапробный, b - беттасапробный, о - олигосапробный вид.

Фитопланктон Бытошского, Дубровского и Салыньского водохранилищ слагается видами из шести отделов водорослей: диатомовые, зеленые, динофитовые, криптофитовые, синезеленые и эвгленовые (табл. 2–4). По численности в планктоне преобладают криптофитовые и зеленые водоросли, а по биомассе – синезеленые. Большинство видов фитопланктона Бытошского и Салыньского

водохранилищ относятся к бетта-сапробному комплексу. В водоемах наблюдается высокая скорость продуцирования органического вещества и потребления этого вещества гидробионтами. Большое видовое разнообразие биоты, отсутствие признаков «цветения» воды и зарастания водоемов, незначительная мощность донных отложений говорит о высоком их гидробиологическом потенциале и характеризует водохранилища как устойчивые мезотрофные экосистемы.

Фитопланктон Ивотского водохранилища слагается видами из четырех отделов водорослей: диатомовые, зеленые, золотистые и криптофитовые; доминирующий комплекс слагался 13 видами (табл. 5). Большинство видов фитопланктона относятся к олиго- и беттасапробам, но так как в целом в водохранилище фитопланктон слабо развит, то основу продукции составляют макрофиты, чьи остатки оседают на дно в виде ила и опада. Соответственно процессы первичного продуцирования в толще воды подавлены, что приводит к общей бедности и фауны водоема. Ивотское водохранилище находится на финальной стадии зарастания, процессы самоочищения подавлены, флора и фауна бедны.

Зообентос водохранилищ представлен личинками поденок стрекоз, хирономид, ручейников. На значительных площадях дна водохранилищ в большом количестве встречаются двустворчатые и брюхоногие моллюски.

Анализ гидробиологической обстановки исследованных водоемов показал, что она довольно сложная и пестрая. Во всех водохранилищах наблюдается процесс их евтрофикация разной интенсивности. Необходимо принимать меры, направленные на прекращение этого процесса. В противном случае в скором времени вместо водохранилищ мы будем иметь болота. Кормовая база водоемов также имеет существенные различия. В лучшую сторону по этому показателю отличается только Салыньское водохранилище.

#### Гидрохимическая характеристика.

Анализ концентрации тяжелых металлов в водах исследованных водоемов показывает, что ни в одной пробе нет превышения предельно допустимых концентраций (ПДК для водопользования) загрязняющих элементов (табл. 6–9). Установлено, что распределение концентраций элементов жестко связано с береговой линией. Всплески концентраций (не превышающих ПДК) наблюдаются вблизи участков берега подверженных антропогенному воздействию.

Однако рН воды в водохранилищах лежит практически на границе ПДК (6,0-9,0) и составляет в среднем в Бытошском -8,9; Дубровском и Ивотском -8,2. Высокое значение рН в свою очередь, очевидно, обуславливает не высокое содержание тяжелых металлов в воде (гидроксидные формы большинства из них имеют очень низкие значения произведения растворимости).

Суммарный индекс загрязнения водохранилищ тяжелыми металлами равен в Бытошском — менее 0,6; Дубровском и Салыньском — 0,8; Ивотском — 0,3.

 Таблица 6

 Результаты гидрохимического исследования Бытошского водохранилища

$N_{\underline{0}}$	Точка взятия пробы	рН	Ni, мг/л	РЬ, мг/л	Zn, мг/л	Сг, мг/л	Си, мг/л	Р, мг/л	Мп, мг/л	Ca	$CO_3^{2-}$	NO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>
п/п	Значение ПДК		0,02	0,01	1,0	0,5	1,0	0,01	0,1				350
1.	Северо-восточная оконечность острова	8,8	0,00139	0,00012	0,031	-	0,0002	0,0055	0,00964	10	1	0,06	2,2
2.	Левый берег протоки у ЛЭП	8,9	0,00069	0,00009	0,035	0,0001	0,00085	0,00587	0,05483				
3.	Правый берег протоки	8,9	0,00107	0,00018	0,0267	0,00006	0,00042	0,01835	0,09609				
4.	Середина протоки	8,9	0,00106	0,00013	-	-	0,00068	-	0,00282				

Таблица 7 Результаты гидрохимического исследования Ивотского водохранилища

$N_{\underline{0}}$	Точка взятия пробы	pН	Ni, мг/л	РЬ, мг/л	Zn, мг/л	Ст, мг/л	Си, мг/л	Р, мг/л	Мп, мг/л	Ca	$CO_3^{2-}$	$NO_3$	Cl
$\Pi/\Pi$	Значение ПДК		0,02	0,01	1,0	0,5	1,0	0,01	0,1				350
1.	Верховье водоема	8,2	0,00119	0,00015	-	-	0,00021	-	0,04899	4	1	0,08	1,2
2.	Середина водоема	8,6	0,00162	-	0,016	-	0,00058	-	0,01671				
3.	У плотины	7,8	0,00227	-	0,0327	-	0,00024	0,02134	0,01877				
4.	У правого берега напротив заливчика	7,7	0,00096	-	-	-	0,0005	-	0,00213				

Таблица 8 Результаты гидрохимического исследования Дубровского водохранилиша

	1 05/0121012111	r 1							- 7 1	-	1.	-	
$N_{\underline{0}}$	Точка взятия пробы	pН	Ni, мг/л	РЬ, мг/л	Zn, мг/л	Сг, мг/л	Си, мг/л	Р, мг/л	Mn, мг/л	Ca	$CO_3^{2-}$	NO <sub>3</sub>	Cl-
$\Pi/\Pi$	Значение ПДК		0,02	0,01	1,0	0,5	1,0	0,01	0,1				350
1.	Северный берег (2 м от берега)	9,1	0,00104	0,00033	0,021	i	0,00063	0,01246	0,10265	4	0,9	0,62	35
2.	Середина водоема (глубина 2,2 м)	7,1	0,00084	0,00004	0,0424	-	0,00054	0,00258	0,09040				
3.	Середина водоема (поверхность)	9,1	0,00081	0,00018	0,029	1	1	-	0,09659				
4.	Залив у западной части	7,6	0,00131	0,00045	0,025	-	-	-	0,021199				
5.	Слив у плотины	9,2	0,00065	0,00017	0,0302	-	-	-	0,00945				

Таблица 9

Результаты гидрохимического исследования Салыньского водохранилища

$N_{\underline{0}}$	Точка взятия пробы	рН	Ni, мг/л	РЬ, мг/л	Zn, мг/л	Сг, мг/л	Си, мг/л	Р, мг/л	Мп, мг/л	Ca	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub>	Cl
п/п	Значение ПДК		0,02	0,01	1,0	0,5	1,0	0,01	0,1				350
1.	Середина водоема (поверхность)	7,2	0,00132	0,000058	0,0033	-	0,000178	0,01165	0,06809	6	32	0,99	3,5
2.	У плотины	8,5	0,00087	0,00013	-	-	0,00004	0,00598	0,06949				
3.	Южный берег 10 м от берега (центральная часть озера)	8,6	0,00122	0,000014	0,00158	-	0,00018	0,01254	0,09265				
4.	Середина водоема с глубины 2,5 м	8,8	0,00069	0,00013	0,0308	-	-	0,0034	0,0028				
5.	Верховье водоема западный берег	8,3	0,00076	0,000095	-	-	0,00003	0,00324	0,08306				
6.	Верховье юго-западный залив	8,5	0,00076	0,000095	0,0088	-	0,00004	-	0,09597				

Таким образом, гидрохимическая обстановка на всех исследованных водоемах благоприятная. Наиболее загрязненным (по тяжелым металлам) и засоленным (по содержанию нитрат, карбонат, хлорид ионов), является только Дубровское водохранилище.

In the article is given the hydrobiological and hydrochemical characteristics of the reservoirs of the northeast of the Bryansk province.

The keywords: reservoir, hydrobiology, water chemistry, the Bryansk province.

#### Об авторах

Ахромеев Л.М. – кандидат географических наук, доцент Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, ahromeev56@yandex.ru

Кузнецов С.В. – кандидат химических наук, доцент Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, passivoxid@mail.ru.

Токман Л.В. – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории флористики и геоботаники Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского.

Шарапаев И.В. – старший преподаватель Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, sharaff@list.ru.

#### УДК 338.48

#### ВОДОХРАНИЛИЩА СЕВЕРО-ВОСТОКА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ РЕКРЕАЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Л.М. Ахромеев, И.В. Шарапаев

В статье дается общая характеристика водохранилищ северо-востока Брянской области и их возможное рекреационное использование.

Ключевые слова: водохранилище, Брянская область, рекреация, использование.

В реализации мероприятий, направленных на повышение уровня здоровья населения, нельзя ограничиваться деятельностью только медицинских учреждений. Необходим широкий комплекс мер, которые бы охватывали практически все стороны деятельности современного человека. В этой связи большое значение приобретает организация полноценного и эффективного отдыха населения, который рассматривается как активная деятельность по профилактике, восстановлению и поддержанию необходимого уровня физического и психического здоровья.

В организации отдыха особая роль принадлежит водным объектам. Возможность заниматься различными видами спорта, микроклиматический комфорт, эстетическое действие береговых живописных ландшафтов, смена впечатлений – все это, действуя в комплексе, способствует тому, что водоемы вполне можно считать природными лечебницами. Вот почему большая часть рекреационных учреждений и почти все учреждения кратковременного отдыха населения размещаются либо непосредственно на берегах водоемов или вблизи них.

Все большее значение приобретает рекреационное использование водохранилищ. Большинство водохранилищ комплексного назначения создаётся вблизи городов, небольшие водохранилища рекреационного назначения могут создаваться и в пределах городских территорий. Во многих районах, особенно бедных на природные водоемы, водохранилища повышают рекреационную ценность и емкость ландшафтов, а в некоторых случаях служат ядром, которое создает такие ландшафты.

На территории Брянской области имеется множество искусственных водоемов: прудов и водохранилищ. На начало 21 в. в области было сооружено 564 пруда и 27 водохранилищ. К водохранилищам относят искусственные водоемы с объемом воды более 1 млн. м<sup>3</sup>. Общая площадь прудов и водохранилищ в области составляет около 7,4 тыс. га, а объем воды содержащейся в них превышает 126,3 млн. м<sup>3</sup>.

Большинство водохранилищ создано путем перегораживания плотинами небольших рек. Питание водохранилищ осуществляется главным образом за счет талых весенних вод, летне-

осенних осадков и подземных вод. В весеннее время уровень воды в них резко повышается, а летом они сильно мелеют, зарастают водной растительностью.

Созданные человеком водоемы стали неотъемлемой частью естественных ландшафтов. Сравнительно обильное увлажнение прилегающих к ним территорий создает благоприятные условия для произрастания растительности. У самой кромки воды обычно располагаются ивы, а вдоль берегов тянется узкая полоска водной растительности, состоящей из осоки, рогоза, камыша и тростника. В прибрежной отмели произрастают рдесты и элодея. Водоемы улучшают микроклиматические условия, что делает их берега излюбленным местом отдыха населения.

Своеобразен и богат животный мир искусственных водоемов. В них обитают щука, карась, линь, окунь, плотва; в большом количестве разводят карпа и толстолобика.

Водохранилища используются для водоснабжения, разведения водоплавающей птицы, орошения, рыбоводства и как рекреационные зоны. Наиболее типичными водохранилищами, активно используемыми для рекреационных целей, на северо-востоке области являются Бытошское, Ивотское, Дубровское и Салыньское.

#### Бытошское водохранилище

Бытошское водохранилище расположено на северной окраине пгт. Бытошь Дятьковского района Брянской области. Водохранилище вытянуто с северо-северо-востока на юго-юго-запад более чем на 2,5 км при ширине до 400 м в средней и до 250–300 м в нижней частях. Площадь водного зеркала водохранилища — 1700 тыс.  $\text{м}^2$ , объем воды — около 4240 тыс.  $\text{м}^3$  (табл. 1). В центральной части водохранилища имеется небольшой остров, площадью несколько сотен квадратных метров.

Водохранилище образовано в результате строительства плотины на реке Бытошинка в 1911 г., впадающей слева в 7 км ниже по течению в р. Ветьма (левый приток р. Десны). Плотина земляная, насыпная проезжая; неоднократно реконструировалась. Длина плотины 320 м, ширина — 15 м. Абсолютная высота верха плотины 187,4 м. Средняя многолетняя высота уреза воды в водохранилище 185,7 м, что на 1,7 м ниже высоты плотины. Высота уреза воды в реке Бытошинка ниже выхода из шлюза плотины составляет 177,4 м, т. е. перепад высот составляет 8,3 м. Водосброс открытый регулируемый с консольным перепадом, совмещенный с мостовым переездом. Состояние — удовлетворительное. Уровень водохранилища в течение года остается практически постоянным. Ведомственная принадлежность — ОАО «Кварцит».

В целом берега водохранилища низкие, часто заболоченные или заросшие прибрежной растительностью (осоки, камыш озерный, камыш уклоняющийся, рогоз широколистный, ежеголовник простой, белокрыльник болотный, частуха подорожниковая и др.). В древесном ярусе преобладает ольха серая. В северной части водохранилища высокий процент зарастания водной растительностью (до 60 %). Среди водных и водно-береговых растений встречаются: кувшинка белая, кубышка желтая, рогоз широколистный, элодея канадская, камыш озерный, рдест курчавый, рдест плавающий, ряска малая.

На прилегающей к северо-восточному берегу местности располагается сосняк зеленомошник малиновый.

В летние месяцы прозрачность воды не превышает 50 см, цвет воды на фоне белого диска интенсивно желтый. Это свидетельствует о наличии в воде значительного количества водорослей и минеральных взвесей, а так же об интенсивном антропогенном воздействии на озеро. Нижняя правобережная часть водохранилища используется в качестве поселкового пляжа. Здесь имеются кабинки для переодевания, беседки, мостки, много кострищ. Кроме того, водохранилище используется для любительского рыболовства. Ранее в акватории водохранилища проводились соревнования по водомоторным видам спорта районного и областного уровня.

Берега водохранилища сложены песком и суглинками, что наряду с перепадами высот в 8–12 м определяет хорошую дренированность и соответственно доступность, и возможность использования их в рекреационных целях. Нижняя часть водохранилища расположена в пределах поселка Бытошь, непосредственно к берегу местами подходят надворные постройки, имеется большое количества мостков, с которых не только ловят рыбу, но и стирают белье. Береговая линия практически на всем протяжении легко доступна для проезда на легковых автомобилях.

Берега водохранилища живописны и обладают достаточно высоким рекреационным потенциалом. Располагаясь в черте пгт. Бытошь (здесь проживает 4,5 тыс. чел.) оно является главным гидрологическим рекреационным объектом поселка. Водохранилище используется жителями для летнего отдыха: наличие пляжа (в южной части) и базы отдыха (северо-восточная часть); рыбалки и охоты. Площадь прибрежной зоны составляет 67,5 га и с учетом лишь местных жителей рекреационная нагрузка составляет 60 чел/га; с учетом приезжих отдыхающих этот показатель увеличивается примерно до 100 чел/га, что не превышает допустимой уровень рекреационной нагрузки по ГОСТ-17.1.5.02.-80.

Для улучшения рекреационных качеств прибрежной зоны водохранилища, в первую очередь зоны пляжа необходимо:

- 1. Провести работы по очистке пляжа от мусора.
- 2. Лучше обустроить прибрежную зону (наращивание песчаного слоя в зоне купания).
- 3. Перспективно создание лодочной станции для предоставления отдыхающим услуг по прокату вводно-прогулочных средств (лодки, катамараны, скутеры и т. п.).
  - 4. Желательно развертывание в зоне пляжа сезонной лоточной торговли для отдыхающих.
- 5. Водохранилище имеет значительные рыбные запасы (лещ, плотва, щука, карась, окунь, линь и т.д.), что может служить поводом для ведения организованного любительского лова рыбы.

Гидрографическая характеристика Бытошского водохранилища № Название характеристики Данные Схема  $\Pi/\Pi$ 53°50'; 34°05' Географические координаты, φ, λ Площадь зеркала водохранилища:  $\mathbf{f_0}$ 170 га Средняя высота бассейна над уровнем моря, Н 198 м 185,7 м Урез воды, **h**<sub>ур. воды</sub> Ширина водохранилища: максимальная 800 м Длина водохранилища: L 4000 м 13 500 м Длина береговой линии, S Объем воды, W 4240 тыс. м<sup>3</sup> Глубина: 6,3 м максимальная,  $\mathbf{h}_{\text{макс}}$ . 2,5 м средняя,  $h_{cpeg.}$ 10 Показатель формы котловины, Ф 0.4

#### Ивотское водохранилище

Ивотское водохранилище расположено на юго-западной окраине н.п. Ивот Дятьковского района. Водохранилище вытянуто с севера на юг на 1300 м при ширине 150-200 м в средней и нижней частях. Выше впадения безымянного ручья с правой стороны ширина водохранилища уменьшается до 50-15 м. Площадь водного зеркала -650 тыс.  $M^2$ , объем воды - около 1600 тыс.  $M^3$  (табл. 2)

Гидрографическая характеристика Ивотского водохранилища

Таблица 2.

	т идрографическая характерие	mica iiboichoi	о водохранинща
№ п/п	Название характеристики	Данные	Схема
1	Географические координаты, ф, λ	53°40'; 34°11'	<u>~</u>
2	Площадь зеркала водохранилища:, $\mathbf{f_0}$	65 га	<b>}</b>
3	Средняя высота бассейна над уровнем моря, Н	188 м	
4	Высота уреза воды, $\mathbf{h}_{\mathbf{yp.  воды}}$	177,8 м	
5	Ширина водохранилища: максимальная	200 м	
6	Длина водохранилища: L	1850 м	0. 400 700 300 1
7	Длина береговой линии, <b>S</b>	8000 м	
8	Объем воды, <b>W</b>	1600 тыс. м <sup>3</sup>	
9	Глубина: максимальная, <b>h</b> макс.	3,0 м	
10	Прозрачность воды	1 м	В Но ПО Ивотекое водохранилище

Водохранилище образовано в результате строительства плотины на реке Ивоток, впадающей слева в 17 км ниже по течению в р. Ветьма (левый приток р. Десны). Плотина земляная, насыпная проезжая. Длина плотины 220 м, ширина — 7 м. Абсолютная высота верха плотины 180,1 м. Средняя многолетняя высота уреза воды в водохранилище 177,8 м, что на 2,3 м ниже высоты плотины. Высота уреза воды в реке Ивот ниже выхода из шлюза плотины составляет 174,7 м, то есть перепад высот составляет 3,1 м. Уровень водохранилища в течение года остается практически постоянным. Водосброс открытый регулируемый с широким порогом, совмещенный с мостовым переездом. Водозабор донный решетчатый. Состояние — удовлетворительное. Ведомственная принадлежность — ОАО «Ивотстекло».

Берега водохранилища низкие, пологие; сложены песком и суглинками. Небольшой перепад высот в 3–5 м определяет слабую дренированность и соответственно заболоченность. Только нижняя часть водохранилища (до впадения ручьев) доступна для проезда на легковых автомобилях. Средняя часть и особенно верховья заболочены. Водохранилище находится в стадии старения. Небольшая глубина в пределах значительной части водохранилища способствует развитию в воде макрофитов (элодея канадская, телорез, ряска малая, кувшинка белая, кубышка желтая), поэтому в летнее время водоем «цветет». Только более глубокая часть — не более 30 % (бывшее русло реки и приплотинная часть) свободны от макрофитов. Дно водохранилища илистое, его мощность на отдельных участках достигает 50 см.

Живописность берегов делает их привлекательными для туристов. Практически 3/4 прибрежной зоны озера составляют лесные ландшафты — это, прежде всего сосняки зеленомошники с разнообразным кустарниково-травяным покровом. Среди древесных пород также широко распространены: ель европейская, береза бородавчатая, осина; изредка встречается дуб черешчатый.

Северный и северо-восточный берега примыкают к населенному пункту Ивот и являются наиболее пригодными для рекреации. В связи с тем, что поверхность озера имеет высокую степень зарастания водной и прибрежной растительностью, места для купания крайне ограничены и впоследствии исчезнут совсем. Единственным видом отдыха является любительское рыболовство и частично охота. Рекреационная нагрузка на прибрежную зону в целом не превышает допустимую норму и составляет в среднем 120 чел./га.

В целях восстановления и использования водохранилища, как объекта рекреации необходим спуск воды и очистка дна водохранилища от ила и сапропеля, а также удаления водной растительности.

#### Дубровское водохранилище

Дубровское водохранилище расположено в 400 м от юго-западной окраины пгт. Дубровка — центра одноименного района. Водохранилище вытянуто с запада на восток на 2100 м, в средней и нижней частях его ширина 250–300 м. Выше впадения безымянного ручья с правой стороны ширина водохранилища уменьшается до 100-150 м, а в верховьях становится еще уже. Площадь водного зеркала – 420 тыс.  $\rm M^2$ , объем воды – около 1430 тыс.  $\rm M^3$  (табл. 3).

Таблица 3. Гидрографическая характеристика Дубровского водохранилища

т идрографическая характеристика дуоровского водохранилища								
<b>№</b> п/п	Название характеристики	Данные	Схема					
1	Географические координаты, ф, λ	53°41'; 33°28'						
2	Площадь зеркала водохранилища:, $\mathbf{f_0}$	42 га	c					
3	Средняя высота бассейна над уровнем моря, <b>H</b>	198 м	3 <b>♣</b> B					
4	Высота уреза воды, <b>h</b> <sub>ур. воды</sub>	180 м	10					
5	Ширина водохранилища: максимальная	280 м	Масштаб					
6	Длина водохранилища: L	1900 м	B 1 cm 70 m					
7	Длина береговой линии, S	5500 м						
8	Объем воды, <b>W</b>	1430 тыс. м <sup>3</sup>						
9	Глубина: максимальная, <b>h</b> макс.	4,6 м	Дубровское водохранилище					
10	Прозрачность воды	0,9 м						

Водохранилище образовано в результате строительства плотины на реке Сеща (правый приток р. Десны). Плотина земляная, насыпная проезжая. Длина плотины составляет 330 м, ширина – 12 м. Абсолютная высота верха плотины 184,4 м. Средняя многолетняя высота уреза воды в водохранилище 182,9 м, что на 1,5 м ниже высоты плотины. Высота уреза воды в реке Сеща ниже выхода из шлюза плотины составляет 178,5 м, то есть перепад высот составляет 4,4 м. Водосброс открытый регулируемый с входным оголовком по типу вертикальной тонкой стенки, совмещенный с мостовым переездом. Состояние — удовлетворительное, но необходимо произвести очистку и ремонт водосбросного сооружения. Ведомственная принадлежность — Дубровский ДРСУч.

Берега водохранилища с левой стороны, заросшие сосновым лесом с примесью мелколиственных

пород, преимущественно березы и ольхи – по понижениям. На правобережье расположена деревня Побойная с обширным заброшенным фруктовым садом, постепенно зарастающим древесной растительностью. Выше деревни располагаются луга и залежь. Верховья водохранилища и места впадения ручьев заболочены.

Берега сложены песком и суглинками, что наряду с перепадами высот в 5–8 м определяет хорошую дренированность и соответственно доступность, и возможность использования в рекреационных целях. Нижняя часть водохранилища (до впадения ручьев) легко доступна для проезда на легковых автомобилях. Уровень водохранилища в течение года остается практически постоянным за счет притока не только талых вод, но и постоянных водотоков с одной стороны, и стока через шлюз – с другой.

Обладая высоким рекреационным потенциалом берега водохранилища являются излюбленным местом отдыха населения районного центра. Нижняя левобережная часть водохранилища используется в качестве поселкового пляжа. Здесь имеются кабинки для переодевания, много кострищ. Кроме того, водохранилище используется для рыболовства.

Берега водохранилища в основном высокие (0,5–1,5 м), особенно в юго-восточной части. В западной оконечности озера берега низкие и заболочены. К северному краю озера примыкает лесной массив. Преобладающим видом древостоя здесь является сосна обыкновенная с примесью березы бородавчатой. В кустарниковом ярусе преобладают малина лесная и ежевика сизая.

В юго-восточной части водохранилища располагается березовая роща, в юго-западной – луговые фитоценозы. С южной стороны к водоему прилегают одноэтажные постройки деревни Побойная.

Водохранилище примерно на 70–80 % обладает свободной водной поверхностью, лишь крайняя западная часть содержит различные виды водной и прибрежной растительности. Из водных растений преобладает рдест плавающий, из прибрежных – различные виды осок и рогоз широколистный. Грунты – песчано-глинистые, слой ила не превышает 10 см.

Водохранилище является местом отдыха для жителей районного центра Дубровка. В лесном массиве в северо-восточной части водохранилища имеется оборудованный пляж. Его состояние можно охарактеризовать как неудовлетворительное. Через дамбу проходит асфальтированная дорога, от которой имеются достаточно хорошие подъезды к водохранилищу для автотранспорта.

Рекреационная нагрузка на прибрежную зону водохранилища не превышает допустимых норм и в выходные и праздничные дни составляет не более 200 чел/га.

Водоем обладает довольно значительными рыбными запасами, здесь среди видов рыб велика доля карася серебряного. Поэтому в водохранилище успешно осуществляется любительский лов рыбы.

Для улучшения рекреационных качеств прибрежной зоны водохранилища, в первую очередь зоны пляжа, необходимо проведение ландшафтно-архитектурных изыскательских работ, с последующей реализацией проекта. Необходима:

- 1) очистка территории от мусора;
- 2) ремонт пляжных строений и дальнейшее его благоустройство;
- 3) строительство и оборудование стоянки для автотранспорта;
- 4) создание стационарных площадок для мусора.

# Салыньское водохранилище

Водохранилище расположено в окрестностях населенных пунктов Старая Салынь и Новая Салынь Дубровского района в пределах Пеклинской сельской администрации. Водохранилище вытянуто с северо-запада на юго-восток на 2600 м при ширине 350–400 м в средней и нижней частях. Выше впадения безымянного ручья с левой стороны ширина водохранилища уменьшается до 100–150 м, и постепенно сужается к верховьям до 3–5 м. Площадь водного зеркала – 780 тыс. м<sup>2</sup>, объем воды – около 2381 тыс. м<sup>3</sup> (табл. 4).

 Таблица 4.

 Гидрографическая характеристика Салыньского водохранилища

<b>№</b> п/п	Название характеристики	Данные	Схема
1	Географические координаты, φ, λ	53°35'; 33°34'	
2	Площадь зеркала озера, $\mathbf{f_0}$	78 га	\ <u>\</u>
3	Средняя высота бассейна над уровнем моря, Н	195 м	50)
4	Высота уреза воды, $\mathbf{h}_{\mathbf{yp.  Boды}}$	178,6 м	J       3 ★ B
5	Ширина озера: максимальная	400 м	10
6	Длина озера, L	2570 м	Single Si
7	Длина береговой линии, <b>S</b>	7350 м	The state of the s
8	Объем воды, <b>W</b>	2381 тыс. м <sup>3</sup>	0 160 200 300 400 N
9	Глубина: максимальная, $\mathbf{h}_{\text{макс.}}$ средняя, $\mathbf{h}_{\text{сред.}}$	6,9 м 3,0 м	Свльныское водокранизнице

10	Показатель формы котловины, Ф	2,3
11	Прозрачность воды	0,8 м

Водохранилище образовано в результате строительства плотины на реке Ивот (правый приток р. Десны). Плотина земляная, насыпная проезжая. Длина плотины составляет 482 м, ширина — 6 м. Абсолютная высота верха плотины 180,3 м. Средняя многолетняя высота уреза воды в водохранилище 178,6 м, что на 1,7 м ниже высоты плотины. Высота уреза воды в реке Ивот ниже выхода из шлюза плотины составляет 171,5 м, то есть перепад высот составляет 7,1 м. Водосброс открытый с входным ковшовым оголовком нерегулируемый, совмещенный с мостовым переездом, имеется донный водоспуск. Ведомственная принадлежность — Пеклинская сельская администрация.

Берега водохранилища высокие, местами крутые, имеются сосновые посадки 20-летнего возраста, в верховьях водохранилища — смешанный лес, по понижениям заросли мелколиственных пород, преимущественно березы и ольхи. Верховья водохранилища и место впадения ручья (верхняя треть с правой стороны) заболочены. Имеются также небольшие заболоченные участки в небольших заливчиках с обеих сторон водохранилища. Нижняя правобережная часть водохранилища используется в качестве пляжа. Кроме того, водохранилище используется для рыболовства.

Северный берег наиболее высокий и занят луговыми фитоценозами с разнотравно-злаковым разнотравьем. Южный берег более пологий, имеется небольшой лесной массив из искусственных посадок сосны обыкновенной.

Водохранилище незначительно покрыто водной и прибрежной растительностью. Исключение составляют лишь западная часть водоема, где произрастают такие виды как кувшинка белая, кубышка желтая, рогоз широколистный, камыш озерный, рдест плавающий. По всему водоему, на мелководье, произрастает элодея канадская. Полоса прибрежной водной растительности не превышает 15 м.

Берега водохранилища сложены песком и суглинками, что наряду с перепадами высот в 8—12 м определяет хорошую дренированность и соответственно доступность, и возможность использования в рекреационных целях.

В верховьях водохранилища имеются места гнездования серых и белых цапель, аистов; довольно многочисленна и водоплавающая дичь.

Рекреационная нагрузка на прибрежную зону озера незначительная и составляет не более 150 чел/га. Водохранилище обладает значительными рыбными запасами, что способствует здесь развитию любительского рыболовства. Наиболее многочисленными видами являются плотва, окунь, щука и карась серебряный. В 500 м от южного берега, в н.п. Старая Салынь, находится оздоровительный пансионат «Салынь».

Для улучшения рекреационных качеств прибрежной зоны водохранилища необходимо проведение следующих мероприятий:

- 1) очистка территории от бытового мусора;
- 2) обустройство пляжа, посредством подсыпки песчаного грунта и создание мостков;

Таким образом, водохранилища северо-запада Брянской области являются не только природными резервуарами пресной воды, но и важными объектами, создающие благоприятные условия для отдыха и оздоровления населения. Комплексное изучение и рассмотрение водоёмов Брянской области с точки зрения рекреации позволит более эффективно и целенаправленно их использовать как объекты туризма и зон отдыха населения, так и в поддержании экологического равновесия.

In the article is given the general characteristic of the reservoirs of the northeast of the Bryansk province and their possible recreational use.

The key words: reservoir, the Bryansk province, recess, use.

#### Об авторах

Ахромеев Л.М. – кандидат географических наук, доцент Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, ahromeev56@yandex.ru.

Шарапаев И.В. – старший преподаватель Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, sharaff@list.ru.

#### УДК 636.4;611.3

# К ВОЗРАСТНОЙ МОРФОЛОГИЯ СЕЛЕЗЕНКИ СВИНЬИ В ПОСТНАТАЛЬНЫЙ ОНТОГЕНЕЗ

С.И. Башина, Е.В. Зайцева, Т.А.Романова

Возрастная морфология селезенки свиньи в постнатальном онтогенезе соответствует физиологической норме. **Ключевые слова:** свинья, селезенка, возраст, онтогенез, норма.

Благодаря целенаправленной селекционно-племенной работе, свинья приобрела ряд новых и биологически полезных качеств по сравнению с дикими сородичами. Она используется как «модель» при постановке биомедицинских и ветеринарно-биологических экспериментов.

Это свидетельствует о необходимости всесторонних и углубленных исследований биологии свиньи, в том числе анатомо-гистологического строения, с учетом породной и возрастной принадлежности животных, которые выступают в качестве «основных проблемных задач современной ветеринарной морфологии» [6,с.4-6] и по разработке морфологических тестов с учетом периода онтогенеза и взаимосвязи особей с конкретными экологическими условиями [3,с.10-11;4,с.264-265]

Организация и интеграция научных исследований на факультете ветеринарной медицины и биотехнологии, занимает особое положение по степени значимости в развитии отраслей животноводства. Приоритетными направлениями научных исследований в животноводстве является проблема коррекции иммунобиологического статуса.

Новым направлением в биологических и ветеринарных науках, являются разработка новых методов исследования органов иммунной защиты в целом.

Селезенка выполняет многочисленные и разнообразные функции: формообразовательную, каркаса, трофическую, иннервационную и защитную, участвует в воспалительных, аллергических и иммунологических реакциях организма. Тем не менее, этот орган изучен недостаточно полно. Селезенка свиней крупной белой породы представляет собой плоскоудлиненый орган малиново-

красного цвета, плотной консистенции. На ней различают париетальную и висцеральную поверхности округленные концы, дорсальный и вентральный.

Расположена она на большой кривизне желудка и крепится на желудочно-селезеночной связке. На висцеральной поверхности имеются ворота, через которые проходят лимфатические узлы.

Многосторонняя деятельность селезенки состоит в том, что содержащаяся в ней ткань участвует в иммунных реакциях гуморального типа, так как в ней содержатся Т- и В-лимфоциты и плазматические клетки, ситезирующие антитела(иммуноглобулины), обеспечивающие иммунный контроль крови и оказывающихся в ней генетически чужеродных частиц-бактерий и токсинов [1,c.263;2,c.55]

Научная новизна заключается в результате комплексного методического подхода с использованием разнообразных анатомических, гистологических, морфометрических и статистических методов исследования, впервые наиболее полно дано морфофункциональное строение селезенки, прослежены возрастные этапы изменения стромально-паренхиматозных структур органа.

Цель работы: проследить возрастные изменения анатомогистологического строения селезенки свиньи, в том числе в критические фазы постнатального онтогенеза. Были выполнены следующие задачи:

-исследование морфологии (форму, цвет, массу, объем, длину, ширину, толщину, обхват) селезенки в постнатальном онтогенезе;

-выявление гистологического строения соединительно-тканного остова стромы и паренхимы (белой пульпы), особенности строения центральной артерии, индекс селезенки;

-измерить гистологические показатели структур белой и красной пульпы селезенки в различные этапы постнатального онтогенеза (толщина капсулы и серозной оболочки, ширина трабекулы, диаметр и площадь фолликулов, толщина стенки центральной артерии;

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в том, что установленные возрастные особенности селезенки, углубляют сведения о возрастной морфологии органа и этим самым вносят определенный вклад в иммуноморфологию.

Полученные материалы могут по возрастному строению селезенки могут быть использованы исследователями, занимающимися вопросами функциональной, экологической, сравнительной и породной морфологией.

Материалом для выполнения работы послужили 35 органов от клинически здоровых свиней крупной белой породы семи возрастных групп постнатального онтогенеза.

Были исследованы животные следующих возрастных групп постнатального онтогенеза: новорожденности(1-2 сут), неонатальный (30 суток), ювенальный (60 суток), полового созревания (6 мес.), морфофункциональной зрелости (8 мес.), продуктивной зрелости (10 мес.), геронтологический (2,5-3 года).

При подборе возрастных групп животных учитывались критические фазы их жизни, которые характеризуются морфологическими, функциональными и метаболическими изменениями в организме [5,c.120-121].

При достижении необходимого возраста был проведен убой животных. После обескровливания вскрывали брюшную полость и извлекали селезенку. При изучении строения органа применен комплексный метод исследования с использованием анатомических, гистологических, морфологических, статистических и экспериментальных методик.

Определяли ее цвет, консистенцию, абсолютную массу, относительную массу к массе животного, длину, ширину вентрального и дорсального концов, толщину обхват, объем, площадь. Рассчитывали индекс, по формуле предложенной Инаковым А.К,1985 г, путем деления ширины на длину, что позволят судить о форме органа.

На гистологических препаратах определялась толщина капсулы, толщина серозной оболочки, ширина трабекул, толщина стенки центральной артерии. Было подсчитано число лимфатических фолликулов, их диаметр, площадь герминативных центров, толщина и площадь маргинальной зоны. Было подсчитано количество фолликулов, измерен диаметр. Впервые была разработана методика дифференцировки лимфатических фолликулов, в зависимости от величины и сроков появления:

Малые-до 0,60 мкм, средние-0,60-1,20 мкм и большие 1,20мкм и больше. Что позволяет судить и динамике роста лимфоцитов и повышении резистентности животных. На основании этих промеров были определены площадь фолликулов, диаметр и площадь герминативных центров, толщина и площадь маргинальной зоны.

Измерение соединительных оболочек и диаметра фолликулов производили окулярмикрометром MBOT-15х и при помощи микроскопа МБИ-1 при объективе №20. Количество фолликулов определяли в поле зрения микроскопа МБИ-1,при увеличении 20х7.

В результате собственных исследований были сделаны следующие выводы:

-на этапе новорожденности все структурно-функциональные компоненты селезенки на органном и тканевом уровнях сформированы, дифференцированы и специализированы: стомальнотрабекулярный аппарат развит, паренхима имеет однородный и клеточный состав без подразделения на красную и белую пульпу. В постнатальном онтогенезе(от этапа новорожденности до геронтологического возраста) отмечается естественный рост ее компонентов, наблюдаются индивидуальные изменения стромаьно-паренхиматозных структур органа;

-в возрастном аспекте отмечается увеличение органометрических показателей селезенки: абсолютной массы в 168,5 раз, длины в 33,0 раза, ширины в 2,1 раза,

обхвата в 4,4 раза и снижение абсолютной массы органа в 1,08 раз. Индекс селезенки свидетельствует о том, что она имеет удлиненную форму. Наивысший рост органа наблюдается на этапе полового созревания организма;

-капулярно-трубекулярные структуры селезенки, представленные висцеральным листком брюшины, соединительно-тканной капсулой и трабекулами, характеризуются равномерным ростом от этапа новорожденности до Геронтологического этапа жизни;

-к 30-суточному возрасту постнатального онтогенеза паренхима селезенки дифференцируется на белую и красную пульпу, обнаруживаются лимфоидные фолликулы со всеми их составляющими.

-центральная артериола в лимфатических фолликулах селезенки расположена эксцентрично. В 20% случаев она представлена одним в 40% двумя и в 40% случаев тремя сосудами. Толщина ее стенки от этапа новорожденности по геронтологический период жизни увеличивается в 3,25 раза.

Age pigspleen morphology in postnatal ontogeny meetsthe physiological norm. *The key words:* spleen, age, ontogeny, norm.

# Список литературы

- 1.Барта.И.В.Селезенка, анатомия, физиология и клиника. Будапешт, 1976.-С.263
- 2.Инаков А.К. Анатомия и топография селезенки у детей /Архив анатомии, гистологии и эмбриологии-1985.-Т.LXXXIX№7.С.55.
- 3.Тельцов Л. П. и др. Значение критических фаз в развитии органов. Морфофункциональный статус млекопитающих и птиц /Тельцов Л. П.,Столяров В. А., Сковородин Е.Н.-Семфирополь,1995.С.10-11.
- 4. Хрусталева И.В. Адаптация структур к двигательной активности организма как целостной, исторически сложившейся живой системе//Тез.докл.-Полтава, 1992 г. С264-265.
- 5. Хомяков Л.Г. Возрастная и экологическая морфология в условиях интенсивного животноводства Ульяновск, 1987. С. 120-121.
- 6.Юдичев Ю.Ф.Сравнительная анатомия вегетативного отдела нервной системы наземных позвоночных//Сб. науч. тр/Омскс.-х.ин-т.Омск,1992.С.4-8

#### Об авторах

Башина С. И. - кандидат биологических наук, доцент Брянского государственного университет имени академика И.Г. Петровского

Зайцева Е. В.- доктор биологических наук, профессор Брянского государственного университет имени академика И.Г. Петровского

Романова Т.А. - доктор биологических наук, профессор, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева.

#### УДК 581.526.425:(581.9)

# СООБЩЕСТВА С *CAREX BRIZOIDES* L. (*CYPERACEAE*) НА ВОСТОЧНОМ ПРЕДЕЛЕ АРЕАЛА

А.Д. Булохов, В.И. Радыгина

Приведена эколого-флористическая характеристика лесных сообществ с доминированием *Carex brizoides* L. (*Cyperaceae*), распространенных в Брянской и Орловской областях.

**Ключевые слова**: лесные сообщества, эколого-флористическая классификация, дедуктивный метод, Брянская, Орловская области.

Carex brizoides L. (Cyperaceae) – субокеанический европейский вид, заходящий в восточную часть Средней Европы. Это умеренно-теплолюбивое, полусветовое, длиннокорневищное растение, геофит-гемикриптофит с оптимумом произрастания на средневлажных, в основном кислых, бедных минеральным азотом почвах.

Впервые для Средней полосы Европейской части России была указана А.Д. Булоховым [1]. Была отмечена высокая фитоценотическая активность этого вида в Новозыбковском лесхозе (Брянская область). В лесных сообществах *Carex brizoides* выступает доминантом травяного покрова. Позднее местонахождения этого вида были выявлены в Карачевском и Навлинском районах Брянской области.

Сообщества с *Carex brizoides* в 2009-2012 гг. были описаны на территории Национального парка «Орловское Полесье», расположенного в северо-западной части Орловской области. В 2005-2006 гг. в Брянской области (Новозыбковский р-н) были описаны сообщества сосновых и ольховых лесов с доминированием в травостое *Carex brizoides*.

**Методика работы**. Геоботаническое описание сообществ проведено по методике, принятой в направлении Ж. Браун-Бланке. Обилие-покрытие видов дано по комбинированной шкале Ж. Браун-Бланке [3]. Площади, занимаемые сообществами с доминированием *Carex brizoides*, варьируют от 25 до 500 м<sup>2</sup>. Экологические амплитуды по влажности, кислотности и обеспеченности минеральным азотом почвы определены по оптимумным шкалам Н. Ellenberg et al. [4]. Классификация лесных сообществ проведена с использованием дедуктивного метода [5, 6]. Название сообществ дано по видамдоминантам, определяющим облик сообществ, и по которым они легко опознаются в полевых условиях. Флористический состав установленных синтаксонов приведен в табл. Арабскими цифрами показано обилие-покрытие по шкале Ж. Браун-Бланке, римскими — класс постоянства. Латинские названия видов сосудистых растений даны по К.С. Черепанову [2]. Ниже дается характеристика сообществ.

Базальное сообщество Quercus robur-Carex brizoides [Fagetalia sylvaticae]

Диагностические виды: Quercus robur (доминант), Carex brizoides (доминант, табл., оп. 1-4). Основу древостоя первого яруса формирует разновозрастной дуб черешчатый, имеющий высоту от 15-17 до 20-22 м. В составе древостоя постоянно присутствуют с различной долей участия: Picea abies, Betula pendula, Populus tremula, иногда Pinus sylvestris. Имеется благонадежный подрост Picea abies, Quercus robur и Acer platanoides. Подлесок, как правило, не развит. В нем изредка встречаются Frangula alnus, Sorbus aucuparia, иногда Corylus avellana.

Фон в травостое создает *Carex brizoides*, проективное покрытие ее может достигать более 80%. На этом фоне рассеянно присутствуют бореальные виды: *Gymnocarpium dryopteris, Maianthe-mum bifolium, Luzula pilosa, Trientalis europaea, Vaccinium vitis-idaea, Solidago virgaurea*. Неморальные виды немногочисленны, имеют низкое проективное покрытие: *Stellaria holostea*: *Galeobdolon luteum, Dryopteris filix-mas, Athyrium filix-femina*. Моховой покров не развит. Отдельными мелкими пятнами встречаются *Pleurozium schreberi, Dicranum scoparium*, виды *Plagiomnium* 

Сообщества *Betula pendula–Carex brizoides* (табл.; оп. 5-7) и *Populus tremula–Carex brizoides* (табл.; оп. 8-10) возникают на месте вырубки дубняков с елью и липой трясунковидноосоковых. Они сохраняют флористический состав исходных типов, но в древостое доминирует либо *Betula pendula*, либо *Populus tremula*.

Во всех сообществах *Carex brizoides* создает сплошной ковер, поэтому флористическая насышенность сообществ низкая.

**Экология.** Сообщества дубняков трясунковидноосоковых и их производные типы – березняки и осинники – распространены на светло-серых, свежих (5,8), кислых (4,4), небогатых минеральным азотом (4,5) почвах. Осинники приурочены к дерново-слабоподзолистым почвам.

В Новозыбковском районе Брянской области были описаны сосняки, березняки и ольшаники с доминированием в травостое *Carex brizoides*.

Сообщество *Pinus sylvestris—Quercus robur—Carex brizoides* (табл.; оп. 12) – сосняк с дубом трясунковидноосоковый занимает нижнюю часть слабопологого склона юго-западной экспозиции. Древостой двухъярусный. Состав первого яруса: 10C E J. Oc + F. Сомкнутость крон – 0,5-0,6. Сосна в возрасте 75-80 лет достигает 26 M F в высоту при диаметре стволов до 46 C F см. Второй ярус – из дуба высотой 12-14 M F.

В негустом подлеске (сомкнутость 0,2) доминирует *Frangula alnus* с примесью *Sorbus aucuparia*. Фон в травяном покрове создает *C. brizoides* с проективным покрытием до 85 %. Характерно присутствие *Lysimachia vulgaris, Molinia caerulea, Mycelis muralis, Carex pallescens, Veronica officinalis*.

Флористическая насыщенность невысокая из-за развития сплошного «ковра» Carex brizoides.

В Софиевском лесничестве (Новозыбковский р-н) сделаны описания ольшаника с грабом обыкновенным — *Alnus glutinosa—Carpinus betulus—Carex brizoides*. Сообщество занимает хорошо дренированную низину вдоль р. Важицы. Состав древостоя: 6 Ол 4 Д Ед Ос, Б. В подлеске — редкие кустарники лещины, а в во втором подъярусе и подросте — *Carpinus betulus*. В травяном покрове доминирует *Carex brizoides*, покрытие — 80-90 %. Обильны неморальные виды: *Galeobdolon luteum*, *Stellaria holostea*, *Glechoma hederacea*. Изредка встречаются гигрофильные виды: *Filipendula ulmaria*, *Lysimachia vulgaris*, *Viola uliginosa*.

Таблица Характеризующая таблица базальных сообществ: Quercus robur–Carex brizoides (оп. 1-4); Betula pendula–Carex brizoides (оп. 5-7); Populus tremula–Carex brizoides (оп. 8-10); Pinus sylvestris–Quercus robur–Carex brizoides (оп. 12); Alnus glutinosa–Carpinus betulus–Carex brizoides (оп. 13)

Номера описаний	1	2	3	4	Кп	5	6	7	Кп	8	9	10	11	Кп	12	13
Сомкнутость крон	80	90	90	85		85	80	60		75	90	80	80		60	80
ОПП, %	80	95	45	80		95	95	95		95	95	80	95		80	90
Число видов	20	24	13	13		20	17	14		21	29	22	27		20	17
Quercus robur I	3	3	3	2	V			2					+	2		3
Quercus robur II	r	+		+	IV			+		+	r	r	1	V	3	
Carex brizoides	3	5	4	5	V	5	5	5	3	5	5	4	5	V		5
Pinus sylvestris I		+			II		+		2		1		2	III	5	
Betula pendula I		2	+		III	4	5	4	3	+	2	2	2	V	r	+
Populus tremula I	2		2		III	2		1	2	4	4	3	3	V	r	+
Alnus glutinosa												+		II		4
Carpinus betulus II															r	2
Tilia cordata I				2	II			3					1	II		
Acer platanoides I													2	II		
Acer platanoides III	2		1			1				+		r		III		r
Picea abies I	2	2		1	IV	+		+	2	2		1	+	IV		
Euonymus verrucosa III										+	+			II	r	
Corylus avellana		+								r		+	r	IV		+
Oxalis acetosella IV						1			1	+		r		II	+	
Maianthemum bifolium	+	+		+	IV	+			1	+				II	+	+
Galeobdolon luteum	+				II	r			1						+	3
Luzula pilosa		r			II					+		+		III	+	
Stellaria holostea IV	+				II	+			1	+g*		+		III	+	2
Aegopodium podagraria						1	+	+	3				+	II		
Glechoma hederacea							+	+	2	+	r		+	IV		1
Dryopteris filix-mas		+			II										r	
Athyrium filix-femina		+		r	III						r			II		+
Asarum europaeum													+			r
Carex pilosa							+		2				r	II	r	
Scrophularia nodosa										+	r			III		
Millium effusum							r		2				+	II		+
					Прочи	е виды	I									
Frangula alnus III	1	+	1	2	V	1	+	1	3	+	2	+	1	V	1	
Sorbus aucuparia	r	+		r	IV	r				+	r	r		IV	+	
Rubus idaeus	r			r	II		+	r	2	+		r	r	IV		
Dryopteris carthusiana IV	+	+		+	III	+				+	+	r		III		
Angelica sylvestris		+					r	+	2		+		r	III		
Equisetum sylvaticum		+			II	r					r			II		
Solidago virgaurea	r	+			III						r			II		
Chamaenerion angustifolium							r	+	2		+			II		
Gymnocarpium dryopteris	+	r			III											
Hypericum perforatum								+	2		+			II		

Pteridium aquilinum	ı	ı	ı	i	Ī	ı	2g*	i	l 1	1	l	i	l	l		
Filipendula ulmaria							r		1		+			II		+
Lysimachia vulgaris															r	+
Molinia caerulea											+				+	
Mycelis muralis										1					r	
Carex pallescens											+				r	
Veronica officinalis															+	r
Orthilia secunda											+				+	
Rubus saxatilis	+	+			III											
Calamagrostis arundinaceae	1			1g	III					2g	r			III		
Vaccinium vitis-idaea	r		r		III											
Trientalis europaea		+			II					r				II	+	
Pleurozium schreberi V	1	r	+		III							+	r	III		
Dicranum scoparum	+	+	+		III		+	+	2		+	+	r	IV		
Mnium spinulosum		+			II		+	+	2	r	+		+	IV	1	
Rhodobryum roseum								+	1		+			II		
Polytrichum juniperinum							+		1		+	r		III		
Sphagnum girgensohnii												r		II		
					Под	рост										
Betula pendula	1		+		III	r										
Populus tremula						r					r			II		
Picea abies	1	2	2	1	V	1					1	+	+	IV		
Tilia cordata													+	II		

Единично встречаются: Оп. 1. Calamagrostis canescens (1), Climacium dendroides (r), Rhytideadelphus triquetrus (+); оп. 2. Melampyrum nemorosum (+); оп. 3. Leontodon autumnalis (r), Hieracium umbellatum (+), Nardus stricta (r); оп. 4. Deschampsia cespitosa (r); оп. 5. Adoxa moschatellina (+), Lysimachia nummularia (+), Moehringia trinervia (+), Poa nemoralis (+), Paris quadrifolia (+); оп. 6. Campanula persicifolia (+); оп. 7. Campanula patula (r); оп. 8. Urtica dioica (+); оп. 9. Melica nutans (r), Coccyganthe flos-cuculi (r), Scutellaria galericulata (+); оп. 10. Carex digitata. (+); оп. 11. Convallaria majalis (r), Veratrum lobelianum (r), Plantago major (+), Crepis paludosa (r), Pulmonaria obscura (+); оп. 12. Agrostis capillaris (+), Polygonum lapathifolium (r), Lamium maculatum (+); оп. 14. Viola uliginosa (+).

Примечание: g\* – вид распространен неравномерно, пятнами.

Покализация описаний. Оп. 1 – Орловская область, Знаменский район, окр. пос. Еленка, 12.06.2012; оп. 2 – 30.06.2012; оп. 3 – 01.07.2012; оп. 7-9 – 1.07.2012; 9-12.09.2012. Автор описаний 1-13 – В.И. Радыгина. Оп. 12 – Брянская обл., Новозыбковский р-н, Новозыбковский р-н, Софиеевское лесничество, кв. 109, 16.08.2005; оп. 14 – Новозыбковский р-н, Софиеевское лесничество, 19.07.2006. Автор А.Д. Булохов.

Синтаксономическое положение сообществ. По флористическому составу все описанные сообщества можно отнести к союзу *Querco roboris—Tilion codatae* Bulokhov et Solomeshch 2003 (порядок *Fageta-lia sylvestris* Pawłowski, Sokołowski et Wallisch 1928). В их составе присутствует комплекс диагностических видов этого союза: *Quercus robur, Tilia cordata, Acer platanoides, Corylus avellana, Galeobdolon luteum, Euonymus verrucosa, Maianthemum bifolium, Luzula pilosa, Oxalis acetosella.* Установить ассоциацию или субассоциацию на основе выполненных описаний, используя *Carex brizoides* как характерный вид, нецелесообразно. Это вид широкого фитоценотического диапазона. Он является характерным как для хвойных (класс *Vaccinio—Piceetea* Br.-Bl. 1939), так и для широколиственных (класс *Querco—Fagetea*) лесов.

The ekologo-floristic characteristic of forest communities with domination of *Carex brizoides* L. (*Cyperaceae*), distributed in Bryansk and Orel regions, is done.

The key words: forest communities, ekologo-floristic classification, a deductive method, Bryansk, Orel regions.

#### Список литературы

- 1. Булохов А.Д. *Sarothamnus scoparius* (L.) Wimm. ex Koch и *Carex brizoides* L. в Брянской области // Бот. журн., 1975. Т.60, №6. С. 872-873.
- 2. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб: Мир и семья, 1995. 992 с.
  - 3. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. 3 Aufl. Wien-N.-Y., 1964. 865 p.
- 4. Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica. Vol. 18. 2. Aufl. 1992. 258 S.
- 5. Kopečky K., Hejný S. A new approach to the classifications of anthropogenic plant communities // Vegetatio. 1974. Vol. 29. P. 17-20.
- 6. Kopečky K., Hejný S. Die Anwendung einer deduktiven Methode syntaxonomischer Klassifikation bei der Bearbeitung der straßenbegleitenden Pflanzengesellschaften Nordostböhmens // Vegetatio. 1978. V. 36. N 1. S. 43-51.

#### Об авторах

Булохов А. Д. – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ботаники Брянского государственного университета имени академика И..Г. Петровского, kafbot2002@mail.ru

Радыгина В. И. – доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники Орловского государственного университета.

#### УДК 581.526.425

# НОВАЯ АССОЦИАЦИЯ ПОЙМЕННЫХ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ В ЮГО-ЗАПАДНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РОССИИ

А. Д. Булохов, И. И. Сильченко, Ю. А. Семенищенков

Приведены результаты геоботанического обследования поймы реки Десны на участке Брянск – Белая Березка. Установлена новая ассоциация *Ulmo minoris–Ouercetum roboris*.

**Ключевые слова:** широколиственные леса, синтаксономия, ассоциация, пойма реки Десны, Юго-Западное Нечерноземье России.

Широколиственные леса Юго-Западного Нечерноземья России были объектом интенсивного исследования в последние 20 лет (Булохов, Соломещ, 2003; Семенищенков, 2009). Детальное обследование пойменных лесов, распространенных в пойме реки Десны от г. Брянска до границы с Черниговской областью Украины, было завершено в 2010-2012 гг. В ходе геоботанического обследования описаны сообщества пойменных вязово-дубовых лесов с участием вяза полевого. С использованием метода J. Braun-Blanquet (1964) установлена новая ассоциация. Ниже дается ее эколого-флористическая характеристика.

Acc. *Ulmo minoris—Quercetum roboris* acc. nov. hoc loco. Номенклатурный тип (holotypus) — табл., оп. 9. Диагностические виды: *Quercus robur* f. praecox, *Ulmus minor*<sup>1</sup>.

Флористический состав и структура. Основу древостоя формирует *Quercus robur* f. *praecox*. Дуб ранний II класса бонитета, высотой до 24-26 м, имеет зонтиковидно-шаровидные кроны, сбежистые стволы. Возраст деревьев на отдельных участках достигает 150 лет. Изредка в первом подъярусе присутствуют *Tilia cordata, Fraxinus excelsior*. Второй подъярус высотой 3-6 м, иногда до 12 м, формирует *Ulmus minor*; единичные экземпляры его входят в первый ярус. В подросте довольно часто встречаются *Quercus robur, Fraxinus excelsior* и, особенно, *Ulmus minor*. Общая сомкнутость древостоя – 50-80 %.

Подлесок редкий, его формируют Frangula alnus, Swida sanguinea. В отдельных сообществах обильны Corylus avellana и Frangula alnus, изредка в подлеске встречаются Sorbus aucuparia и Rosa majalis. Сомкнутость подлеска сильно колеблется — от 1 до 80 %.

Травяной покров сформирован преимущественно аффинными видами союза *Alnion incanae* Pawłowski in Pawłowski, Sokołowski et Wallisch 1928 (син. *Alno–Ulmion minoris* Br.-Bl. et Tx. 1943), из них наиболее константны: *Glechoma hederacea, Festuca gigantea, Filipendula ulmaria, Urtica dioica, Equisetum pratense, Matteuccia struthiopteris.* Аффинные виды порядка *Fagetalia sylvaticae* встречаются изредка. На отдельных участках, обычно по гривам, константны характерные виды порядка *Molinietalia* W. Koch 1926 и класса *Molinio–Arrhenatheretea* R. Tx. 1937: *Galium physocarpum, Poa palustris, Carex praecox, Rumex thyrsiflorus, Poa angustifolia*.

Общее проективное покрытие травяного яруса в зависимости от сомкнутости крон и подлеска варьирует от 5 до 80 %. Видовое богатство сообществ низкое – от 14 до 24 видов на  $400 \text{ m}^2$ . В отдельных разреженных «олуговелых» сообществах оно достигает 38 видов (табл.).

В составе ассоциации установлено 3 варианта.

Вар. Circaea lutetiana диагностируется Circaea lutetiana и Matteuccia struthiopteris. Его сообщества широко распространены в Гаваньском лесничестве по левобережью и в прирусловой пойме реки Десны, на низких гривах с суглинистыми почвами. Вар. Galium physocarpum объединяет разреженные олуговелые сообщества. Его диагностические виды: Galium physocarpum, Poa palustris, Carex praecox. Облик травостоя формируют преимущественно луговые злаки, среди которых: Agrostis gigantea, Festuca pratensis, Phleum pratense. Типичных лесных растений очень мало. Quercus robur f. praecox III-IV класса бонитета, обычно имеет шаровидные кроны. При отсутствии сенокошения хорошо возобновляется. В таких сообществах практически не выражен кустарниковый ярус.

Вар. *typica* собственных диагностических видов не имеет. Его сообщества распространены в левобережной прирусловой пойме реки Десны.

Экология. Сообщества распространены на низких гривах правобережной и левобережной прирусловых пойм реки Десны. Левобережная прирусловая пойма низко гривистая с плоскими западинами. В этих условиях распространены вар. *Circaea lutetiana* и *typica* на свежих (6,0) слабощелочных (7,9) хорошо обеспеченных минеральным азотом (5,7) легкосуглинистых аллювиальных почвах.

Левобережная пойма, на территории которой распространены сообщества вар. *Galium physo- сагрит*, среднегривистая, сформирована песками и супесями. Почвы свежие (5,0) слабощелочные

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Названия сосудистых растений даны по С. К. Черепанову (1995), мохообразных – по М. С. Игнатову и др. (Ignatov et al., 2006). Экологические оптимумы сообществ определены по шкалам Н. Ellenberg et al. (1992).

(7,2) умеренно обеспечены минеральным азотом (5,0).

Связь с единицами лесной типологии. Ассоциация включает в себя следующие доминантные типы леса: Ulmo minoris—Quercetum roboris corylosum; Ulmo minoris—Quercetum roboris tiliosum; Ulmo minoris—Quercetum roboris matteucciosum struthiopteris и Ulmo minoris—Quercetum roboris urticosum. Типы лесорастительных условий:  $Д_{3}$ ,  $Z_{3-4}$  В лесоводческой литературе известны как дубняк пойменный, папоротниковый.

С и н т а к с о н о м и ч е с к о е п о л о ж е н и е . Для Брянской области в литературе приводится ассоциация пойменных дубовых лесов *Filipendulo ulmariae—Quercetum roboris* Polozov et Solomechch 1999, представляющая мезо-гигрофитные дубовые леса (Семенищенков, 2009), однако ранее не отмечалось, какая форма дуба их формирует. Ассоциация отнесена к союзу пойменных мезо-гигрофитных и гигрофитных лесов *Alnion incanae*. В составе этого союза установлено два подсоюза: *Alnenion glutinoso-incanae* Oberdorfer 1953, представляющий ольхово-ясеневые пойменные леса и *Ulmenion minoris* Oberdorfer 1953 — дубово-вязовые пойменные леса. Ассоциации пойменных дубрав из Юго-Западного Нечерноземья, в древесном ярусе которых преобладает ранняя форма дуба черешчатого, мы относим к подсоюзу *Ulmenion minoris*.

Наиболее важное отличие лесов установленной ассоциации от ранее описанных пойменных лесов – присутствие и высокое эдификаторное значение *Ulmus minor*. Вяз малый – *Ulmus minor* Mill. (*U. campestris* L., *U. carpinifolia* Gled., *U. foliacea* Gilib., *U. nitens* Moench, *U. suberosa* Moench) – европейский температно-сарматский вид со слабо изученным распространением в Брянской области, где он представлен у северной границы сплошного распространения. Это невысокое дерево, изредка входящее в состав пойменных широколиственных лесов в долине Десны и ее притоков, а также ксеротермных кустарников на склонах деснянской долины; редко используется в озеленении. В целом описанные сообщества, так же как и их ценообразователь – вяз малый, являются редкими в Юго-Западном Нечерноземье и заслуживают охраны.

Пойменные широколиственные дубово-ясенево-вязовые, нередко с черной ольхой, леса в Центральной Европе относят к асс. Ficario-Ulmetum minoris Knapp 1942 em. J. Mat. 1976 (syn. Ficario-Ulmetum campestris Knapp ex Medwecka-Kornaś 1952, Querco-Ulmetum Issler 1926 nom. inv., Fraxino-Ulmetum Tüxen ex Oberdorfer 1953). Ценофлоры наших и центральноевропейских лесов имеют достаточно высокое сходство и распространены в похожих местообитаниях (Ellenberg, 1988; The floodplain forests..., 2000; Matuszkiewicz, 2001; Douda, 2008). Однако в составе лесов из Центральной Европы отмечается целый комплекс отсутствующих в Юго-Западном Нечерноземье видов-ценообразователей, в том числе и преимущественно центрально- и западноевропейских деревьев и кустарников (Acer campestre, A. pseudoplatanus, Alnus incana, Carpinus betulus, Crataegus laevigata, Euonymus europaeus, Ribes rubrum, R. uva-crispa и др.), а также многие виды травянистых растений. Наиболее флористически близкими к нашим являются описанные из разных ботанико-географических зон Украины леса асс. Ficario-Ulmetum (Onyshchenko, 2009), которые достаточно хорошо разделяются на несколько географически очерченных групп. Основные отличия украинских лесов – широкое участие нехарактерных для нашего региона ценообразователей: Acer campestre, A. pseudoplatanus, A. tataricum, Alnus incana, Carpinus betulus, Crataegus curvisepala, Euonymus europaeus, Prunus spinosa, Sambucus nigra и некоторых травянистых видов (Aconitum athora, Allium ursinum, Anemonoides nemorosa, Arum besserianum, Carex brizoides, Dentaria bulbifera, Dipsacus pilosus, Galanthus nivalis, Geranium phaeum, Hepatica nobilis, Isopyrus thalictroides, Polygonatum hirtum, Scilla bifolia, Viola odorata, Viola reichebachiana).

Указанные флористические отличия в будущем могут послужить основой для установления географически обусловленных единиц ранга субассоциации в пределах единой для нашего региона и Украины асс. *Ficario–Ulmetum*. В настоящее время материалов для такого синтаксономического решения недостаточно, поэтому, ввиду перечисленных ботанико-географических различий, мы предварительно относим наши сообщества к новой асс. *Ulmo minoris–Quercetum roboris*.

The results of the geobotanical research on Desna-river flood-plain on the line Bryansk-Belaya Berezka are done. The new association *Ulmo minoris–Quercetum roboris* is established.

The key words: broad-leaved forests, syntaxonomy, association, Desna-rivers flood-plain, South-Western Nechernozemje of Russia.

## Список литературы

- 1.Булохов, А. Д. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России / Булохов А. Д., Соломещ А. И. Брянск: Изд-во БГУ, 2003. 359 с.
- 2.Семенищенков, Ю. А. Фитоценотическое разнообразие Судость-Деснянского междуречья / Ю. А. Семенищенков. Брянск: РИО БГУ, 2009. 400 с.
  - 3. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С. К. Черепанов.

СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.

- 4. Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie. 3. Aufl. / J. Braun-Blanquet. Wien; N.-Y., 1964. 865 S.
- 5.Douda, J. Formalized classification of the vegetation of alder carr and floodplain forests in the Czech Republic / Douda J. // Preslia. 2008. Vol. 80. P. 188-224.
- 6.Ellenberg, H. Vegetation ecology of Central Europe. 4th ed. UK: Cambridge University Press, N.-Y. 1988. 731 p.
- 7. Ellenberg, H. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2 Aufl. / Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulssen D. Göttingen: Verlag Erich Goltze GmbH & Co KG, 1992. 258 S.
- 8.Ignatov, M. S. Check-list of mosses of East Europe and North Asia / Ignatov M. S. et al. // Arctoa. 2006. Vol. 15. P. 1-130.
- 9.Matuszkiewicz, W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski (wydanie istotnie zmienione w stosunku do wydania z 1981) / Matuszkiewicz W. Warszawa: PWN, 2001.
- 10.Onyshchenko, V. A. Forests of order Fagetalia sylvaticae in Ukraine / V. A. Onyshchenko / Ed.: S. L. Mosyakin. Kyiv: Alterpress, 2009. 212 p.
- 11. The floodplain forests in Europe: current situation and perspectives / Ed. E. Klimo, H. Hager. Leiden; Boston; Köln; Brill, 2000. 271 p.

Приложение Таблица Характеризующая таблица асс. *Ulmo minoris—Quercetum roboris* ass. nov. hoc loco; *typica* var. (оп. 1-5)\*, *Circaea lutetiana* var. (оп. 7-14), *Galium physocarpum* var. (15-19)

Номера описаний | 1 2 3 4 5 6 | 7 8 9 10 11 12 13 14 | 15 16 17 18 19 |

Номера описаний	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	16	17	18	19	
Варианты			typ	oica						caea i		iana			ва		ılium		ocarp	um	Ba
Древесный ярус: сомкнутость крон, %	70	70	60	50	70	80	70	70	80	60	70	60	80	70	Класс постоянства	50	60	70	70	60	Класс постоянства
Кустарниковый ярус: сомкнутость, %	50	40	5	50	25	60	25	70	80	60	60	60	70	70	Класс этоянст	3	5	1	5	5	Класс
Травяной ярус, ОПП, %	10	10	5	5	25	60	60	80	30	30	80	50	70	80	К	50	20	70	50	80	X 22
Число видов	15	21	17	17	18	15	16	18	18	15	18	17	16	15	Ш	14	15	17	38	24	Ĕ
		Д	. в. а	cc. <i>U</i>	lmo i	mino	ris-(	Quer	cetur	n rob	oris										
Quercus robur f. praecox A	3	3	3	2	4	5	3	3	3	3	3	3	4	4	V	3	4	4	4	3	V
Ulmus minor A		r													I				r		I
Ulmus minor B	2	2	r	+	3			2	2	1	2		2		IV	+	2	+	2	2	V
Ulmus minor C	3			3		3			3			3	2	2	III		+		+	+	III
				Д.	в. ва	p. <i>Ci</i> .	rcaea	ı lute	tiana	ı											
Circaea lutetiana		+					1	2	1	1	1	1	1	1	IV						
Matteuccia struthiopteris									+	2	2	2	3	1	III						l
•				Д. в.	вар.	Galii	um p	hyso	carpi	um					J.						
Galium physocarpum																1	1	r	1	1	V
Poa palustris																+	+	1	r	+	V
Carex praecox																	1	+	+	5	IV
	Л. в.	сою	за $A$	lnion	inca	nae	и пол	сою	за <i>U</i>	lmen	ion n	nino	ris								
Rosa majalis C						r							-		I	r			r	r	III
Swida sanguinea C	+	2	1	+	2	r	2	2	+	2	2	+	2	1	V		Ċ	Ţ.	-	r	I
Gechoma hederacea	+	+	+	+	2	+	3	4	2	2	5	2	4	2	V	_		-	+	-	Ī
Equisetum pratense	+			+	1	+	+	+	1	1	1	+	+	+	v		•	•			
Festuca gigantea		+	•		+	+	+	+	1	+	+		r	·	īV		•	•	•	•	
Filipendula ulmaria	•	r	•	•	'	+	+	+	+	<u>.</u>	<u>.</u>	r	1	•	III		·		r	+	İII
Scrophularia nodosa	•	r		•	r	'	'	+	+	'	<u>.</u>	+	+	+	IV		1	•	r	r	II
Urtica dioica	•	+	1		r	3	+	+	'		1	+	+	+	IV	r		•	1	1	I
Rubus caesius			•		1	1		-	•		+	_			II	1		•	+	+	II
	1			I	•	1	•	•					•	+							
Lysimachia nummularia	•	•	•	•	•	•	•	•	+		+	•	•	+	II				r	r	II
Aristolochia clematitis					•	•		•	•								+		r		II
Elymus caninus	+				r	•	+	•	•						II						
Brachypodium sylvaticum	<u>.                                    </u>	•	+	<u>.</u>	+			•	•		•				I	•	•	•	•		<u> </u>
The state of the s	Д. в. 1	поря	дка 1	Fage		sylva		и кл		Que	rco-	Fage	etea		**						
Tilia cordata A					2		r	•	r			1		•	II	+				r	II
Tilia cordata B	3	3		2			4	+	4					+	III						1 :
Acer platanoides B			3	r											I				r		I
Convallaria majalis	r	+			+		+	r							II			r	+		III
Fraxinus excelsior A		r	r					r							II				r		I
Fraxinus excelsior C									r						I						
Corylus avellana C		2					+	4	4	3	3	3	5	4	III				r		I
Aegopodium podagraria		+			+		+					+		3	II						
Lathyrus vernus	1	+	+	+	+		+		+						III						
Geum urbanum		+	r			+	+		+						II				r		I
Paris quadrifolia										+	r	r	r		II						١.
Poa nemoralis																	r		+		II
Polygonatum multiflorum		r		r																	
	I. в. п		іка Л	1olin	ietali	аик	ласс	a Ma	linio	-Arr	heno	ıther	etea	-						-	
Rumex thyriflorum	1	· · · · · ·	,													+	+	1	+		IV
Poa angustifolia	'	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1		+	1	1	III
Alopecurus pratensis	'	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•		1		r	+	III
Veronica longifolia	l .	•	•	•	•	•		•	•	•		•	•	•	•	1	1	1	+	+	III
Kadenia dubia					•	•		•	•				•	•			r	+	'		II
Achillea millefolium		•	•		•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	1	+	•	II
леншей тинејонит		•	•	•	•	•		•	•		•	•	•	٠		١.		1	-	٠	ш

Номера описаний	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	16	17	18	19	1
Phleum pratense																	+		+		II
Agrostis gigantea																			1	+	II
					Ι	Іроч	ие ви	іды													
Populus tremula A	r	r		r											II						
Frangula alnus C						2					r				I	+	1	+	+	+	V
Sorbus aucuparia	r	r			+										II						
Bidens frondosa						r		r			+				II						
Equisetum hyemale	+			+	+										II						
Oxyrrhinhium hyans	r	r			r			r		r		r	r		II	r	r				II
Amblystegium serpens			r	r											I						
Serpoleskea subtilis		r	r							r					I						
Drepanocladus fluitans			r									r	r		I						
Climacium dendroides			r							r				r	I						
Plagiomnium affine		r													I						
Atrichum undullatum					r	r									I						
Plagiomnium cuspidatum			r				r		r			r	r		I	r		r		r	III
Rhitidiadelphus squarrosus													r			r		r	r		III
Elytrigia repens																			+	+	II
Calamagrostis epigeios																		3	+		II
Bromopsis inermis																3				r	II

<sup>\*</sup>В таблице обилие видов дано по комбинированной шкале обилия-покрытия Ж. Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1964). Принадлежность к ярусам для видов деревьев и кустарников обозначена в таблицах латинскими буквами (А – первый древесный подъярус, В – второй древесный подъярус, С – кустарниковый ярус, подлесок).

Классы постоянства видов даны по пятибалльной шкале: I – вид присутствует менее, чем в 20 % описаний, II – 21-40 %, III – 41-60 %, IV – 61-80 %, V – 81-100 %.

Единично встречены: Acer platanoides B (14,1), Agrimonia eupatoria (18,r), Alnus glutinosa A (6,r), Angelica sylvestris (8,r), Campanula glomerata (18,r), Deschampsia cespitosa (18,r), Equisetum arvense (18,+), Euonymus verrucosa C (3,+), Festuca pratensis (18,2), Geranium robertianum (7,+), Humulus lupulus (9,r), Hylothelephium triphyllum (18,r), Hypericum perforatum (18,r), Impatiens noli-tangere (11,+), Lysimachia vulgaris (7,+), Lythrum virgataum (19,r), Maianthemum bifolium (4,r), Padus avium C (4,r), Pinus sylvestris A (3,r), Plantago lanceolata (16,+), Ptarmica cartilaginea (15,r), Pyrus communis C (1,r), Quercus robur C (9,1), Ribes nigrum C (19,r), Rumex confertus (18,r), Salix acutifolia C (19,r), Scutellaria galericulata (17,+), Solidago virgaurea (4,r;10,r), Stachys palustris (8,r), Tanacetum vulgare (17,+), Torilis japonica (18,+), Thuidium sp. (4,r), Valeriana officinalis (19,r), Viola canina (17,r).

Локализация описаний: оп. 1-4 – Гаваньское лесничество, кв. 77 (Навлинский р-н), оп. 5-6 – кв. 103, оп. 8 – кв. 105, оп. 9 – кв. 114, оп. 10-11 – кв. 115, оп. 13-14 — Трубчевский сельский лесхоз, кв. 5, 16.08.2012; оп. 15, 16, 17, 18, 19 — правобережная прирусловая пойма реки Десны у н. п. Рясное (Выгоничский р-н), 19.08.2012. Авторы описаний: Булохов А. Д., Сильченко И. И.

#### Об авторах

Булохов А. Д. – заведующий кафедрой ботаники, профессор Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского, kafbot2002@mail.ru.

Сильченко И. И. – аспирант кафедры ботаники Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, kafbot2002@mail.ru.

Семенищенков Ю. А. – доцент кафедры ботаники Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, yuricek@yandex.ru.

#### УДК 636.52/.58.085.16:619

# ПРИМЕНЕНИЕ НАТРИЯ НУКЛЕИНАТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ ПРОФИЛАКТИКИ БОЛЕЗНЕЙ КУР

#### А.И. Василенко

Установлено, что применение натрия нуклеината в условиях производства в системе противоэпизоотических мероприятий против Ньюкаслской болезни, инфекционного бронхита кур способствует повышению эффективности специфической профилактики. При ревакцинациях введение натрия нуклеината до или во время иммунизации обусловило тенденцию к повышению титров антител (при вакцинации против Ньюкаслской болезни, главным образом в продуктивную фазу), а при вакцинации против инфекционного бронхита кур — в индуктивную фазу), а при первичной иммунизации на фоне вирусоносительства (ССЯ -76), вызвало тенденцию к снижению интенсивности образования антител.

**Ключевые слова:** молодняк кур-несушек, кровь, иммунитет, биологически активный препарат.

Птица высокопродуктивных кроссов и линий более зависима от условий содержания и кормления проявляет повышенную чувствительность к возбудителям инфекционных болезней [1, с.12-15]. В последние два десятилетия ситуация с инфекционными заболеваниями в хозяйствах, специализирующихся на выращивании домашней птицы, кардинально изменилась. Благодаря глобализации отрасли на принципах открытых границ в список актуальных добавился ряд малоизвестных ранее вирусных заболеваний и, как следствие, перечень необходимых вакцин существенно расширился, что привело к перенасыщенности прививочного календаря. В итоге в настоящее время до 30-40 дней жизни цыпленка приходиться делать до 10 вакцинаций [2, с.13]. При этом на организм птиц воздействуют стрессовые факторы химического, физического, биологического, технологического и кормового происхождения, угнетающие иммунную реактив-

ность организма. В этих условиях часто наблюдается ослабление или отсутствие иммунного ответа на различные антигены. В результате резко снижается эффективность проводимых вакцинаций птиц против различных инфекционных заболеваний [3, с.564-570]. В этих условиях возникает необходимость применения веществ, обладающих иммуностимулирующим действием.

Натрия нуклеинат — натриевая соль РНК, полученная из пищевых дрожжей Saccharomyces cerevisiae. Представляет собой смесь олигонуклеотидов из 4-х типов нуклеотидов, составляющих группы пуринов и пиримидинов [4, с.58]. Он является эффективным для неспецифической профилактики полиэтиологических респираторных заболеваний. Препарат усиливает миграцию стволовых клеток, активирует кооперацию Т- и В-лимфоцитов, стимулирует В-клеточную активность, синтез иммуноглобулинов, усиливает фагоцитарную активность нейтрофилов и моноцитов, оказывает детоксикационный эффект [5, с.111-117].

Целью настоящей работы являлся поиск наиболее эффективных методов использования натрия нуклеината для повышения уровня иммунного ответа при введении ассоциированной вакцины против Ньюкаслской болезни, инфекционного бронхита кур и синдрома снижения яйценоскости – 76.

**Методы исследования**. Научно – производственный опыт по оценке влияния выпаивания натрия нуклеината в различные сроки относительно введения ассоциированной вакцины против Ньюкаслской болезни, инфекционного бронхита кур и синдрома снижения яйценоскости – 76 на титр антител в крови у молодняка кур—несушек был проведен в условиях ОАО "Птицефабрика Снежка".

Использовалась инактивированная эмульгированная вакцина против ньюкаслской болезни, инфекционного бронхита кур и синдрома снижения яйценоскости – 76, объемом 200 см³, СТО 00495527-0007-2005, серия 63, контроль 63, дата изготовления 02.2007 года; г. Владимир, ФГУ "ВНИИЗЖ".

Объектом исследования являлся молодняк кур—несушек кросса "Иза — Браун" со средней живой массой 1390 грамм. Предметом исследования был уровень специфических антител в сыворотке крови вакцинированного молодняка кур—несушек. Профилактическая вакцинация против болезни Ньюкасла осуществлялась в возрасте 15, 45 и 75 суток, для инфекционного бронхита кур в 1, 35, 80 суток. По принципу аналогов было сформировано 5 групп по 50 голов в каждой (первая — контрольная, вторая, третья, четвертая и пятая — опытные).

Для предотвращения развития поствакцинальных осложнений, повышения напряженности и продолжительности иммунитета у молодняка кур-несушек во время последней ревакцинации против указанных заболеваний (в возрасте 105 суток) использовали препарат натрия нуклеинат. Его (в дозе 0,004 г на 1 кг живой массы) выпаивали птице опытных групп по следующей схеме: курам второй опытной группы препарат выпаивали одновременно с вакцинацией; - третьей опытной группы вводили препарат за трое суток до вакцинации; - четвертой группы выпаивание проведено через трое суток после вакцинации; - пятой опытной группы вводили препарат двукратно в половинной дозировке за шесть и за трое суток до вакцинации соответственно (в дозе 0,002 г на 1 кг живой массы) Пробы крови брали из подкрыловой вены за 7 суток перед вакцинацией, через 7 и 21 сутки после неё. Уровень антител определяли в межобластной Брянской ветеринарной лаборатории реакцией торможения гемагглютинации (болезнь Ньюкасла) [6], - иммуноферментным анализом (синдром снижения яйценоскости – 76 и инфекционный бронхит кур).

Полученные цифровые данные обработаны методом вариационной статистики. Для выявления статистически значимых различий использован критерий Стьюдента по Н. А. Плохинскому [7]. В качестве значений физиологической нормы принимали интервалы соответствующих показателей [8;6].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Болезнь Ньюкасла — высоко контагиозная вирусная инфекция, главным образом куриных, характеризующаяся пневмонией, энцефалитом, множественными точечными кровоизлияниями и поражением внутренних органов. Возбудитель — РНК-содержащий вирус из рода парамиксовирусов семейства Paramyxoviridae. Наносит громадный экономический ущерб и относится к особо опасным инфекциям. Установлено, что вирулентные штаммы способны бессимптомно существовать в организме птицы в течение 70 дней. С увеличением продолжительности вирусоносительства латентная форма инфекции переходит в клинически выраженную [9, с.32-33]. Смертность от болезни достигает 98 %.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что предшествующие иммунизации молодняка курнесушек против болезни Ньюкасла в возрасте 15, 45 и 75 суток способствовали сохранению к 98-суточному возрасту относительно высокого титра специфических антител в сыворотке крови  $(96,00\pm14,31)$ . Однако при таком уровне в крови антител возможно появление птиц в стаде, неустойчивых к заражению [8].

Через 7 суток после четвертой иммунизации, проведенной в 105-суточном возрасте, титры антител в крови кур против возбудителя болезни Ньюкасла (таблица 1) увеличились в среднем в 4 раза по сравнению с исходным у птиц всех подопытных групп. При этом отмечалась тенденция к более высоким значениям этого показателя, по сравнению с контролем, у кур 2 и 5 групп, на 15,38 и 7,69 % соответственно, получивших натрия нуклеинат одновременно с иммунизацией и двукратно в

половинной дозировке за 6 и 3 дня до иммунизации. У птиц, получавших натрия нуклеинат только за 3 дня до иммунизации в полной дозе и после иммунизации, напротив, отмечена тенденция к более низкому титру антител 7,69 и 15,38% соответственно по сравнению с контролем.

Таблица 1 Влияние натрия нуклеината на напряженность иммунного ответа при иммунизации против Ньюкаслской болезни

		Титры а	Титры антител**							
Грудино	Через 7 суток после	е иммунизации	Через 21 сутки после и	иммунизации <u> </u>						
Группа	(112 суточны	е куры)	(126 суточные г	куры)						
		% к 1 группе		% к 1 группе						
1 (n=5)	332,80±76,80	100,00	1792,00±686,92	100,00						
2 (n=5)	384,00±73,90 □	115,38	3328,00±768,00 □	185,71						
3 (n=5)	307,20±86,81	92,31	3328,00±768,00 □	185,71						
4 (n=5)	281,60±62,71	84,62	2457,60±409,60 □	137,14						
5 (n=5)	358,40±62,71 □	107,69	2662,40±614,40 □	148,57						

Примечание: □ – Р≤ 0,05 по сравнению с предыдущим периодом исследования;

Следовательно, введение натрия нуклеината курам—несушкам во время иммунизации (2 группа) и дважды (за 6 и 3 дня) до иммунизации в половинной дозировке до иммунизации (5 группа) способствовали более активному синтезу антител, воздействуя, очевидно, в основном на индуктивную фазу антителогенеза. Подтверждением этому служит более низкий уровень антител у птиц 4 группы, получавших препарат после окончания индуктивной фазы, по сравнению с курами 2 и 5 групп на 30,76 и 23,07% (р>0,05)соответственно.

Через 21 сутки после иммунизации количество антител против болезни Ньюкасла в сыворотке крови молодняка кур—несушек контрольной группы увеличилось в 5,38 раз по сравнению с предыдущим периодом исследования. У птиц опытных групп, по разным схемам получавшим натрия нуклеинат, интенсивность повышения специфических антител в период от 7 до 21 суток после иммунизации была существенно выше, чем в контроле (в 8,67, 10,83, 8,73, 7,43 раз соответственно во второй, третьей, четвертой и пятой группах).

Таким образом, натрия нуклеинат, введенный курам—несушкам во время иммунизации и за 3 суток до иммунизации вызывал тенденцию к более выраженной стимуляции иммунных механизмов организма в продуктивную фазу иммунного ответа у молодняка кур-несушек, что обусловило у них достаточно высокий, устойчивый и относительно однородный синтез антител.

Синдром снижения яйценоскости 76 — вирусная болезнь кур-несушек, характеризующаяся размягчением, отсутствием или депигментацией скорлупы яиц и сопровождающаяся значительным снижением яйценоскости [1, с.12-15]. Заболевание птиц, вызываемое выведенным в 1976 году ДНК-содержащим вирусом, который относится к семейству Adenoviridae, и наносит значительный экономический ущерб птицеводству [10, с.72-115].

Птицу до 105-суточного возраста не подвергали иммунизации против этого заболевания. Перед началом опыта в крови у птицы в исследованный период к синдрому снижения яйценоскости – 76 были обнаружены антитела (469,47±41,66), что указывает на предшествующий контакт птицы с этим вирусом.

Через 7 суток после иммунизации обратные титры антител против синдрома снижения яйценоскости — 76 увеличились в среднем в 20 раз по сравнению с исходным периодом исследования (табл. 2). Из приведенных данных видно, что уровень антител к вирусу ССЯ-76 через 7 суток после иммунизации у молодняка кур—несушек неоднородный: от 1:5978,60 до 1:16836,00. Отмечалась тенденция к достоверно значимому повышению уровня титров антител в контрольной группе в 35,86 раз, в опытных группах в - 18,77, 12,73, 26,18, 14,34 раз соответственно по сравнению с доиммунизационным периодом. При этом наиболее выраженное повышение уровня антител в крови отмечено у кур первой и четвертой групп, а наименьшее — у третьей группы. Следовательно, введение птице натрия нуклеината до иммунизации и во время нее вызвало замедление синтеза специфических антител к антигенам вакцины против ССЯ — 76 через 7 суток после иммунизации.

Таблица 2 Влияние натрия нуклеината на напряженность иммунного ответа при иммунизации против синдрома снижения яйценоскости - 76

	-	Титры а	Гитры антител**							
Гентина	Через 7 суток после им	мунизации	Через 21 сутки после и	ммунизации						
Группа	(112 суточные ку	/ры)	(126 суточные к	суры)						
		% к 1 группе		% к 1 группе						
1 (n=5)	16836,00±2906,75 □	100,00	18329,60±1172,01	100,00						
2 (n=5)	8812,00±2966,58 □	52,34	12721,00±913,63 *	69,40						
3 (n=5)	5978,60±1951,39 □	35,51	14339,40±2477,92 □	78,23						
4 (n=5)	12290,00±4456,47 □	73,00	15144,40±2174,60	82,62						
5 (n=5)	6734,25±4796,16	40,00	10578,20±1171,84	57,71						

<sup>\* -</sup> Р≤ 0,05 по сравнению с контрольной группой;

<sup>\*-</sup> величина, обратная максимальному разведению сыворотки, которое вызывает специфическую реакцию.

Через 21 сутки после иммунизации количество антител против ССЯ-76 в сыворотке крови молодняка кур—несушек контрольной группы незначительно увеличилось по сравнению с предыдущим периодом исследования. У птиц опытных групп по сравнению с предыдущим периодом исследования отмечалась тенденция к более интенсивному увеличению специфических титров антител в 1,44, 2,40, 1,23 и 1,57 раз соответственно, достоверное увеличение наблюдалось в третьей группе, однако их уровень не превышал аналогичного показателя у контрольной группы птиц.

Таким образом, применение иммуномодулятора натрия нуклеината не оказало существенного воздействия на уровень антител к вирусу ССЯ - 76.

Инфекционный бронхит кур является наиболее распростаненной и опасной болезнью, наносящей значительный экономический ущерб птицеводческим хозяйствам. Возбудитель болезни – РНК-содержащий вирус, представленный большим количеством антигенных серотипов. На территории России наибольшее распространение имеют штаммы серотипа Массачусетс [11, c.24-27].

Он вызывает острое, высококонтагиозное респираторное заболевание у цыплят, снижение яйценоскости и поражение почек у взрослой птицы [12, с.169].

Иммунизация молодняка кур—несушек всех опытных и контрольной группы против инфекционного бронхита кур проводились в 1, 35 и 80-дневном возрасте, что привело к накоплению специфических антител у всех групп птицы (2581,40±438,13) ко времени четвертой иммунизации в 105-суточном возрасте.

Через 7 суток после четвертой иммунизации, проведенной в 105-суточном возрасте, по сравнению с предыдущим периодом, в крови у птицы всех групп отмечена незначительная тенденция к увеличению уровня специфических антител к антигенам возбудителя инфекционного бронхита кур (таблица 3).

У молодняка кур, получивших натрия нуклеинат за 3 дня до иммунизации (3 группа) и в половинной дозе двукратно до иммунизации (5 группа) это увеличение было более выражено по отношению к контрольной группе на 26,27 и 5,98 % соответственно. Это свидетельствует о воздействии натрия нуклеината в основном на индуктивную фазу антителогенеза и более активном синтезе антител к антигенам возбудителя инфекционного бронхита кур.

Через 21 сутки после иммунизации количество антител против возбудителя инфекционного бронхита кур в сыворотке крови птицы достоверно увеличилось в среднем в 3 раза, в контрольной группе в – 3,94 раза, в опытных: 3,27, 2,13 3,17 и 3,11% соответственно.

Таблица 3 Влияние натрия нуклеината на напряженность иммунного ответа при иммунизации против ИБК

		Титры ан	Гитры антител**							
Гентинго	Через 7 суток после имму	тизации	Через 21 сутки после имм	унизации						
Группа	(112 суточные курь	1)	(126 суточные курі	ы)						
		% к 1 группе		% к 1 группе						
1 (n=5)	2864,00±364,31	100,00	11279,50±2015,33 □	100,00						
2 (n=5)	2555,50±905,43	89,23	8363,00±1517,15 □	74,14						
3 (n=5)	3616,25±1182,61	126,27	7685,40±989,05 □	68,14						
4 (n=5)	2680,50±933,17	93,59	8495,5±1648,90 □	75,32						
5 (n=5)	3035,25±1491,19	105,98	9437,40±1533,54 □	83,67						

Следовательно, использование натрия нуклеината до иммунизации способствовало развитию тенденции к повышению уровня специфических антител к возбудителю инфекционного бронхита кур в первые 7 суток после нее.

**Вывод.** Применение натрия нуклеината в условиях производства в системе противоэпизоотических мероприятий против Ньюкаслской болезни, инфекционного бронхита кур способствует повышению эффективности специфической профилактики. При ревакцинациях введение натрия нукленната до или во время иммунизации обусловило тенденцию к повышению титров антител (при вакцинации против Ньюкаслской болезни, главным образом в продуктивную фазу, а при вакцинации против инфекционного бронхита кур — в индуктивную фазу), а при первичной иммунизации на фоне вирусоносительства (ССЯ -76), тенденцию к снижению интенсивности образования антител.

In studying the effect of sodium nucleinate watering at different times on the introduction of associated vaccine against Newcastle disease, infectious bronchitis and reductions in egg production (Egg Drop) Syndrome - 76 in the antibody titer in the blood of young hens found that the use of sodium nucleinate in a production environment in the system of anti-epizootic measures against Newcastle disease, infectious bronchitis enhances the effectiveness of specific prevention. With the introduction of sodium nucleinate revaccination before or during the time of immunization caused a tendency to increase in antibody titers (after vaccination against Newcastle disease, mainly in the productive phase, and during vaccination against infectious bronchitis - the inductive phase), and for primary immunization against the virus infection (EDS 76), caused a downward trend in the intensity of antibody formation.

The key words: young hens, blood, immunity, biologically active drug

#### Список литературы

- 1. Хохлачев О.Ф., Терюханов А.Б. Ассоциированное течение инфекционного бронхита и синдрома снижения яйценоскости// Ветеринария, 2005. № 11.
- 2. Дубовой А.С., Джавадов Э.Д., Полежаев Ф.И. Иммунитет у птицы, привитой поливалентной инактивированной эмульсинвакциной "Авикрон"// Ветеринария, 2005. № 4.
- 3. Красочко П.А., Гласкович Л.А., Гласкович М.А., Голушко В.М. Естественная резистентность цыплят бройлеров при введении в рацион препарата "Биофлор"//Научные основы производства ветеринарных биологических препаратов. Щелково, 2005.
- 4. Земсков, В.М. Иммунобиологическая активность мононуклеотидов/ Земсков В.М., Родионов С.В., Храмцов А.В., Барсуков А.А., Пактин В.И., Земсков А.М., Фрейдлин С.М., Артеменко Н.К., Микстайс У.Я.// Журнал микробиология, эпидемиология и иммунология. 1988. № 2.
- 5. Беседнова Н.Н., Леонова Г.Н., Запорожец Т.С. Иммунокорректоры в комплексном лечении вирусных инфекций//Микробиология, эпидемиология и иммунология, 2006. № 3.
- 6. Сюрин В.Н. и др. Диагностика вирусных болезней животных: Справочник /В.Н. Сюрин, Р.В. Белоусова, Н.В. Фомина. М.: Агропроиздат, 1991. 528 с.
  - 7. Плохинский Н.А. Биометрия. Из-во Сибирского отделения АН СССР, Новосибирск, 1961. 362 с.
- 8. И.А. Болотников. Иммунопрофилактика инфекционных болезней птиц. М.: Россельхозиздат, 1982. 186 с.
- 9. Старов С. Болезнь Ньюкасла: ее формы, проявления и диагностика// Животноводство России, 2002. № 2.
- 10. Бакулин В.А. Синдром снижения яйценоскости 76 // Патоморфогенез и диффиренциальная диагностика болезни Гамборо, аденовирусные инфекции и другие иммунодепрессивные болезни птиц. Санкт-Петербург, Ломоносов. 1998. Т. 1 и 2.
- 11. Борисов А., Фролов С., Хлыбова Т., Борисов В., Ирза В. Инфекционный бронхит кур// Птицеводство, 2001. № 6.
- 12. Родина В.П., Глазков С. Специфическая профилактика инфекционного бронхита кур в ОАО птицефабрике "Атемарская" Республики Мордовия// Современные научно-практические достижения в ветеринарии. Киров, 2010.

#### Об авторе

Василенко А.И. - аспирант кафедры нормальной и патологической морфологии и физиологии животных Брянской ГСХА, Sane4ka@mail.ru

#### УДК 581.526

# О РАСПРОСТРАНЕНИИ ОМЕЛЫ БЕЛОЙ (VISCUM ALBUM L, LORANTHACEAE) В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

# Э.М. Величкин

В статье представлены данные о распространении редкого полупаразитического кустарника омелы белой (*Loranthaceae*) в Брянской области.

**Ключевые слова:** Viscum album, Брянская область.

Омела белая (*Viscum album* L, *Loranthaceae*) – вечнозеленый полупаразитический кустарник шарообразной формы, диаметром 20-120 см, дихотомически (вильчато) ветвящийся, растущий на ветвях лиственных и хвойных деревьев и кустарников 32 видов [1].

Распространение омелы производится птицами, которые охотно поедают ее плоды. Семена, пройдя через пищеварительный тракт, не теряют всхожести. Вместе с экскрементами птиц попадают на ветви и прилипают к ним. Весной семена прорастают, зародышевый корешок проникает до коры растения-хозяина, где разрастается в подушкообразную прицепку, из которой образуется тонкий отросток (так называемая присоска), проникающий вплоть до древесины. На второй год присоска начинает ветвиться, формируя новые тяжи под покровом ветви растения-хозяина. Как только в ветвящуюся присоску начинают поступать вещества растения-хозяина, начинают расти воздушные побеги омелы. За счет ветвления присоски происходит распространение новых особей омелы на той же ветви дерева [2, 9, 12, 13].

Омела — вид с обширным евро-азиатским ареалом, совпадающим с распространением широколиственных лесов равнин, предгорий и горных склонов. Из Западной в Восточную Европу приходит на севере по изотерме + 10 °C средней январской температуры; на юге немного севернее государственной границы Молдовы, через которую входит в пределы территории Украины. Восточную границу ареала, которая не идет севернее изотермы со средней температурой января + 10 °C, можно рассматривать с его северного, так называемого восточно-европейского фрагмента, которая начинается с берегов Балтий-

ского моря, немного севернее южной государственной границы Латвии, и вблизи Риги поворачивает на юг, проходя восточнее Вильнюса, вблизи Минска, Могилева, Гомеля, Сум, Харькова, Изюма, Славянска, далее поворачивает на запад до Полтавы, Херсона и Николаева, огибая с севера Одесскую, Николаевскую области и на юге Молдовы смыкается с западно-европейской границей ареала [1, 18].

Кроме восточно-европейской части ареала омелы, смыкающегося с основной западно-европейской его частью, существуют и два обособленных участка ареала омелы. Второй фрагмент ареала называют крымско-западнокавказским [1]. Он охватывает юг Крыма, западный Кавказ, достигая Ставрополья, Черкесска, Грозного и, минуя главный кавказский хребет, распространяется на территории Закавказья на восток до Лагодех, Шамхора, Кировобада. Южная граница этого фрагмента проходит от Кировобада к Батуми.

Третий обособленный фрагмент, находится на западном побережье Каспийского моря от населённого пункта Дивичи на севере до Ленкорани и Астары на на юге [1].

В «Флоре Средней полосы...» [14] омела белая указана для Белгородской, Брянской, Воронежской, Калужской, Сурской, Смоленской, Тульской областей. Тем не менее, в соседних Калужской [8] и Орловской [7] областях современные местонахождения омелы неизвестны. Занесена в Красные книги Смоленской [11], Курской [10] областей. В Курской области встречается на крайнем юге, однако имеет тенденцию к расширению ареала на север и восток [16].

В конце XX в. в Брянской области были указаны отдельные местонахождения омелы в Новозыбковском и Трубчевском [3], Выгоничском, Трубчевском, Новозыбковском [4] р-нах. В последнее десятилетие было обнаружено значительное количество новых местонахождений, описание которых дается ниже. Названия сосудистых растений даны по С. К. Черепанову [19].

1) Придорожные посадки, на *Salix alba* в н. п. Удельные Уты (Выгоничский р-н), а также на участке автодороги Рябчовск-Комягино, на *Betula pendula*, 12.06.2005 (Величкин Э.М.). В н. п. Удельные Уты обнаружена и позднее, на *Salix alba*, 9.07.2009 (Семенищенков Ю.А.). 2) Ветрозащитные посадки вдоль заброшенного сада в 1,5-2 км северо-западнее н. п. Яковск (Трубчевский р-н), на *Salix alba*, 12.06.2005 (Величкин Э.М.). 3) Бывший плодово-ягодный питомник на 401 км автодороги Москва-Киев у н. п. Бяково (Навлинский р-н), на *Populus sp.*, 27.04.2012 (Величкин Э.М., Булохов А.Д.). На отдельных тополях насчитывается до 21 особи омелы. 4) Рассеянно в г. Навля (Навлинский р-н), на *B. pendula*, 7.07.2004 (Величкин Э.М.). 5) По берегам пруда в д. Пчела Коммуна (монастырь Площанская пустынь) (Брасовский р-н), 3 особи на *Ulmus glabra*, 15.07.2006 (Величкин Э. М., Булохов А. Д.). 6) В г. Брянске отмечается по ул. Карачижской и неподалеку – по ул. Телевизионной, 14.05.2008; по ул. Шоссейной (Советский р-н), 1.07.2011 (Величкин Э. М.); по ул. Дзержинского у Военкомата Брянской области, на *В. pendula*, 3.02.2010 (Семенищенков Ю. А.); по ул. Пересвета [17]. Во всех случаях одиночные экземпляры на *В. pendula*.

Указана для пос. Добрунь (Брянский р-н), на *В. pendula*, 2.02.2005; пос. Супонево, н. п. Тимоновка (Брянский р-н), на *В. pendula* [15, 17]. Для заповедника «Брянский лес» известно 3 местонахождения: кв. 109 (на *В. pubescens*), кв. 98 (на *В. pendula*), в заброшенном пос. Пролетарский, кв. 10 (на *Populus alba*). Везде представлена единичными особями [6].

На основании приведенных сведений о распространении омелы становится очевидным, что ее ареал существенно расширился в северо-восточном направлении за последние десятилетия. Чаще всего омела предпочитает разреженные насаждения, в которых деревья хорошо освещяются и прогреваются, а также угнетенные деревья. Учитывая негативные для древостоев последствия внедрения омелы, интенсивное распространение этого вида на Брянщине вызывает опасения.

In the paper the data on the distribution of the rare semiparasitic shrub *Viscum album (Loranthaceae)* in Bryansk region are done. *The key words: Viscum album, Bryansk region.* 

#### Список литературы

- 1. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР / Отв. ред. Е. М. Шуранов. 1976. 340 с.
- 2. Бейлин, И. Г. Омела (*Viscum album* L.) в Западной Европе и в СССР / Бейлин И.Г. Тр. Инта леса АН СССР. 1950. Т. 3.
  - 3. Босек, П. 3. Растения Брянской области / П. 3. Босек. Брянск: Приокское кн. изд-во, 1975. 464 с.
- 4. Булохов, А. Д. Определитель растений Юго-Западного Нечерноземья России / А. Д. Булохов, Э. М. Величкин. Изд. 2-е, доп. Брянск: Изд-во БГУ, 1998. 380 с.
- 5. Булохов, А.Д. Материалы к флоре Брянской области / Булохов А.Д., Семенищенков Ю.А., Величкин Э.М. и др. // Вестник БГУ. 2005. № 4 С. 25-30.
- 6. Евстигнеев, О. И. Флора сосудистых растений заповедника «Брянский Лес» / О. И. Евстигнеев, Ю. П. Федотов. Брянск, 2007. 111 с.

7. Еленевский, А. Г. Определитель сосудистых растений Орловской области. 2-е изд. / Еленевский А. Г., Радыгина В. И. М.: МПГУ, 2005. 214 с.

- 8. Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Отв. ред. А. С. Демидов. М.: КМК, 2011. 548 с.
  - 9. Кохно, М. А. До біології омели / М.А. Кохно. К.: Изд-во АН УССР, 1960. 32 с.
- 10. Красная книга Курской области. Т. 2: Редкие и исчезающие виды растений и грибов. Тула, 2001. 165 с.
- 11. Красная книга Смоленской области // http://www.redbook67.ru/. Электронный ресурс. Проверено 10.11.2012.
  - 12. Левина, Р.Е. Морфология и типы плодов / Р.Е. Левина. Ульяновск, 1974. С. 32.
- 13. Лекарственные растения в научной и народной медицине. Саратов: Саратовский университет, 1981, 360 с.
- 14. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. / П. Ф. Маевский. М.: КМК., 2006. 600 с.
- 15. Панасенко, Н.Н. Флора сосудистых растений г. Брянска / Панасенко Н.Н. // Бот. журн. 2003. Т. 88. № 7. С. 45-52.
- 16. Полуянов, А.В. Современное распространение *Viscum album* L. в Курской области / Полуянов А.В., Дегтярев Н.И., Скляр Е.А. // Флора и растительность Центрального Черноземья 2013: Мат. науч. конф. (г. Курск, 6 апреля 2012 г.). Курск: Курский гос. ун-т, 2012. С. 72-74.
- 17. Семенищенков, Ю.А. Новые находки редких и охраняемых видов растений в междуречье Судости и Десны / Семенищенков Ю.А. // Вестник БГУ. 2004. № 4. С. 61-66.
- 18. Федченко, Б. А. Ремнецветниковые *Loranthaceae* D. Don / Федченко Б.А. // Флора СССР. Т. 5. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1936.
- 19. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / Черепанов С. К. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.

## Об авторе

Величкин Э.М. - доцент каф. ботаники БГУ, кандидат биологических наук Брянскогго государственного университета имени академика И.Г. Петровского.

## УДК 574.4:574.5:572.11.4

# МИКРОСУКЦЕССИОННЫЕ РЯДЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ И ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

#### Ю.А. Ворочай

Обследовано четырех крупных водохранилища Брянской области и описаны микросукцессионные ряды, определены их типы. По биомассе доминирующих видов прибрежно-водной и макрофитной растительности водоемов рассчитана чистая первичная продукция и степень зарастания. Полученные сведения позволят уточнить направление динамики сукцессионных процессов, возможности рекреационного использования водных объектов.

**Ключевые слова**: прибрежно-водная растительность, макрофитная растительность, водохранилища, продукция, микросукцессии, Брянская область

Инвентаризация биоразнообразия водохранилищ Нечерноземья, определение степени зарастания водной глади, продукции водной и прибрежно-водной растительности – основа экомониторинговых исследований и оптимизационных мероприятий на водных объектах.

Цель работы — определить продукцию, степень и характер зарастания водохранилищ Брянской области, оценить рекреационную значимость водоемов.

Обследовались водохранилища Брянской области: Белоголовльское с площадью зеркала  $0.87 \, \text{км}^2$  (Жуковский р-н), Страшевичское  $-0.75 \, \text{км}^2$  (Жирятинский р-н), Новоселковское  $-0.9 \, \text{км}^2$  (Брянский р-н), Белобережское  $-1.575 \, \text{км}^2$  (Брянский р-н).

В ходе исследования были применены методы экологического профилирования на трансектах, расположенных вдоль берега. Характеристику распределения сообществ водной и прибрежно-водной растительности проводили по ранее предложенным схемам [2, 3]. Схемы распределения растительных сообществ в озерах составлялись на основе карт района исследований по В.Г. Папченкову (2001) [4]. Определяли степень зарастания (Пс) водохранилищ (Папченков, 2001) и площадь зарослей (Пз) растений [4].

Для определения биомассы на пробных площадях закладывались от 2 до 4 укосных площадок по  $0.25~\text{m}^2$  каждая, у дна срезались все растения, укосы разбирались по видам, с точностью до 10~г взвешивалась их сырая масса. Вычисляли значения показателей сырой (и абсолютно сухой) биомассы

гидрофитов ( $\kappa$ г/ $M^2$ ). Производили расчет чистой первичной продукции гидрофитов с учетом коэффициента 2 для гидрофитов и коэффициента 1,2 для гелофитов [5].

Все водохранилища, кроме Новоселковского, имеют поясный тип заболачивания без образования островков макрофитов на намывах грунта.

Микросукцессионные ряды на Страшевичском водохранилище представлены следующими сменами видов (рис. 1): ива трёхтычинковая (пятитычинковая)  $\rightarrow$  рогоз широколистный  $\rightarrow$  стрелолист стрелолистный  $\rightarrow$  элодея канадская  $\rightarrow$  рдест гребенчатый.

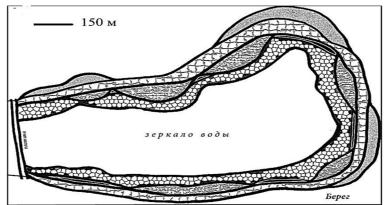


Рисунок 1 – Экологический профиль Страшевичского водохранилища

- сообщества ивы трёхтычинковой и ивы пятитычинковой
- 🕏 сообщество рогоза широколистного
- 🛮 сообщество стрелолиста стрелолистного
- сообщество элодеи канадской
- 🖾 сообщество рдеста гребенчатого

Страшевичское водохранилище имеет пологие берега, глубина воды у берегов -0.6 м. Некоторые места у берегов заболочены, несмотря на значительную глубину (особенно у дамбы). Вода - слабо мутная, грунт сильно илистый.

На Страшевичском водохранилище зарегистрированы следующие смены видов в экологических рядах:

1) рогоз широколистный и осока острая → стрелолист стрелолистный → рдест гребенчатый. Плейстофитное сообщество представлено многокоренником обыкновенным (рис. 2)

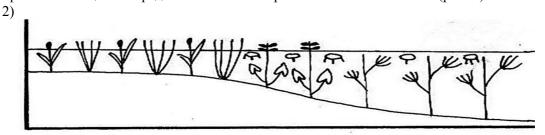


Рисунок 2 – Экологический ряд №1 Страшевичского водохранилища

3) камыш озёрный  $\rightarrow$  элодея канадская  $\rightarrow$  рдест гребенчатый. Плейстофитное сообщество представлено ряской малой и многокоренником обыкновенным (рис.3).

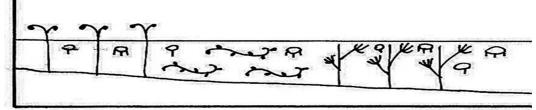


Рисунок 3 – Экологический ряд №2 Страшевичского водохранилища

Новосёлковское водохранилище имеет пологие берега, глубина воды у берегов — 0,75 м. Вода — слабо мутная, грунт илистый и сильно илистый (рис. 4).

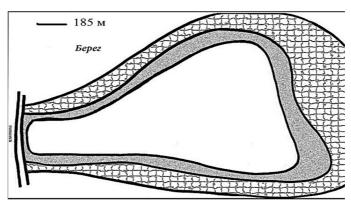


Рисунок 4 – Экологический профиль Новосёлковского водохранилища

- 🕏 сообщество рогоза широколистного
- **ш**сообщество рдестов

Микросукцессионные ряды представлены следующими сменами видов (рис.5-7). На Новосёлковском водохранилище зарегистрированы следующие смены видов в экологических рядах:

1) камыш лесной  $\rightarrow$  ситник жабий  $\rightarrow$  рогоз широколистный  $\rightarrow$  рдест гребенчатый. Повсюду встречаются элодея канадская и роголистник обыкновенный (рис.5).

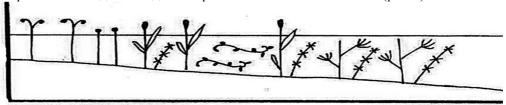


Рисунок 5 – Экологический ряд №1 Новосёлковского водохранилища

1) полевица столонообразующая → рогоз широколистный → роголистник обыкновенный и рдест гребенчатый. Заросли элодеи канадской на расстоянии 2,5м от берега на глубине (рис.6).

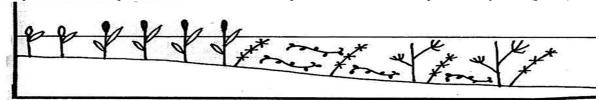


Рисунок 6 – Экологический ряд №2 Новосёлковского водохранилища

2) осока острая  $\to$  рогоз широколистный  $\to$  роголистник обыкновенный  $\to$  рдест гребенчатый. Дно сильно илистое (рис.7).

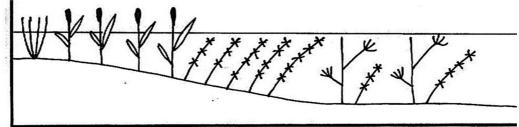


Рисунок 7 – Экологический ряд №3 Новосёлковского водохранилища

Белоголовльское водохранилище имеет пологие сильно заросшие берега, глубина воды у берега -0.4 м. В некоторых местах наблюдается сильная заболоченность у берегов (особенно в затоне). Вода — мутная, грунт — сильно илистый.

Мозаика прибрежного сообщества показана на рис. 8.

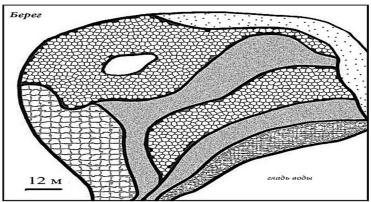


Рисунок 8 – Прибрежное сообщество Белоголовльского водохранилища.

- В сообщество камыша лесного
- 💹 сообщество двукисточника обыкновенного
- 🕏 сообщество рогоза широколистного
- **Ш** сообщество кипрея болотного
- 🛮 сообщество осоки острой

2

На Белоголовльском водохранилище зарегистрированы следующие смены видов в экологических рядах:

1) рогоз широколистный -> осока острая (рис.9)

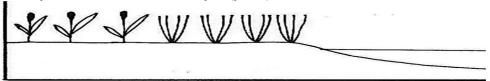


Рисунок 9 – Экологический ряд №1 Белоголовльского водохранилища

2) осока острая  $\rightarrow$  полевица столонообразующая  $\rightarrow$  рогоз широколистный (рис. 10).

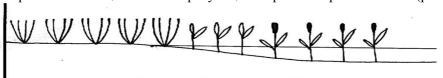


Рисунок 10 – Экологический ряд №2 Белоголовльского водохранилища

Мозаика растительного сообщества в затоне Белоголовльского водохранилища представлена на рис.11.

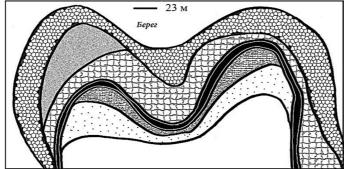


Рисунок 11 — Мозаика прибрежно-водных и водных сообществ в затоне Белоголовльского водохранилища.

- 🛮 сообщество водокраса лягушачьего
- 🕏 сообщество элодеи канадской
- сообщество рдеста гребенчатого
- 🛮 сообщество урути мутовчатой и рдеста курчавого
- сообщество мелколистных рдестов

В затоне наблюдаются следующие смены видов в экологических рядах:

1) рогоз широколистный  $\rightarrow$  вех ядовитый  $\rightarrow$  осока острая. На поверхности и в толще: водокрас лягушачий, ряска малая, многокоренник обыкновенный, элодея канадская, мелколистные рдесты (рис.12). На расстоянии 1м от берега глубина 0.5м.

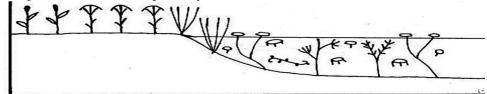


Рисунок 12 – Экологический ряд №3 Белоголовльского водохранилища

2) тростник южный  $\to$  элодея канадская  $\to$  рдест гребенчатый (рис.13).

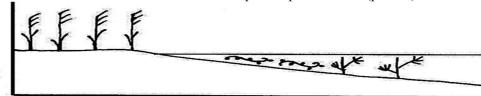


Рисунок 13 – Экологический ряд №4 Белоголовльского водохранилища.

Белобережское водохранилище имеет пологие берега, глубина воды у берегов — 0,4 м. Вода — слабо мутная, грунт песчаный, илистый и сильно илистый. Процесс зарастания водохранилища представлен на схемах ниже (рис.14-17).

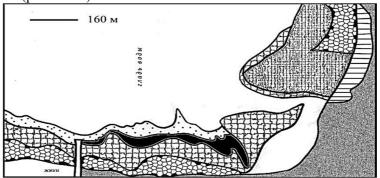


Рисунок 14 – Схема зарастания Белобережского водохранилища от лодочной станции №1

черноольшаник
 сообщество тростника южного
 чилим
 сообщество рогоза узколистного
 сообщество клёна остролистного
 сообщество раеста продырявленного
 сообщество кубышки жёлтой

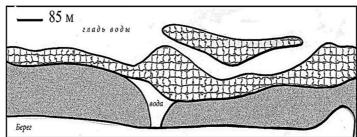


Рисунок 15 – Схема зарастания Белобережского водохранилища от лодочной станции №2

- 🛣 чилим
- сообщество тростника южного

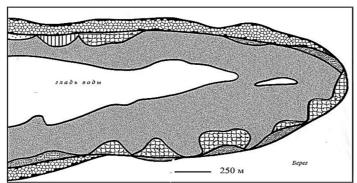


Рисунок 16 – Схема зарастания затона Белобережского водохранилища №1

- 💹 чилим
- 🛮 сообщество полевицы столонообразующей
- **при сообщество сусака зонтичного**
- сообщество рогоза узколистного
- 🕏 сообщество тростника южного

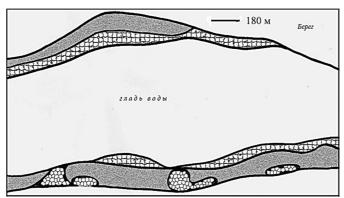


Рисунок 17 – Схема зарастания затона Белобережского водохранилища №2

- 🛮 сообщество тростника южного
- 🕱 чилим

На Белобережском водохранилище зарегистрированы следующие смены видов в экологических рядах:

1) тростник южный  $\rightarrow$  чилим  $\rightarrow$  кубышка жёлтая (рис 18).

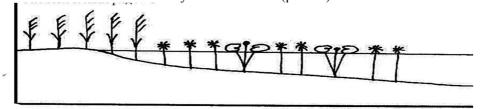


Рисунок 18 – Экологический ряд №1 Белобережского водохранилища

2) рогоз узколистный  $\rightarrow$  тростник южный  $\rightarrow$  рогоз узколистный (рис.19).

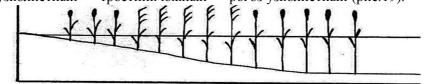


Рисунок 19 – Экологический ряд №2 Белобережского водохранилища

3) осока острая → рдест гребенчатый и рдест продырявленный → чилим (рис.20).

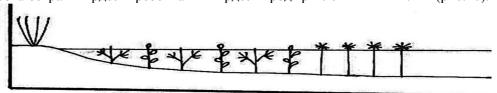


Рисунок 20 – Экологический ряд №3 Белобережского водохранилища

4) горец земноводный → чилим (рис.21)

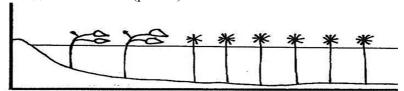


Рисунок 21 – Экологический ряд №4 Белобережского водохранилища

5) полевица столонообразующая  $\rightarrow$  чилим. Подводные леса из роголистника обыкновенного (рис.22).

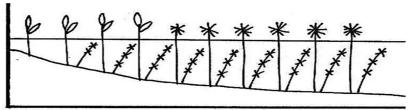


Рисунок 22 – Экологический ряд №5 Белобережского водохранилища (в ответвлении водохранилища)

6) полевица столонообразующая  $\rightarrow$  тростник южный  $\rightarrow$  чилим. Плейстофитное сообщество представлено ряской малой и многокоренником обыкновенным. Подводные леса из роголистника обыкновенного (рис.23).

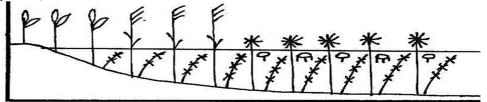


Рисунок 23 – Экологический ряд №6 Белобережского водохранилища (в ответвлении водохранилища)

7) осока острая  $\rightarrow$  водокрас лягушачий  $\rightarrow$  чилим (рис.24). Дно песчаное.

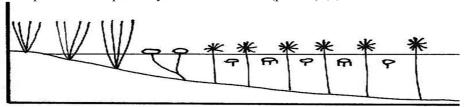


Рисунок 24 – Экологический ряд №7 Белобережского водохранилища (в ответвлении водохранилища)

8) полевица столонообразующая  $\rightarrow$  чилим. Плейстофитное сообщество представлено ряской малой и многокоренником обыкновенным. Подводные леса из роголистника обыкновенного (рис.25). Дно сильно илистое.

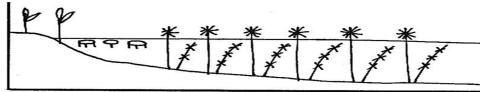


Рисунок 25 – Экологический ряд №8 Белобережского водохранилища (в ответвлении водохранилища)

9) водокрас лягушачий → чилим. Плейстофитное сообщество представлено ряской малой и многокоренником обыкновенным. Подводные леса из роголистника обыкновенного (рис.26).

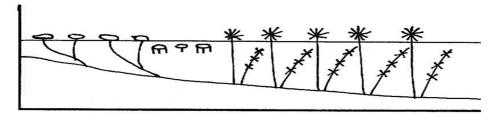


Рисунок 26 – Экологический ряд №9 Белобережского водохранилища (в ответвлении водохранилища)

Наиболее разнообразны микросукцессионные смены в экологических рядах Белобережского водохранилица, наименее – Белоголовльского. Экологические ряды в Белобережском водохранилище сформированы редким видом – водным орехом.

Сукцессионные процессы зарастания характеризуются различной продуктивностью, для водохранилищ она указана ниже (табл. 1).

Продукционные характеристики водохранилищ

Таблица 1

Водохранилище	Степень зарастания (%)	Класс зарастания	Чистая первичная продукция (т/год	д) Интенсивность зарастания (кг/м²)	Тип заболачивания (преобладающий)
Белобережское	81	7	4,1	2,50	поясный
Новосёлковское	57	6	2,52	2,20	сплавинный
Белоголовльское	4,0	2	0,02	0,45	поясный
Страшевичское	8,0	3	0,1226	0,73	поясный

Класс зарастания водохранилищ определяется возрастом и размерами исследованных водных объектов, вероятно, их происхождением, а также причинами антропогенного характера. Наибольшая чистая первичная продукция вычислена для Белобережского водохранилища, наименьшая — для Белоголовльского. В 80-х годах в Белоголовльское водохранилище для воспроизводства выпустили амура, который поддерживает «чистоту» водной глади от макрофитов, а также повышает рекреационную значимость водоема.

При сравнении продукционных показателей макрофитов (2010 г.) в Белобережском и Новоселковском водохранилище получили следующие данные [1]. Степень зарастания и ЧПП Белобережского водохранилища увеличилась, Новоселковского – уменьшилась. Основной вклад в создание ЧПП озера п. Новосёлки создается мелколистными рдестами, и ИЗ там наименьшая; в озере Белобережской ГРЭС – водным орехом, шелковником, кубышкой желтой, т.е. видами с наибольшей сырой биомассой.

Все водохранилища расположены в черте городских и сельских поселений, являются рекреационными объектами. Наименее всего используется для отдыха Новоселковское водохранилище вследствие формирования сплавины и значительной глубины у берегов. Оборудованные пляжи и базы отдыха имеются только на Белобережском водохранилище, на остальных водных объектах их нет. При использовании местными жителями и приезжими водохранилищ для мест отдыха нагрузка на водоемы достаточно высокая, проявляющаяся в дноуглублении, замусоривании берегов, усилении процесса эвтрофикации. Поэтому все водохранилища нуждаются в разработке мероприятий по улучшению рекреационных качеств.

Studying of four large water basins of Bryansk area has allowed to describe microsuccesion a number and to define their types. Considering a biomass of dominating species pribrezhno-water and water vegetation of reservoirs to calculate pure primary production and degree grow. The received data will allow to specify dynamics direction of succesion processes, possibility of recreational use of water objects.

The key words: pribrezhno-water vegetation, makrophythion vegetation, water basins, production, microsuccesion, Bryansk area

#### Список литературы

- 1. Анищенко Л.Н. Многолетние смены растительности при зарастании озер Южного Нечерноземья (в пределах Брянской области) / Л.Н. Анищенко // Антропогенная трансформация природных экосистем: Матер. Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием (г. Балашов, 13—14 октября 2010 г.). Балашов: Николаев, 2010 С.15-23.
- 2. Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР / В. М. Катанская. Л.: Наука, 1981. 187 с.
- 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. Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья / В. Г. Папченков. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.

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

#### Об авторах

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

#### УДК 116.4

# РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ АУТОИММУННЫМ ТИРЕОИДИТОМ У НАСЕЛЕНИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ, ПРОЖИВАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

#### Э.В. Гегерь

Анализ заболеваемости аутоиммунным тиреоидитом у населения Брянской области выявил тенденцию к ежегодному росту данной патологии. Установлена статистически значимая зависимость заболеваемости от степени радиоактивного загрязнения.

**Ключевые слова:** антропогенное загрязнение, заболеваемость щитовидной железы, плотность радиоактивного загрязнения.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Антропогенное загрязнение окружающей среды оказывает выраженное воздействие на формирование популяционного здоровья населения, особенно в связи с изменением социально-экономических условий. Поэтому проблема неблагоприятного влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья с каждым годом приобретает все большую актуальность.

По данным экспертов ВОЗ здоровье населения, или популяционное здоровье, в среднем на 50-52% зависит от экономической обеспеченности и образа жизни людей, на 20-22% от наследственных факторов, на 7-12% – от уровня медицинского обслуживания и на 18-20% от состояния окружающей среды [1]. Существуют и другие оценки, в которых влиянию качества среды отводится уже 40-50% причин заболеваний. [2,3]. Серьезные эколого-гигиенические проблемы характерны и для Брянской области [4,5,6].

На семинаре, проведенном Министерством здравоохранения РФ совместно с ВОЗ в Туле в 1997 году, был выработан список индикаторов экологического здоровья в России (болезней и состояний риска), совместимый с перечнем, применяемым в европейской географической информационной системе по экологическому здоровью (HEGIS). Одним из индикаторов заболеваемости были выделены болезни шитовидной железы.

Аутоиммунный тиреоидит (АИТ) – одно из наиболее распространенных заболеваний щитовидной железы (ЩЖ), генетически обусловленное, реализующееся при воздействии факторов окружающей среды.

Спустя несколько лет после Чернобыльской катастрофы в пораженных радиацией регионах России, Украины, Польши стал наблюдаться резкий рост аутоиммунных эндокринных заболеваний, в т.ч. аутоиммунным тиреоидитом, тиреотоксикозами, узловым зобом, диабетом [9]. Для Брянской области данная проблема является очень актуальной в связи с радиоактивным загрязнением территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Общая площадь загрязнения территории составила 11363 км² (32,6% от всей территории области). В зоне загрязнения оказались 1335 населенных пунктов с численностью жителей 484579 человек (33% от общей численности населения области). 42,2% пострадавшей в результате катастрофы территории области в зависимости от степени загрязнения относится к территориям со средней, высокой и, в меньшей степени, очень высокой плотностью загрязнения.

Цель исследования — **анализ заболеваемости аутоиммунным тиреоидитом у населения Брянской области, проживающего на территориях с различной плотностью радиоактивного загрязнения.** 

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен анализ распространенности аутоиммунного тиреоидита (АИТ) у жителей, проживающих в районах Брянской области с различной степенью радиоактивного загрязнения территорий за 11 лет (2000-2010 годы). На территории Брянской области, население которой составляет 1292144 человек, по состоянию на 01.01.2011 г. зарегистрировано 9031 больных аутоиммунным тиреоидитом, что составляет 0,69 % от численности населения в целом. За последние 10 лет заболеваемость АИТ увеличилась в 1,5 раза.

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации № 1582 от 18.12.1997 г. «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на ЧАЭС» районы Брянской области разделены на 4 зоны с различной плотностью радиоактивного загрязнения (ПРЗ), в которые входят 973 населенных пункта, расположенных в 21 районе области: зона проживания с льготным социально-экономическим статусом (<sup>137</sup>Cs 1- 5 Ku/км²); зона проживания с правом на отселение (<sup>137</sup>Cs 5 -15 Ku/км²); зона отселения (<sup>137</sup>Cs 15 - 40 Ku/км²); зона отчуждения (<sup>137</sup>Cs свыше 40 Ku/км²). Степень радиоактивного загрязнения <sup>137</sup>Cs территорий населенных пунктов 6 районов, не вошедшие в группу ранжированных территорий, менее 1 Ku/км².

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория Брянской области состоит из 27 районов, степень техногенного загрязнения и по-казатели заболеваемости на 1000 населения в районах области различны.

Для оценки зависимости заболеваемости АИТ от года была сделана проверка по параметрическому критерию Фишера (F).  $F_{\text{расч}} = 0,44$  при  $F_{\text{табл}} = 2,14$ . Гипотеза о нормальном законе не подтвердилась, поэтому применялся непараметрический критерий Краскела – Уоллиса (H).

Анализировались различия средних значений заболеваемости АИТ по годам по критерию Краскела – Уоллиса (H).  $H_{\text{расч}} = 0.75$  при  $H_{\text{табл}} = 11.1$ .

В результате анализа с помощью параметрического и непараметрического методов статистически значимая зависимость заболеваемости АИТ от года не выявилась. Однако как видно из рисунков 1 и 2, наблюдается тенденция к ежегодному росту заболеваемости АИТ среди населения Брянской области. На основании ранжирования территорий по степени радиоактивного загрязнения был проведен однофакторный дисперсионный анализ с целью выявления влияния радиационного воздействия на заболеваемость аутоиммунным тиреоидитом. Значимость различий средних значений проводилась по дисперсионному анализу ( $F_{pacq} = 56,5$  при  $F_{табл} = 2,64$ ) и по непараметрическому критерию Краскела-Уоллиса ( $H_{pacq} = 89,9$  при  $F_{табл} = 7,82$ ).

Анализ показал статистически значимое различие показателей заболеваемости населения, проживающего на радиоактивно-загрязненных юго-западных территориях (ЮЗТ) и на остальной территории области (рис.1 и 2).

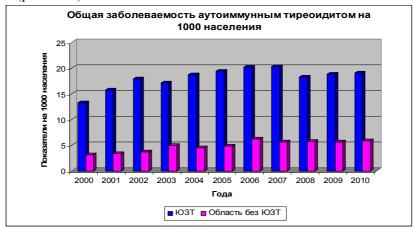


Рисунок 1. - Динамика заболеваемости тиреоидной патологией взрослого населения

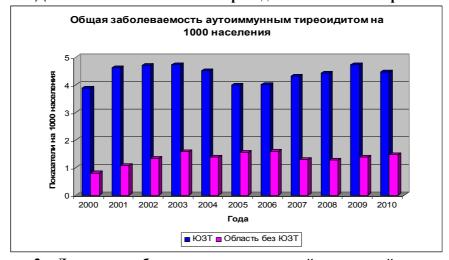


Рисунок 2. - Динамика заболеваемости тиреоидной патологией детского населения

Помимо возможного влияния радиоактивного фактора на заболеваемость АИТ необходимо отметить: ежегодно населению, проживающему в районах области с повышенной ПРЗ, проводится специализированная диспансеризация (скрининг), по результатам которой наблюдается более высокий уровень заболеваемости АИТ по сравнению с другими районами области, где заболеваемость населения выявляется только по его обращаемости в лечебные учреждения.

#### выводы

- 1. Заболеваемость детского и взрослого населения, проживающего в радиоактивнозагрязненных районах Брянской области, статистически значимо превышает заболеваемость населения, проживающего на остальной территории области.
- 2. На всех территориях области с 2000 до 2010 года наблюдается тенденция к росту общей заболеваемости аутоиммунным тиреоидитом.
- 3. Анализируемые данные позволяют предположить: рост тиреоидной патологии среди жителей ЮЗТ может быть обусловлен как скринингом, так и результатом сочетанного воздействия радиоактивного йода и йодного дефицита.

The disease analysis autoimmune thyroiditis at the population of Bryansk area has revealed the tendency to annual growth of the given pathology. Statistically significant dependence of disease on degree of radioactive pollution is established. *The key words:* anthropogenous pollution, disease of a thyroid gland, density of radioactive pollution.

#### Список литературы

- 1. Лисицин Ю.П. Управление охраной здоровья // Конспекты лекций. Москва. 1992. 107 с.
- 2.Онищенко Г. Г. // Гигиена и санитария 2007. № 5. С. 3 4.
- 3.Беляев Е.Н. Роль санэпидслужбы в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации. М., 1996. 416 с.
- 4. Фетисов С.Н., Прошин А.Д., Дорощенко В.Н. Медицинские последствия Чернобыльской катастрофы: здоровье населения Брянской области (к 20-летию катастрофы на ЧАЭС). Брянск. 2006. 248 с.
- 5. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды по Брянской области в 2009 году» Брянск. 2010. 296 с.
- 6. Гичев Ю. П. // Здоровье человека и окружающая среда: SOS! ISBN 5-94489-017-8, Москва. 2007. 187 с.

# Об авторе

Гегерь Э.В.- кандидат биологических наук, Брянский клинико-диагностический центр, naser@bkdc.ru

#### УДК 577.21:633.367.2

# ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ RAPD- И ISSR-ПРАЙМЕРОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПЦР-АНАЛИЗА ДНК ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО $^1$

#### С. Ю. Гришин, В.В. Заякин

В настоящей работе обсуждается информативность результатов полимеразной цепной реакции для молекулярно-генетического маркирования люпина в зависимости от температуры отжига и последовательности RAPD- и ISSR-праймеров, использованных в исследовании. Представлены оптимальные температуры отжига праймеров в условиях эксперимента.

**Ключевые слова**: ПЦР, RAPD, ISSR, температура отжига, люпин узколистный.

RAPD (англ. Random Amplified Polymorphic DNA) и ISSR (англ. Inter Simple Sequence Repeats) представляют собой варианты полимеразной цепной реакции – ПЦР (PCR) для анализа полиморфизма амплифицированных фрагментов ДНК. Использование данных методов приобрело большую популярность в прикладных областях биологических наук, в частности, в современной селекции растений. Об этом свидетельствуют многочисленные работы, выполненные по RAPD- и ISSR-анализу генетической изменчивости популяций [1, с. 99; 2, с. 47], паспортизации сортов [3, с. 81; 4, с. 82], маркированию хозяйственно-ценных признаков [5, с. 48; 7, р.818] растений.

Для RAPD-PCR применяется один короткий праймер обычно длиной 10 нуклеотидов, с про-

¹ работа выполнена при финансовой поддержки гранта Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.132.21.1768 «Проведение поисковых и прикладных исследований по разработке и внедрению в селекционный процесс геномных технологий ДНК-маркирования хозяйственно-ценных признаков люпина».

извольной очередностью расположения, для амплификации случайных ДНК-фрагментов, фланкированных прямой и инвертированной последовательностью используемого праймера. Метод универсален для исследования генетического полиморфизма разных видов растений.

В методе ISSR в полимеразной цепной реакции используется праймер длиной 15-24 нуклеотида комплементарный микросателлитной последовательности. Праймер состоит из тандемных коротких 2-5 нуклеотидных повторов и одним или нескольким нуклеотидам на 3'-конце (иногда 5'-конце) праймера. Например, 5'-GA GA GA GA GA GA GA GA GA C-3'. Продукты ISSR амплификации содержат на концах инвертированную микросателлитную последовательность праймера. Так как последовательности микросателлитов высокополиморфны и широко распространены в растительных геномах, метод выявляет высокий уровень меж- и внутривидового полиморфизма [6, с. 284].

В целом методы RAPD и ISSR относительно просты и малозатратны, так как не требуют предварительного определения нуклеотидной последовательности исследуемой ДНК в ходе дорогостоящих процедур секвенирования генома. RAPD- и ISSR-праймеры позволяют амплифицировать множество фрагментов ДНК, разделение которых осуществляется в агарозном или полиакриламидном геле. В то же время проведение ПЦР требует определенных условий, от которых зависит воспроизводимость спектра ампликонов. Такие параметры, как количественный и качественный состав реакционной смеси, режим амплификации, должны быть оптимизированы [8, р. 6409].

Праймеры играют ключевую роль в образовании продуктов ПЦР. Правильно подобранные последовательности и температуры отжига праймеров обеспечивают специфичность и воспроизводимость реакции амплификации, при условии, что остальные условия стандартизированы [9, с. 50].

Цель настоящего исследования — сравнить влияние температуры отжига и последовательности 14 RAPD- и 21 ISSR-праймера на результаты ПЦР при сходных условиях амплификации и составе реакционной смеси для анализа ДНК люпина узколистного.

# Материалы и методы

В исследовании применяли ДНК, выделенную из белорусского сорта люпина узколистного Хвалько. Сорт был предоставлен сотрудниками Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию (г. Жодино, Минская область).

ПЦР проводили в четырехканальном ДНК-амплификаторе «Терцик» («ДНК-технология», Россия). Использовали праймеры, синтезированные фирмой «Синтол» (Россия). Применялись ферменты и реактивы фирмы «СибЭнзим» (Россия).

Состав реакционной смеси для RAPD- и ISSR-PCR объемом 20 мкл.: 1 ед. Таq-полимеразы Е 338, 2 мкл B321 AS буфера, 2 мМ MgCl $_2$ , 0,2 мМ каждого dNTP, 0,5 мкМ праймера, 10 нг геномной ДНК.

Условия амплификации для RAPD- и ISSR-PCR: начальная денатурация при  $94^{\circ}C-4$  мин; 30 циклов: денатурация при  $94^{\circ}C-30$  с, отжиг -30 с, элонгация при  $72^{\circ}C-1$  мин; финальная элонгация при  $72^{\circ}C-5$  мин.

Определение температуры плавления ( $T_{nn}$ ) 14 RAPD- и 21 ISSR-праймера осуществляли с помощью программы Oligo Analizer 3.1. (таблица 1).

Температуры плавления 14 RAPD- и 21 ISSR-праймера

Таблица 1

RAPD-праймер	Последовательность	Тпл	ISSR-праймер	Последовательность	Тпл
OPC 07	gtc-ccg-acg-a	46,6°C	IS1	(AG) <sub>8</sub> YG	58,3°C
OPJ 07	cct-ctc-gac-a	40,9°C	IS2	(AC) <sub>8</sub> G	60,9°C
OPM 16	gta-acc-agc-c	39,9℃	IS3	(GA) <sub>8</sub> C	54,5°C
OPM 20	agg-tct-tgg-g	40,8°C	IS4	(CA) <sub>8</sub> A	58,6°C
OPN 03	ggt-act-ccc-c	41,4°C	IS5	(CA) <sub>7</sub> RC	57,8°C
OPN 04	gac-cga-ccc-a	46,2°C	IS6	(AG) <sub>7</sub> YT	53,9°C
OPN 06	gag-acg-cac-a	43,5°C	UBC809	(AG) <sub>8</sub> G	55,9°C
OPN 09	tgc-cgg-ctt-g	49,4°C	UBC810	(GA) <sub>8</sub> T	53,5°C
OPN 10	aca-act-ggg-g	42,1°C	UBC 823	(TC) <sub>8</sub> C	55,9°C
OPN 14	tcg-tgc-ggg-t	51,1°C	UBC 824	(TC) <sub>8</sub> G	56,3°C
RN 1	acg-gtg-cgt-g	49,5°C	UBC 826	(AC) <sub>8</sub> C	60,7°C
RN 2	cgg-gga-gga-a	45,5°C	UBC 840	(GA) <sub>8</sub> YT	55,6°C
RN 3	gct-gca-ggc-c	50,9°C	K10	(AC) <sub>8</sub> YG	62,2°C
RN 4	ggt-cgc-agc-t	48,3°C	K11	(GA) <sub>8</sub> YC	56,2°C
			K19	(AC) <sub>8</sub> YA	61,1°C
			K22	(CA) <sub>8</sub> GT	61,0°C
			K27	(AG) <sub>8</sub> C	56,6°C
			K30	(TG) <sub>8</sub> G	60,7°C
			K34	(CT) <sub>8</sub> G	54,5°C
			K37	(GT) <sub>8</sub> T	58,6°C
			K38	(GT) <sub>8</sub> YT	59,8°C

Продукты ПЦР объемом 7 мкл разделяли электрофорезом в 2% агарозном геле в буфере ТВЕ, окрашивали бромистым этидием и визуализировали на сканере гелей GelDocXR (BioRad, США). В качестве маркера молекулярной массы использовали 1 мкл М27 («СибЭнзим»), содержащий фрагменты ДНК длиной 3000, 1500, 1000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200 и 100 пар нуклеотидов.

# Результаты и обсуждение

Температуру отжига для каждого праймера определяли экспериментальным путем. Диапазон для выбора оптимальной температуры отжига  $(T_a)$  праймера был представлен несколькими вариантами со ступенчатым понижением на один градус от рассчитанной температуры плавления  $(T_{nn})$ .

В результате исследования было выявлено, что температура отжига RAPD- и ISSR-праймеров оказывает влияние на количественный и качественный состав спектров продуктов ПЦР. Для большинства праймеров при росте  $T_a$  до определенной величины, происходил рост интенсивности одних ампликонов и/или ослабление других (рисунок 1).

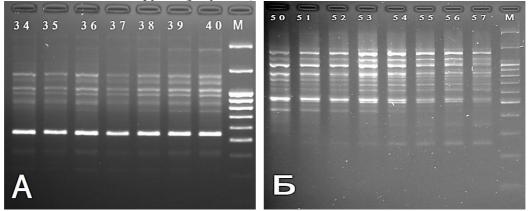


Рисунок 1. Электрофореграммы продуктов амплификации фрагментов ДНК, полученных с RAPD-праймером OPM 20 (A) и ISSR-праймером IS 4 (Б). Слева направо обозначены температуры отжига праймеров. М – маркер молекулярной массы.

Кроме того, в зависимости от последовательности праймера в RAPD- и ISSR-PCR изменялись интенсивность и информативность (количество и четкость) амплифицированных фрагментов ДНК.

Концентрация продуктов RAPD-PCR, как правило, была ниже концентрации продуктов ISSR-PCR при сходных условиях амплификации и составе реакционной смеси.

Относительно низкая интенсивность амплификации отмечена с шестью из семи RAPD-праймерами, имеющими 3'-концевой нуклеотид тимин либо аденин (рисунок 2 A), а также с двумя праймерами, имеющими на 3'- конце 4 подряд гуанина или цитозина (рисунок 2 Б). Интенсивность амплификации с остальными RAPD-праймерами была сравнительно высокой (рисунок 2 В). Связи между содержанием и распределением G и С оснований в составе использованных в исследовании RAPD-праймеров и качеством, а также количеством полученных в ходе ПЦР фрагментов ДНК, выявлено не было.

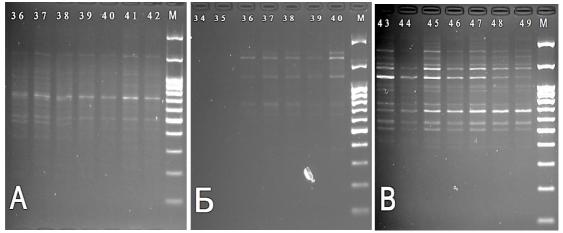


Рисунок 2. Электрофореграммы продуктов амплификации фрагментов ДНК, полученных с RAPD-праймерами OPN 06 (A), OPN 03 (Б), OPN 09 (В). Слева направо обозначены температуры отжига праймеров. М – маркер молекулярной массы.

Относительно информативные спектры продуктов ПЦР получены с ISSR-праймерами, содержащими в динуклеотидном повторе аденин (A):  $(GA)_8$ ,  $(CA)_{7;8}$ ,  $(AC)_8$  и  $(AG)_{7;8}$  (рисунок 3 A и B). В то же

время праймеры, содержащие в динуклеотидном повторе тимин (T), амплифицировали продукты ПЦР, информативность которых была относительно ниже (рисунок 3 Б). В отличие от RAPD-анализа, уровень амплификации слабо зависел от того, какой нуклеотид был на 3'-конце праймера (рисунок 3 А и В).

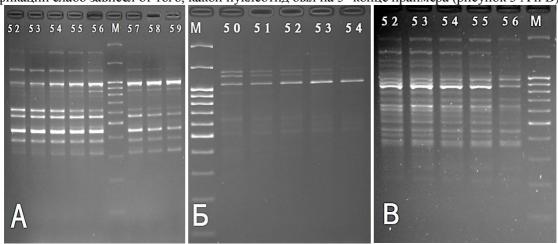


Рисунок 3. Электрофореграммы продуктов амплификации фрагментов ДНК, полученных с ISSR-праймерами IS2 (A), UBC 823 (Б), UBC 840 (В). Слева направо обозначены температуры отжига праймеров. М – маркер молекулярной массы.

В целом, при изменении в заданном диапазоне  $T_a$  для ISSR-праймеров интенсивность амплифицируемых фрагментов менялась значительнее, чем для RAPD-праймеров, что, возможно, связано с более высокими температурами отжига.

При выборе оптимальной  $T_a$  каждого праймера руководствовались полученными экспериментальными данными и принципом, что высокая температура отжига определяет высокую специфичность реакции, но как только она превышает некоторую критическую температуру для праймера, количество продукта резко падает. Для наиболее информативных 12 и 13 соответственно RAPD- и ISSR-праймеров были определены оптимальные в данных условиях температуры отжига.

T<sub>a</sub> RAPD-праймеров: OPN 03 – 40°C, OPN 06 – 41°C, OPN 10 – 41°C, OPN 14 – 47°C, RN 2 – 43°C, RN 4 – 47°C, OPM 16 – 40°C, OPM 20 – 40°C, OPN 04 – 46°C, OPN 09 – 47°C, RN 1 – 47°C, RN 3 – 50°C.

T<sub>a</sub> ISSR-праймеров: IS1 – 53°C, IS2 – 56°C, IS3 – 53°C, IS4 – 56°C, IS5 – 53°C, IS6 – 52°C, K11 – 54°C, K19 – 56°C, K27 – 55°C, UBC809 – 54°C, UBC810 – 52°C, UBC826 – 58°C, UBC840 – 54°C.

Полученные в исследовании результаты могут быть использованы при выборе температуры отжига и последовательности RAPD- и ISSR-праймеров для проведения молекулярно-генетического маркирования люпина с помощью ПЦР.

It was discussed the impact sequence and annealing temperature for primers of RAPD and ISSR on the quality of amplication spectrum and number of amplicons.

The key words: PCR, RAPD, ISSR, annealing temperature, Lupinus angustifolius.

# Список литературы

- 1. Маркин, Н.В. RAPD-анализ генотипов солеустойчивых форм горчицы Brassica juncea L. / Н.В.Маркин, А.В. Усатов, Г.М. Федоренко // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2006. №3. С. 99–102.
- 2. Глазко, В.И. Генетические взаимоотношения между сортами сои, оцененные с использованием ISSR маркеров / В.И. Глазко [и др.] // Цитология и генетика. 1999. 33, №5. С. 47–52.
- 3. Артюхова, А.В. Разработка метода паспортизации сортов люпина / А.В. Артюхова [и др.] // Вестник Брянского государственного университета. Брянск: РИО БГУ, 2010. №4. С. 81–84.
- 4. Боронникова, С.В. Генетическая паспортизация популяций редких видов растений рода *Adonis* с использованием ISSR- и IRAP-маркеров /С.В. Боронникова // Известия ТХСА. 2009. Вып. 1. С. 82–88.
- 5. Соболев, В.В. Использование ISSR-маркеров для молекулярно-генетической идентификации и паспортизации сортов малины / В.В. Соболев [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2006. №5. С. 48–52.
- 6. Календарь, Р.Н. Типы молекулярно-генетических маркеров и их применение / Р.Н. Календарь, В.И. Глазко // Физиология и биохимия культурных растений. 2002. Т. 34. № 4. С. 279–296.
- 7. Penner, G.A. Identification of an RAPD markers for the crow rust resistance gene *Pc68* in oats. / G.A. Penner // Genome. 1993a. V.36. P. 818–820.
- 8. Rychlik, W. Optimization of the anneling temperature for DNA amplification in vitro. / W. Rychlik, W.Y. Soencer, R.F. Rhoads // Nucleic Acids Res. 1990. V.18. P.6409–6412.

9. Дубін, О.В. Тестування умов проведення ISSR-PCR та їх оптимізация для аналізу геному сої (*Glycine max*) / О.В. Дубін, Т.М. Димань // Вісник Білоцерківского державного аграрного університету: 3б. наук. прац. – Біла Церква, 2007. Вип. 46. С. 49–54.

#### Об авторах

Гришин С.Ю. – аспирант Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, greyxxx@mail.ru

Заякин В.В. – доктор биологических наук, профессор Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, iyanam1@yandex.ru

#### УДК

# ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРИГОДОВОГО СТОКА РЕКИ ДЕСНЫ В СВЯЗИ С СОВРЕМЕННЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Т. Демихов, Д.И. Чучин

Произведён сопряжённый анализ сезонных особенностей многолетнего режима температуры воздуха, атмосферных осадков и расхода воды в реке Десна у города Брянска.

**Ключевые слова:** среднемесячная температура воздуха, сезонное количество осадков, доля сезонного стока, река Десна, город Брянск.

Развитие современных природных процессов происходит в условиях глобальной перестройки климата. Планетарные климатические процессы отображаются на региональном уровне во флуктуациях термического режима, атмосферных осадков и увлажнения. Наиболее существенная динамика климатических показателей отмечается в текущем столетии, что вызывает ответную реакцию в гидрологических процессах [2].

Особенно быстро среднегодовая температура воздуха росла в начале нынешнего столетия. Нарастание годовой температуры воздуха происходило более интенсивно за счёт холодного сезона. В конце первого десятилетия наметилась новая тенденция в росте годовых температур за счёт летних и осенних месяцев [1].

Таблица 1.

	Cp	СДПСМ	CCH-III	an ic	mucpa	rypa b	оздула	p robo	дс Бр	nnenc	•			
Помиса воли	Месяцы													
Период, годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год	
1947-1950	-9,2	-8,1	-3,3	7,0	13,8	17,1	17,3	16,4	11,3	4,4	-0,1	-3,9	5,2	
1951-1960	-7,2	-8,9	-4,9	5,4	12,1	17,3	18,5	16,9	10,9	5,2	-1,9	-5,0	4,9	
1961-1970	-10,2	-8,3	-3,4	6,0	13,5	16,5	18,0	16,9	11,7	6,0	-0,3	-5,9	5,1	
1971-1980	-9,5	-6,9	-1,8	6,3	13,0	16,7	17,3	16,4	11,2	4,5	-0,1	-4,7	5,2	
1981-1990	-6,9	-7,0	-1,3	6,6	14,1	16,7	17,8	16,7	11,4	5,8	-1,3	-4,8	5,7	
1991-2000	-5,3	-5,2	-0,9	7,5	13,0	17,5	18,6	17,2	11,5	5,9	-1,7	-5,4	6,0	
2001-2010	-5,8	-5,9	-0,1	7,8	14,3	17,2	20,4	18,7	12,8	6,6	1,2	-4,5	6,9	
средняя	-7,7	-7,2	-2,2	6,7	13,4	17,0	18,3	17,0	11,5	5,5	-0,6	-4,9	5,6	

Спанцемесяция температура возтууа в городе Ериско



Рисунок 1 – Тенденции изменения температуры воздуха в г. Брянске.

Следствием роста температуры воздуха и воздействия антропогенных факторов является современная трансформация и уменьшение густоты речной сети, эвтрофикация озёр и речных русел. Малые водотоки, имеющие только поверхностное питание, из-за сокращения стока весны и продол-

жительности половодья превращаются в суходолы. Климатические изменения и антропогенная деятельность ведут к сокращению числа и протяжённости водотоков на территории Брянской области.

Атмосферные осадки, являющиеся главным источником увлажнения, также претерпевают изменения [1]. Выпадение осадков по сезонам характеризуется большой неравномерностью. До начала 1960-х г.г. в тёплое полугодие выпадало осадков значительно больше, чем в холодное. На территории области их доля превышала 70%. Разница между количеством осадков по полугодиям достигала 50%. Современные климатические изменения привели к иному соотношению осадков тёплого и холодного полугодий. За счёт увеличения количества осадков в холодный период различия сумм осадков по полугодиям сглаживаются.



Рисунок 2 – Тенденции изменения количества атмосферных осадков в г. Брянске.

Таблица 2. Доля сезонных осадков, % от годовой суммы по м/с Брянск

№				Суммарн	ые осадки, %		
п/п	Период	весна	лето	осень	зима	полугодия	
						тёпл.	холод.
1	1945-1950	15	51	23	11	80	20
2	1951-1960	20	42	23	15	75	25
3	1961-1970	23	33	23	21	63	37
4	1971-1980	20	39	23	18	68	32
5	1981-1990	19	38	23	20	68	32
6	1991-2000	22	32	27	19	67	33
7	2001-2010	18	33	28	21	66	34
срелнее		20	38	24	18	70	30

Изменчивость атмосферных осадков во времени и пространстве предопределяет изменчивость речного стока. Увеличение осадков осени способствует повышению стока осенне-зимней межени, увеличение доли жидких осадков в безморозный период создаёт благоприятные условия для роста испарения и подземной составляющей речного стока. Внутригодовое перераспределение осадков влечёт за собой соответствующее изменение стока.

Таблица 3. Доля сезонного стока в годовом стоке реки Десны у города Брянска, % от годовой суммы

			- 0		
$\mathcal{N}_{\Omega}$	Расчётный		Доля стока п	о сезонам, %	
$\Pi/\Pi$	период	весна	лето	осень	зима
1	1895-1900	65,8	15,8	9,5	8,9
2	1901-1910	59,7	17,4	19,1	3,8
3	1911-1920	61,3	14,7	12,4	11,6
4	1921-1930	59,4	16,8	12,4	11,4
5	1931-1940	61,5	15,1	12,3	11,1
6	1941-1950	59,9	16,3	12,3	11,5
7	1951-1960	59,3	15,4	12,5	12,8
8	1961-1970	60,8	14,8	11,9	12,5
9	1971-1980	47,7	19,9	16,0	16,4
10	1981-1990	47,0	19,4	16,5	17,1
11	1991-2000	47,2	18,4	15,9	18,5
12	2001-2006	43,2	20,3	16,7	19,8
	В среднем	56,0	17,0	14,0	13,0

В многолетней динамике сезонного стока происходит изменение соотношения величины стока по сезонам и полугодиям. До начала 1960-х г.г. величина стока весны существенно доминировала над объёмами стока остальных сезонов и составляла 60 % годового объёма стока. Многоводные вёс-

ны сменялись низкой летней меженью, создавая контрастность внутригодового распределения стока.

С 1960-х г.г. прошлого столетия наблюдается снижение доли весеннего стока в годовом объёме. Уменьшение доли стока весны достигло максимальной отрицательной динамики в начале XXI в.

Объём годового стока не всегда связан с количеством выпадающих осадков. Объём речного стока от количества выпадающих осадков в среднем многолетнем составляет для бассейна Десны 28,5 % с колебаниями по отдельным годам от 17% до 41%. Нередко при большом количестве осадков объём стока практически такой, как и в очень сухие годы [3]. Следовательно, годовые «запасы» речной воды зависят главным образом от внутригодового распределения осадков, особенно от запаса воды в снеговом покрове и от особенностей снеготаяния и погодных условий весны.

Река Десна при общем значительном объёме годового стока воды отличается очень слабой внутригодовой его зарегулированностью. Среднегодовые многолетние величины расхода воды на створе г. Брянска равны  $82,1 \text{ м}^3/\text{с}$  (колебания по годам от  $40 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $134 \text{ м}^3/\text{c}$ ).

Таким образом, современные изменения в температуре воздуха, атмосферных осадков повлекли за собой изменения в гидрографической сети Брянской области, сезонном стоке и количественном перераспределении водных ресурсов по сезонам года.

#### Заключение

- 1. Следствием роста температуры воздуха и воздействия антропогенных факторов является современная трансформация и уменьшение густоты речной сети, эвтрофикация речных русел.
- 2. Климатические изменения и антропогенная деятельность ведут к сокращению числа и протяжённости водотоков на территории Брянской области.
- 3. Современные климатические изменения привели к иному соотношению осадков тёплого и холодного полугодий. За счёт увеличения количества осадков в холодный период различия сумм осадков по полугодиям сглаживаются.
- 4. Изменчивость атмосферных осадков во времени и пространстве предопределяет изменчивость речного стока. В многолетней динамике сезонного стока происходит изменение соотношения величины стока по сезонам и полугодиям.
- 5. Река Десна при общем значительном объёме годового стока воды отличается слабой внутригодовой его зарегулированностью.

The interfaced analysis of seasonal features of a long-term mode of air temperature, atmospheric precipitation and consumption of water in the Desna River at the city of Bryansk is made.

**The key words:** average monthly air temperature, seasonal amount of precipitation, share of a seasonal drain, river Desna, city of Bryansk.

# Список литературы

- 1. Ахромеев Л. М., Демихов В. Т., Чучин Д. И. Динамика климатических условий в г. Брянске с 1947 по 2011 годы // Материалы международной научной конференции (г. Воронеж 26-27 июня 2012 г.). Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2012. С. 114-117.
- 2. Дмитриева В. А. Гидрологический отклик на региональные климатические изменения// Материалы международной научной конференции (г. Воронеж 26-27 июня 2012 г.). Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2012. С. 219-223.
- 3. Шевченков П. Г. Водохозяйственные проблемы Десны//Долина Десны: природа и природопользование.-М., 1990. с.55-63.

#### Об авторах

Демихов В. Т. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры географии и землеустройства.

Чучин Д. И. – кандидат географических наук, доцент кафедры географии и землеустройства.

## УДК 612.273+615.2

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АНТИГИПОКСИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ СОВМЕСТИМЫХ АНТИОКСИДАНТОВ ПОД ШИФРОМ ПQ- НА МОДЕЛИ ОСТРОЙ ГИПОКСИИ С ГИПЕРКАПНИЕЙ

Н.П. Катунина, И.М. Гнеушев, Э.А. Парфенов

Среди 9 новых физиологически совместимых антиоксидантов (ФСАО) выявлено комплексное соединение цинка под шифром  $\pi$ Q-1043, которое в условиях воздействия острой гипоксии с гиперкапнией по широте эффективных доз (10, 25, 50 и 100 мг/кг) и степени антигипоксической активности (увеличение продолжительности жизни мышей на 26-33%) превосходит другие испытанные вещества, а также известные антигипоксанты эмоксипин, этомерзол, мексидол, нооглютил, натрия оксибутират.  $\pi$ Q-1043 рекомендуется для дальнейшего более глубокого изучения и возможного применения в клинике в качестве антигипоксического средства.

**Ключевые слова**: антигипоксант, гипоксия, организм, лекарственные средства.

Острая гипоксия с гиперкапнией может возникнуть при нарушении штатной работы системы кислородообеспечения, когда в воздухе герметического объекта содержание кислорода снижается, а концентрация углекислого газа увеличивается. Такая экстремальная ситуация возможна при полете на большой высоте различных герметических объектов с искусственной регенерацией кислорода, а также в обитаемых морских сооружениях (подводные лодки, водолазные костюмы), наземных и подземных помещениях закрытого типа (командные пункты воинских частей, штабы и убежище гражданской обороны). Состояние гипоксии с гиперкапнией может возникнуть при некоторых заболеваниях сердечно-сосудистой, дыхательной, мочевыделительной систем и крови.

В настоящее время для обеспечения выживаемости человека в условиях острой гипоксии с гиперкапнией используются в основном средства индивидуальной защиты. Однако их применение ограничено из-за громоздкости, большой стоимости, сложности эксплуатации и способности ограничивать движения и обзор, а также затруднять прием пищи, воды и т.п.

Поддержание жизнеспособности на достаточно высоком уровне в условиях острой гипоксии с гиперкапнией возможно с помощью лекарственных средств, обладающих антигипоксическими свойствами. Преимуществом таких препаратов является возможность их применения как с профилактической, так и с лечебной целью. Однако арсенал лекарственных средств с противогипоксическим действием весьма ограничен, широта и эффективность лечебных доз небольшие. Кроме того, антигипоксическое действие имеющихся в распоряжении практических врачей препаратов проявляется не при всех видах гипоксии, а некоторые антигипоксанты оказывают нежелательные побочные действия, что ограничивает их применение. Поэтому поиск новых химических веществ с большой широтой антигипоксических доз и отсутствием побочного действия является актуальной задачей экспериментальной и клинической фармакологии, что и было основанием для наших исследований.

Антигипоксическую активность исследованных новых соединений оценивали в соответствии с "Методическими рекомендациями по экспериментальному изучению препаратов, предлагаемых для клинического изучения в качестве антигипоксических средств" (Лукьянова Л.Д., 1990) [3]. Острую гипоксию с гиперкапнией (ОГсГк) вызывали помещением каждого животного в аптечный штанглаз емкостью 250 мл. Учитывали продолжительность жизни животных в минутах.

Статистическую обработку цифровых данных опытов проводили с помощью компьютерных программ Microsoft Excel XP в среде Windows XP и STATISTICA 6,0. Для вариационного ряда выборки вычисляли среднюю арифметическую величину (M) и ее ошибку (m). Для оценки достоверности различий двух сравниваемых величин применяли t-критерий Стьюдента [1, 2, 5]. Достоверными считали различия между сравниваемыми величинами при p < 0.05.

Нами в сравнительном аспекте изучено влияние 9 новых физиологически совместимых антиоксидантов (ФСАО) под шифрами  $\pi$ Q-1042,  $\pi$ Q-1043,  $\pi$ Q-1044,  $\pi$ Q-1045,  $\pi$ Q-1047,  $\pi$ Q-1048,  $\pi$ Q-1050,  $\pi$ Q-1051 и  $\pi$ Q-1052, синтезированных доктором химических наук Э.А. Парфеновым в РОНЦ имени академика Н.Н. Блохина РАМН [4,6]. Антигипоксическую активность исследованных соединений сравнивали с действием известных лекарственных средств, обладающих антигипоксическим и/или антиоксидантным действием: эмоксипин, этомерзол, мексидол, нооглютил, натрия оксибутират.

ФСАО в дозах 1, 5, 10, 25, 50 и 100 мг/кг и лекарственные средства сравнения в дозах 25, 50 и 100 мг/кг вводили внутрибрющинно за 1 час до воздействия гипоксического фактора. Контрольным животным вводили в те же сроки и тем же путем равный объем растворителя.

Опыты проведены на 1266 мышах-самцах линии SHR массой 22-26 г.

Как видно из таблицы, исследованные химические соединения оказывали неоднозначное противогипоксическое действие при воздействии  $O\Gamma c\Gamma k$ .

Установлено, что среди 9 изученных цинксодержащих производных никотиновой кислоты продолжительность жизни мышей увеличивали четыре соединения под шифрами  $\pi Q$ -1042,  $\pi Q$ -1050 и  $\pi Q$ -1051.

Таблица Влияние цинксодержащих производных никотиновой кислоты и лекарственных средств сравнения на продолжительность жизни мышей в условиях острой гипоксии с гиперкапнией

Vo	Шифр химического	Доза, мг/кг	Кол-во мышей	Продолжительность жизни мышей, мин			
/п	соединения	, , ,		M ± m	%	P	
1	2	3	4	5	6	7	
	70	А. Цинксодерх	кащие производные нико		1 100 1		
	Контроль	-	10	$29.8 \pm 1.1$	100	_	
1	$\pi Q - 1042$	10	10	$33,1 \pm 1,2$	111	0,25	
	$\pi Q - 1042$	25	10	$36,1 \pm 1,4$	121	0,002	
	πQ-1042	50	10	$30.9 \pm 1.2$	104	0,5	
,	Контроль	-	10	$29.5 \pm 1.8$	100	_	
2	πQ-1043	5	10	$31,1 \pm 2,0$	105	0,5	
	πQ-1043	10	10	$37.8 \pm 1.0$	128	0,001	
	Контроль	- 25	10	$28.7 \pm 1.0$	100	- 0.001	
3	πQ-1043	25 50	10 10	$38.2 \pm 1.0$	133	0,001	
	πQ-1043			$37.9 \pm 1.4$	132	0,001	
	πQ-1043	100	10	$36.2 \pm 1.8$	126	0,002	
4	Контроль	10	10	$29.4 \pm 1.0$	100 104	-	
+	$\pi Q - 1044$	25	10 10	$30.6 \pm 1.6$	99	0,5	
	πQ-1044		10	$29.0 \pm 1.2$	100	0,5	
5	Контроль	-	10	$27.9 \pm 1.2$	98	- 0.5	
,	πQ-1045 πQ-1045	10 25	10	$27.4 \pm 1.3$	98 94	0,5 0,5	
				$26,1 \pm 1,6$			
;	Контроль • 70.1047	10	10 10	$28.1 \pm 0.4$	100 104	0,25	
'	πQ-1047		10	$29.1 \pm 0.5$	104		
	πQ-1047	25	10	$28,9 \pm 0,5 \\ 28,5 \pm 0,9$	103	0,25	
,	Контроль						
7	$\pi Q-1048$ $\pi Q-1048$	10 25	10 10	$27.4 \pm 0.8$	96 101	0,5 0,5	
	`	-	10	$28.8 \pm 1.9 \\ 29.1 \pm 1.7$	100	- 0,3	
	Контроль πО-1050	5	10		110	0,25	
'	$\pi Q$ -1030 $\pi Q$ -1050	10	10	$31.9 \pm 1.8$	115	0,25	
	жү-1030 Контроль	-	10	$33,6 \pm 1,3 \\ 28,3 \pm 1,3$	100	- 0,23	
	πQ-1050	25	10	$26.3 \pm 1.3$ $34.2 \pm 1.1$	121	0,02	
	$\pi Q$ -1030 $\pi Q$ -1050	50	10	$34,2 \pm 1,1$ $35,6 \pm 1,6$	121	0,02	
	$\pi Q$ -1050 $\pi Q$ -1050	100	10	$35,0 \pm 1,0$ $35,9 \pm 1,8$	120	0,03	
-	Контроль		10	$33,9 \pm 1,8$ $27,8 \pm 0,9$	100	- 0,02	
	πQ-1051	5	10	$27.5 \pm 0.9$ $27.5 \pm 0.6$	99	0,5	
0	$\pi Q$ -1051	10	10	$33.1 \pm 0.4$	119	0,001	
	$\pi Q$ -1051	25	10	$29.6 \pm 2.0$	103	0,001	
	Контроль	-	10	$29,0 \pm 2,0$ $29,0 \pm 0,9$	100	-	
1	$\pi Q-1052$	10	10	$24.6 \pm 1.1$	85	0,02	
1	$\pi Q - 1052$	25	10	$24.4 \pm 0.9$	84	0,01	
	NQ 1032		сарственные средства с		01	0,01	
	Контроль		10	$27.5 \pm 1.2$	100	_	
_	Мексидол	25	10	$25.9 \pm 1.7$	94	0,5	
2	Мексидол	50	10	$30.1 \pm 1.9$	109	0,25	
	Мексидол	100	10	$34.1 \pm 1.7$	124	0,01	
	Контроль	-	10	$\frac{34,1\pm1,7}{27,8\pm1,2}$	100	-	
13	Эмоксипин	25	10	$26,9 \pm 1,3$	97	0,5	
	Контроль	-	10	$28,1 \pm 1,2$	100	-	
4	Эмоксипин	50	10	$32,2 \pm 1,7$	115	0,1	
1 7	Эмоксипин	100	10	$36.8 \pm 1.4$	131	0,001	
_ +	Контроль	-	10	$25,3 \pm 0,5$	100	-	
15	Нооглютил	25	10	$28,2 \pm 1,0$	111	0,05	
	Контроль	_	10	$24,3 \pm 0,8$	100	-	
16	Нооглютил	50	10	$28.7 \pm 1.2$	118	0,02	
	Нооглютил	100	10	$33,0 \pm 1,5$	136	0,001	
17	Контроль	-	10	$30,9 \pm 1,7$	100	-	
	Этомерзол	25	10	$29.6 \pm 2.3$	96	0,5	
	Этомерзол	50	10	$30,2 \pm 2,8$	98	0,5	
	Этомерзол	100	10	$40,1 \pm 1,3$	130	0,001	
	Контроль		i			.,	
ı	Натрия	_	10	$28.8 \pm 1.1$	100	_	
8		25	10	$29,0 \pm 1,5$	101	0,5	
8	оксибутират	23	l				
	оксибутират	_	10	29,9 ± 1.9	100	_	
	оксибутират Контроль	_	10 10	$29.9 \pm 1.9$ $32.8 \pm 2.8$	100 110	0.5	
9	оксибутират		10 10 10	$29.9 \pm 1.9$ $32.8 \pm 2.8$ $34.9 \pm 1.5$		- 0,5 -	

Наиболее активным было соединение под шифром  $\pi Q$ -1043, которое увеличивало продолжительность жизни подопытных мышей в четырех дозах, равных 10, 25, 50 и 100 мг/кг, соответственно на 28, 33, 32 и 26%.

Затем в порядке уменьшения противогипоксического эффекта следует соединение под шифром  $\pi Q$ -1050, которое в дозах 25, 50 и 100 мг/кг увеличивало время жизни мышей соответственно на 21, 26 и 27% при сравнении с контролем.

Два соединения под шифрами  $\pi Q$ -1042 и  $\pi Q$ -1051 повышали резистентность организма мышей к ОГсГк в одной дозе, равной 25 и 10 мг/кг соответственно. Под влиянием этих доз время жизни подопытных мышей была больше, чем у животных контрольной группы на 21 и 19% соответственно.

Соединение  $\pi Q$ -1052 оказывало негативное влияние на продолжительность жизни мышей в условиях ОГсГк. При введении этого вещества в дозах 10 и 25 мг/кг время жизни мышей уменьшалась соответственно на 15 и 16%.

В тех же условиях опыта соединения под шифрами  $\pi Q$ -1044,  $\pi Q$ -1045,  $\pi Q$ -1047 и  $\pi Q$ -1048 в дозах 10 и 25 мг/кг какого-либо эффекта на продолжительность жизни мышей не оказывали.

Препаратами сравнения были известные лекарственные средства, обладающие антигипоксическим и/или антиоксидантным действием: мексидол, эмоксипин, этомерзол, нооглютил и натрия оксибутират.

Установлено, что мексидол, этомерзол, эмоксипин и натрия оксибутират увеличивали продолжительность жизни мышей в условиях ОГсГк только в дозе 100 мг/кг. Положительный эффект составил соответственно 24, 30, 31 и 34% в сравнении с контролем. Препарат нооглютил в условиях ОГсГк был эффективен во всех исследованных дозах. Продолжительность жизни мышей увеличивалась при введении нооглютила в дозе 25 мг/кг на 11%, в дозе 50 мг/кг - на 18% и в дозе 100 мг/кг – на 36%.

Изучение и анализ результатов опытов позволяют сказать, что цинксодержащее производное никотиновой кислоты под шифром  $\pi Q$ -1043 по выраженности антигипоксического действия и широте эффективных доз значительно превосходит другие исследованные соединения, а также известные лекарственные средства, проявляющие антигипоксические и/или антиоксидантные свойства (мексидол, эмоксипин, этомерзол, нооглютил и натрия оксибутират) и может быть рекомендовано для дальнейшего более глубокого изучения и применения в клинике в качестве возможного антигипоксического средства.

There is a complex composition of cuprum,  $\pi Q$ -1043 in cipher, revealed among 9 new physiologically compatible antioxidants (PCAO). This composition with the range of effective doses (10, 25, 50, and 100 mg/kg) and the degree of antihypoxic activity (26-33% increase in the life interval of mice) considerably exceeds other studied substances and well-known antihypoxants Emoxipine, Etomerzolum, Mexidolum, Nooglutilum, Natrii oxibutyras under acute hemic and histotoxic hypoxia.  $\pi Q$ -1043 may be recommended for further study and its possible application as an antihypoxant in clinics. *The key words:* antihypoxant, hypoxia, organism, drugs.

#### Список литературы

- 1. Беленький Л.М. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта. Рига, 1963. 116 с.
- 2. Леонов В.П., Ижевский П.В. Применение статистики в статьях и диссертациях по медицине и биологии // Междунар. журн. мед. практики. 1998. № 4. С. 7-12.
- 3. Лукьянова Л.Д. Методические рекомендации к экспериментальному изучению препаратов, предназначенных для клинического изучения в качестве антигипоксических средств. М., 1990. 18 с.
- 4. Парфенов Э.А., Смирнов Л.Д., Дюмаев К.М. Стратегические направления медицинского применения антиоксидантов // Человек и лекарство: Тез. докл. IX Российского национ. конгр. М., 2002. С. 765.
- 5. Самойлов Н.Н. Таблицы значений средней ошибки и доверительного интервала средней арифметической величины вариационного ряда. Томск, 1970. 63 с.
- 6. Parfenov E.A., Zaikov G.E. Biometalls and Ligands for Anticancer Drag Design: Superoxide Dismutase Models for Combined Tumor Therapy // Nova Science Publishers. New York. 2001. P. 278.

# Об авторах

Катунина Н. П. – кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания и основ медицинских знаний Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, npkatunina@mail.ru

Гнеушев И. М. – соискатель Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского

Парфенов Э. А. – сотрудник опытно-наработочной лаборатории Российского онкологического научного центра имени академика Н.Н. Блохина РАМН, доктор химических наук.

#### УДК 581.5

## ФИТОСОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦЕНОФЛОР СИНТАКСОНОВ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КЛЕНТНЯНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

#### Ю.А. Клюев

В статье приведен анализ фитосоциологических спектров ценофлор10 союзов древесной растительности Клетнянского полесья. Представлена сравнительная характеристика спектров ценофлор одинаковых союзов района исследования и Судость-Деснянского междуречья.

**Ключевые слова:** фитосоциологический спектр, древесная растительность, союз, ценофлора, Клетнянское полесье, Судость-Деснянское междуречье.

#### Введение

Фитосоциологический спектр – соотношение в ценофлоре синтаксона диагностических комбинаций разных высших единиц и аффинных видов, то есть видов, тяготеющих к тому или иному классу растительности [1].

Использование анализа фитосоциологических спектров ценофлор синтаксонов для оценки особенностей флористического состава сообществ, а также в исследованиях по динамике растительности представлены в работах уфимских геоботаников [1-7].

Для Южного Нечерноземья отдельно выполненный фитосоциологический анализ растительности иметься в работе Ю. А. Семенищенкова [8]. Метод наглядно отражал тенденцию ««олуговения» сообществ на антропогенных территориях» [8].

**Цель работы** — выполнить анализ фитосоциологических спектров синтаксонов древесной растительности и с его помощью оценить степень антропогенного нарушения сообществ.

**Материалы и методы.** Анализ проведен на уровне союзов древесной растительности, установленных в Клетнянском полесье [9]. Фитосоциологический спектр ценофлоры каждого союза представлен долевым участием характерных видов синтаксонов ранга «класс». Для установления афинности видов классам использованы известные работы по растительности России и Европы [10-14, 17-19], а также Южного Нечерноземья [8, 15, 16].

**Результаты и обсуждение**. Ценофлору древесной растительности формируют характерные виды 18 классов (таблица 1). Для спектров большинства союзов характерно высокое участие видов классов *Querco–Fagetea* и *Vaccinio–Piceetea*, что отражает зональное положение региона на стыке подзон южной подтайги и широколиственных лесов.

Таблица 1 Соотношение афинных видов классов в ценофлорах союзов древесной растительности Клетнянского полесья

	ACCOUNTAGE OF TOUCHERS									
№ союза	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q-F	56.3	41.1	43.1	15.6		5.2	22.0	2.9	14.1	2.8
V-P	13.7	2.3	25.5	27.9	31.8	31.6	3.4	5.8		
Ag	2.3	9.3	7.8	3.3	13.6	5.2	25.4	32.4	10.3	8.6
Sp	2.3	3.9	2.0	1.1			6.8	8.8	15.4	25.7
M-A	4.6	19.4	2.0	10.0			20.3	23.5	34.6	25.7
O-S				5.5	36.4	47.4				
В-В	1.1	0.78	2.0	1.1						
Ea	1.1	0.78		2.2					3.8	
G-U	5.7	3.1	2.0	1.1			3.4	2.9	5.1	2.8
Av		0.78		1.1				2.9	3.8	14.3
K-C				7.7						8.6
P-P				4.4						
St	1.1	0.78							1.3	
T-G	1.1	1.6	2.0	2.2						
R-P		0.78					1.7			
C-U		0.78	2.0	3.3					1.3	
S-C		1.6			13.6	10.4	1.7	8.8	1.3	
P-M		2.3					3.4	2.9	1.3	
?	10.3	10.9	11.8	11.1	4.5		11.9	8.8	7.7	11.4

<u>Обозначения союзов</u>: 1 – Querco roboris–Tilion cordatae, 2 – Alnion incanae, 3 – Piceion excelsae, 4 – Dicrano–Pinion sylvestris, 5 – Betulion pubescentis, 6 – Ledo–Pinion, 7 – Alnion glutinosae, 8 – Salicion cinereae, 9 – Salicion albae, 10 – Agrostio vinealis–Salicion acutifoliae.

<u>Обозначения классов</u>: Q-F – Querco–Fagetea, V-P – Vaccinio–Piceetea, Ag – Alnetea glutinosae, Sp – Salicetea purpureae, M-A – Molinio–Arrhenatheretea, O-S – Oxycocco – Sphagnetea, B-B – Brachypodio pinnati–Betuletea pendulae, Ea – Ebilobietea angustifoliae, G-U – Galio–Urticetea, Av – Artemisietea vulgaris, K-C – Koelerio–Corynephoretea, P-P – Pulsatillo-Pinetea, St – Stellarietea mediae, T-G – Trifolio–Geranietea sanguinea, R-P – Rhamno–Prunetea, C-U – Calluno–Ulicetea, S-C – Scheuchzerio–Caricetea fuscae, P-M – Phragmito–Magnocaricetea, ? – афинность не установлена.

Свои лидирующие позиции они полностью теряют лишь в азональных ивово-кустарниковых союзах *Salicion cinereae* и *Agrostio vinealis–Salicion acutifoliae*.

Следует отметить преобладание характерных видов класса *Querco–Fagetea* (43.1%) в ценофлоре союза *Piceion excelsae*. Однако большинство из них низкоконстантны в сообществах. С высоким постоянством встречаются лишь *Stellaria holostea* и *Galeobdolon luteum*. Напротив, виды класса *Vaccinio–Piceetea* (25.5%) высококонстантны и часто выступают доминантами во всех ярусах (*Picea abies III-I, Vaccinium myltillus, Pleurozium schreberi, Dicranum scoparium* и др.), определяя облик сообществ. Подобное сочетание видов свидетельствует о сложной структуре фитоценозов, сформированных в полосе контакта нескольких зональных типов растительности.

В ценофлорах союзов болотных сосняков и пушистоберезняков закономерно доминируют бореальные виды класса *Vaccinio–Piceetea* (31.6–31.8%) и виды олиготрофных болот класса *Oxycocco–Sphagnetea* (36.4–47.4%). Это подчеркивает их переходный характер между болотной и лесной растительностью.

Наиболее сложный фитосоциологический спектр у союза *Dicrano–Pinion sylvestris*. Наряду с доминированием видов классов *Querco–Fagetea* (15.6%) и *Vaccinio–Piceetea* (27.9), существенную роль играют виды классов *Molinio–Arrhenatheretea* (10%) и *Koelerio–Corynephoretea* (7.7%). Последние, вместе с рудеральными видами класса *Artemisietea vulgaris* (14.3%), обильно представлены в псаммофитных сообществах союза *Agrostio vinealis–Salicion acutifoliae* (8.6%). Такое сочетание объясняется частыми нарушениями экотопов со слаборазвитыми песчаными почвами.

В ценофлорах союзов азонально-зональной растительности классов *Alnetea glutinosae* и *Salicetea purpureae* при преобладании «своих» характерных видов заметно внедряются сыролуговые виды класса *Molinio–Arrhenatheretea* (20.3–34.6%). В незначительной степени им сопутствуют гидрофильные виды класса *Phragmito–Magnocaricetea* (1.3–3.4%).

Любопытно сравнение фитосоциологических спектров растительности Клетнянского полесья и Судость-Деснянского междуречья [8]. Для двух территорий установлено 8 общих союзов древесной растительности. Анализируя данные спектров, можно сделать ряд выводов.

Во-первых, в большинстве случаев спектры союзов азонально-зональной растительности повторяют друг друга. В основном это фитоценозы пойм и переувлажненных почв (союзы: *Alnion glutinosae, Salicion cinereae, Salicion albae*).

Во-вторых, в сообществах Клетнянского полесья тенденция «олуговения» лесных фитоценозов классов *Querco–Fagetea* и *Vaccinio–Piceetea* выражена существенно ниже (таблица 2).

Таблица 2 Представленность (%) луговых видов класса Molinio-Arrhenatheretea в общих союзах древесной растительности классов Querco-Fagetea и Vaccinio-Piceetea для Клетнянского полесья (КП) и Судость-Деснянского междуречья (СДМ)

Союзы	Querco–Tilion	Alnion incanae	Dicrano-Pinion
КП	4.6	19.4	10.0
СДМ	20.2	23.0	21.4

Подобное сравнение наглядно демонстрирует степень антропогенной трансформации растительности отдельных территорий.

В-третьих, в спектре союза *Querco-Tilion* для Клетнянского полесья доля характерных видов класса *Vaccinio-Piceetea* существенно выше, чем в Судость-Деснянском междуречье (13.7 и 8.6% соответственно) (таблица 2). Это объясняется удаленностью последней территории от подзон южной тайги и подтайги. О чем свидетельствует и отсутствие в продромусе союза *Piceion excelsae* [8].

В заключении отметим, что анализ фитосоциологических спектров является актуальным информативным методом оценки состояния растительного покрова в условиях неуклонного антропогенного пресса.

In this article the analysis of the phytosociological spectra of coenoflora of 10 alliances of wood vegetation of Kletnya region woodlands is presented. The comparative characteristic of the spectra of coenofloras of similar alliances of the region under research and Sudost-Desna watersheed area is presented here.

**The key words:** phytosociological spectrum, wood vegetation, an alliance, coenoflora, Kletnya woodlands, Sudost-Desna watershed area.

#### Список литературы

- 1. Мартыненко В. Б. О формальных и неформальных оценках флористического разнообразия (на примере сосняков Южного Урала) / В.Б. Мартыненко, Б.М. Миркин // Экология. 2003. № 5. С. 336-340.
- 2. Широких П.С. Закономерности изменения фиторазнообразия лесов в синтаксономическом пространстве / П.С. Широких, В.Б. Мартыненко // Флора и растительность Южно-Уральского госу-

дарственного природного заповедника /под ред. Б.М. Миркина. Уфа: Гилем, 2008. С. 241-255.

- 3. Кунафин А.М. Рекреационные сукцессии широколиственных лесов на примере национального парка «Башкирия» / А. М. Кунафин, П.С. Широких// Растительность Восточной Европы: классификация, экология и охрана. Мат. Международной науч. конф. (Россия, г. Брянск, 19-21 октября 2009 г.). Брянск: Изд-во «Ладомир», 2009. С. 123-126.
- 4. Миркин Б.М. Анализ факторов, определяющих видовое богатство сообществ лесов Южного Урала / Б.М. Миркин, В.Б. Мартыненко, П.С. Широких, Л.Г. Наумова // Журнал общей биологии. 2010. Т. 71. № 2. С. 131-143.
- 5. Султангареева Л.А. Анализ фиторазнообразия лесной растительности / Л.А. Султангареева, П.С. Широких, В.Б. Мартыненко //Флора и растительность Национального парка«Башкирия» (синтаксономия, антропогенная динамика, экологическое зонирование) / под ред. Б.М. Миркина. Уфа: Гилем, 2010. С. 239-245.
- 6. Кунафин, А.М. Оценка эффективности восстановительной сукцессии после рубок с использованием фитосоциологических спектров / А.М. Кунафин, П.С. Широких, В.Б. Мартыненко. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. № 13, №5 (2). С. 86-89.
- 7. Ямалов С. М. Синтаксономия и динамика травяной растительности Южно-Уральского региона: Автореф. дис...докт. биол. наук: 03.02.01 / С. М. Ямалов; Башкирский гос. ун-т. Уфа, 2011. 32 с.
- 8. Семенищенков Ю. А. Фитоценотическое разнообразие Судость-Деснянского междуречья / Ю. А. Семенищенков. Брянск: РИО БГУ, 2009. 400 с.
- 9. Клюев Ю. А. Растительность Клетнянского полесья (в пределах Брянской области): Автореф. дис...канд. биол. наук: 03.02.01 / Ю.А. Клюев; ООО «Ладомир». Брянск, 2011. 23 с.
  - 10. Коротков К. О. Леса Валдая / К. О. Коротков. М.: Наука, 1991. 160 с.
- 11. Мартыненко В. Б. Леса Башкирского государственного природного заповедника. Синтаксономия и природоохранная значимость / В.Б. Мартыненко, А.И. Соломещ, Т.В. Жирнова Уфа: Гилем. 2003. 203 с.
- 12. Мартыненко В. Б. Синтаксономия водоохранно-защитных лесов Уфимского плато // Водоохранно-защитные леса Уфимского плато / В.Б. Мартыненко, С.Н. Жигунова, А.И. Соломещ Уфа: Гилем. 2007. С. 166-229.
- 13. Заугольнова Л. Б. Распространение и классификация неморально-бореальных лесов // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / Л. Б. Заугольнова, О. В. Морозова. М.: Наука, 2004. Книга 2. С. 13-62.
  - 14. Миркин Б.М. Наука о растительности / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. Уфа: Гилем, 1998. 413 с.
- 15. Булохов А. Д. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России / А. Д. Булохов, А. И. Соломещ. Брянск: Изд-во БГУ, 2003. 359 с.
- 16. Морозова О. В. Леса заповедника «Брянский лес» и Неруссо-Деснянского Полесья (синтаксономическая характеристика) / О. В. Морозова. Брянск, 1999. 98 с.
- 17. Kieland-Lund, von, J. Die Waldgesellshaften SO-Norwegens // Phytocoenologia. V. 9. №1/2. 1981. P. 53-250.
- 18. Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roslinnych Polski / W. Matuszkiewicz. Warszawa, 1981. 298 p.
- 19. Mucina L. Conspectus of Classes of European Vegetation / Mucina L. // Folia Geobot. Phytotax. 1997. V. 32. P. 117-172.

#### Об авторе

Клюев Ю.А. – кандидат биологических наук, сотрудник лаборатории флористики и геоботаники Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского, kafbot2002@mail.ru

#### УДК 581.143:577.175.1.05

## ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ, МОЛИБДЕНА, БОРА И ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЮПИНО-ЯЧМЕННЫХ И СОЕВО-ЯЧМЕННЫХ АГРОЦЕНОЗОВ

А.С. Кононов, А.В. Шугаев

Установлено, что добавление небольших доз янтарной кислоты к ризобактериями препарат рифан стимулирует ряд важных физиологических показателей у злаковых и бобовых растений в смешанных люпино-ячменных посевах, а именно: рост стебля люпина на 50%, ячменя на 54% к контролю, снижает суммарную интенсивность транспирации в 1,7 раза по сравнению с применением только одного рифана, повышает в сумме в 1,8 раза интенсивность фотосинтеза по сравнению с контролем. Кроме того добавление янтарной кислоты, увеличивает общую стрессоустойчивость растений к неблагоприятным факторам, снижает заболеваемость растений ячменя бурой ржавчиной на 90-95% к контролю.

Ключевые слова: азотфиксация, люпин, соя, ризобактерии, интенсивность фотосинтеза, рифан.

Во многих странах мира, в том числе и в России интерес к использованию достижений микробиологии в сельском хозяйстве неизмеримо возрос, расширены представления о роли микроорганизмов в жизни растений. И это не случайно. Бактерии были первыми живыми обитателями Земли, которые монополизировали нашу планету на более чем 3 млрд лет. Сейчас половина живой материи на Земле — это клетки бактерий. Сегодня масса углерода циркулирующего в бактериях, примерно равна массе углерода во всех растениях планеты. На долю микробов приходится более  $10^{15}$  кг азота и 1012 кг фосфора. Круговорот веществ в микробах, примерно, в 10-100 раз интенсивней, чем в клетках растений. Быстро меняющийся и эволюционирующий мир прокариот оказывает мощное влияние на мир многоклеточных эукариот. В мире существует порядка 10<sup>7</sup> видов микроорганизмов и примерно около 90% всего генетического разнообразия природа хранит в клетках бактерий. Примерно, 10<sup>30</sup> грамм бактерий обитают в почве планеты и не учитывать их взаимодействие с миром растений в практической работе просто нельзя. Агроэкосистемы в настоящее время занимают 30% всей земной поверхности и включают наиболее продуктивные почвы. Поэтому эффективное управление растительномикробными сообществами в агроэкосистемах имеет практический интерес для человека так как, агроэкосистемы являются наиболее важным средством сохранения и улучшения нашей биосферы. Несмотря на достаточно многочисленные фундаментальные работы по проблеме взаимодействия симбиотических бактерий с миром автотрофных растений (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16) остаются неясными влияния быстро размножающихся бактериальных клеток внедрившихся в корни бобовых растений на геном растительной клетки и в целом на бобовое растение. Исследование таких взаимодействий представляет большую сложность как в теоретическом и практическом плане. В исследованиях последние 40 лет важнейшим направлением было изучение азотфиксации - как процесса, лимитирующего у бобовых растений все остальные звенья цикла азота, а также ряд работ был посвящен установлению взаимосвязи этого процесса с фотосинтезом. Ряд исследователей Е.Н.Мишустин, В.К.Шильникова (1968), Н.Г.Федулова (1980), В.И.Романов (1983), Т.М. Ching et al. (1975), R.W.Hazdy (1977) считают, что поступление фотоассимилянтов из листьев в клубеньки является главным фактором, лимитирующим восстановление молекулярного азота и его ассимиляцию (1.17,18,19,20). Другие авторы И.А. Тихонович и Н.А.Проворов (1998); F.R. Minchin (1999) утверждают, что существует высокочувствительный механизм регуляции активности нитрогеназы, непосредственно связанный как с фотосинтетическими возможностями бобового растения, так и с его потребностями в азоте (12,21).

Новейшие исследования позволяют признать за растением-хозяином ведущую роль в повышении продуктивности симбиотической фиксации азота. Азот необходимый источник питания растений. В растительном организме он входит в состав таких важных соединений, как ДНК, РНК, алкалоиды, фитогормоны и т.д. Современные исследователи все чаще поднимают вопрос о том, как найти дешевый и безопасный способ увеличения поступления азота в клетку.

Как считает А.С.Кононов (2003) биологическая фиксация азота, составляющая у бобовых за счет симбиотических бактерий от 40-45% у сои и до 75-85% у люпина это путь синтеза экологически безопасного азота [22]. Он экологически чище, чем внесение минеральных азотных удобрений. Кроме того, биологический путь пополнения азота в почве выгоднее экономически, поскольку на производство азотных удобрений является весьма затратным производством, на которое тратится большое количество денег и ресурсов.

Целью наших исследований было разработка приемов стимулирования физиологических процессов направленных на увеличение продуктивности растений в смешанном люпино-ячменном и со-

ево-ячменном посеве за счет применения симбиотических и ассоциативных биопрепаратов, а также молибдена, бора и янтарной кислоты.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном участке БГУ в 2012г. Были заложены опыты с однолетними полевыми культурами: ячменем, соей и люпином. Погодные условия в процессе проведения опыта были близки к средним многолетним данным. Почва на опытном участке была серая лесная хорошо окультуренная. В опыте применяли для предпосевной обработки семян технологическую смесь симбиотических и ассоциативных ризобактерий (ризоторфин + флавобактерин) – рифан [2]. А также молибдат аммония, борную и янтарную кислоту по схеме опыта.

Измерение длины побега проводили на одних и тех же растениях (не меньше 10) методом измерения стебля с точностью до одного знака после запятой [3]. Интенсивность транспирации определяли весовым методом [3].

Интенсивность фотосинтеза определяли по методике А.А. Иванова и М.Л. Коссович [4]. Учеты и наблюдения в опыте по методике [5].

**Результаты исследований.** Исследование роста растений в смешанных люпино-ячменных и соево-ячменных посевах показало, что в фазу бутонизации люпина растения люпина сои и ячменя различались по высоте стебля (табл.1).

Таблица 1 Влияние симбиотических и ассоциативных ризобактерий молибдата аммония, борной и янтарной кислоты на рост стебля растений, в см

No	Вариант	Длина побегов, в см		
115	Бариант	ячмень	люпин	соя
1	Люпин+ ячмень -контроль	26	16	-
2	Люпин + ячмень + рифан	33,5	17,5	-
3	Люпин + ячмень + рифан + янтарная кислота 0,0625 г/м <sup>2</sup>	37	19,5	-
4	Люпин + ячмень + рифан + янтарная кислота $0.0125 \text{ г/м}^2$	40	24	-
5	Соя + ячмень -контроль	32	-	14,7
6	Соя + ячмень + рифан	40,5	-	13,9
7	Соя + ячмень + молибдат аммония 4г/м <sup>2</sup>	33,6	-	14,8
8	Соя + ячмень + рифан + янтарная кислота 0,0125г/м <sup>2</sup>	38	-	14,3
	HCP <sub>05</sub>	6,2	4,1	2,3

Было установлено, что наибольший рост растений по сравнению с контролем был на вариантах, которые были обработаны рифаном и янтарной кислотой в дозе  $0,0625 \text{г/m}^2$ . Так высота стебля у люпина была больше, чем на контроле на 8 см или на 50%, а у ячменя на 14 см или на 54%. Можно предположить, что небольшие дозы янтарной кислоты благоприятно влияют на процессы в цикле Кребса растений, а так же на эти же процессы у симбиотических и ассоциативных бактерий. Это в целом благоприятно влияет на энергетический баланс растительно-микробной системы в смешанных посевах и активирует рост стебля (табл.1).

В соево–ячменном посеве наиболее благоприятное воздействие на рост растений оказало применение рифана. Рост ячменя был на 8,5см больше, чем на контроле, а у сои существенно не отличался от контроля (табл.1). Хорошие результаты получены при добавлении к рифану янтарной кислоты в дозе 0,0125 г/м². Рост у растений ячменя был на 19% больше чем на контроле.

Как показали, наши исследования физиологических показателей водного обмена в смешанных посевах, наиболее низкая интенсивность транспирации, наблюдалась на контроле без обработки ризобактериями, микроэлементами и органическими кислотами. Применения рифана в люпино-ячменном посеве повысило суммарную интенсивность транспирации в 2,5 раза по сравнению с контролем. Установлено, что в смешанных посевах ризобактерии — рифан стимулировал транспирацию люпина, что и определило общий рост этого показателя на данном варианте (табл.2).

На процесс транспирации у растения требуются очень большие затраты энергии. Снижение транспирации наблюдалось на варианте люпин + ячмень + рифан + янтарная кислота в дозе  $0,0625 \text{г/m}^2$ , что благоприятно влияло на рост стебля в высоту. Можно предположить, что янтарная кислота в дозировке  $0,0625 \text{г/m}^2$  увеличивает энергию в растениях люпина, при этом более экономно расходуется вода. Установлено, что суммарную интенсивность транспирации при применении янтарной кислоты в дозировке  $0,0625 \text{г/m}^2$  снизилась в 1,7 раза по сравнению с применением только одного рифана (табл.2).

Таблица2 Влияние симбиотических и ассоциативных ризобактерий молибдата аммония, борной и янтарной кислоты на интенсивность транспирации листьев, в г/дм² час

	n mituphon kneworb na mitenembroeth i panem	грации инстре	D, D 1/A 140		
No	Вариант	Интенсивность транспирации, в г/дм <sup>2</sup> час			
145	Бариант	ячмень	люпин	соя	
1	Люпин+ ячмень -контроль	0,014	0.002	-	
2	Люпин + ячмень + рифан	0,011	0,029		

3	Люпин + ячмень + рифан + янтарная кислота- 0,0125 г г/м <sup>2</sup>	0,013	0,048	-
4	Люпин + ячмень + рифан + янтарная кислота 0,0625 г/м <sup>2</sup>	0,011	0,013	-
5	Соя + ячмень -контроль	0.017	=	0,008
6	Соя + ячмень + рифан	0,014	=	0,013
7	Соя $+$ ячмень $+$ молибдат аммония $-4  \Gamma/m^2$	0,006	-	0,010
8	Соя + ячмень + рифан + янтарная кислота -0,0125 г/м <sup>2</sup>	0,018	=	0,010

На смешанных посевах сои и ячменя наблюдалось снижение транспирации на варианте соя + ячмень + рифан + молибдат аммония -4 г/м $^2$  в 1,6 раза по сравнению с контролем (табл.2).

Исследования показали, что наиболее высокая интенсивность фотосинтеза наблюдается в варианте люпин + ячмень + рифан + янтарная кислота 0,0125г, что в сумме выше, чем на контроле в 1,8 раза (табл.3). Более высокое потребление диоксида углерода при добавлении янтарной кислоты благоприятно влияло на рост стеля в высоту и накопление биомассы.

Таблиг Влияние симбиотических и ассоциативных ризобактерий молибдата аммония, борной и янтарной кислоты на интенсивность фотосинтеза, в мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> час

No	№ Вариант		Интенсивность фотосинтеза, в мг $CO_2/дм^2$ час			
			люпин	соя		
1	Люпин+ ячмень - контроль	8,1	15,0	-		
2	Люпин + ячмень + рифан	15,9	17,4	-		
3	Люпин + ячмень + рифан + янтарная кислота 0,0125 г/м <sup>2</sup>	21,2	19,6	-		
4	Люпин + ячмень + рифан + янтарная кислота 0,0625 г/м <sup>2</sup>	16,0	15,6	-		
5	Соя + ячмень - контроль	9,5	-	14,6		
6	Соя + ячмень + рифан	10,6	-	19,0		
7	Соя $+$ ячмень $+$ молибдат аммония $-4 \text{ г/m}^2$	15,1	-	15,2		
8	Соя + ячмень + рифан + янтарная кислота -0,0125 г/м <sup>2</sup>	15,8	-	24,6		
	HCP <sub>05</sub>	4,2	2,1	5,3		

**Выводы.** Таким образом, в наших исследованиях установлено, что добавление небольших доз янтарной кислоты к ризобактериями препарат рифан стимулирует ряд важных физиологических показателей у злаковых и бобовых растений в смешанных люпино-ячменных посевах и соево-ячменных, а именно: рост стебля люпина на 50%, ячменя на 54% сои на 19 -26% к контролю, снижает суммарную интенсивность транспирации в 1,6 -1,7 раза по сравнению с применением только одного рифана, повышает в сумме в 1,8 раза интенсивность фотосинтеза у люпина и на 26% у сои по сравнению с контролем. Кроме того добавление янтарной кислоты, увеличивает общую стрессоустойчивость растений к неблагоприятным факторам, снижает заболеваемость растений ячменя бурой ржавчиной на 90-95% к контролю.

It is established that addition of small doses of amber acid to rizobakteriya a preparation rifan stimulates a number of important physiological indicators at cereals and bean plants in the mixed lupine-barley crops, namely: growth of a stalk of a lupine by 50 %, barley for 54 % to control, reduces total intensity of a transpiratsiya in 1,7 times in comparison with application only one rifan, increases in the sum of 1,8 times intensity of photosynthesis in comparison with control. Besides addition of amber acid, increases the general resistance to stress of plants to adverse factors, reduces incidence of plants of barley of a brown rust for 90-95 % to control.

## Список литературы

- 1. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. М., 1968. 531 с.
- 2. Доросинский Л.М. Клубеньковые бактерии и нитрагин. Л., 1970.192 с.
- 3. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М.: Наука, 1973. 289 с.
  - 4. Мильто Н.И. Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений. Минск, 1982. 296 с.
- 5.Вавилов П. П., Посыпанов Г. С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. М.: Россельхозиздат, 1983. 256 с.
- 6. Берестецкий О.А., Возняковская Ю.М., Доросинский Л.М., Круглов Ю.В., Муромцев Г.С., Тарвис Т.В., Туев Н.А., Чундерова А.И. Биологические основы плодородия почв. М., 1984. 287 с.
  - 7. Мишустин Е. Н. Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. М.: Наука, 1985.270с.
  - 8. Кретович, В. Л. Усвоение и метаболизм азота у растений. М.: Наука, 1987.312 с.
- 9. Кожемяков А.П., Доросинский Л.М. Роль нитрагинизации в повышении урожая и накоплении белка бобовыми культурами / Тр. ВНИИ СХМ Л., 1987. Т. 57. С. 7-15.
- 10.Кравченко Л.В., Кравченко И.К., Боровков А.В., Пшикрил 3. Возможность биосинтеза ауксинов ассоциативными азотфиксаторами в ризосфере пшеницы // Микробиология, 1991. Т. 60, № 5. С. 927.
- 11. Хотянович А. В. Методы культивирования азотфиксирующих бактерий, способы получения и применение препаратов на их основе. Л., 1991. 60 с.
- 12. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Генетика симбиотической азотфиксации с основами селекции. СПб, 1998. 194 с.

13. Трепачёв Е.П. Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии. М.: Наука, 1999. 523 с.

- 14. Завалин А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.,: ВНИИА,2005.-302 с.
- 15. Тихонович И.А., Кожемяков А. П., Чеботарь В. К. и др. Биопрепараты в сельском хозяйстве. М.: Россельхозакадемия, 2005. 153 с.
- 16. Новые технологии производства и применения биопрепаратов комплексного действия / Под ред. А. А. Завалина, А. П. Кожемякова СПб: ХИМИЗДАТ, 2010. 64 с.
- 17. Федулова Н.Г. Связь обмена поли-b-оксибутирата у *Rhizobium* с азотфиксацией и фотосинтезом. // Автореферат дисс. канд. биол. наук. М., 1980. 25 с.
- 18. Романов В.И. Энергетика симбиотической азотфиксации у бобовых и ее связь с фотосинтезом. //Молекулярные механизмы усвоения азота растениями. М, 1983. С.81 88.
- 19. Ching T.M.. Hedtke S., Russell S.A., Evans H.J. Energy state and dinitrogenfixation in soybean nodules of dark growth plant. //Plant Physiology. 1975, v. 260, No 5548. -P. 268 271.
- 20. Hardy R.W. Rate-limiting steps in biological photoproductivity. //Geneticengineering for nitrogen fixation. 1977.v. 36. P. 401-408.
- 21.Minchin F.R. The regulation of nitrogen fixation in legumes. //New approaches and techniques in breeding sustainable fodder crops and amenity grasses, 1999. P.3-16.
  - 22. Кононов А. С. Люпин: технология возделывания в России. Брянск, 2003. 212 с.
- 23. Кононов, А. С. Микробиологический состав для стимуляции роста и развития смешанного бобово-злакового посева / А. С. Кононов, М.Ю. Никитушкина/ Патент РФ, регистрационный №2009138097 от 14.10 2009 года патент от 20 01.2012г №2439800. 6с.
- 24. Кононов, А. С. Агрофитоценоз и методы его исследования / А. С. Кононов/ Брянск: «Курсив», 2009.-300с.
- 25. Сказкин Ф.Д., Ловчиновская Е.И., Красносельская Т.А., Миллер М.С, Аникеев В.В. Практикум по физиологии растений /Под ред. Сказкина Ф.Д. Советская наука. М., 1953 С. 156-157.
- 26. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов/- М.. Агропромиздат, 1985. 351 с.

#### Об авторах

Кононов А.С. - доктор сельско-хозяйственных наук, профессор, Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского, as-kon@yandex.ru

Шугаев А.В. - аспирант Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, as-kon@yandex.ru

## УДК 581.133.12

## ВЛИЯНИЕ АММИАЧНОГО АЗОТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОДНОВИДОВЫХ И БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ АГРОЦЕНОЗАХ

#### А.С. Кононов, О.Н. Шкотова

Нами было установлено, что внесение азота в почву в виде аммиачной селитры увеличивает рост стебля ячменя в среднем на 14 % при этом интенсивность фотосинтеза возрастает на 29% и содержание хлорофилла на 37 % по сравнению с посевами без удобрений. Содержание NPK в люпино-злаковых посевах увеличилось в среднем в 2,2 раза, в горохо-злаковых посевах в 2 раза и в соево-злаковых посевах в 2,1раза по сравнению со средней суммой NPK одновидовых посевов.

Ключевые слова: люпин, горох, соя, смешанные посевы, хлорофилл, фотосинтез, аммиачный азот.

В настоящее время учённые и практики решают проблему воспроизводства почвенного плодородия, повышения урожайности и качества производимой продукции за счёт снижения техногенной нагрузки на агроэкосистемы. Одним из путей в решении данной проблемы является возделывание культур в смешанных агрофитоценозах, которые позволяют увеличить выход продукции с единицы пашни, обеспечить более устойчивый урожай в разные годы и сохранить почвенное плодородие.

Академик А.М. Гродзинский писал, что растения в фитоценозе питаются из почвы как одно целое, что, очевидно, имеет под собой определенное основание [1]. Воздействие веществ на растение возможно только при поступлении их внутрь организма и поглощения протоплазмой. При этом вещества, которые синтезированы самим растением в процессе фотосинтеза и поглощенные из окружающей сферы, становятся компонентом протоплазмы. При наличии ферментов органические вещества различной природы, с присутствием так называемого пристенного пищеварения, будут переработаны и вовлечены в обмен веществ [2].

Растение в ценозе не питается отдельно. Особенно важно это представление для понимания процессов поглощения питательных веществ в смешанных посевах полевых культур. Как считает Рахтиенко И.Н. (1976) в посевах или растительном ценозе растение питается вместе с другими растениями и приурочивает ритм питания к ритму выделительной деятельности своих соседей [3].

Азот — это один из основных элементов, необходимых для растений. Условия азотного питания оказывают большое влияние на рост и развитие растений; особенно сильно сказывается недостаток азота на развитие листьев, содержание хлорофилла и интенсивность фотосинтеза, а также ухудшается формирование и развитие репродуктивных органов, и налив зерна [4].

Минеральное питание растений, в частности потребление азота, существенно влияет на формирование урожая. По мнению А.М. Гродзинского (1991), при недостаточном минеральном питании, образуются фитоценозы с недостаточной оптической плотностью, неполно поглощающие приходящий свет, а в ряде случаев и со сниженной активностью фотосинтетического аппарата [5]. Внесение минеральных удобрений приводит к улучшению структуры и плотности фитоценозов и активности фотосинтезирующего аппарата, что определяет быстрый рост фотосинтетической продуктивности и урожая культур. Эффективность влияния удобрений на продуктивность растений при изучении действия минеральных удобрений лучше всего можно определить по интенсивности важнейших физиологических функций, таких как фотосинтез, дыхание, содержание хлорофилла, азотфиксация и другие [6].

Фотосинтез является одной из важнейших функций растительного организма, влияющих на формирование урожая. По мнению академика А.А. Ничипоровича (1978) фотосинтез на 90 % определяет размер урожая. Поэтому все агрохимические мероприятия должны способствовать созданию оптимальных условий для формирования фотосинтетического аппарата и увеличения его активности. К таким мероприятиям следует отнести улучшение минерального питания, водообеспеченности и ряд других факторов, необходимых для формирования оптимальной рабочей поверхности растений – листьев [7].

Цель исследований – выявить влияние аммиачной формы минерального азота на эффективность физиологических процессов в одновидовых и смешанных бобово-злаковых посевах.

**Методика исследований.** Полевые исследования проводились на опытном участке БГУ в 2011-2012гг. Почвы серые лесные легкосуглинистые с содержанием гумуса по Тюрину 2,4-3,1 %, подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) по Кирсанову — 22-28 мг и обменного калия ( $K_2O$ ) по Масловой — 14-20 мг на 100 г почвы, рНсол. 5,2-5,8. Структура почвы комковато-зернистая, переходящая в верхнем слое в комковато-пылеватую, способную заплывать после дождей.

Климатические условия района исследований благоприятны для ведения сельского хозяйства. Осадки в течение года выпадают относительно равномерно, отсутствует длительное переувлажнение и систематические засухи. Годовая сумма осадков составляет 550-600 мм, за вегетационный период (апрель-сентябрь) — 320-350 мм, гидротермический коэффициент 1,3-1,6, сумма активных температур от 1970 до 2340 °C. Однако в отдельные месяцы возможны как засушливые условия, так и избыточное увлажнение, что отрицательно сказывается на формировании урожая в смешанных посевах.

Объектами исследований были наиболее распространенные в юго-западной части Нечерноземной зоны сорта: люпин узколистный (Lupinus angustifolius L.) Белозерный 110, горох (Pisum arvense) Малиновка, соя (Glycine hispida) Магева и ячмень (Hordeum sativum L.) Зазерский 85. Схема опыта включает 14 вариантов, площадь делянки – 1 м², повторность 5 кратная. Полевые опыты проводились по схеме, представленной в таблице 1. Минеральные удобрения вносили в виде аммиачной селитры в дозе N60, после посева вручную.

Высоту растений определяли методом измерения стебля линейкой с точность до одного знака после запятой на 10-ти постоянно закрепленных растениях в каждом варианте. Определение интенсивности фотосинтеза проводили при помощи прибора Л.А. Иванова и И.Л. Коссович [8,9]. Содержание хлорофилла определяли на спектрофотометре СФ-2000. Содержание общего азота определяли по Къельдалю (ГОСТ 13496.4-93), фосфора — ванадо-молибдатным методом (ГОСТ 26657-97), калия — пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 30504-97) [10,11,12].

#### Таблица 1

#### Схема полевого опыта

№ в-та.	Вид посева	Варианты удобрений	Норма высева, млн. шт. всхожих семян /га
1.	Люпин – одновидовой посев (контроль)	-	1,2 млн.
2.	Ячмень - одновидовой посев (контроль)	_	5,5 млн.
3.	Горох – одновидовой посев (контроль)	_	1 млн.
4.	Соя – одновидовой посев (контроль)	_	1 млн.
5.	Люпин +N <sub>60</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1,2 млн.
6.	Ячмень $+N_{60}$	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	5,5 млн.
7.	Γοροx +N <sub>60</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1 млн.

8.	$Coя + N_{60}$	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1 млн.
9.	Люпин+ячмень – без обработки		1,0 млн. + 1,6 млн.
10.	Горох+ячмень – без обработки		0,8 млн. + 1,6 млн.
11.	Соя+ячмень – без обработки		0,8 млн. + 1,6 млн.
12.	Люпин+ячмень + $N_{60}$	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1,0 млн. + 1,6 млн.
13.	Горох+ячмень +N <sub>60</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0,8 млн. + 1,6 млн.
14.	Соя+ячмень +N <sub>60</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0,8 млн. + 1,6 млн.

**Результаты работы.** Важным условием стабильности посевов является подбор культур и сортов со слабо выраженными отношениями конкуренции между собой, способных активно дополнять друг друга, обеспечивать лучшую продуктивность и устойчивость к неблагоприятным условиям, расширить круг используемых факторов среды по сравнению с одновидовыми посевами.

Наши наблюдения показывают, что в смешанных посевах высота стебля растений злакового компонента-ячменя, примерно на 6 см, у гороха на 4см, у сои на 2см и у люпина на 1,3 см больше, чем в одновидовых, что, несомненно, связанно с взаимной кооперацией (мутуализмом) растений при их совместном выращивании. При внесении аммиачной селитры в одновидовые посевы рост растений ячменя увеличился на 5 см и у бобовых на 12 см, а в смешанных посевах у злаковых культур на 16 см и у бобовых на 14 см по сравнению с контролем. Особенно благоприятно было внесение аммиачной формы азота на рост растений ячменя в смешанных посевах с люпином, где рост ячменя увеличился по сравнению с контролем - одновидовыми посевами на 20% и смешанными на 8% (рис.1).

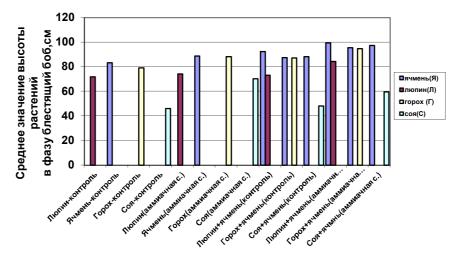


Рис. 1. Влияние аммиачной селитры на рост растений в бобово-злаковом агроценозе, см

Таким образом, аммиачная селитра в дозе  $N_{60}$  благоприятно влияла на рост стебля бобового и злакового растения в одновидовых и смешанных посевах по сравнению с котролем – без внесения азота.

В ходе наблюдений было установлено, что интенсивность ростовых процессов злаковых и бобовых растений связана с эффективностью фотосинтеза. Исследования показали, что у растений люпина, гороха и сои в смешанных посевах интенсивность фотосинтеза снижалась на 10%, а у ячменя наоборот, наблюдалось увеличение интенсивности фотосинтеза по сравнению с одновидовым посевом - контролем на 30% (рис.2).

При внесении аммиачной селитры в смешанные посевы интенсивность фотосинтеза у злаковых растений увеличилась на 38%, а у бобовых снизилась на 3%. Однако в одновидовых посевах с внесением аммиачной формы азота интенсивность фотосинтеза у бобовых увеличилась на 1,5% по сравнению с одновидовым посевом - контролем и на 8% по сравнению со смешенными посевами, а у злаковых культур интенсивность фотосинтеза меньше, чем в смешанных посевах на 32%.

Было установлено, что в смешанных посевах с внесением аммиачной селитры наблюдалось увеличение интенсивности фотосинтеза у ячменя. Наиболее высокая интенсивность фотосинтеза ячменя в смешанном посеве была в посевах с люпином 75,3 мг $\mathrm{CO}_2$  / дм $^2*$ час, что больше на 7 % по сравнению с такими же посевами без удобрений (рис.2).

Было выявлено, что интенсивность фотосинтеза при улавливании квантов света смешанным агроценозов (включающим две различающиеся по биологии и интенсивности фотосинтеза культуры) выше суммы интенсивностей фотосинтеза, наблюдаемой у каждой культуры в отдельности. Это явление можно назвать эффектом усиления эффективности фотосинтеза гетерогенного агроценоза, так сумма интенсивности фотосинтеза в бобово-злаковом агроценозе при внесении аммиачной селитры на 10 % выше по сравнению со средней суммой интенсивности фотосинтеза бобовых культур с ячменём в одновидовом посеве.

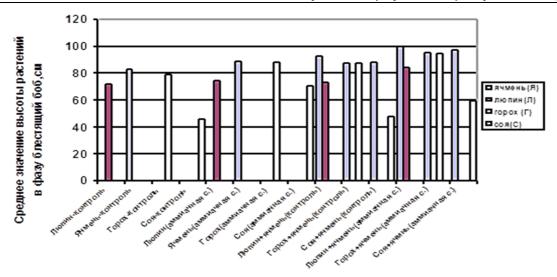


Рис. 2. Влияние аммиачной селитры на интенсивность фотосинтеза в бобово-злаковом агроценозе, в мгСО<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup>\*час

Режим корневого питания азотом оказывал сильное влияние на содержание хлорофилла в листьях, от которых зависит полнота поглощения светового потока и интенсивность восстановления CO<sub>2</sub>. В ходе исследований было установлено, что в листьях люпина в смешанных посевах без внесения дополнительных форм азота содержание хлорофилла возрастает на 33 % по сравнению с одновидовым посевом этой культуры. Аналогичная тенденция наблюдалась у сои, где в смешанных посевах содержание хлорофилла возросло на 68%. При внесении аммиачного азота в форме аммиачной селитры в одновидовых посевах бобовых культур наблюдался рост содержания хлорофилла в листьях у люпина на 23 % и у сои на 29%, а у гороха этот показатель был на уровне контроля. Установлено, что в смешанных посевах с внесением аммиачной селитры содержание хлорофилла а и в также возрастает у бобовых культур на 30%, а у злаковых на 47 % по сравнению с одновидовыми посевами без удобрений (рис.3).

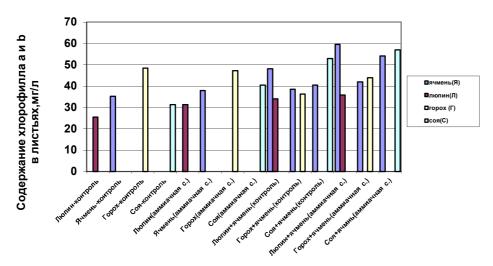


Рис. 3. Влияние аммиачной селитры на содержание хлорофилла в бобово-злаковом агроценозе, в мг/л

В соевом - злаковом агроценозе этот показатель составил -111 мг/л, или был на 66%, а в горохово-злаковом агроценозе -85.9 мг/л, или на 3% больше по сравнению с одновидовыми посевами.

Сумма содержания хлорофилла в листьях люпино — злакового агроценоза при внесении аммиачной селитры составляла 90 мг/л, или была на 48 % выше по сравнению с суммой содержания хлорофилла у люпина и ячменя в одновидовых посевах.

Такая же закономерность наблюдается и в смешанных бобово-злаковых посевах без удобрений, где сумма хлорофилла в среднем выше на 19 %.

Было установлено, что аммиачная селитра оказывала благоприятное воздействие на содержание хлорофилла, на фотохимическую активность хлоропластов и на интенсивность фотосинтеза как в смешанных, так и в одновидовых посевах.

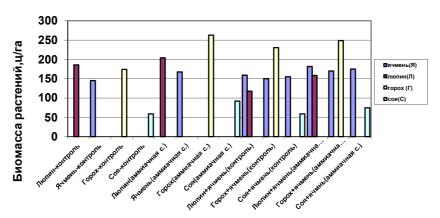


Рис. 4. Влияние аммиачной селитры на биомассу растений в одновидовых и бобово-злаковом агроценозе, в ц/га

Установлено, что в смешанных посевах ячмень хорошо усваивал азот, наблюдалось увеличение общей биомассы растений ячменя. Так в смешанном посеве ячменя с люпином биомасса ячменя составила 159 ц/га, что на 9,6% больше, чем на контроле. У бобовых наоборот наблюдается снижение биомассы растений в среднем на 3% по сравнению с контролем (рис.4).

Данная тенденция наблюдается и в посевах с внесением аммиачной селитры. Биомасса ячменя возрастала по сравнению с одновидовыми посевами на 13% и смешанными без удобрений на 14 %. У бобовых культур в смешанном посеве наблюдалось некоторое снижение биомассы. Так, например, у растений люпина биомасса составила 158,4 ц/га и была на 23% ниже по сравнению с одновидовым посевом. Это можно объяснить тем, что асинхронность роста отдалённых по своей биологии культур, прежде всего на ранних фазах развития, приводит к затенению светолюбивого люпина ячменем, что отрицательно влияет на накопление биомассы даже на фоне внесения аммиачной селитры (рис.4).

Наши исследования по накоплению в биомассе элементов питания показали, что в смешанных бобово-злаковых и одновидовых агроценозах, существуют значительные различия при усвоении азота, фосфора и калия. Содержание азота в воздушно-сухом веществе вегетативной массы одновидового посева люпина при густоте стояния растений 135 штук/м² составляло 2,92 %. При внесении под люпин аммиачной селитры в дозе N60 - 4,85%. У сои – 3,39 % на контроле без внесения аммиачной селитры и 5,77% при внесении азота в дозе N60, у гороха— 3,27% и 6,21% соответственно. Накопление азота в биомассе у бобовых культур на фоне аммиачной селитры было, примерно, в 1,7 раза больше по сравнению с контролем. В смешанных посевах, где количество бобовых растений на одном метре квадратном было примерно на 25% меньше, а их общее количество вместе с ячменём на 50% превышало плотность одновидового посева бобовых, накопление азота в среднем у растений люпина составило 5%, у сои 4,96% и у гороха 4,77%, что было больше на 1,57-2,08% по сравнению с одновидовым посевом-контролем. Было установлено, что в смешанных посевах с люпином содержание азота в биомассе ячменя составило 3,77%, в посевах с горохом 1,84% и в посевах с соей 4,08%. Установлено, что люпин и соя благоприятно влияли на накопление азота в растениях ячменя, а в посевах гороха содержание азота было ниже, чем на контроле в два раза (рис.5).

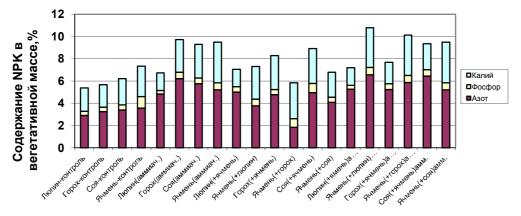


Рис. 5. Влияние аммиачной селитры в одновидовых и бобово-злаковом агроценозе на накопление NPK в вегетативной массе, %

При внесении аммиачной селитры в смешанные посевы содержание азота в сухом веществе биомассы у люпина, гороха и сои составило, примерно, около 5,81%, что в 1,5 раза больше по сравнению с одновидовыми посевами и в 1,2 раза больше по сравнению со смешанными посевами - контроль. Средне содержание азота в растениях ячменя составляло 5,94%, что в 1,8 раза больше по сравнению со смешанными посевами на контроле и в 1,4 раза больше по сравнению с одновидовыми посевами ячменя. Наиболее благоприятное воздействие на накопление азота в ячмене в смешанных посевах с внесением аммиачной селитры было установлено в посеве с люпином. Количество азота в сухом веществе биомассы ячменя составило 6,56%, и было в 1,7 раза больше по сравнению с таким же посевом но без удобрений.

По содержанию фосфора и калия в одновидовых и смешанных посевах существенных различий не установлено (рис.5).

**Заключение.** Нами было установлено, что внесение аммиачной селитры в дозе  $N_{60}$  благоприятно влияло на физиологические показатели растений в одновидовых и смешанных посевах на рост стебля, интенсивность фотосинтеза, содержание хлорофилла и накопление в биомассе азота. При внесении аммиачной селитры в одновидовые посевы рост растений ячменя увеличился на 5 см и у бобовых на 12 см, а в смешанных посевах у злаковых культур на 16 см и у бобовых на 14 см по сравнению с контролем.

Установлено, что у злаковых культур интенсивность фотосинтеза в одновидовом посеве была меньше, чем в смешанных посевах на 32 %. При внесении аммиачной селитры в смешанные посевы интенсивность фотосинтеза у растений ячменя увеличилась на 38%, а у бобовых снизилась, примерно, на 3% к контролю. Было установлено, что интенсивность фотосинтеза в люпино-злаковых посевах возрастает в 2,1 раза, в горохо-злаковых посевах в 1,9 раза и в соево-злаковых посевах в 2,2 раза по сравнению со средней суммой поглощения  $CO_2$  в соответствующих одновидовых посевах.

При внесении аммиачного азота в форме аммиачной селитры в одновидовых посевах бобовых культур наблюдался рост содержания хлорофилла в листьях у люпина на 23 %, у сои на 29%, а у гороха этот показатель был на уровне контроля. Установлено, что в листьях люпина в смешанных посевах без внесения азота содержание хлорофилла возрастает на 33 %, у сои на 68% по сравнению с одновидовым посевом этой культуры. При внесении аммиачной селитры смешанных посевах содержание хлорофилла а и в увеличилось у бобовых культур на 30%, а у злаковых на 47 % по сравнению с одновидовыми посевами без удобрений.

Установлено, что содержание NPK в люпино-злаковых посевах увеличилась в среднем в 2,2 раза, в горохо-злаковых посевах в 2 раза и в соево-злаковых посевах в 2,1раза по сравнению со средней суммой NPK соответствующих одновидовых посевов. Данная тенденция наблюдается и в накоплении биомассы в смешанных посевах.

Было установлено, что использование аммиачной селитры на серых лесных почвах позволяет увеличить эффективность физиологических процессов и накопление NPK в вегетативной массе одновидовых и смешанных бобово-злаковых агроценозов.

The key words: lupine, peas, soybeans, mixed crops, chlorophyll and photosynthesis, ammonia nitrogen.

#### Список литературы

- 1. Гродзинский, А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ/ А.М. Гродзинский. Киев, 1965.
- 2.Прижуков, Ф.Б. Агроэкологические основы интеркроппинга (поликультуры) /Агропромышленное производство: опыт, проблемы и тенденции. 1994.№3.С21-29
- 3. Рахтиенко, И.Н. Экспериментальные исследования взаимоотношений растений в фитоценозах // Эколого-физиологические основы взаимодействия растений в фитоценозах/ И.Н. Рахтиенко. Мн., Наука и техника. 1976. С.5-22.
- 4.Петербургский, А. В. Агрохимия и физиология питания растений/ А.В. Петербургский. М., Россельхозиздат, 1971. 334 с.
- 5. Гродзинский, А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление/ А.М. Гродзинский. Киев, 1991. 432 с.
- 6.Посыпанов, Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: Справочное пособие.Москва, 1991.
  - 7. Ничипорович, А. А. Энергетическая эффективность и продуктивность фотосинтетических си-

стем как интегральная проблема // Физиол. растений. 1978. Т. 25. Вып. 5. С. 922-937.

8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. Москва. 1985.

9. Кононов, А.С. Агрофитоценоз и методы его исследования / А.С. Кононов. Брянск. 2009. 299с.

10.ГОСТ 13496.4-93 Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Издание официальное. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск. 1993.13с.

11. ГОСТ 26657-97 Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. Издание официальное. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск. 1999.10с.

12.ГОСТ 30504-97 Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия. Издание официальное. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск. 1997.8с.

### Об авторах

Кононов А.С. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Брянского государственного университета имени академика И.Г.Петровского, as-kon@yandex.ru

Шкотова О.Н. – аспирант Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, Sckotova.ru@yandex.ru

#### УДК 58.085

## ИНДУКЦИЯ АДВЕНТИВНЫХ ЛУКОВИЦ НА ЛИСТОВЫХ И ЛУКОВИЧНЫХ ЭКСПЛАНТАХ РЕДКОГО И ОХРАНЯЕМОГО РАСТЕНИЯ $\emph{LILIUM MARTAGON }\emph{L}^{.1}$

Е.Е. Костюкова, В.В. Заякин, И.Я. Нам

Была исследована регенерационная способность листовых пластинок и луковичных чешуек Lilium martagon L. Для прямого побегообразования использовалась среда МС в сочетании с 1мг/л 6-БАП, 2мг/л ИУК; 1мг/л 6-БАП, 2мг/л НУК; 1мг/л 6-БАП, 2мг/л ИМК; 1мг/л 6-БАП, 2мг/л 2,4-Д. Наибольшая скорость и интенсивность побегообразования отмечены на среде с содержанием 1мг/л 6-БАП, 2мг/л ИУК.

**Ключевые слова**: регенерация, Lilium martagon L., луковичные и листовые экспланты.

#### ВВЕДЕНИЕ

Особое место среди глобальных проблем современности занимает сохранение растений, находящихся под угрозой исчезновения. Согласно последнему обзору Международного Союза Охраны Природы (IUCN), более одной пятой (22%) видов растений из Красного Списка находятся под угрозой исчезновения [1].

Большое внимание уделяется группе дикорастущих видов, обладающих высокой декоративностью. К ним относят редкий и исчезающий вид Lilium martagon L., занесенный в Красную книгу Брянской области [2; 3, c.34] и включенный в список Красных страниц Европы (LRE). Из-за вырубки лесов, замены растений монокультурами, сбора на букеты и выкапывание луковиц их численность постоянно сокращается, в связи с чем этот редкий вид нуждаются не только в охране, но и в размножении, с целью последующей реинтродукции в естественные условия местообитания [4].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ткань луковичных чешуй является наиболее распространенным способом размножения [5, р.184]. К сожалению, подземные части растений сложно использовать в качестве эксплантов для культуры in vitro из-за высокого риска микробиологической контаминации, что объясняется рыхлостью расположения чешуй в луковице.

Поэтому для опыта по регенерации были использованы растения Lilium martagon L. найденные на территории Брянской области и ранее введенные в культуру in vitro [6].

В качестве эксплантов для размножения in vitro использовали листовые пластинки и луковичные чешуйки. Листовые пластинки 1 см длиной и целые луковичные чешуйки размером 0,5см длиной помещали на питательные среды с различными регуляторами роста<sup>2</sup>:

- 1) 1мг/л 6-БАП, 2мг/л ИУК;
- 2) 1мг/л 6-БАП, 2мг/л НУК;
- 3) 1мг/л 6-БАП, 2мг/л ИМК;
- 4) 1мг/л 6-БАП, 2мг/л 2,4-Д.

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке грантов ФЦП №02.740.11.0285, АВЦП 2.11/224 и Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно — технической сфере

<sup>2</sup> Сокращения: 6-БАП – 6-бензиламинопурин, ИУК – индолил-3-уксусная кислота, НУК – нафтилуксусная кислота, ИМК – индолилмасляная кислота, 2,4Д – 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота

Питательные среды готовили по прописи MS [7, p.473], с добавлением 30г/л сахарозы, pH 5.8. Стерилизацию питательных сред проводили при температуре 120°C в течение  $25\pm3$  минут.

Первые 10 дней экспланты находились в темноте, после чего были перенесены на исскуственное освещение с фотопериодом: 16/8 ч свет/темнота.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Начало морфогенеза отмечалось через 10 дней на питательной среде MS с содержанием 6-БАП 1мг/л и ИУК 2мг/л. Образование побегов преимущественно наблюдалось на базальной части чешуек (рис.1).



Рисунок 1. Образование побегов на эксплантах луковичных чешуй.

В результате проведенного опыта нам удалось подобрать условия регенерации, при которых эксплант развивается в растение, не образуя каллусной ткани.

К концу опыта максимальное количество точек регенерации образовалось на среде с 2,4-Д, однако первые точки регенерации появились на среде с ИУК, уже на 10 день опыта, в то время как на среде с 2,4-Д только на 20 (рис.2).

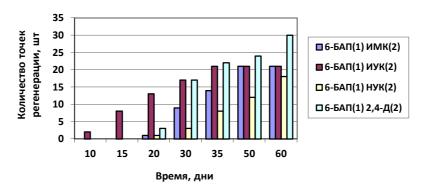


Рисунок 2. Влияние фитогормонов на образование точек регенерации

На 60 день интенсивное развитие регенерантов наблюдалось на всех вариантах сред (рис.3). К концу опыта максимальная высота побегов отмечена на среде с ИУК, незначительно отстает по этому показателю вариант среды с 2,4-Д. (рис.4).

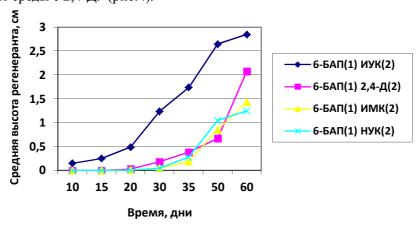


Рисунок 3. Влияние фитогормонов на рост регенерантов в динамике.

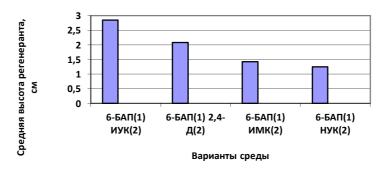


Рисунок 4. Влияние фитогормонов на величину регенерантов (через 60 дней).

На 30 день проведения опыта на средах с НУК и 2,4-Д началось формирование корневой системы в местах образования регенерантов. К 35 дню формирование корневой системы было отмечено на среде с ИУК (рис.5). На среде с ИМК формирование корневой системы не обнаружено.

При сравнении видно, что начиная с 50 дня на среде с НУК, замечено самое интенсивное корнеобразование. По образованию корней заметно отстает вариант с ИУК, корни начинают образовываться только на 35 день и их количество меньше, чем в других вариантах опыта, но при этом их размеры к концу опыта превышают почти в три раза остальные варианты опыта (рис.6).

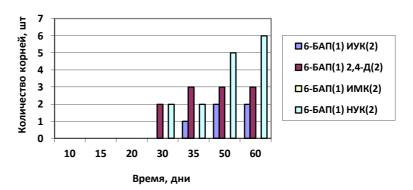


Рисунок 5. Влияние фитогормонов на образование корней.



Рисунок 6. Влияние фитогормонов на длину корней.

Спустя 2 месяца побеги переносили на среду MS для дальнейшего роста и размножения.

Процесс ризогенеза проводили на среде MS/2 с содержанием 0.5мг/л ИУК и активированного угля 5г/л, что способствовало образованию развитой корневой системы и формированию растений готовых к пересадке в почву.

Опыт по регенерации листовых пластинок не дал положительных результатов. Через две недели проведения опыта были отмечены потемнение и гибель эксплантов.

Нами были выявлены ауксины наиболее активные при регенерации растений *Lilium martagon L.* из луковичных эксплатнов, ранее полученных из пробирочных растений. Самый высокий уровень регенерации был получен на среде с 2,4-Д. Несколько ниже по количеству регенетантов был результат с вариантом ИУК, однако на этой среде побеги были более развитые.

Таким образом можно сделать вывод, что наиболее подходящими средами для регенерации

растений из луковичных чешуек являются варианты сред с ИУК и 2,4-Д. Менее эффективными оказались среды с ИМК и НУК.

Organogenetic capacity of leaves and bulb explants of Lilium martagon L. was tasted. For direct shoot formation MS medium with combination of 1 mg/L BAP, 2 mg/L IAA; 1 mg/L BAP, 2 mg/L NAA; 1 mg/L BAP, 2 mg/L IBA; 1 mg/L BAP, 2 mg/L IBA; 1 mg/L BAP, 2 mg/L IAA and with 1 mg/L BAP, 2 mg/L IAA and with 1 mg/L BAP, 2 mg/L 2,4 - D.

The key words: regeneration, Lilium martagon L., bulb and leaves explants

### Список литературы

- 1. The IUCN Red List of Threatened Species http://www.iucnredlist.org., accessed in September, 2010
- 2. Красная книга Брянской области (http://www.inf-red.ru/liliia saranka.html)
- 3. Семенищенков Ю.А.. Термофильные леса юго-западного Нечерноземья и вопросы их охраны. // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты. / Материалы международной научно-практической конференции. Томск, 2005г. Стр. 34-35.
- 4. Костюкова Е.Е., Заякин В.В., Нам И.Я.. Клональное микроразмножение in vitro для сохранения редких и исчезающих видов растений, занесенных в Красную книгу Брянской области. // Сб. матер. международной научно-практической конференции молодых ученых «Современная биотехнология: фундаментальные проблемы, инновационные проекты и бионанотехнология», Брянск, 2010. Стр. 71-75
- 5. Takayama S. & Misawa M. 1979. Differentation in Lilium bulbscales grown in vitro. Effect of various cultural conditions. Physiol. Plant. 46: 184-190
- 6. Му-За-Чин В.В., Нам И.Я.. Клональное микроразмножение лилии саранки в культуре in vitro // Теоретические основы применения биотехнологии, генетики и физиологии растений в современной селекции растений и растениводстве. / Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. Брянск, 2009г. Стр. 193-186.
- 7. Murashige T. & Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plantarum 15: 473-497.

## Об авторах

Костюкова Е.Е. – аспирант третьего года кафедры ботаники Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, wild.biologist@mail.ru

Заякин В.В. – доктор биологических наук, профессор Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского.

Нам И.Я. – доктор биологических наук, профессор Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского.

## УДК 631.1

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫСОКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЯ

#### В.П. Косьянчук

В статье рассмотрены физиологические особенности формирования урожая, определены параметры фотосинтетической деятельности посевов.

Ключевые слова: фотосинтетический потенциал, схема посадки, масса клубней, густота стеблестоя.

#### ВВЕДЕНИЕ

Урожайность, как известно, величина интегральная. Она обусловлена как биологическими особенностями культуры и сорта, так и экологическими факторами. К ним относятся солнечная радиация, дающая свет и тепло, вода, воздух, питательные вещества. Необходимо также оптимальное сочетание внешних факторов: плодородия почвы, приемов возделывание, влажности и температуры почвы, позволяющим растениям реализовать свои потенциальные возможности. Оптимизация факторов урожая- это путь к рациональному использованию потенциала биологической продуктивности картофеля.

В связи с тем, что образование массы стеблей тесно коррелирует с солнечной радиацией, все агротехнические мероприятия должны быть направлены на ее более полное использование, путем создания плотной, продуктивной листовой массы и ее длительного сохранения.

Физиологические принципы формирование высоких и стабильных урожаев предусматривают формирование посевов с оптимальными показателями площади листьев, чистой продуктивности фотосинтеза, фотосинтетического потенциала и продуктивности работы ассимилирующей поверхности,

обеспечивающих получение заданного урожая [1,3,4].

Особенностью картофеля, размножаемого вегетативным путем, является то, что он произрастает в виде куста, который формируется несколькими стеблями. Урожайность складывается из индивидуальной продуктивности растений и их количества на единице площади.

Поэтому реальная площадь питания картофеля, определяется не только густотой посадки, но и количеством стеблей куста, меняющих габитус растений, площадь листьев, объем воздушного питания [2,5].

Количество стеблей куста зависит от особенностей сорта и его хранения, крупности семенных клубней. Принципиальное значение имеет также вопрос о приоритетности площади почвенного и воздушного питания для картофеля.

В связи с этим представляет интерес изучение продуктивности картофеля в зависимости, от густоты стеблестоя, с разной степенью насыщенности средствами химизации и защиты растений.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены на опытном поле Брянской ГСХА в стационарном опыте плодосменного севооборота: горох- озимая, пшеница- кукуруза- ячмень- клевер- озимая, рожь- картофельовес. Полевые опыты проводились в 1996- 1998гг.

Почва опытного участка серая лесная легкосуглинистая с содержанием гумуса 3,8-4,0%. Исследовали три схемы посадки 70x20, 70x30, 70x40 см., и четыре системы удобрений: N135P162K190+сидерат (3У)+ солома (С)+ интенсивное использование пестицидов (П); N108P130K152+ навоз 60т/га (Н) + интенсивное использование пестицидов (П); N54P65K76+H+3У+C+ умеренное применение пестицидов; H+3У+C+ биологические средства защиты растений (Б). Сидератом (6-12 т/а) служила редька масличная, а соломой озимой ржи запахивали из расчета 6-8 т/га.

Общая площадь делянок в опыте 237,6 м<sup>2</sup>, повторность –четырехкратная. Агротехника возделывания картофеля была общепринятой для Брянской области, кроме изучаемых вопросов. Картофель, сорт Бронницкий, сажали в первой декаде мая, на уходе были проведены две культивации с боронованием до всходов и два окучивания после всходов.

Все наблюдения, учеты и анализы проводили по общепринятым методикам и ГОСТам.

Для вычисления действия отдельных приемов или факторов в опыте предусмотрены возможности применения метода расщепленных делянок. Это позволяет вводить в технологии новые эффективные приемы, которые можно использовать на характерном технологическом фоне.

Исследования показали, что показатели фотосинтетической деятельности посевов картофеля были наиболее высокими при густоте 71,4 тыс./га и использовании средств химизации. Площадь листьев в среднем за три года составляла 46,0-54,7 тыс.  $\text{м}^2$ /га, фотосинтетический потенциал (ФП) посева изменялся от 4204 до5219 тыс.  $\text{м}^2$ . дн/га. При переходе к биологической технологии эти показатели соответственно снижались до 34,1тыс.  $\text{м}^2$  /га и 3231тыс  $\text{m}^2$ . дн/га, однако выход клубней на 1000 единиц фотосинтетического потенциала возрос с 7,7 до 9,0 кг.

Аналогичные изменения основных показателей фотосинтетической деятельности посевов картофеля прослеживаются при густоте посадки 47,6 и 35,7 тыс./га, но количественные значения их ниже. ФП посевов по всем вариантам опыта на фоне с пониженной густотой посадки снижался на 10,1-23,0 %. Выход клубней на 1000 единиц ФП увеличивался при переходе к биологической технологии при схеме посадки 70x30см – с 7,7 до 9,1 кг (18,2%) при схеме посадки 70x40см – с 7,5 до 9,7 кг (29,3%).

Более продуктивно работали листья при применении биологической технологии, ЧПФ в среднем за три года достигла 6,2-6,7 г/м $^2$ . дней.

Оптимальные параметры фотосинтетической деятельности посевов должны быть на следующем уровне: в вариантах технологий с умеренным использованием средств химизации максимальная площадь листьев должна достигать 40-50 тыс.  $\text{м}^2$  /га, средняя площадь листьев 31-39 тыс.  $\text{м}^2$  /га, ФП посевов 3500-4500 тыс.  $\text{м}^2$  /га. дней и выход клубней на 1000 единиц ФП 8,0-8,9кг, а в вариантах с биологической технологией соответственно 30-39 тыс.  $\text{м}^2$  /га, 28-31 тыс.  $\text{м}^2$  /га, 2700-3200 тыс.  $\text{м}^2$  /га. дней и 9,0-9,7кг. клубней.

Число стеблей на куст это сортовой признак, который определяется числом ростков, массой семенных клубней, физиологическим состоянием посадочного материала, условиями хранения, применением эффективной технологии.

Клубни разной массы формируют неодинаковый по габитусу куст, отличающийся по продуктивности (табл.1).

Таблица 1 Биометрическая характеристика растений картофеля и их продуктивность.

Масса посадочного клубня, г.	Количество стеблей на куст, шт.	Площадь листьев, cм <sup>2</sup> /куст.	Масса клубней, г/куст.	Количество клубней, шт/куст.				
	Сорт Пригожий- 2							
25-50	4,7	4470	1011	12				
51-80	6,0	5380	1165	14				
81-120	7,2	5540	1335	16				
		Сорт Невский						
25-50	3,3	4308	851	10				
51-80	4,2	5062	997	12				
81-120	5,3	5482	1018	12				

От крупных семенных клубней образуются кусты с большим количеством стеблей и развитой листовой поверхностью чем от мелких. С увеличением до определенного уровня числа стеблей на куст возрастает урожай клубней. Число стеблей в кусте зависит от массы посадочного клубня. Клубни массой 25-50г сорта Невский образовывали до 18-20% растений с 1-2 стеблями и 67-70% с 2-3 стеблями, при среднем показателе 3,3 стебля. Крупные клубни массой 81-120г образовывали чаще5-6 стеблей, при среднем показателе 5,3 стебля. Количество клубней в гнезде возрастает по мере увеличения числа стеблей на куст и массы посадочных клубней.

В агрофитоценозах в зависимости от технологий возделывания складывались различный условия для формирования продуктивности растений картофеля. Наиболее высокая индивидуальная продуктивность растений картофеля получена при схеме посадки 70х40см. В фазу бутонизации продуктивность куста в среднем за три года составила 260-342г, цветения- 523-800г, отмирания ботвы 762-1245 г/куст. При схеме посадки 70х20см продуктивность куста была значительно меньше и по фазам развития растений составляла 135-189г., 272-458г., 526-785г/куст.

Применение органических и минеральных удобрений повысило число стеблей и клубней, массу и выход клубней с 1га.

Увеличение числа стеблей куста сопровождалось ростом его общей продуктивности, но продуктивность каждого отдельного стебля снижалась. При схеме посадки 70х40см индивидуальная продуктивность растений картофеля была выше по сравнению со схемой посадки 70х20см. Число и масса клубней в среднем составляли 15,0 к 967г. Самыми малопродуктивными как по числу — 10,0 так и по массе клубней 631г оказались растения, выращенные по схеме посадки 70х20 см. Выход клубней при густоте посадки 35,7тыс., был равен 524 тыс.шт/га, при 71,4 тыс. 714 тыс.шт/га.

В многочисленных исследованиях о нормах посадки картофеля, как правило, не учитываются посевные качества и биологические особенности клубней различной массы, включая и стеблеобразовательную способность.

Исследованиями установлено, что с загущением стеблестоя со 150 до 300 тыс./га урожайность картофеля в зависимости от массы посадочных клубней увеличивается (табл. 2).

Таблица 2 Урожайность картофеля в зависимости от густоты стебля и массы клубней, сорт Невский

Расчетный стеблестой, тыс/га		Масса клубня, г.						
	25	5-50	51-80		81-120			
		Урожайность, ц /га						
	Общая	Чистая	Общая	Чистая	Общая	Чистая		
150	185	168	180	155	176	147		
200	210	188	213	180	215	177		
250	215	187	218	177	220	172		
300	218	185	221	172	225	167		
350	208	169	228	171	232	164		

HCP 0,05 (ц/га) для частных различий 4,6-7,9 для стеблестоя 2-3,5 для массы клубня 2,6-4,6

Наибольший чистый урожай получен на вариантах со стеблестоем 200-250тыс/га. Уплотнение стеблестоя и увеличение массы посадочного клубня способствовали повышению урожайности семенных клубней в 1,3-1,6 раза. Наибольший выход семенных клубней достигнут при густоте стеблестоя 300-350тыс/га. С загущением стеблестоя увеличивается доля мелких нестандартных клубней. Поэтому экономически целесообразно выращивать семенной картофель с густотой стеблестоя 250-270 тыс./га.

Результаты исследований показали, что норму посадки картофеля следует устанавливать дифференцированно с учетом стеблеобразовательной способности семенных клубней различной массы и оптимального стеблестоя. Стеблеобразовательную способность клубней можно прогнозировать по числу лидирую-

щих (главных 5-15мм) ростков. Густота стеблестоя зависит от сортовых особенностей и находится в диапазоне 200-220тыс – для посадок продовольственного картофеля, 250-270 тыс. шт/га- на семенных участках.

ВЫВОДЫ

В агрофитоценозах в зависимости от технологий возделывания складывались различные условия для формирования продуктивности растений картофеля. Наиболее высокая индивидуальная продуктивность растений картофеля получена при схеме посадки 70х40см., самыми малопродуктивными оказались растения с загущенной схемой посадки 70х20см. Применение органических и минеральных удобрений повышало количество стеблей, число и массу клубней. На вариантах без внесения минеральных удобрений эти показатели были значительно ниже.

Максимальная площадь листьев, ФПП получены на вариантах с умеренным использованием минеральных удобрений и применением органических удобрений при густоте 71,4 тыс./га. При снижении густоты посадки и в вариантах с биологической технологией уменьшаются показатели ассимиляционной площади листьев и ФП, но увеличиваются ЧПФ и выход клубней на 1000 единиц потенциала.

Норму посади картофеля следует устанавливать дифференцированно для каждой семенной фракции с учетом стеблеобразовательной способности клубней и оптимальной густоты стеблестоя. Стеблеобразовательную способность клубней можно прогнозировать по числу лидирующих (главных 5-15мм) ростков. Густота стеблестоя зависит от сортовых особенностей и находится в диапазоне 200-220 тыс. шт/га- для посадок продовольственного картофеля, 250-300 тыс. шт/га – на семенных участках. Уплотнение стеблестоя и увеличение массы посадочного клубня способствовало повышению урожайности семенных клубней в 1,3-1,6 раза. Наибольший выход семенных клубней достигнут при густоте стеблестоя 300-350 тыс./га. Однако, экономически целесообразно выращивать семенной картофель с густотой стеблестоя 250-270 тыс./га.

This article describes the physiological peculiarities of the harvest, the parameters of the photosynthetic activity of crops. *The key words:* photosynthetic capacity, planting scheme, the weight of tuber, stalk thickness.

## Список литературы

- 1. Бульба. Энциклопедический справочник по картофелю. Минск. Белорусская советская энциклопедия им. Петруся Бровки, 1998. 574 с.
  - 2. Писарев Б.А. Сортовая агротехника картофеля. М.: Агропромиздат, 1990. 208 с.
- 3. Ничипорович А.А. Фотосинтез и вопросы повышения урожайности растений // Вестник с.-х. науки. 1966. №2. С 1-12.
- 4. Шатилов И.С., Назарян Г.Х. Интенсивность фотосинтеза и дыхания картофеля при пониженной влагообеспеченности // Сельскохозяйственная Биология, 1978. №6. С 934- 935.
  - 5. Шевелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М.: Колос, 1992. 594 с.

#### Об авторе

Косьянчук В.П.- профессор, доктор сельскохозяйственных наук, Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского,

## УДК 636.52/.58.083.37:636.52/.58.087.8

# ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ И ДОЗИРОВКИ НАТРИЯ НУКЛЕИНАТА ПРИ ИММУНИЗАЦИИ НА ГЕМОГРАММУ МОЛОДНЯКА КУР-НЕСУШЕК

## Е.В. Крапивина, А.И. Василенко

Изучение влияния времени выпаивания натрия нуклеината и его дозировки относительно иммунизации молодняка курнесушек на их гемограмму показало, что применение препарата до вакцинации или после нее обусловило активизацию эритропоэза. Отсутствие у птиц опытных групп через 21 сутки после вакцинации достоверного повышения в крови числа нейтрофилов (суммы всех ядерных форм), отмеченное у контрольной птицы, указывает на снижение потребности птиц, получавших натрия нуклеинат, в микрофагах, то есть, о более благополучном состоянии их организма. Пониженное, через 21 сутки после вакцинации, содержание эозинофилов в крови у птиц, получивших препарат одновременно с ней, свидетельствует об увеличении силы чрезвычайных факторов и прострессорном действии препарата, введенного в это время. Значительные колебания уровня моноцитов в крови у птиц, получивших натрия нуклеинат за 3 суток до вакцинации, указывают на более выраженные процессы иммуногенеза по сравнению с птицами других групп. Ключевые слова: молодняк кур-несушек, вакцинация, натрия нуклеинат, гемограмма.

Любые сдвиги гемограммы (как повышение, так и снижение ее показателей) в подавляющем большинстве случаев свидетельствует о степени и характере активации полноценной иммунной системы в процессе борьбы с чужеродным [1].

Натрия нуклеинат (Natrii nucleinas)-иммуномодулятор, представляет собой низкомолекулярные фрагменты натриевой соли дрожжевой рибонуклеиновой кислоты, получаемые из грибов Saccharomyces cerevisiae. В медицинской практике натрия нуклеинат рекомендован для лечения лейкопений, агранулоцитоза, нарушений фосфорного обмена, вирусного гепатита и других хронических патологий, сопровождающихся вторичной иммунологической недостаточностью [2, с.58-63]. Экспериментально установлено, что внутримышечное введение натрия нуклеината повышает эффективность вакцинации против сальмонеллеза телят [3, с.3-7].

Целью исследования являлось изучение влияния времени выпаивания натрия нуклеината и его дозировки относительно иммунизации молодняка кур-несушек на их гемограмму.

Методы исследования. Научно – производственный был проведен в условиях ОАО "Птицефабрика Снежка". Объектом исследования являлся молодняк кур-несушек кросса "Иза - Браун" со средней живой массой 1390 грамм. По принципу аналогов было сформировано 5 групп по 50 голов в каждой (первая - контрольная, вторая, третья, четвертая и пятая - опытные). Препарат натрия нуклеината в дозе 0,004 г на 1 кг живой массы выпаивали птице опытных групп по следующей схеме: курам второй опытной группы препарат выпаивали одновременно с иммунизацией (ревакцинация против болезни Ньюкасла, инфекционного бронхита кур и вакцинация против синдрома снижения яйценоскости проводилась в возрасте 105 суток); - третьей опытной группы вводили препарат за трое суток до вакцинации; - четвертой группы выпаивание проведено через трое суток после вакцинации; - пятой опытной группы вводили препарат двукратно в половинной дозировке за шесть и за трое суток до вакцинации (в дозе 0,002 г на 1 кг живой массы). Профилактическая вакцинация против болезни Ньюкасла осуществлялась в возрасте 15, 45 и 75 суток, против инфекционного бронхита кур в 1, 35, 80 суток. В 90суточном возрасте поголовье было иммунизировано против ларинготрахеита. Условия клеточного содержания птицы соответствовали ветеринарно-санитарным требованиям. Кормление кур осуществляли согласно общепринятым нормам [4]. Пробы крови брали из подкрыловой вены за 7 суток перед вакцинацией, через 7 и 21 сутки после неё. Количество лейкоцитов и эритроцитов в крови подсчитывали в камере Горяева, лейкоцитарную формулу - в мазках, окрашенных по Романовскому-Гимза (на трех стеклах, по 600 клеток на каждом, используя трехпольный метод Филипченко), концентрацию гемоглобина - гемиглобинцианидным методом [5]. Для выявления статистически значимых различий использован критерий Стьюдента по Н.А. Плохинскому [6]. В качестве значений физиологической нормы принимали интервалы соответствующих показателей, приведенные в литературе [5, 7, 8].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анализ полученных результатов (таблица 1) показал, что содержание эритроцитов в крови у 95-суточных кур-несушек подопытных групп было ниже нормативных значений с тенденцией к повышению в следующие периоды исследования. При этом в крови у птиц 3, 4 и 5 групп через 21 сутки после вакцинации количество эритроцитов достоверно повышалось по сравнению с начальным периодом на 21,50, 21,03 и 13,55% соответственно. Это указывает на активизацию эритропоэза у птиц под влиянием натрия нуклеината, введенного до или после вакцинации. Уровень гемоглобина в крови у кур-несушек подопытных групп во все периоды исследования соответствовал наименьшим значениям нормы без существенных межгрупповых различий.

Содержание лейкоцитов в крови у кур-несушек подопытных групп во все периоды исследования соответствовало наиболее высоким нормативным значениям без существенных межгрупповых различий.

Таблица 1 Морфо-биохимическая характеристика крови молодняка кур-несушек

Troppe on on the impurity ment in position and in property ment						
Показатель	Перед началом опыта, n=5	Группы, n=5	Через 7 сут. после вакцинации	Через 21 сут. после вакцинации		
	Перед началом опыта, n=5         Группы, n=5         Через 7 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакцинации         Через 2 сут. после вакци	2,30±0,09				
		2, n=5	2,32±0,16	2,53±0,15		
Эритроциты, $10^{12}$ /л	2,14±0,05	3, n=5	2,28±0,07	2,60±0,08 ⊕▲		
		ред началом опыта, n=5	2,59±0,12 <b>▲</b>			
			2,43±0,08▲			
		1, n=5	88,00±2,45	85,60±3,66		
	/л 88,00±2,61	2, n=5	88,80±2,06	86,00±3,95		
Гемоглобин, г/л		3, n=5	91,00±2,76	88,40±1,17		
		4, n=5	88,00±2,28	82,00±1,26		
		5, n=5	91,40±3,09	83,20±2,58		
		1, n=5	27,20±2,50	42,65±10,35		
		2, n=5	32,26±4,04	42,00±8,80		
Лейкоциты, $10^9/\pi$	39,40±5,40	3, n=5	37,00±4,97	35,25±3,35		
		4, n=5	26,85±2,42	37,03±3,83		
		5, n=5	26,60±2,80	43,33±5,96		
		1, n=5	0,15±0,08	0,08±0,08		
Палочкоядерные нейтрофилы, %	0,00±0,00	2, n=5	0,07±0,07	0,01±0,01		
		3, n=5	0,07±0,03	0,01±0,01		

		4, n=5	0,03±0,03	$0,01\pm0,01$
		5, n=5	0,01±0,01	0,00±0,00
		1, n=5	8,82±1,58	13,03±1,68
		2, n=5	8,65±1,36	12,49±1,28
Сегментоядерные нейтрофилы, %	12,73±3,38	3, n=5	12,97±1,29	11,44±2,30
	, ,	4, n=5	10,60±2,71	13,87±2,49
		5, n=5	12,10±1,07	14,27±3,57
		1, n=5	8.97±1.60	13,11±1,72
		2, n=5	8,71±1,36	12,5±1,27
Сумма нейтрофилов, %	12,73±3,38	3, n=5	13,04±1,29	11,45±2,30
Сумми пентрофилов, 70	12,75=5,50	4, n=5	10,64±2,74	13,88±2,49
		5, n=5	12,11±1,07	14,27±3,57
		1, n=5	2,40±0,36	5,27±0,97 Θ
		2, n=5	2,94±0,81	
C	4.01+1.21		2,94±0,81 4,97±1,05	5,21±1,21 3,83±0,71
Сумма нейтрофилов, 10 <sup>9</sup> /л	4,91±1,31	3, n=5		
		4, n=5	3,03±0,99	5,34±1,36
		5, n=5	3,14±0,24	5,76±1,59
		1, n=5	1,27±0,14	2,70±0,52 Θ
	0,89±0,19	2, n=5	1,44±0,24	0,89±0,12*
Эозинофилы, %		3, n=5	1,56±0,31	2,10±0,66
		4, n=5	1,33±0,30	1,28±0,15
		5, n=5	1,19±0,15	1,62±0,31
		1, n=5	0,33±0,02	1,26±0,50 ⊖
	0,35±0,09	2, n=5	0,45±0,08	0,39±0,10*
Эозинофилы, $10^9$ /л		3, n=5	0,52±0,04	0,69±0,20
		4, n=5	0,37±0,11	0,47±0,07
		5, n=5	0,31±0,05	0,63±0,05 Θ
		1, n=5	3,66±0,60	2,30±0,33
		2, n=5	2,09±0,24	2,68±0,40
Базофилы, %	2,26±0,79	3, n=5	2,92±0,47	3,17±0,53
		4, n=5	4,31±0,71	2,98±0,25
		5, n=5	3,18±0,53	1,89±0,24
		1, n=5	0,85±0,13	0,69±0,04
		2, n=5	0,72±0,09	0,52±0,06
Моноциты, %	$0,51\pm0,10$	3, n=5	0,86±0,06 ⊖	0,51±0,03 Θ
		4, n=5	0,80±0,11	0,51±0,05
		5, n=5	0,81±0,09	0,70±0,07
	<u> </u>	1, n=5	85,30±1,49	81,26±1,22
		2, n=5	87,06±1,52	83,42±1,19
Лимфоциты, %	83,69±4,27	3, n=5	81,66±1,20	82,78±3,13
1 ,	, ,	4, n=5	82,98±2,95	81,37±2,19
		5, n=5	82,71±1,04	81,52±3,62

Примечания: здесь и далее -\* p<0,05 по сравнению с контролем,  $\Theta$  - p<0,05 по сравнению с предыдущим периодом исследовании,  $^{\blacktriangle}$  - p<0,05 по сравнению с начальным значением.

Палочкоядерные нейтрофилы в крови у 95-суточных кур-несушек подопытных групп не обнаруживались. Через 7 суток после вакцинации эти клетки в наибольшем количестве регистрировались в крови у кур 1 группы, у птиц 2, 3, 4 и 5 групп их было меньше, чем у контрольных на 53,33, 53,33, 80,00 и 93,33% (р>0,05) соответственно. Через 21 сутки после вакцинации количество палочкоядерных нейтрофилов в крови у птиц 1, 2, 3 и 4 групп снизилось на 46,67, 85,71, 85,71, и 66,67% (р>0,05) соответственно по сравнению с предыдущим исследованием, а в мазках крови птиц 5 группы эти клетки не обнаруживались. Относительное количество сегментоядерных нейтрофилов и суммы нейтрофилов всех ядерных форм в крови у кур-несушек подопытных групп во все периоды исследования было значительно ниже нормативных значений без существенных межгрупповых различий. При этом достоверное увеличение абсолютного количества нейтрофилов было отмечено через 21 сутки после вакцинации только у птиц контрольной группы. Это свидетельствует о снижении потребности организма птиц, получавших натрия нуклеинат в микрофагах, то есть, о более благополучном состоянии организма птиц, получавших препарат.

Уровень эозинофилов в крови у 95-суточных кур был ниже нормативных значений, что косвенно указывает на высокую активность коры надпочечников [9, с.36-38, 10]. Через 7 суток после вакцинации достоверно значимых изменений относительного количества этих клеток в крови у птиц подопытных групп не отмечено, но установлена тенденция к повышению относительного количества эозинофилов в крови, наиболее выраженная у птиц 3 группы (на 75,28%). Это указывает на ослабление стрессорной реакции организма у кур через 7 суток после вакцинации, особенно у птиц, которым за 3 суток до неё ввели натрия нуклеинат. Через 21 сутки после вакцинации тенденция к повышению относительного количества эозинофилов в крови и, следовательно, к снижению выраженности стрессорной реакции сохранилась у птиц 1, 3, и 5 групп. При этом у птиц 2 группы количество этих клеток

в крови было достоверно ниже, чем у контрольных (на 67,03%), что указывает на неблагоприятный эффект введения натрия нуклеината одновременно с вакцинацией и антистрессорное действие этого препарата, введенного до вакцинации.

Относительное количество базофилов в крови у кур-несушек подопытных групп во все периоды исследования существенно не различалось и было близко к наиболее высоким нормативным значениям, что косвенно указывает на невысокую активность щитовидной железы [10, 11, 12].

Уровень моноцитов в крови у 95-суточного молодняка кур-несушек был существенно ниже нормативных значений, что, видимо, связано с большим числом вакцинаций, последняя из которых была проведена в 90-суточном возрасте (против ларинготрахеита) и переходом моноцитов из крови в ткани с превращением их в макрофаги для участия в выработке специфических антител. Динамика изменений уровня моноцитов в крови кур-несушек 1, 2, 3, 4 и 5 групп в исследуемые периоды была одинакова: тенденция к повышению их числа через 7 суток после вакцинации на 66,67, 41,18, 68,63 (р<0,05), 56,86 и 58,82% соответственно и снижение их количества через к 21 сутки после вакцинации на 18,82, 27,78, 27,78, 40,70 (р<0,05), 36,25 и 13,58% соответственно. Эти тенденции, видимо, отражают степень напряженности иммунных реакций и активность костного мозга по продукции моноцитов, так как они не имеют костномозгового депо. При этом изменения уровня моноцитов в крови кур 3 группы были достоверно значимы, что говорит о более выраженных процессах иммуногенеза при выпаивании препарата за 3 суток до вакцинации.

Уровень лимфоцитов в крови 95-суточных кур-несушек превышал нормативные значения, что при сниженном количестве нейтрофилов свидетельствует о развитии реакции переактивации адаптационного синдрома, по энергетическим затратам аналогичной стрессорной [13], что обусловлено, видимо, частыми вакцинациями. Существенных различий содержания в крови лимфоцитов у кур подопытных групп в исследованные периоды времени не отмечено.

Таким образом, выпаивание молодняку кур-несушек натрия нуклеината до вакцинации (за 3 суток или в половинной дозе за 3 и 6 суток), а также через 3 суток после нее обусловило активизацию эритропоэза. При этом у птиц, получивших препарат одновременно с вакцинацией, количество эозинофилов в крови было достоверно ниже, чем у контрольных (на 67,03%), что указывает на неблагоприятный эффект введения натрия нуклеината одновременно с вакцинацией и антистрессорное действие этого препарата, введенного до вакцинации. Более выраженные процессы иммуногенеза отмечены у птиц, которым выпаивали препарат за 3 суток до вакцинации.

The study of effect of time of watering nucleinate sodium and its dose on immunization of young hens on their hemogram showed that the use of the preparation before or after vaccination caused the activation of erythropoiesis. The absence of the birds of the experimental group 21 days after vaccination significant increase in the number of neutrophils in the blood (the sum of all nuclear forms) was used by the control birds, indicates a decrease needs of birds treated with sodium nukleinat in macrophages, that is, the more prosperous the condition of their body. Reduced, 21 days after vaccination, eosinophils in the blood of birds who have received preparation at the same time with it, marking an increase power of extraordinary factors and prostress effect of preparate introduced at this time. Significant fluctuations in the level of monocytes in the blood of birds that received sodium nukleinat to 3 days before vaccination, point to a more pronounced immunogenesis processes compared to other groups of birds.

The key words: young hens, vaccination, sodium nucleinate, haemogram.

## Список литературы

- 1. Лебедев, К.А. Иммунограмма в клинической практике. / К.А. Лебедев, И.Д. Понякина. М.: Наука, 1990. 224 с.
- 2. Земсков, В.М. Иммуномодулирующая активность мононуклеотидов РНК / Земсков, В.М., Родионов С.В., Храмцов А.В. // Микробиология, эпидеиология и иммунобиология.1988. №2.
- 3. Красников, Г.А. Влияние иммуномодулирующих средств на Т- и В-системы иммунитета у телят и устойчивость их к неонатальным диареям / Красников Г.А.; Цымбал А.М.; Кленина Н.В.; Конаржевский К.Е.; Тертышник В.И.; Журавлев В.М.; Соса Н.Н.; Лебедева Е.П.; Антонов В.С.; Сербиненко Т.Н. // Ветеринария. К.: Урожай, 1986. Вып. 61.
- 4. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В.Щеглова, Н.И. Клейменова: 3-е изд. перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с.
- 5. Методы ветеринарно-клинической лабораторной диагностики: Справочник / И.П. Кондрахин, А.В. Архипов, В.И. Левченко и др.; Под ред. И.П. Кондрахина. М.: КолосС., 2004. 520 с.
  - 6. Плохинский, Н.А. Биометрия. Из-во Сибирского отделения АН СССР, Новосибирск, 1961. 362 с.
- 7. Карпуть, И.М. Гематологический атлас сельскохозяйственных животных // Минск: Ураджай, 1986.183 с.

8. Чумаченко В.Е., Высоцкий А.М., Сердюк Н.А., Чумаченко В.В. Определение естественной резистентности и обмена веществ у сельскохозяйственных животных. Киев: Урожай, 1990. 136 с.

- 9. Бузлама, В.С. Общая резистентность животных при стрессе и ее регуляция адаптогенами. / В.С. Бузлама. // Доклады Россельхозакадемии, 1996. № 1.
- 10.Исследование системы крови в клинической практике. / Под ред. Г.И.Козинца и В.А. Макарова. М.: Триада-Х, 1998. 480 с.
- 11. Кудрявцев, А.А. Клиническая гематология животных. / А.А. Кудрявцев, Л.А. Кудрявцева. М.: Колос, 1974. 399 с.
  - 12. Мышкин, К.И. Базофильные лейкоциты / К.И. Мышкин. Саратов, 1979. 125 с.
- 13. Гаркави, Л.Х. Повышение сопротивляемости организма с помощью адаптационных реакций тренировки и активации на разных уровнях реактивности организма (Активационная терапия). // Методические рекомендации. / Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакина, М.А.Уколова и др. Ростовский научно-исслед. онкологический институт. Ростов-на-Дону, 1982. 14 с.

## Об авторах

Крапивина Е. В.- доктор биологических наук, профессор Брянской ГСХА, Krapivina\_e\_v@ mail.ru Василенко А. И.- аспирант кафедры нормальной и патологической морфологии и физиологии животных Брянской ГСХА, Sane4ka@mail.ru

## УДК – 581.526.425

# КЛАССИФИКАЦИЯ И ОРДИНАЦИЯ СООБЩЕСТВ ПСАММОФИТОВ МЕЖДУРЕЧЬЯ ГАБЬЯ–ДЕСНА (В ПРЕДЕЛАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)

## А.А. Кузьменко

В статье приводятся результаты эколого-флористической классификации и ординационного анализа ведущих факторов среды для сообществ класса *Koelerio–Corynephoretea* на левобережье реки Габьи.

**Ключевые слова:** флористическая классификация, ординационный анализ, флювиогляциальные равнины, Брянская область, террасы.

Междуречье Габья - Десна площадью около 500 км<sup>2</sup> занимает северо-запад территории Брянской области в пределах Рогнединского административного района. В геоморфологическом отношении этот регион представлен водно-ледниковыми формами рельефа с развитыми слабоволнистыми, плоскими относительно пониженными слабо дренированными поверхностями междуречий сложенными среднемощными и маломощными покровными суглинками и супесями, подстилаемые выщелоченными супесчано-суглинистыми породами, с дерново – сильно – средне – и слабоподзолистыми глееватыми и глеевыми легкосуглинистыми, песчаными и супесчаными почвами.

Террасы реки Габья, сформированы мощными песками (2-7 м). Высота междуречья над уровнем моря колеблется в пределах 201-208 метров [1].

Цели работы – выявить сообщества псаммофитов, распространенных на террасах реки Габья. Обследования междуречья проводились в весенне-осенний полевой сезон 2012 года.

**Методика работы.** Описание сообществ выполнялось на пробных площадках стандартного размера 100 м<sup>2</sup>. Оценка качественного участие видов дана по комбинированной шкале Браун-Бланке [2]. Обработка материала производилась с использованием программ TURBOVEG и JUCE [3].

При установлении синтаксонов были использованы единые блоки диагностических видов, что соответствует Международному кодексу фитосоциологической номенклатуры [4]. Экологические режимы сообществ определены по шкалам Н. Ellenberg [5]. Латинские названия растений даны по С.К. Черепанову [6].

Интерпретация взаимосвязи растительных сообществ с условиями среды осуществлялась с помощью непрямой ординации NMDS-методом, реализованным в пакете программ R 2.9.1[7].

Основу работы составляют 48 полных геоботанических описания выполненных на междуречье. Установлено 4 ассоциации и 2 сообщества, которые по комплексу диагностических видов отнесены к классу *Koelerio—Corynephoretea* Klika in Klika et Novak 1941, представляющему сообщества псаммофитов на сухих песчаных почвах в субконтинентальных регионах Европы.

## Продромус установленных синтаксонов

Класс *Koelerio—Corynephoretea* Klika in Klika et Novak 1941

Порядок *Festuco—Sedetalia* Тх. 1951

Союз *Hyperico perforati*—*Scleranthion perennis* Moravec 1967

Acc. Sedo acris—Agrostietum vinealis Bulochov 2001

Acc. Artemisio compestris—Agrostietum tenuis Bulochov 2001

Acc. Polytricho piliferi—Scleranthetum perennis Moravec 1967

Acc. Helichryso arenarii—Plantaginetum scabrae ass.nov provi

Базальное сообщество: *Gypsophila muralis*— Digitaria *ischaemum* [Koelerio—Corynephoretea] Базальное сообщество: *Hylotelephium maximum*—*Berteroa incana* [Koelerio—Corynephoretea]

Ниже дается характеристика установленных синтаксонов.

Ассоциация Polytricho piliferi—Scleranthetum perennis

Диагностические виды: Polytrichum piliferum, Scleranthus perennis, Pilosella officinarum, Jasione montana, Ceratodon putpureus. Сообщества псаммофитов, распространённые на песчаных всхолмлениях 1-2 террасах реки Габьи.

**Флористический состав и структура:** облик сообщества определяют *Scleranthus perennis, Trifolium arvense*. Изредка зелёно-сизый аспект создаёт *Festuca ovina*. Высота травостоя на уровне наибольшего развития растительной массы колеблется от 10 до 30см.

Основу травостоя формируют Scleranthus perennis, Digitaria ischaemum, Sedum telephium, Helichrysum arenarium, Trifolium arvense, Potentilla argentea, Hylotelephium maximum, Festuca ovina, Plantago lanceolata, Euphorbia waldsteinii, Brachythecium albicans.

Хорошо выражен мохово-лишайниковый ярус образованный *Polytrichum piliferum*, *Cladonia purpureus*, *Cladonia degenerans*, *Cladonia squamosal*. В некоторых сообществах *Polytrichum piliferum* имеет проективное покрытие 35%.

Проективное покрытие 20-35%. Альфа-разнообразие 11-18 видов на  $100 \text{ м}^2$ .

#### Экология.

Сообщества ассоциации распространены на песчаных сухих (3,5), кислых (4,6), бедных минеральным азотом почвах (2,8).

Ассоциация Sedo acris—Agrostietum vinealis

**Диагностические виды:** Sedum acre, Agrostis vinealis. Сообщества псаммофитов, распространённые на песчаных почвах 1 террасы реки Габьи.

**Флористический состав и структура**: облик сообщества определяет *Agrostis vinealis*. Высота травостоя на уровне наибольшего развития растительной массы колеблется от 10 до 40 см.

Постоянные компоненты сообществ – виды индикаторы бедных песчаных почв: Pilosella officinarum, Jasione Montana, Potentilla argentea, Hylotelephium maximum, Berteroa incana, Herniaria glabra, Trifolium aureum, Silene tatarica, Euphorbia waldsteinii, Artemisia absinthiu,

На локальных песчаных обнажениях хорошо развит моховой ярус высотой 3-4 см, образованный *Polytrichum juniperinum* и *Ceratodon putpureus*. Проективное покрытие 20–45%. Альфаразнообразие 9-19 видов на  $100~\text{M}^2$ .

**Экология.** Сообщества ассоциации распространены в верхней части притерассового склона на слаборазвитых суглинистых плохо увлажнённых (3,6), умеренно кислых (5,3), бедных минеральным азотом (3,6) почвах.

Ассоциация Artemisio compestris—Agrostietum vinialis

Диагностические виды: Agrostis vinialis, Artemisia campestris. Флористический состав и структура: Облик сообщества определяют Agrostis vinialis, Artemisia campestris. Заметную фитоценотическую роль играет Hylotelephium maximum местами создающий белый аспект во время цветения. Высота травостоя на уровне наибольшего развития растительной массы колеблется от 20 до 60см.

Основу травостоя формируют Sedum acre, Agrostis vinialis, Pilosella officinarum, Jasione montana, Poa angustifolia, Hylotelephium maximum, Berteroa incana, Herniaria glabra, Linaria vulgaris, Tanacetum vulgare, Euphorbia waldsteinii,

Хорошо развит мохово-лишайниковый ярус образованный *Polytrichum juniperinum, Cladonia degenerans, Dicranella cerviculata, Cladonia furcat,*.

Проективное покрытие 25-65%. Альфа-разнообразие 7-15 видов на  $100 \text{ м}^2$ .

**Экология.** Сообщества ассоциации распространены на супесчаных слабо увлажнённых (3,1), умеренно кислых (5,3), бедных минеральным азотом почвах (3,1) верхней части притерасового склона р. Габья.

Ассоциация Helichryso arenarii—Plantaginetum scabrae

Диагностические виды: Plantago scabra, Helichrysum arenarium.

**Флористический состав и структура:** горизонтальная структура сообществ «пятнистая». Облик сообщества определяет *Helichrysum arenarium* местами создающий пёстрый аспект. Высота травостоя на уровне наибольшего развития растительной массы колеблется от 10 до 35 см.

Основу травостоя формируют Scleranthus perennis, Plantago scabra Potentilla argentea, Poa

angustifolia, Hylotelephium maximum, Poa compressa, Erigeron acris, Calamagrostis epigeios, Carex praecox, Plantago media.

Хорошо развит мохово-лишайниковый ярус образованный Polytrichum piliferum, Cladonia degenerans, Cladonia squamosal, Cladonia furcata, Cladonia turgida.

Проективное покрытие 25-65%. Альфа разнообразие 6-18 видов на  $100 \text{ м}^2$ 

**Экология.** Сообщества ассоциации распространены на первой террасе реки Габьи на песчаных сухих (3,7), умеренно кислых (5), бедных минеральным азотом (3,4) почвах.

Базальное сообщество *Gypsophila muralis—Digitaria ischaemum.* Диагностические виды: *Gypsophila muralis, Digitaria ischaemum, Sedum telephium, Dicranella cerviculata.* Сообщества псаммофитов, распространённые на песчаных почвах 1 террасы реки Габьи.

**Флористический состав и структура:** горизонтальная структура сообществ «пятнистая». Облик сообщества определяет *Digitaria ischaemum*. Высота травостоя на уровне наибольшего развития растительной массы колеблется от 10 до 35 см.

Основу травостоя формируют, Helichrysum arenarium, Digitaria ischaemum, Sedum telephium, Carex ericetorum, Potentilla argentea, Poa angustifolia, Berteroa incana, Herniaria glabra, Tanacetum vulgare.

Мохово-лишайниковый ярус развит слабо. Он представлен *Polytrichum juniperinum, Cladonia squamosal* Проективное покрытие 20-40%. Альфа разнообразие 7-18 видов на  $100 \text{ м}^2$ 

**Экология.** Сообщества ассоциации распространены на первой террасе реки Габьи на распространены на песчаных сухих (3,4), умеренно кислых (5,4), бедных минеральным азотом почвах (3,1).

Базальное сообщество Hylotelephium maximum—Berteroa incana.

Диагностические виды: Hylotelephium maximum, Berteroa incana, Polytrichum juniperinum.

**Флористический состав и структура:** облик сообщества определяет *Digitaria ischaemum* и *Scleranthus perennis*. Высота травостоя на уровне наибольшего развития растительной массы колеблется от 10 до 40 см.

Основу травостоя формируют Scleranthus perennis, Pilosella officinarum, Digitaria ischaemum, Carex ericetorum, Trifolium arvense, Poa angustifolia, Hylotelephium maximum, Berteroa incana, Tanacetum vulgare, Euphorbia waldsteinii.

Хорошо развит мохово-лишайниковый ярус высотой образованный *Polytrichum piliferum, Polytrichum juniperinum, Cladonia purpureus, Cladonia degenerans, Cladonia squamosal, Cladonia furcated.* В некоторых сообществах *Polytrichum juniperinum* имеет проективное покрытие до 25%.

Проективное покрытие 20-40%. Альфа разнообразие 16-24 видов на  $100 \text{ m}^2$ 

**Экология.** Сообщества ассоциации распространены на песчаных сухих (3,9), умеренно кислых (5,3), бедных минеральным азотом (3,5) почвах.

По полученным данным была проведена NMDS ординация сообществ. Результат ординации отражен на рисунке 1.

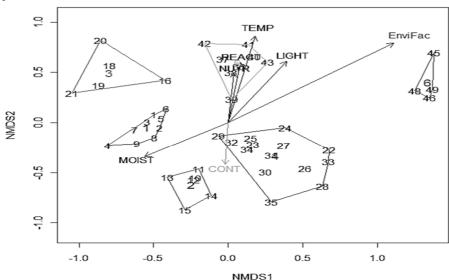


Рис. 1. Ординация синтаксонов их распространение в пространстве двух осей максимального варьирования:

1 – базальное сообщество. Hylotelephium maximum—Berteroa incana; 2 – acc. Polytricho piliferi—Scleranthetum perennis; 3 – базальное сообщество Gypsophila muralis—Digitaria ischaemum; 4 – acc. Helichryso arenarii—Plantaginetum scabrae; 5 – acc. Sedo acris—Agrostietum vinealis; 6 – acc. Artemisio compestris—Agrostietum vinealis

Обозначения векторов экологических факторов: MOIS – влажность, TEMP – температура, REAC – кислотность, NUTR – богатство минеральным азотом почвы, LIGHT – освещённости, CONT – континентальность. Векторы построены с использованием шкал Элленберга.

В связи с направлениями экологических векторов и анализом экологических условий распространения сообществ первая ось (NMDS1) была интерпретирована как комплексный градиент влажности и гранулометрического состава почвы, вторая ось (NMDS2) интерпретирована как комплексный градиент богатства минеральным азотом почвы и температуры.

Установленные синтаксоны хорошо дифференцированы в пространстве осей экологических факторов и по составу ценофлор (рис. 1). Фактором дифференциации сообществ *Hylotelephium maximum—Berteroa incana* (1) и *Polytricho piliferi—Scleranthetum perennis* (2) является влажность. Эти сообщества распространены в местообитаниях с наиболее хорошо увлажнённых субстратах. Фактором дифференциации сообществ асс. *Sedo acris—Agrostietum vinealis* (5) является богатство минеральным азотом почвы и температуры. Её сообщества распространены в местообитаниях с наиболее богатых минеральным азотом почвах. Фактором дифференциации сообществ асс. *Helichryso arenarii—Plantaginetum scabrae* (4) является континентальность климата. Это отражает ценофлора синтаксона, в ее составе возрастает численность континентальных видов (*Helichrysum arenarium*, *Carex ericetorum*, *Berteroa incana*, *Erigeron acris Calamagrostis epigeios*, *Plantago media*.)

Мы считаем, что дифференциация сообществ 3 и 6 (сообщества *Gypsophila muralis—Digitaria ischaemum* (3) и сообщества асс. *Artemisio compestris—Agrostietum vinealis* (6) связана с гранулометрическим составом почвы. Сообщества *Artemisio compestris—Agrostietum vinealis* распространены на супесчаных субстратах, а *Gypsophila muralis—Digitaria ischaemum* на песчаных субстратах.

В целом распределение сообществ на графике ординации сочетается с фитоиндикацией по шкалам Элленберга. Это видно по показателям нарастания градиента влажности от сообществ ассоциации Artemisio compestris—Agrostietum vinialis (6) к базальным сообществам Gypsophila muralis—Digitaria ischaemum (3) и Sedum maximum—Berteroa incana (1) т.е. значений от 1.0 до значений –1.0 по шкале NMDS 1, и показателям нарастания богатства минеральным азотом почвы и температуры от сообществ ассоциации. Polytricho piliferi—Scleranthetum perennis (2) к сообществам ассоциации Sedo acris—Agrostietum vinealis (5), т.е от – 0.1 до 0.1 по шкале NMDS 2.

Однако поскольку NMDS-ординация является неметрическим методом многомерного шкалирования т.е. анализ данных зависит от комплекса факторов воздействующих на сообщества, не следует рассматривать отдельные экологические факторы. Необходимо рассматривать их в комплексе с другими факторами, влияющими на развитие сообществ (каменистость субстрата, антропогенная нагрузка, гранулометрический состав почвы, и т.п.).

Таким образом, график показывает достаточно четкую эколого-флористическую дифференциацию ценофлор синтаксонов. Главными фактором дифференциации сообществ на уровне класса являются влажность, кислотность, обеспеченность минеральным азотом и температура.

Ординационный анализ подтвердил экологическую специфику синтаксонов, установленных по методу Браун-Бланке. Все сообщества класса *Koelerio—Corynephoretea* на графике оказались обособлены друг от друга, что подтверждает правильность синтаксономических решений.

In article results Ordination the analysis of leading factors of environment for communities of class *Koelerio-Corynephoretea* on a river Gabi left bank are resulted.

The key words: floristic classification, Ordination the analysis, Fluvioglacial plains, the Bryansk region.

## Список литературы

- 1. Л.М. Ахромеев. Природа и природные ресурсы Брянской области. Учебное пособие для учителей и студентов/. Брянск: Издательство Брянского госпедуниверситета, 2001. 216 с.
- 2. Westhoff V., van der Maarel E. The Braun-Blanquet approach # Classification of plant communities. The Hague: Junk, 1978. P. 287–399.
- 3. Hennekens S. M. TURBO(VEG). Software package for input, processing and presentation of phy-tosociological data. Lancaster: Wageningen et University of Lancaster. 1995. 70 p.
- 4. Weber H. E., Moravec J., Theourillat D.-P. International code of phytosociological nomenclature. 3rd editional // Journal of Vegetation Science. 2000. Vol. 11. N 5. P. 739–768.
- 5. Ellenberg, H. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa / H. Ellenberg, H.E. Weber, R. Dull, V. Wirth, W. Werner, D. Paulssen. 2 Aufl. Göttingen: Verlag Erich Goltze GmbH & Co KG, 1992. 258 S.
- 6. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. / Черепанов С. К. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- 7. Daniel Borcard, François Gillet, Pierre Legendre. Numerical Ecology with R// Springer Science+Business Media, LLC 2011. 306 S.

#### Об авторе

Кузьменко A.A. – аспирант Брянского государственного университета имени академика И.Г.Петровского, alex-rf-32@yandex.ru

#### УДК 911.2 + 911.37

## ПРИРОДНО-СЕЛИТЕБНЫЕ ОТНОШЕНИЯ В РЕГИОНЕ: ПРОЦЕССЫ И ФУНКЦИИ

## М.Н. Куница

Рассмотрены ведущие особенности природно-селитебных отношений в регионе. Выявлены основные типы и направления взаимодействия этих систем. Выделены и проанализированы виды взаимосвязей, процессы и функции. Ключевые слова: ландшафтный комплекс, населенный пункт, расселение, природно-селитебные отношения, процесс, функция.

Социоприродные отношения сложны и многообразны. В современный период в региональном развитии активизируется роль их древней, распространенной, интенсивно развивающейся формы – **природно-селитебных отношений** — взаимосвязей сложных систем — населенных пунктов и ландшафтных комплексов. Данные отношения имеют глубокие генетические корни. Одна из закономерностей их развития — цикличность, пульсационность [1, 6]. Поселения и ландшафтные комплексы взаимосвязаны жизнедеятельностью людей, потоками природных и техногенных веществ, энергии, информации. Отношения реализуются по многим направлениям, на разных уровнях организации — топическом, локальном, региональном, межрегиональном, государственном, глобальном.

**Основные типы взаимодействий:** — генетические; — психофизиологические, иммунологические (здоровье человека); — функциональные (жизнедеятельность); — расселенческие (территориальное распространение); — экологические (безопасность); — эстетические (гармоничность связей и внешнего облика).

*Магистральное направление взаимодействий*: ландшафтный комплекс  $\rightarrow$  его природноресурсный потенциал  $\rightarrow$  селитебный потенциал освоения  $\rightarrow$  его социально-экономические функции  $\rightarrow$  природопользование, территориально-хозяйственные системы, социоэкосистемы  $\rightarrow$  степень удовлетворения населения их функционированием  $\rightarrow$  здоровье населения, демографическое поведение населения  $\rightarrow$  геодемографическая структура населения  $\rightarrow$  расселение населения  $\rightarrow$  антропогенезированные ландшафтные комплексы.

Выделено несколько видов природно-селитебных отношений, отличающихся спецификой процессов и функций.

## Первый вид: влияние «ландшафтный комплекс ightarrow населенный пункт».

Естественную, территориальную основу функционирования населения создают ландшафтные комплексы (природные – ПТК и антропогенезированные – АПТК). Они оказывают прямое и опосредованное воздействие, которое определяется уровнем развития производительных сил и производственных отношений.

Человек – био-социальная, генетически обусловленная часть ландшафтного комплекса, находящаяся не «вне», а «внутри» него. Это – особая подсистема, связанная с природной физиологическими, экономическими, культурными, «духовными» отношениями. Ландшафтный комплекс – базовая основа всех видов жизнедеятельности населения. Он вмещает и концентрирует разные типы «окружающих сред» – природную, квазиприродную, артеприродную, социальную [9]. В нем они взаимодействуют, «переплетаются» в единый ландшафтно-экологический базис.

<u>Главными каналами прямого и опосредованного влияния ландшафтного комплекса</u> являются: экологический (биоэкологический — на процессы метаболизма человека, психоэкологический — на духовные и поведенческие процессы, социоэкологический — на жизнедеятельность населения) и производственный (на формирование территориально-хозяйственных систем, природопользование, расселение, экономическую и социальную структуру населения).

Современный ландшафт — социоприродная целостность. С точки зрения постнеклассической методологии это — «человекоприродный комплекс» - реальность, «обладающая законами, несовпадающими с ландшафтно-природными и социально-психологическими» [3, с. 8]. Его природноресурсный потенциал (ПРП) является материальной и духовной основой жизнедеятельности населения. Его влияние реализуется через социально-экономические функции. Они многообразны. В.С. Преображенский выделил ресурсовоспроизводящие, ресурсосохраняющие, средовоспроизводящие, информационные и эстетические функции [8].

Предложена расширенная <u>классификация ПРП ландшафтных комплексов</u> [4]. Выделены следующие группы потенциалов и их функции.

Генетический потенциал — естественно-историческая основа эволюции Человека, здоровья людей, их расселения, приобретения Родины и Дома. Ведущими являются следующие качества ландшафтного комплекса: — саморазвитие-коэволюция-экоэволюция; — цикличность развития; — устойчивость-изменчивость; — структура, иерархичность; — континуальность-дискретность; — дифференцированность, разнообразие; — охранно-защитные; — функционирование, «жизнедеятельность» комплексов, взаимосвязанность их

подсистем потоками веществ, энергии, информации; – динамизм – «вечное движение», смена состояний. Влияние генетического потенциала реализуется через функции средообразования и средообеспечения. Он является основой организации демографических и социально-экономических систем.

Пространственный, территориальный потенциал — «собиратель» всех видов остальных ресурсов, арена жизнедеятельности человека. Геопространство выполняет функции концентрации природных, социально-экономических, демографических систем. Оно становится все более дефицитным, стратегическим ресурсом общественного развития.

Ресурсный потенциал гетерогенен и включает несколько видов.

Сырьевой потенциал – ресурсы геокомпонентов, связанные в ландшафте в единый интегрированный комплекс. Этот природный дар человеку «реализует» функции ресурсообразования и ресурсообеспечения.

Энергетический потенциал «исполняет» функцию энергообеспечения — «питания» всех природных систем и форм жизнедеятельности человека. Влияние энергетики — сложно и многообразно, в частности на психоэмоциональное состояние людей и биоэнергетические обмены [10].

Информационный потенциал с функциями информобеспечения-связи. Информационная емкость ландшафтного комплекса — огромна и разнообразна. Потоки информации — необходимый элемент механизмов взаимодействия разных систем. Знание свойств и законов развития ландшафта — важное условие научно обоснованного, целесообразного сотворчества общества и природы, основа его оптимизации и управления. Недостаточная изученность информационного потенциала, использование его «вслепую» — одна из причин природных и техногенных катастроф.

Эстетический – «моральноценностный» потенциал. Его влияние реализуется через духовновоспитательные функции формирования и восстановления психо-эмоционального здоровья людей. Эмоциональная энергетика разнообразна. Она вдохновляет и возрождает человека. Ландшафтный комплекс – важный фактор становления его личности, основа развития народной культуры, искусства, архитектуры. Этот «дар природы» особенно ценили первобытные люди, а современный человек воспринимает в основном с рекреационной позиции.

В ландшафтном комплексе все группы ресурсов сопряжены в единый интегрированный ландшафтно-экологический потенциал развития общества, его демографических и социально-экономических систем, социальных отношений. Это – Колыбель, Дом, Кладовая, Мастерская, Университет, Музей, Театр, Здравница и Храм для человека. Для районов любого ранга характерен свой «индивидуальный» потенциал, его продуктивность, устойчивость, критическая экологическая емкость. Масштабы антропогенной деятельности не должны нарушать эти параметры иначе нарастает конфликтность в системе Человек-Ландшафт.

Процессы влияния реализуются через селитебный потенциал освоения [2], в частности через селитебный потенциал ландшафта — степень благоприятности ландшафтного комплекса для функционирования населения, создания и развития поселений. Селитебный потенциал автором определяется совокупностью в различной мере благоприятных для развития населения генетического, позиционного, ресурсного (сырьевого, энергетического, информационного, эстетического) потенциалов ландшафта [5]. Выявлены категории селитебного потенциала: очень низкий — комплексы не благоприятны для селитебного освоения, низкий — малоблагоприятны, невысокий - относительно благоприятны, высокий — благоприятны, очень высокий — наиболее благоприятны.

Особенности селитебного потенциала зависят от проявления и соотношения оптимизирующей, лимитирующей и дифференцирующей функций ландшафтного комплекса. Характер проявления первых двух функций определяется: благоприятностью географического положения для жизнедеятельности людей, величиной природно-ресурсного потенциала, активностью проявления геодинамических процессов, комфортностью экологических условий. Оптимизирующую роль выполняют ландшафтные комплексы, природные свойства которых благоприятны для функционирования населения и развития поселений. Лимитирующая функция связана с наличием неблагоприятных условий и процессов, что вызывает необходимость проведения инженерно-мелиоративных работ для повышения их селитебного потенциала. Дифференцирующая функция проявляется посредством воздействия на население и расселение особенностей территориальной структуры ландшафтных комплексов: ее иерархии, степени сложности, дифференцированности, контрастности. Ландшафтная обусловленность населенных пунктов и их территориальной структуры – одна из закономерностей расселения. Фиксируется селитебный эффект рубежей контрастности – концентрация поселений на границах различных ПТК [1, 5].

Выполнение ландшафтными комплексами в процессе их освоения социально-экономических функций определяет особенности структуры природопользования, территориально-производственных систем и качество социоэкосистем региона. Адаптация населения к их функционированию реализуется через его здоровье и демографическое поведение, «формирующих» особенности демографической

структуры. Она как одна из ведущих подсистем населенных пунктов активно влияет на их функционирование, а на локальном и региональном уровнях – на системы расселения.

Второй вид: воздействие «населенный пункт ightarrow ландшафтный комплекс».

Воздействие населения и расселения на ландшафтные комплексы многообразно, реализуется системой основных процессов.

<u>Концентрирование</u> в поселениях людей, производственных, инфраструктурных, организационно-управленческих подсистем определяет антропогенизацию их природной среды.

<u>Трансформирование</u> проявляется в качественном изменении структуры и потенциалов ландшафтных комплексов ареала поселения, их барьерно-транзитных функций — направленности, интенсивности потоков веществ, энергии, информации, геофизических и геохимических полей. Усиление природоохранного и рекреационного видов использования природной среды ведет к возникновению оптимизационной функции поселений.

<u>Диффузия</u> – распространение антропогенного воздействия поселений на ландшафтные комплексы не только своего ареала, но и более высокого ранга, усложнение их территориальной структуры, нарастание степени ее контрастности и дискретности.

Иерархия систем расселения предопределяет разные уровни их воздействия на ландшафтные комплексы, способствует их антропогенизации, «полюсами» которой являются оптимизированные и «деструктивные» с истощенным природно-ресурсным потенциалом АПТК. Углубляются проблемы адаптации населения к АПТК. Качественные изменения, загрязнение окружающей среды превращает поселения в очаги экологического риска. Особенно интенсивно эта тенденция проявляется в районах с высоким уровнем антропогенной трансформации ландшафтных комплексов, химическим и радиоактивным загрязнением территории, активизацией геодинамических процессов.

Критическая природно-экологическая среда резко снижает уровень безопасности жизнедеятельности людей. «Падает» качество жизни, нарушаются сложившиеся типы адаптации. Населению данных регионов наносится огромный медико-социальный (физический, моральный, психический) и экономический ущерб. Происходит трансформация демографической структуры. Ухудшается здоровье, повышается заболеваемость и смертность. Возникают экологические миграции. Изменяются репродуктивные установки, половозрастная и другие структуры населения. Глубина и длительность трансформации во многом определяется интенсивностью чрезвычайных ситуаций: от демографической деградации регионов экологической катастрофы до депопуляции кризисных районов. Остро проблемная геодемографическая ситуация – негативный фактор функционирования не только систем расселения, но и социально-экономического развития регионов. Гармонизация взаимосвязей человека с природной средой – необходимое условие ликвидации социоэкологических «конфликтов».

Третий вид: взаимодействие «населенный пункт ↔ ландшафтный комплекс». Ф.Н. Мильков, отметив гетерогенность поселений, отнес их к отдельному классу селитебных антропогенных ландшафтов [7]. Развитие природно-селитебных отношений определяется «наложением» нескольких трендов — долговременных «эволюционных» и цикличных. Ведущими являются следующие процессы, проявляющиеся на разных уровнях.

<u>Диссонирование</u> — системообразующий процесс структурного усложнения, нарастания взаимосвязей сконцентрированных в населенных пунктах природных и социально-экономических подсистем. Главные функции — системообразования и средообразования, системовоспроизводства, управления.

Поселение развивается как особый тип гетерогенных, сложноорганизованых, открытых, динамичных систем – селитебная геосистема (СГС). Это – целостные компактные ареалы концентрации, функционирования, взаимодействия социально-демографических, производственных, инфраструктурных, организационно-управленческих, природных подсистем [1]. Они отражают характер адаптации человека к ландшафту, исторический опыт их пространственно-временного сотворчества. В настоящее время происходит активная перестройка их внутренней структуры, функций, нарастает динамичность процессов. СГС – ядра систем расселения и поляризации ландшафтов.

<u>Районообразование</u> обуславливает территориальную концентрацию разнотипных геосистем, усложнение природопользования, формирование качественно иной сложногенетической природноселитебно-производственной структуры регионов со своеобразным рисунком. Ее «каркас» - города и соединяющая их транспортная сеть (Н.Н. Баранский). Интенсивность ее развития в современный период резко возрастает. Эта структура — основа территориальной организации общества.

Природно-селитебные отношения реализуются на нескольких уровнях структурной организации. Наиболее значимых — четыре. На топическом происходит взаимовлияние природно-территориальных комплексов топологического ранга и социально-экономических систем в пределах ареала поселения и его окрестностей. Для локального характерны прямые и опосредованные через

территориальную структуру хозяйственного комплекса взаимосвязи систем расселения низовых рангов (местных, районных, межрайонных) и природно-территориальных комплексов локального уровня (ландшафтов, физико-географических районов). На региональном и межрегиональном осуществляется опосредованное через территориальную структуру хозяйственного комплекса взаимодействие систем расселения более высоких рангов (региональных – политико-административных субъектов, межрегиональных) и природно-территориальных комплексов регионального уровня (групп физико-географических районов, областей, стран).

Природно-селитебные отношения характеризуют «многоканальность», разнотипность, сложность процессов и функций, дифференцированность, иерархичность. Активизация их исследований – важное звено разработки научных основ сбалансированного развития регионов.

The main features of the relations between nature and settlement in the region are discussed. The principal types and trends of interaction of there systems are distinguished. The forms of relations, processes and functions are identified and analyzed.

The key words: landscape complex, settlement, settlement pattern, relations between nature and settlement, process, function.

#### Список литературы

- 1. Воропай Л.И., Куница М.Н. Селитебные геосистемы физико-географических районов Подолии. Черновцы: Изд-во ЧГУ, 1982. 90 с.
  - 2. Жекулин В.С. Историческая география: предмет и методы. Л.: Наука, 1982. 223 с.
- 3. Кизима В.В. Человек субъект или объект ландшафтных преобразований //Людина в ландшафті XXI століття. Проблеми постнекласичних методологій. Киів, 1998. С. 3-18.
- 4. Куница М.Н. Ландшафтно-экологические основы демографического образования //Демографическое образование в 21 веке в странах СНГ и Восточной Европы: Материалы международной конференции. М.: МАКС-Пресс, 2002. С. 71-78.
- 5. Куница М.Н. Основные направления и уровни влияния природно-территориальных комплексов на систему расселения //География и природные ресурсы. 1991. № 3. С. 112-119.
- 6. Куница М.Н. Цикличность развития сети поселений в староосвоенных регионах //Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2012. С. 65-71.
  - 7. Мильков Ф.Н. Человек и ландшафты. М.: Мысль, 1973. 223 с.
- 8. Преображенский В.С., Александрова Т.Д., Куприянова Т.П. Основы ландшафтного анализа. М.: Наука, 1988. 192 с.
  - 9. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 638 с.
  - 10. Швебс Г.И. Введение в эниологию. Кн. 1. Одесса: Изд-во Одесского ун-та, 2000. 180 с.

## Об авторе

Куница М.Н. – кандидат географических наук, доцент Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского, geodem@mail.ru.

## УДК 629.114.2.001.2

## ВЛИЯНИЕ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ФОРМИРОВАНИИ СВОЙСТВ СЛАБЫХ ПОЧВО-ГРУНТОВ

В.Н. Лобанов, В.И. Растягаев, С.С. Сухов

Рассмотрен процесс взаимодействия гусеничных машин со слабыми почво-грунтами с использованием волновой теории деформации. Полученные аналитические зависимости позволяют определить поле напряжений в толще почво-грунта, плотность почво-грунта и скорость перемещения его частиц под движителем машины. Ключевые слова: поле напряжений, плотность почво-грунта, скорость распространения частиц почво-грунта, опорная длина и ширина гусеницы, фронт волны, гусеничный движитель.

Процессы взаимодействия гусеничных машин со слабыми лесными почво-грунтами описываются без учета изменения их физико-механических свойств при деформировании и без учета времени протекания процесса. Колебания корпуса лесных машин, возникающие при их движении по неровной поверхности лесосеки, вызывают дополнительное увеличение давления гусеницы на почву и приводит к изменению поля напряжений в толще грунта. При этом переуплотнение почво-грунта происходит не только в верхних слоях, но и на глубине.

Цель нашей работы - определить плотность и скорость деформации почвы при динамическом нагружении с использованием положений волновой теории деформации [2, 3].

В случае одномерных движений с цилиндрическими и плоскими волнами основными искомы-

ми функциями являются в общем случае компоненты тензора напряжения, плотность или объемная деформация грунта и скорость частиц, а определяющими параметрами — константы, входящие в уравнения движения и в граничные и начальные условия задачи. Координатную ось Z выбираем совпадающей с направлением движения частиц почво-грунта.

Основные уравнения, описывающие вертикальное движение частиц почво-грунта в переменных Эйлера, имеют вид [1, 3]:

$$\begin{cases}
\frac{\partial \rho}{\partial t} + V \frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho \frac{\partial V}{\partial z} + \frac{vV\rho}{z} = 0 \\
\rho \left( \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial z} \right) - \frac{\partial \sigma_1}{\partial z} - V \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{z} = 0,
\end{cases} \tag{1}$$

где  $\nu$  - коэффициент, зависящий от формы движителя (для плоской -  $\nu$  = 0, для цилиндрической -  $\nu$  = 1, для сферической -  $\nu$  = 2);

 $\rho(z,t)$  - плотность грунта на глубине z, г/см<sup>3</sup>;

V(z,t) - скорость перемещения частиц грунта на глубине z, м/с.

При движении лесных гусеничных машин по лесосеке грунт под движителем изменяет свою форму и объем. В толще почво-грунта под движителем возникает волна деформации [3], под действием которой частицы почво-грунта перемещаются вниз вдоль оси Z.

В соответствии с законом сохранения массы изменение массы почво-грунта, содержащейся в объеме, охваченном действием волны, равно разности потоков массы почво-грунта, входящего через площадку S перпендикулярную координатной оси (в данном случае Z) и выходящего через параллельную ей грань.

Уравнение непрерывности для данного случая записывается в виде [2]:

$$\Delta \rho \cdot u = \rho_2 \cdot V_2 - \rho_1 \cdot V_1, \tag{2}$$

где  $\Delta \rho = \rho_2$  -  $\rho_I$ ;  $\rho_I$  - плотность грунта сзади фронта волны;  $\rho_2$  - плотность грунта перед фронтом волны; u - скорость волны;  $V_I$  и  $V_2$ - соответственно скорости частиц грунта после и перед фронтом волны.

Изменение напряжения в выделенном объеме почво-грунта под действием волны описывается следующим уравнением:

$$\int (\rho \cdot V)_2 - (\rho \cdot V)_1 |u| = \sigma_2 + (\rho \cdot V^2)_2 - \sigma_1 - (\rho \cdot V^2)_1,$$
 (3)

где  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ - соответственно напряжения, возникающие в грунте сзади и перед фронтом волны.

Так как перед фронтом волны находится невозмущенная среда, то она характеризуется следующими параметрами

$$\rho_2 = \rho_0$$
;  $V_2 = 0$ ;  $\sigma_2 = 0$ .

Поэтому уравнения (2) и (3), сведенные в систему, принимают вид:

$$\begin{cases} (\rho_1 - \rho_0)u = \rho_1 V_1 \\ \rho_1 V_1 u = \sigma_1 + \rho_1 V_1^2 \end{cases}$$
 (4)

Решая полученную систему уравнений относительно  $\rho_I$ , подставив значение u из первого уравнения во второе, получим выражение для определения плотности грунта  $\rho_I$  в его толще после прохода машины, т.е. плотность грунта между движителем и фронтом волны

$$\rho_1 = \frac{\sigma_1 \rho_0}{\sigma_1 - \rho_0 V_1^2} \tag{5}$$

Напряжение в толще почво-грунта между движителем и фронтом волны  $\sigma_l$  определяем по уравнению [2]:

$$\sigma_1 = \frac{L \cdot b}{L \cdot b + \mu \left(L - b\right)z + \frac{1}{\mu}z^2} q, \tag{6}$$

где L и b - соответственно опорная длина и ширина гусеницы, M;

q - давление гусеницы на поверхность почво-грунта,  $H/M^2$ ;

z - глубина, на которую распространяется фронт волны

(в расчетах z = 2b), м;

μ - коэффициент Пуассона для почво-грунтов.

В общем случае скорость  $V_1$  перемещения частиц грунта за фронтом волны зависит от относительной деформации почво-грунта. Для определения скорости  $V_1$  рассмотрим уравнения системы (1), которые описывают поведение грунта, расположенного между движителем, движущимся со скоростью  $V_0$ , и фронтом волны [2, 4].

Так как относительная деформация грунта изменяется в пределах от 0 до 1, то его плотность в пространстве между гусеничным движителем и волной можно считать практически постоянной. Тогда первое уравнение системы (1) примет вид

$$\rho \frac{\partial V_1}{\partial z} + \frac{\gamma}{z} \rho \cdot V_1 = 0$$

или с учетом, что  $\rho \neq 0$ 

$$\frac{\partial V_1}{\partial z} + \frac{\gamma}{z} \cdot V_1 = 0 \tag{7}$$

Решая уравнение (7) с граничным условием

$$V_0 = V_1 (z = V_0 t, t) \text{ при } t \ge 0,$$
 (8)

найдем скорость  $V_1(z, t)$ . Решение будем искать в виде:

$$V_1(z, t) = V_1(t) \cdot V_1(z), \text{ где } V_1(t) \neq 0.$$
 (9)

Подставляя (9) в (7) и разрешив его относительно функции  $V_1(z)$ , получим уравнение

$$\frac{dV_1}{dz} + \frac{\gamma}{z} \cdot V_1(z) = 0 \quad \text{или} \quad \frac{dV_1(z)}{V_1(z)} + v \frac{dz}{z} = 0$$
 (10)

Из (9) видно,  $V_1(z,t)$  убывающая по z функция, так как  $\frac{dV_1}{dz} \prec 0$ 

Интегрируя уравнение (10), имеем

$$\ln V_1(z) + \ln z^{\nu} = \ln c \text{ или } V_1(z) = \frac{c}{z^{\nu}}, \tag{11}$$

где c - производная постоянная.

Подставляя выражение  $V_1(z)$  в уравнение (9), получим

$$V_1(z,t) = \frac{cV_1(t)}{z^{\nu}}. (12)$$

Используя граничное уравнение (8)  $z = V_0 t$ , имеем выражение для  $V_0$ 

$$V_0 = \frac{cV_1(t)}{(V_0 t)^{\nu}},$$
 при  $t \ge 0.$  (13)

Решаем совместно уравнения (13) и (12), получим

$$cV_1(t) = V_0(V_0 t)^{\nu}; V_1(z, t) = V_0 \left(\frac{V_0 t}{z}\right)^{\nu}.$$
 (14)

В окончательном виде получаем выражение для определения скорости движения частиц грун-

Ta 
$$V_1$$
:  $V_1 = V_1(z,t) = V_0 \left(\frac{V_0 t}{z}\right)^{\nu}$ . (15)

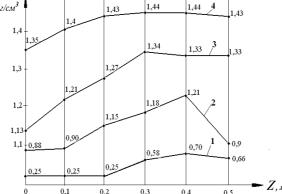


Рисунок 1 - Изменение плотности  $\rho_1$  (Z) почво-грунта по глубине Z

1 — болотно-торфяная целина ( $\mu$  = 0,28); 2 — влажная почва с большим количеством перегноя( $\mu$  = 0,3); 3 — задернелая почва (залежь) ( $\mu$  = 0,35); 4 — песок ( $\mu$  = 0,4).

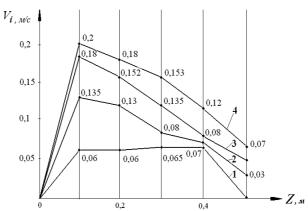


Рисунок 2 - Изменение скорости перемещения частиц  $V_1$  (Z, t) (обозначения почво-грунтов то же, что и на рисунке 1)

Полученные зависимости (5), (6) и (15) позволяют определить поле напряжений  $\sigma_l$ , плотность грунта  $\rho_l$  и скорость перемещения частиц грунта  $V_1$  между движителем и фронтом волны, возникающей при динамическом воздействии звеньев гусениц движущейся машины.

На рисунках 1 и 2 показаны графические зависимости изменения скорости перемещения частиц почво-грунта  $V_1(z, t)$  и плотности почво-грунта  $\rho_1(z, t)$  в его толще под движущейся гусеничной лесной машиной (скорость движения машины  $V_M = 0.4 \ m/c$ , время  $t = 5 \ c$ ).

Выводы

- 1. Дополнительное увеличение давления гусеницы на почву приводит к изменению напряжений в толще грунта.
  - 2. При этом уплотнение почво-грунта происходит не только в его верхних слоях, но и на глубине.
- 3. Основными уравнениями движения среды при решении волновых задач является последовательность уравнений, связывающие компонент напряжения в направлении распространения волны и деформацию. Для описания движения среды при воздействии гусеничного движителя лесных машин выбраны уравнения в переменных Эйлера и переменных Лагранжа.
- 4. Полученные зависимости (5), (6) и (15) позволяют определить поле напряжений  $\sigma_I$ , плотность грунта  $\rho_I$  и скорость перемещения частиц грунта  $V_1$  между движителем и фронтом волны, возникающей при динамическом воздействии звеньев гусениц движущейся машины.

The process of interaction of tracked vehicles with soft soil and ground with the wave theory of deformation. The analytical dependence allow us to determine the stress field in the thickness of soil and ground, density of soil and ground and speed of the particles under the caterpillar tracks of vehicle.

**The key words:** stress field, the density of soil and ground, the speed of the particles of soil and soil bearing length and track width, the wave front, caterpillar tracks.

#### Список литературы

- 1. Баладинский, В.Л. Динамика разрушения сред в строительстве и горном деле [Текст] / В.Л.Баладинский, В.Г.Моисеенко, А.В.Фомин. // Оптимальное взаимодействие: симпозиум по террамеханике. Суздаль, 1992. С 251-258.
- 2. Лобанов, В.Н. Использование волновой теории деформации при описании взаимодействия гусеничных лесных машин со слабыми грунтами [Текст] / В.Н. Лобанов. // Актуальные проблемы лесного комплекса/ Сборник научных трудов. Часть 2.Брянск: БГИТА, 2008.С 23-26.
  - 3. Ляхов, Г.М. Волны в грунтах и пористых средах. [Текст] / Г.М. Ляхов М.: Наука, 1982. 286 с.
  - 4. Умов, Н.А. Избранные сочинения. [Текст] / Н.А. Умов М.: Наука, 1950. 412 с.

#### Об авторах

Лобанов В. Н. – кандидат технических наук, профессор, Брянская инженернотехнологическая академия;

Растягаев В. И. – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского

Сухов С. С. – кандидат технических наук, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского,  $bgd_cc@bk.ru$ 

## УДК 58.08

## ОПЫТ ПЕРЕСЕЛЕНИЯ РАСТЕНИЙ В ЖЕСТКИЕ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ПОЛУОСТРОВА МАНГЫШЛАК И ЮЖНЫЕ РАЙОНЫ РОССИИ

#### В.Б. Любимов

В статье приведены результаты интродукции растений в аридные регионы, основанные на использовании экологического метода переселения растений и применении эффективных технологий их размножения и выращивания. **Ключевые слова**: интродукция, метод, растения, засуха, размножение

Освоение аридных регионов, сопровождающееся урбанизацией, развитием промышленности и сельского хозяйства, способствует значительному увеличению нагрузок на природные экосистемы, развитию процессов опустынивания и экологического кризиса. Наиболее эффективным способом восстановления и оздоровления окружающей среды, предотвращения дальнейшего углубления экологического кризиса (деградация почв, развитие процессов опустынивания) является создание насаждений различного целевого назначения. Бедность аборигенной флоры пустынь и засушливых районов деревьями и кустарниками определяет актуальность ее обогащения за счет интродукции инорайонных видов, обладающих хозяйственно-ценными свойствами. Отсутствие теоретически обоснованных методов и практических рекомендаций по интродукции деревьев и кустарников в аридные регионы России повышает актуальность исследований этого направления [1-3].

Материалы и методы. Исследования проводились на полуострове Мангышлак и в Саратовской области. Цель исследований заключалась в разработке экологического метода по интродукции деревьев и кустарников в аридные регионы, основанного на анализе большого объема фактического материала и собственных исследований [4-7]. В результате был обоснован экологический метод интродукции и разработан ассортимент древесных растений для введения в озеленение и защитное лесоразведение на полуострове Мангышлак [2]. Большое внимание уделялось разработке эффективных способов размножения интродуцентов и технологии их содержания в культуре, позволяющей нейтрализовать отрицательное влияние на растения абиотических факторов, выходящих за пределы их толерантности, а также интерполяции результатов в другие аридные регионы [2,4].

Результаты. Для достижения цели был проведен анализ зарубежного и российского опыта по интродукции растений в аридные регионы, а также осуществлены комплексные исследования по интродукции деревьев и кустарников в чрезвычайно жесткие природные условия полуострова Мангышлак, расположенного на стыке Северных и Южных пустынь. Амплитуда минимальных температур атмосферного воздуха в местах произрастания деревьев и кустарников значительна и составляет около 88° С. По отрицательным температурам воздуха и абсолютному минимуму температуры, ландшафты Земли значительно отличаются. Уменьшение величины радиационного баланса, сопровождающееся понижением температуры воздуха от экватора к полюсам, способствовало формированию видов с разной степенью их толерантности к низким температурам. В процессе эволюции и естественного отбора в разных климатических зонах сформировались виды деревьев и кустарников с довольно четко выраженной градацией по степени морозоустойчивости. Отрицательные температуры в районе интродукции, выходящие за пределы экологической валентности вида, могут привести к замерзанию воды в межклетниках и внутри клеток, что ведет к обезвоживанию клеток, коагуляции белков и разрушению цитоплазмы. Низкие температуры вызывают разнообразные механические повреждения. Часто в морозные зимы на стволах появляются трещины и морозобойны. Промерзание почв в бесснежные зимы приводит к разрыву корней и т.д. Кроме холодостойкости или морозостойкости, способности переносить прямое действие низких температур, при интродукции следует учитывать и зимостойкость растений. Зимостойкость - это способность переносить весь комплекс неблагоприятных условий, в т.ч. и зимнее иссушение, «выпревание» растений, «вымокание», повреждения от весенних и осенних заморозков. Абсолютный минимум температуры является важнейшим лимитирующим интродукцию фактором. Справедливо отмечает А. И. Колесников, что возможность применения той или иной древесной породы для целей озеленения определяется главным образом величиной минимальной температуры, которую может переносить эта порода без существенной потери своих декоративных качеств [3]. Об этом свидетельствуют работы А. Редера, и многих других исследователей [7]. Мы, при подборе интродуцентов, сравнивали минимальные температуры родины вида с минимальными температурами полуострова Мангышлак, которые составляют в приморской полосе $-26^{\circ}$ С, а в континентальной  $-34^{\circ}$ С [4]. В табл. 1 приведено процентное соотношение интродуцированных видов и видов, введенных в озеленение, по степени их морозоустойчивости, в соот-

ветствии с зонами А. Rehder [7]. Минимальные температуры по зонам Редера составляют: II зона - 46-40; III --40-34; IV --34-29; V --29-23; V I --23-18; VII --18-12  $^{0}$  C.

**Распределение интродуцентов по зонам** Rehder, 1949

Таблица 1

Зоны	П	III	IY	Y	YI	YII
1	2	3	4	5	6	7
% к общему числу видов в коллекции	12	15,5	55,3	16,2	1	-
% к числу видов, введенных в озеленение	10,8	18,9	43,3	27	-	-

На рис. 1 приведены данные по распределению видов коллекции ботанического сада.

Статистическая обработка минимальных температур, характерных для родины интродуцентов, показала, что в среднем для интро-дуцентов минимальная температура атмосферного воздуха составляет – 28,  $3\pm0.4^{0}$  C.,  $C\Box$  – 24%, P- 1, 27% и t - 78.

Наибольшее число видов в коллекции представлено четвертой и пятой зонами, с минимальными температурами в местах естественного обитания видов от -29 и до  $-34^{0}$  С. Аналогично представительство видов и в озеленительном ассортименте.

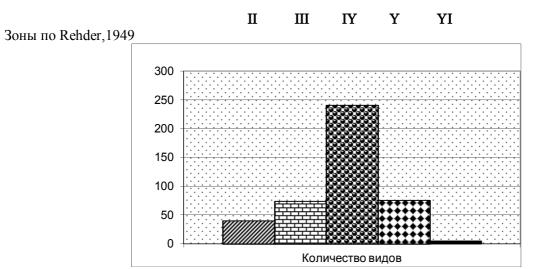


Рисунок 1 - Распределение видов коллекции по зонам Rehder,1949

Представители шестой и седьмой зон практически отсутствуют и в коллекциях сада, и в озеленительном ассортименте полуострова. Их толерантность уже силы воздействия температурного фактора в условиях района интродукции. Представители второй и третьей зон перспективны для всего полуострова Мангышлак и могут быть рекомендованы в более северные аридные регионы России. В табл. 2 показано распределение по зонам наиболее перспективных для полуострова семейств: Rosaceae Juss., Salicaceae Mirb., Oleaceae Lindl. и Leguminosae Juss. Наибольший процент в семействах представляют виды четвертой и пятой зон. Ботанические экспозиции покрытосеменных видов деревьев и кустарников, насчитывают 428 видов, гибридов, форм и сортов из 80 родов, относящихся к 32 семействам, в т. ч.: Aceraceae Juss.: Acer L. (10); Anacardiaceae Lindl: Cotinus Adans. (1), Pistacia L.(2), Rhus L.(3); Berberidaceae Juss.: Berberis L. (20); Betulaceae S.F.Gray.: Betula L.(1), Corylus L. (1); Bignoniaceae Pers.: Catalpa Scop.(2); Caprifoliaceae Vent.: Lonicera L. (17), Sambucus L. (5), Symphoricarpos Duhamel (3), Viburnum L. (2); Chenopodiaceae Vent.: Halohylon Bunge (1), Salsola L. (1), Halostachys C. A. Mey (1); Cornaceae Link.: Cornus L. (10); Elaeagnaceae Lindl.: Elaeagnus L. (5), Hippophae L. (1); Ericaceae DC.: Rhododendron L. (1); Eucommiaceae Van Tiegh.: Eucommia Oliv. (1); Fagaceae A.Br.: Quercus L. (13); Juglandaceae Lindl.: Juglans L. (4), Pterocarya Kunth (2); Leguminosae Juss.: Amorpha L. (5), Caragana Lam. (8), Cercis L.(3), Cladrastis Raf.(1), Cytisus L.(1), Colutea L, (5), Gleditschia L. (6), Halimodendron Fisch. (1), Lespedeza Michx. (1), Robinia L. (4), Sophora L. (1), Spartium L. (1); Loganiaceae Lindl.: Buddleia L. (1); Magnoliaceae Juss.: Liriodendron L.(1); Moraceae Link.: Maclura Nutt.(1), Morus L.(1); Oleaceae Lindl.: Fontanesia Labill.(1), Forestiera Poir.(1), Forsythia Vahl.(4), Fraxinus L.(4), Jasminum L.(1), Ligustrum L.(2), Ligustrina Rupr.(2), Syringa L.(24); Polygonaceae Lindl.: Atraphaxis L.(1), Calligonum L.(7); Rhamnaceae R.Br.: Rhamnus L.(7), Zizyphus Mill.(1); Rosaceae Juss.: Amelanchier Medic.(3), Amygdalus L.(2), Aronia Med.(1), Cerasus Juss.(2), Cotoneaster Medic. (30), Crataegus L, (23), Padus Mill. (7), Physocarpus Maxim. (7), Rosa L. (33), Sorbaria A.Br. (1), Sorbus L. (1), Spiraea L. (15) Rutaceae Juss.: Ptelea L. (1); Salicaceae Lindl.: Populus L. (20), Salix L. (27); Sapindaceae Juss.: Koelreuteria Laxm. (1); Saxifragaceae Juss.: Deutzia Thunb. (1), Philadelphus L. (12), Ribes L. (2); Simarubaceae Lindl.: Ailanthus Desf.(2); Solanaceae Juss.: Lycium L. (6); Tamaricaceae Lindl.: Tamarix L. (1 1); Tiliaceae Juss.: Grewia L. (2), Tilia L. (5); Ulmaceae Mirb.: Celtis L. (5), Ulmus L. (2); Verbenaceae (Juss.) Pers.: Vitex L. (1); Zygophyllaceae Lindl.: Malacocarpus Fisch.et Vey (1), Nitraria L. (1).

Таблица 2 Распределение видов ряда семейств, интродуцированных на Мангышлак, по зонам Rehder,1949

Семейства	Зоны по Редеру					
	II	Ш	ΙΥ	Y	YI	YII
1	2	3	4	5	6	7
Rosaceae Juss.	8,9	8,9	34,5	47,2	0,5	-
Salicaceae Mirb.	11,5	7,7	42,2	38,6	-	-
Oleaceae Lindl.	7,8	5,1	30,6	56,5	-	-
Leguminosae Juss.	11,9	9,5	34,5	44,1	-	-

Представительство флористических источников и их география отражены в табл. 3.

Таблица 3 Представительство флор в ботанических экспозициях <u>(г. Шевченко, % к общему количеству видов)</u>

География и примеры из числа интродуцированных на полуостров Мангышлак видов							
ЕВРОПА:	19,71	Приморье (Physocarphus amurensis (Maxim.)	2,28				
Западная Европа (Rosa arvensis Huds.)	2,7	Китай (Cotoneaster adpressus Bois.)	14,7				
Средняя Европа (Salix fragilis L.)	1,54	Япония: (Salix gracilistyla Mig.)	4,25				
Восточная Европа (Salix glauca L.)	3,48	Западная Азия (Rosa corumbifera Borkh.)	6,36				
Крым (Cotoneaster integerrimus Medik.)	2,32	Центральная и Ср. Азия:					
Южная Европа (Padus machaleb L.) Borckh.)	1,93	Приаралье (Populus ariana Dode)	6,17				
Кавказ (Amygdalus nana L.)	6,58	Прибалхашье (Rosa beggeriana Schrenk)	3,36				
Закавказье (Zizyphus jujuba Mill.)	1,16	Памир (Crataegus altaica Lange)	2,77				
АЗИЯ	68,69	Джунгария (Populus densa Kom.)	3,76				
Сибирь:	5,01	Гималаи (Cerasus tomentosa (Thunb.) Wall.)	2,32				
Западная Сибирь (Rosa acicularis Lindl.)	1,54	Тибет (Cotoneaster bullatus Bois.)	1,58				
Средняя Сибирь (Salix dasyclados Vimm.)	1,35	Монголия (Cotoneaster acutifolius Turcz.)	4,7				
Восточная Сибирь (Rosa davidii Crep.)	2,12	<b>АФРИКА:</b> южные границы ареала (Rosa canina L.)	0,58				
Д.В.:	13,7						
Камчатка (Rosa rugosa Thunb.)	0,58						
Сахалин (Crataegus chlorosarca Maxim.)	0,38						

Наиболее перспективными источниками исходного для интродукции материала в аридные регионы России и сопредельных государств являются Циркумбореальная, Восточноазиатская, Атлантическо-Североамериканская, Скалистых гор и Ирано-Туранская. Практическая ценность работы обусловлена перспективностью и объемами исследований в области обогащения культурной дендрофлоры полуострова Мангышлак, аридных регионов России и сопредельных государств хозяйственно-ценными экзотами, а также предполагаемой практической деятельностью в этих регионах по созданию высокоэффективных насаждений. Использование в практике научно-обоснованного экологического метода и рекомендаций по интродукции растений будет способствовать развитию зеленого строительства и защитного лесоразведения. Внедрение в культуру интродуцированных на Мангышлак видов повысит декоративность и экологическую значимость насаждений этого региона, а их районирование в аридные регионы России повысит устойчивость и оздоровительный эффект насаждений различного целевого назначения. Внедрение прогрессивных технологий по размножению и выращиванию интродуцентов будет способствовать сокращению сроков создания насаждений, снижению себестоимости посадочного материала и сбережению природных ресурсов, в том числе водных, и земельных ресурсов. В условиях пустыни и засушливых условиях Саратовской области были успешно апробированы методы капельного орошения, выращивания растений с закрытыми корневыми системами, использования для посева семян посевных гидроизолированных чеков с постоянным подпитывающим через дренаж увлажнением.

The results of the introduction of plants in arid regions, based on the use of ecological methods relocation of plants and application of effective technologies for their reproduction and growth.

The key words: introduction, method, plants, drought, breeding

#### Список литературы

- 1 Андреев Л.Н. Роль физиологических исследований в разработке проблемы интродукции растений / Л.Н. Андреев // Актуальные задачи физиологии и биохимии растений в ботанических садах СССР (тезисы докладов). Пущино: АНСССР, 1984. с. 3-4.
- 2 Зиновьев В.Г. Прогрессивные технологии размножения деревьев и кустарников / В.Г. Зиновьев, Н.Н. Верейкина, Н.Н. Харченко, В.Б. Любимов. Белгород Воронеж: БГУ, 2002. 135 с.
- 3 Колесников А.И. Декоративная дендрология / А.И. Колесников. М.: Лесная промышленность, 1974. С. 633-695.
  - 4 Любимов В.Б. Интродукция растений / В.Б. Любимов. Брянск: БГУ, 2009. 364 с.
- 5 Русанов Ф.Н. Новые методы интродукции растений / Ф.Н. Русанов // Бюл. гл. ботан. сада. М.: Наука, 1950. Вып. 7. с. 26- 37.
  - 6 Mayr H. Waldbau auf naturgeschichtliher Grundlage. Berlin, 1909. 319 s.
  - 7 Rehder A. Manual of cultivated trees and shrubs. New York, 1949. 725 p.

# Об авторе

Любимов В.Б.- доктор биологических наук, профессор Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, lubimov-v@mail.ru

УДК-582.71

# ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ШИРОКОГО ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ROSACEAE JUSS. С ЦЕЛЬЮ ОБОГА-ЩЕНИЯ ДЕНДРОФЛОРЫ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

И.В. Мельников, Е.В. Мельников

Широкое введение в культуру представителей семейства ROSACEAE JUSS. позволит обеспечить качественный подбор растений для создания устойчивых насаждений различного целевого назначения.

Ключевые слова: перспективность, интродукция, насаждения, устойчивость, дендрофлора.

Восстановление и дальнейшее развитие промышленности, сельского и лесного хозяйства, процессы урбанизации, значительный рост автопарка сопровождаются увеличением нагрузок на природные и антропогенные экосистемы, их деградацией, загрязнением окружающей среды, что отрицательно сказывается и на здоровье человека. Для нейтрализации этих процессов трудно переоценить значение лесоразведения, создания защитных насаждений различного целевого назначения, озеленения городов, поселков, промышленных и сельскохозяйственных объектов.

Особенно актуально для многих регионов России создание почвозащитных, водорегулирующих и зеленых насаждений. Для оздоровления окружающей среды в городах и поселках, на промышленных объектах и вдоль автомагистралей, для сохранения и восстановления земель сельскохозяйственного назначения в Брянской области необходимо интенсивное развитие защитного лесоразведения, зеленого строительства, реконструкция садов и парков, элементов зеленого строительства. Несмотря на благоприятные лесорастительные условия на Брянщине, ее флора не достаточно богата высоко-декоративными, красивоцветущими древесными и кустарниковыми растениями. Большая часть территории Брянской области расположена в пределах природной зоны хвойно-широколиственных лесов, и только крайний юго-восток лежит в северной подзоне лесостепной зоны [1].

Относительная бедность флоры региона растениями, способными удовлетворить все возрастающие потребности декоративного садоводства, паркостроительства, озеленения городов и сел, защитного лесоразведения, определяет актуальность интродукции новых видов, гибридов, форм и сортов и более широкого введения в культуру успешно интродуцированных экзотов.

Сегодня в России, в том числе и Брянской области, накоплен большой фактический материал по интродукции древесных и кустарниковых растений. Определенный практический интерес в этом аспекте представляют и представители сем. Rosaceae Juss. Многие таксоны этого семейства обладают широким экологическим спектром и отличаются устойчивостью к высоким и низким температурам, засоленности почв, обладают относительной устойчивостью к дефициту влаги, антропогенному загрязнению атмосферного воздуха и почвы. Некоторые виды семейства эффективны в защите окружающей среды от пыли, ветра, токсичных веществ, способствуют улучшению микроклимата, выполняют определенную фитонцидную роль и, вместе с тем, характеризуются высоким декоративным эффектом. Немыслимо себе представить сегодня сады и парки России без представителей из родов сем. Rosaceae, таких как роза (Rosa L.), спирея (Spiraea L.), боярышник (Crataegus L.), кизильник (Cotoneaster Medic.), яблоня (Malus

Mill.), рябина (Sorbus L.) и многих других. Семейство насчитывает около 3000 видов, входящих в 120 родов, распространенных преимущественно в северном полушарии [2]. Такие представители, как роза щитконосная (Rosa corymbifera Borkh.), роза мохнатая (R. villosa L.), кизильник цельнокрайний (Cotoneaster integerrimus Medic.), к. блестящий (С. lucidus Schlecht), боярышник Турнефора (Crataegus tournefortii Griseb.), рябина обыкновенная (Sorbus aucuparia L.), рябинник рябинолистный (Sorbaria sorbifolia (L.) А. Вг.) и другие сегодня занимают достойное место в озеленительном ассортименте во многих регионах России, характеризующихся относительно жесткими лесорастительными условиями. Ряд интродуцированных в Брянскую область и соседние регионы виды из сем. Rosaceae представляют большой практический интерес для широкого их использования в декоративном садоводстве, озеленении и защитном лесоразведении. В таблице 1 приведены некоторые представители сем. Rosaceae перспективные для широкого введения в озеленительный ассортимент Брянской области. Их перспективность определена как теоретическим подбором исходного для интродукции в Брянскую область материала, так и практическими результатами интродукции некоторых представителей сем. Rosaceae в Брянскую область [3, 4]. Однако, как показали исследования, потенциальные возможности этого семейства для Брянской очень высоки и в настоящее время нами проводятся систематические исследования по вопросам определения устойчивости интродуцированных в г. Брянск представителей сем. Rosaceae. Определяется их жароустойчивость, зимостойкость и морозоустойчивость. Изучается рост и развитие интродуцентов на фоне погодных условий и динамики водного режима.

При интродукции растений используемым нами экологическим методом необходимо акцентировать внимание на теоретическом подборе и обосновании вида. В таблице 1 приведен список видов древесных растений семейства Rosaceae Juss. для условий Брянской области, подобранных на основе экологического метода, степень толерантности вида определялась на основе собственных исследований и имеющегося фактического материала[5-7].

Таблица 1 - Теоретически обоснованные (на основе экологического метода интродукции) и перспективные для интродукции в Брянскую область виды деревьев и кустарников сем. Rosaceae Juss.

Amelanchier canadensis (L.) Medic. - Ирга канадская, А. ovalis Med. - И. круглолистная (обыкновенная), А. spicata (Lam.) С. Koch. – И. колосовидная, Amygdalus nana L. - Миндаль низкий (степной, бобовник), A. triloba (Lindl.) Rick. – М. трехлопастный, Armeniaca mandshurica (Koehne) Skvortz. - Абрикос маньчжурский, A. sibirica (L.) Lam. - А. сибирский, Aronia melanocarpa (Michx.) Elliot - Арония черноплодная, Cerasus avium (L.) Moench. - Черешня обыкновенная, С. Bessey (Bailey) Sok. - Вишня Бессея (западная песчаная), С. fruticosa (Pall.) G. Woron. - В. кустарниковая (степная), С. vulgaris Mill. – В. Обыкновенная, Chaenomeles japonica (Thunb.) Lindl. – Хеномелес японский (айва японская высокая), Ch. Maulei (Mast.) Schneid. – X. Маулея (айва японская), Cotoneaster integerrima Med. – Кизильник цельнокарий, С. lucida Schl. – К. Блестящий, С. multiflora Bunge. – К. Многоцветковый, Crataegus crus galii L. – Боярышник шпорцевый (петушья шпора), Cr. monogyna Jacq. - Б. Однокосточковый, Cr. охуacantha L. – Б. колючий (обыкновенный), Cr. sanguinea Pall. – Б. Багряный, Cydonia oblonga Mill. - Айва продолговатая (обыкновенная), Malus baccata (L.) Borkh. – Яблоня ягодная (сибирская), М. floribunda Sieb. – Я. Обильноцветущая, М. Niedzwetzkyana Dieck. – Я. Недзвецкого М. prunifolia (Willd.) Borkh. – Я. сливолистная (китайская), M. silvestris (L.) Mill. – Я. лесная (дикая), M. spectabilis (Ait.) Borkh. – Я. Замечательная, Padus Maackii (Rupr.) Kom. et Alisova - Черемуха Маака, P. pensylvanica (L. f.) Sok. - Ч. Пенсильванская, P. racemosa (Lam.) Gilib. - Ч. обыкновенная (кистевая), P. serotina (Ehrh.) Agardh. – Ч. Поздняя, P. virginiana (L.) Mill. – Ч. Виргинская, Physocarpus opulifolia (L.) Maxim. - Пузыреплодник калинолистный (спирея калинолистная),

Prunus domestica L. - Слива домашняя, Pyrus insititia L. - Тернослива, P. spinosa L. - Терн (терен), P. communis L.  $\Gamma$ . обыкновенная (лесная), P. elaeagrifolia Pall. –  $\Gamma$ . Лохолистная, P. salicifolia Pall. –  $\Gamma$ . Иволистная, P. ussuriensis Maxim. – Г. Уссурийская, Rosa alba L. – Роза белая, R. arvensis Huds. – Р. пашенная (полевая), R. canina L. – Р. собачья (шиповник обыкновенный), R. centifolia L. – Р. центифольная (столистная), R. cinnamomea L. – Р. коричневая (коричная), R. dahurica Pall. – Р. Даурская, R. damascene Mill. – Р. Дамасская, R. foetida Herrm. - Р. Вонючая, R. gallica L. – Р. Французская, R. glauca Pourret. – Р. сизая (краснолистная), R. hybrida bifera. – Р. Ремонтантная, R. hybrida polyantha hort. - Р. Полиантовая, R. indica hybrida hort. - Р. чайно-гибридная (индийская), R. multiflora Thunb. – Р. Многоцветковая, R. moschata Herrm. – Р. Мускусная, R. pomifera Herrm. – Р. Яблочная, R. rugosa Thunb. - Р. Морщинистая, R. spinosissima L. - Р. колючейшая (бедренцелистная), Sorbus alnifolia (S. et Z.) С. Koch - Рябина ольхолистная (мелкоплодник), S. americana Marsch. – Р. Американская, S. aria (L.) Crantz. - Р. круглолистная (мучнистая), S. aucuparia L. - Р. Обыкновенная, S. domestica L. - Р. садовая (домашняя), S. hybrida L. - Р. Гибридная, S. intermedia (Ehrh.) Pers. - Р. промежуточная (скандинавская), S. torminalis (L.) Crantz. - Р. лопастная (берека) Sorbaria sorbifolia (L.) A. Br. - Рябинник рябинолистный (спирея рябинолистная), Spiraea arguta Zab. Спирея острозубчатая, S. chamaedryfolia L. – С. Дубровколистная, S. crenata L. – С. Городчатая, S. Douglasii Hook. - С. Дугласа, S. hypericifolia L. - С. Зверобоелистная, S. japonica L. (S. callosa Thunb.) - С. Японская, S. media Fr. Schmidt. – С. Средняя, S. salicifolia L. – С. Иволистная, S. s yringaeflora Lem. – С. Сиренецветная, S. trilobata L. – С. Трехлопастная, S. Vanhouttei (Briot) Zabel. – С. Вангутта, Viburnum Lantana L. - Калина Гордовина, V. lentago L. -К. Канадская, V. opulus L. – К. Обыкновенная, V. Sargentii Koehne. – К. Саржента

При использовании экологического метода интродукции большое внимание должно уделяеться разработке эффективных приемов размножения. С этой целью изучаются такие показатели, как масса плодов и семян, размеры плодов и семян, процент выхода семян из плодов, определяются оптимальные сроки посева семян, их лабораторная и грунтовая всхожесть[8-12].

Экологическим методом подтверждена перспективность флористических источников получения исходного для интродукции материала - это Циркумбореальная, Восточноазиатская, Атлантическо-Североамериканская, Скалистых гор, Мадреанская и Ирано-Туранская флористические области, входящие в Голарктическое царство. Таким образом, перспективными источниками получения исходных для интродукции видов являются флоры, представляющие умеренный физико-географический пояс Земного шара.

На основании проведенных исследований, нами установлено, что повышение экологической эффективности и декоративности насаждений 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 увлажнением, посев семян в фазе физиологической зрелости);

-интродукцией новых устойчивых, декоративных видов;

-широким введением в культуру хозяйственно – ценных видов, успешно прошедших испытание[13 - 18].

Предварительный анализ результатов исследований позволяет сделать заключение о целесообразности дальнейшей интродукции ценных представителей этого семейства в Брянскую область. Особое значение имеет, на наш взгляд, внедрение в озеленение красивоцветущих кустарников из этого семейства и, прежде всего, видов и сортов роз.

В Брянской области имеется значительный потенциал (виды, не введенные в озеленение, но отличающиеся перспективностью для области), реализация которого значительно повысит экологическую эффективность и декоративность насаждений. 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 покрытосеменных растений, т. е. теми жизненными формами, которые недостаточно введены в озеленение.

Broad introduction in culture of REPRESENTATIVES of ROSACEAE JUSS. FAMILY will allow to provide high-quality selection of plants for creation of plantings of various purpose.

*The keywords:* prospects, introduction, plantings, stability, dendroflor

# Список литературы

- 1 Андреев, Л. Н. Роль физиологических исследований в разработке проблемы /Л.Н. Андреев // Актуальные задачи физиологии и биохимии растений в ботанических садах СССР. Пущино: АНС-ССР, 1984. С. 3- 4.
- 2 Ахромеев, Л.М. Природа и природные ресурсы Брянской области / Л.М. Ахромеев, А.Д. Булохов, Н.А. Булохова. Брянск: БГПУ, 2001. -216 с.
- 3 Колесников, А.И. Декоративная дендрология / А.И. Колесников. М.: Лесная промышленность, 1974. 704 с.
- 4 Кормилицын, Д.М. Методические рекомендации по подбору деревьев и кустарников для интродукции на юге СССР / Д.М. Кормилицын. Ялта, 1977. 29 с.
- 5 Культиасов, М.В. Эколого-исторический метод в интродукции растений / М.В. Культиасов // Бюл. гл. ботан. сада. М.: Наука, 1953. Вып. 15. С. 24-53.
- 6 Любимов, В. Б. Интродукция деревьев и кустарников в засушливые регионы / В. Б. Любимов, В. Г. Зиновьев . Воронеж Белград: Бел ГУ, 2001. 224 с.
- 7 Любимов, В.Б. Экологические законы и их практическая значимость при интродукции древесных растений / В.Б. Любимов // Сб. матер. науч. чтений Международной академии наук экол. и безопасности. Петербург: МАНЭБ, 1999. С. 85-86.
- 8 Любимов, В.Б. Актуальность разработки теории интродукции растений, основанной на экологических законах / В.Б. Любимов, К.В. Балина// Международный академический журнал. Балашов, 2000.№ 3. С. 67-71.
- 9 Любимов, В.Б. Экологический метод интродукции древесных растений / В.Б. Любимов, К.В. Балина // Международный академический журнал. Балашов, 2002№ 1. С. 5-6.
  - 10 Любимов, В.Б. Интродукция и акклиматизация растений (учебно-методическое пособие)

/ В.Б. Любимов. Брянск: БГУ, 2005. 86 с.

- 11 Любимов, В.Б. Комплекс экологических законов основа формирования метода интродукции / В.Б. Любимов, А.С. Буренок // Межвузовский сб.: Структура, состояние и охрана экосистем Прихоперья: Балашов: Николаев, 2007. С.20-29
- 12 Любимов, В.Б. Экологический метод интродукции растений и его практическое значение / В.Б. Любимов, И.В. Мельников, Е.Е. Лызина, Н.В. Ларионов //. Сб.научных трудов международной научно-технической конференции. Брянск: БГИТА, 2008. Т.1. С.63-67.
- 13 Любимов, В.Б. Интродукция растений (теория и практика) / В.Б. Любимов. Брянск: Курсив, 2009.  $364\ c$ .
- 14 Русанов, Ф.Н. Новые методы интродукции растений / Ф.Н. Русанов // Бюл. гл. ботан. сада. М.: Наука, 1950. Вып. 7. С. 26- 37.
- 15 Русанов, Ф.Н. Теория и опыт переселения растений в условия Узбекистана / Ф.Н.Русанов. Ташкент: Фан, 1974. 112 с.
- 16 Хржановский, В. Г. Курс общей ботаники / В. Г. Хржановский. М.: Высшая школа, 1976.-480 с.
  - 17 Maur, H. Waldbau auf naturgeschichtlicher Grundlage / H. Maur. Berlin, 1909. 319 s.
  - 18 Rehder, A. Manual of cultivated trees and shrubs / A. Rehder. New York, 1949. 725 p.

#### Об авторах

Мельников И.В. – кандидат биологических наук Брянского государственного университета, есо egf@mail.ru

Мельников Е.В. – аспирант Брянского государственного университета, есо egf@mail.ru

#### УДК 574 (574.2+574.3+ 574.4)

# РЕСУРСНЫЕ ВИДЫ ФЛОРЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО В БРЯНСКОМ ПОЛЕСЬЕ

#### В.Н. Мокрогузова

Проанализирована аккумулятивная особенность лекарственных растений по отношению к тяжелым металлам. Выявлены ценопопуляционные и хозяйственные признаки лекарственных растений, которые позволили разделить 52 вида по трем группам ресурсного статуса. В зависимости от принадлежности к ресурсной группе представляется возможным планировать заготовки видов и вести неистощительное природопользование в Брянской области. Ключевые слова: лекарственные растения, ресурсный статус, ресурсные виды лекарственной флоры, экологическое качество, лекарственное растительное сырье, Брянской Полесье

В биотопах Брянского Полесья официального зарегистрировано 250 видов лекарственных растений, промышленный сбор которых налажен еще с 60-х годов XX века. В настоящее время лекарственное растительное сырье заготавливается исключительно местным населением, с превышением допустимых объемов заготовок. Поэтому потребительское качество лекарственных растений – важное составляющее здорового образа жизни и экологической безопасности человека в современном мире. В условиях староосвоенного региона Нечерноземья России экологические требования к качеству растительного лекарственного сырья повышаются, т.к. пути поступления в эти биосистемы антропогенных загрязнителей, в том числе и элементов группы тяжелых металлов (ТМ) разнообразны. Вместе с тем организация неистощительного ресурсного использования видов лекарственных растений возможна только при условии оценки их распространения в условиях ценозов, фактического состояния ценопопуляций, объема возможного изъятия и прогноз допустимого ежегодного сбора. Распределение лекарственных растений по группам ресурсного значения – основной путь к оптимизации сбора видов, уточнения их ресурсного статуса.

Цель работы — оценить накопительные возможности различных частей лекарственных растений по отношению к TM в различных экотопах Брянского Полесья (Брянская область) и представить данные о ресурсном статусе видов лекарственной флоры.

Лекарственные растения (ЛР) изучались в ходе детально-маршрутных исследований местообитаний области. Для взятия проб и определения количества надземной биомассы растений в биотопов сообществ закладывались 4 регулярно распределенные укосные площадки по 0,25 м<sup>2</sup> каждая, на которых срезались все растения, а также изымались подземные части. Взвешивание свежесобранной биомассы каждого укоса проводили с точностью до 10 г. Отобранные укосы оставляли в качестве

проб для их дальнейшего лабораторного исследования. Почвенные образцы отбирали в момент сбора растительного материала на глубине 0-20 см из зоны расположения корневой системы по диагонали пробных площадок в 5 точках с последующим объединением в смешанный образец в соответствии с требованиями, изложенными в  $\Gamma$ OCT 28168-89.

Подготовку проб к анализу валового содержания ТМ осуществляли в соответствии с ОСТ 10259-2000, высушивание проб до сухого состояния проводили при температуре 105°С, измельчали лабораторным дисковым истирателем ЛДИ-60М до максимального размера частиц менее 1мм. Определение валового содержания ТМ в почвенных и растительных образцах выполняли по «Методике выполнения измерения массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М049-П/04», с использованием прибора «Спектроскан Макс» [2]. В качестве ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) веществ использовали значения, приведенные в ГН 2.1.7.2041-06 и ГН 2.1.2042-06 [3].

При оценке нормативных ресурсных показателей для видов лекарственной флоры учитывалось степень их распространения в экотопах Полесья, скорость восстановления ценопопуляций, продуктивность видов в фитоценозах, соотношение заготовок и запасов на территории области по рекомендациям, представленным учеными Республики Башкортостан [1, 4]. Названия видов указывали по С.К. Черепанову (1995) [5].

Сбор образцов ЛР проводился в течение полевых сезонов 2010-2012 гг. в административных районах Брянской области: Навлинский (ст. Синезёрки, д. Зубовка, ст. Кокоревка – заказник Княжка, урочище Рыжуха, памятник природы Озеро Солька), Выгоничский (ст. Полужье, п. Усовье, д. Новый Хутор, д. Локня), Клинцовский (п. Первомайское, п. Туросна), Гордеевский (д. Петраковка, д. Удел, д. Дмитриевка – оз. Колковского, д. Старая Полона, с. Кузнецы, д. Поповка, болото Горелое, д. Глинное, д. Стругова Буда, д. Алисовка, д. Струговка), Мглинский (п. Степной, с. Дивовка, с. Шеверды, с. Высокое, г. Мглин, с.Деремна, д.Вельжичи, д. Велюханы, д.Симонтовка), Суражский (п. Октябрьский, г.Сураж), Почепский (п Роща, д.Селище, нп. Житня, нп. Ново-Николаевский, д. Сергеевка), Жирятинский (с. Страшевичи), Карачевский (болото Тёплое), Новозыбковский (г. Новозыбков), Брянский (п. Шибенец, п. Кокино, с. Хотылёво), Жуковский (п. Леденёво), Стародубский (с. Попуровка).

Анализ 74 образцов ЛР позволил определить валовые значения содержания ТМ в растениях существующей биогеохимической провинции Нечерноземья, оценить уровень отклонения содержания элементов в отдельных видах ЛР от средних значений.

Валовое содержание железа в проанализированных образцах различных видов варьировало от 1571,8 мг/кг (*крапива двудомная*, д. Велюханы) до 33206,9 мг/кг (*багульник болотный*, д. Софиевка), т.е. изменялось практически в 20 раз и в среднем составило 4910,0 мг/кг. Это в 15 раз выше среднего показателя, определенного ранее для Нечерноземья (319,2 мг/кг). У всех образцов растений Брянской области содержание ТМ выше среднего показателя. Максимальные показатели содержания железа в биомассе *горца змеиного* (корневища), с. Хотылево 27808,0 мг/кг, листьев *брусники*, п. Мирный 23833,2 мг/кг, листьев *хмеля выощегося* (листья), с. Смяльч 14287,2 мг/кг, *ландыша майского* (корневища), п. Усовье 16454,2 мг/кг.

Валовая концентрация марганца в растениях изменялось от 69,5 мг/кг (крапива двудомная, д. Велюханы) до 2671 мг/кг (багульник болотный, д. Софиевка), в среднем составило 287,6 мг/кг, что в 2,8 раз выше аналогичного показателя растительной фитомассы для Нечерноземья (101,5 мг/кг). У 76 % исследуемых образцов содержание ТЭ выше среднего показателя. Наибольшая концентрация марганца отмечена в биомассе горца змеиного (корневища), с. Хотылево 2013,7 мг/кг, брусники, п. Мирный 1635,4 мг/кг, хмеля выощегося (листья), с. Смяльч 1204 мг/кг, ландыша майского (корневища), п. Усовье 1182,25 мг/кг.

Содержание Fe и Mg в подземных органах ЛР выше, чем в надземных. Наибольшее накопление этих ТМ отмечено для образцов ЛР в Гордеевском районе Брянской области. Между содержанием железа и марганца в биомассе растений можно заметить прямую зависимость, чем больше одного элемента в растении, тем выше содержание и другого элемента, и наоборот.

Валовое содержание цинка изменялось от 30,8 мг/кг (*хвощ полевой*, вдоль автодороги с. Дивовка) до 247 мг/кг (*подорожник обыкновенный*, ельник, с. Дивовка). В среднем валовая концентрация цинка составила 97,7 мг/кг, что выше в 2,6 раз среднего содержания элемента в Нечерноземье (36,8 мг/кг). 98% проанализированных видов способны аккумулировать цинк в повышенных количествах в основном в надземной биомассе. Средняя валовая концентрация превышает ориентировочно допустимую концентрацию (ОДК) для Zn (55,0 мг/кг). Максимальные концентрации отмечены в биомассе *тысячелистника обыкновенного* (надземная биомасса), около ж/д ст. Полужье – 238,55 мг/кг, *горце змеином* (надземная биомасса), с. Хотылево, 208,85 мг/кг, *пижме обыкновенной*, берёзово-еловая роща с. Дивовка 199,75 мг/кг, *череде трёхраздельной*, вдоль перекрёстка автодорог с. Дивовка и *череде трёхраздельной*, вдоль грунтовой дороги д. Велюханы 176,6-177 мг/кг.

Содержание меди изменялось от 23,7 (цикорий обыкновенный (корневища), д. Вельжичи; ци-

корий обыкновенный (корневища), д. Струговобудская) до 50,4 мг/кг (пижма обыкновенная, д. Шеверды), в среднем составив 38,6 мг/кг, что в 3 раза выше средних значений концентрации (12,2 мг/кг) в растениях Нечерноземья. У всех исследуемых видов содержание Си выше среднего показателя. Средняя валовая концентрация незначительно превышает ОДК по Си (33,0 мг/кг). Значительное валовое содержание меди обнаружены в надземной биомассе донника желтого, с. Деремна 46,7 мг/кг, тысячелистника обыкновенного, п. Мирный 46 мг/кг, тысячелистника обыкновенного, около перекрёстка автодороги с. Дивовка 48,5 мг/кг, горца змеиного (трава), с. Хотылево 46,95 мг/кг.

Самая высокая концентрация стронция отмечена 267,8 мг/кг (*крапива двудомная*, вдоль грунтовой дороги д. Велюханы), малая — 63,6 мг/кг (*полынь горькая*, вдоль грунтовой дороги д. Велюханы). Для этих растений его среднее содержание составило 108 мг/кг, что выше в 3 раза аналогичного показателя (35,5 мг/кг) в растениях Нечерноземья. У всех проанализированных ЛР содержание этого ТМ значительно превышает средний уровень. Наибольшее содержание стронция в биомассе *крапивы двудомной*, в берёзовой роще с. Дивовка 188,95 мг/кг, *донника желтого*, около ж/д с. Хотылево 236,35 мг/кг, *хмеля ползучего* (листья), с. Смяльч 254,75 мг/кг.

Содержание никеля изменялось от 14,2 мг/кг (ландыш майский, с. Хотылево; цикорий обыкновенный, д. Струговобудская; крапива двудомная, д. Велюханы) до 40,6 мг/кг (горец змеиный (корневища), с. Хотылево). Средняя валовая концентрация — 19,2 мг/кг заметно превышает среднее содержание элемента (1,06 мг/кг) Нечерноземья. У всех проанализированных проб видов ЛР концентрация этого ТМ превышал среднее значение для Нечерноземья, но средняя валовая концентрация не превышает ОДК по Ni (20 мг/кг). Накопителями никеля являются тысячелистник обыкновенный, п. Мирный 37,25 мг/кг, цмин песчаный, д. Веприно 35,1 мг/кг, тысячелистник обыкновенный, около перекрёстка с. Дивовка 30,6 мг/кг.

Содержание кобальта в проанализированных образцах ЛР минимально (кипрей узколистный, д. Шеверды; щавель конский д. Велюханы), или составляет 5,65 мг/кг (цикорий обыкновенный, ельник, с. Дивовка). Из исследованных видов лР 88 % содержат элемент в количествах выше средней концентрации. Высокие уровни кобальта зафиксированы в биомассе цикория обыкновенного, суходольный луг около перекрёстка автодороги с. Дивовка (5,1 мг/кг), подорожника обыкновенного, пойменный луг д. Велюханы (5,3 мг/кг).

Содержание хрома изменялось от 35,4 мг/кг (*тысячелистник обыкновенный*, около ж/д Полужье; чемерица Лобеля, Хотылево) до 67 мг/кг (*ромашка лекарственная*, около грунтовой дороги д. Велюханы). В среднем концентрация составила 50 мг/кг, что значительно выше показателя в растениях Нечерноземья (0,26 мг/кг). У всех собранных видов количество хрома выше среднего показателя. Аккумуляторами элемента являются *подорожник обыкновенный*, ельник, с. Дивовка 61 мг/кг, *подорожник обыкновенный*, вдоль грунтовой дороги д. Велюханы 57,55 мг/кг, *цикорий обыкновенный*, вдоль автодороги д. Велюханы 55,95 мг/кг.

Содержание мышьяка в проанализированных образцах видов варьировало от 6,65 (*ромашка лекарственная*, вдоль грунтовой дороги д. Велюханы) до 16,25-16,65 мг/кг (*кипрей узколистный*, пшеничное поле д. Велюханы; *хвощ полевой*, вдоль автодороги с. Дивовка). Концентрация изменялась в 2,5 раза и в среднем составила 8,5 мг/кг. Валовая концентрация превышает в 4 раза ОДК Аѕ (2,0 мг/кг). В 1,5 раз выше ОДК в почве под ЛР (5,6 мг/кг).

Содержание V в проанализированных видах варьировало от 0 до 26,65 мг/кг (*цикорий обык-новенный* (корни), д. Вельжичи), т.е. изменялось практически в 27 раз и в среднем составило 1,9 мг/кг. Валовая концентрация не превышает ОДК V (150 мг/кг), и находится в пределах предельно допустимой концентрации (ПДК) сосудистых растений (1,6 мг/кг). Максимальное содержание в биомассе *подорожника обыкновенного*, берёзово-еловая роща с. Дивовка 12,8 мг/кг, *цикория обыкновенного* (корни), д. Струговобудская 13,45 мг/кг, *ландыша майского* (корневища), п. Усовье 25,4 мг/кг, *ландыша майского* (корневища), с. Хотылево 19,8 мг/кг.

Содержание Ті в проанализированных видах варьировало от 0 до 1367,0 мг/кг (*цикорий обык-новенный* (корни), д. Вельжичи), т.е. изменялось в 1367 раз и в среднем составило 110 мг/кг. Выше ПДК сосудистых растений (1 мг/кг). Максимальное содержание в биомассе *подорожника обыкновенного*, берёзово-еловая роща с. Дивовка 941,85 мг/кг, *цикория обыкновенного* (корни), д. Струговобудская 976,85 мг/кг, *ландыша майского* (корневища), п. Усовье 1231,95 мг/кг.

V, Ті не накапливаются наземными частями исследуемых видов ЛР. Содержание V и Ті в подземных органах значительно выше, чем в надземных, и часто превышает ПДК (для ванадия). Между содержанием этих ТЭ в биомассе растений выявлена прямая зависимость, чем больше одного элемента в растении, тем выше содержание и другого элемента, и наоборот.

Содержание свинца колебалось от 0 до 48,05 мг/кг (ромашка лекарственная, заболоченная

территория около автодороги с. Дивовка). В среднем концентрация свинца составила 18,5 мг/кг, что значительно выше среднего содержания в ЛР Нечерноземья (0,99 мг/кг). 98% ЛР накапливали элемент в количествах в два и более раз превышающих средний уровень. Валовая концентрация ниже ОДК Рb (32 мг/кг). Максимальное содержание свинца в биомассе зверобоя продырявленного, суходольный луг п. Степной 29,55 мг/кг, ландыша майского (корневища), п. Усовье 42,6 мг/кг, ландыша майского (корневища), Хотылево 38,7 мг/кг, горца змеиного (корневища), с. Хотылево, 35,65 мг/кг. Свинец чаще всего накапливался в подземных органах исследуемых лекарственных растений.

Итак, среди проанализированных ЛР можно выделить группу видов, накапливающих один или несколько ТМ в количествах в 2 и более раз превышающих средние величины содержания элементов, характерные для Нечерноземья РФ и ОДК.

На основе валового содержания 12 TM выделено 3 группы растений: 1 - виды-аккумуляторы очень высоких концентраций того или иного элемента, 2 - виды, содержащие элемент в количествах несколько выше среднего уровня, 3 - виды, содержащие элемент ниже среднего уровня.

Лидерами по накоплению нескольких ТИ являются *подорожник обыкновенный* в ельнике, с. Дивовка (Zn, Cr, V, Ti); *пандыш майский* (корневища)в п. Усовье (Fe, Mn, Pb); *хмель вьющийся* (листья) в с. Смяльч (Sr, Fe, Mn); *багульник болотный* в д. Софиевка (Fe, Mn); *брусника* в п. Мирный (Fe, Mn); *ромашка пекарственная* около автодороги в с. Дивовка (Pb, Mn), горец змеиный в с. Хотылево (Zn, Cu), горец змеиный (корневища) в с. Хотылево (Pb, Ni, Fe, Mn, V).

В целом ресурсный статус ЛР на территории Брянского Полесья представлен тремя основными группами к которым отнесены 52 изученных вида.

К первой группе отнесли виды лекарственных растений, которые широко распространены и даже их массовый сбор не ведет к сокращению численности ценопопуляций в различных по происхождению местообитаниях. Численность ценопопуляций таких видов быстро восстанавливается благодаря неограниченному вегетативному и генеративному способу размножения, запаса семян в почве. Виды первой группы весьма разнородны по биологическим особенностям, а также экотопической приуроченности. В эту группу могут быть отнесены виды рудеральных и сегетальных местообитаний, сбор которых не оказывает влияния на состояние их ценопопуляций в природных условиях: Arctium lappa, Artemisia absinthium, Cichorium intybus, Leonurus quinquelobatus, Urtica dioica, Chamaenerion angustifolium и др. Для этой подгруппы видов максимальная продуктивность надземной части (побегов) составляет 550-680 кг/га, подземной — 19-23 кг/га. Современный объем заготовок из всех местообитаний изменяется от 2000 до 3500 кг/в год.

Также в состав этой группы относят виды лекарственной флоры сильно нарушенных антропогенным вмешательством местообитаний: *Bidens tripartita*, *Capsella bursa-pastoris*, *Melilotus officinalis*, *Persicaria hydropiper*, *Rumex confertus* и др. В этой подгруппе видов максимальная продуктивность надземной части (побегов) составляет от 400 до 550 кг/га. Современный объем заготовок из всех местообитаний изменяется от 15000 до 2500 кг/в год.

Некоторые виды древесных и кустарниковых форм, у которых собирают отдельные части побегов, что не оказывает влияния на их состояние в природе: Betula pendula, Tilia cordata, Rubus idaeus, Filipendula ulmaria, Tanacetum vulgare, Pteridium aquilinum, Humulus lupulus, Agrimonia eupatoria, Amelanchier spicata, Rosa canina, Aegopodium podagraria и др. У видов, отнесенных к этой подгруппе, максимальная продуктивность надземных побегов зарегистрирована до 450 кг/га. Современный объем заготовок из всех местообитаний до 2000 кг/в год.

Вторая группа лекарственных видов растений включает те, которые заготавливаются населением в незначительных количествах, обитают в нешироком спектре местообитаний, со средней скоростью восстановления их ценопопуляций: Convallaria majalis, Orthilia secunda, Polemonium caeruleum, Veratrum lobelianum, Asarum europaeum, Comarum palustre, Potentilla erecta, Menyanthes trifoliata, Symphytum officinale и др. Для этой группы видов максимальная продуктивность надземной части (побегов) составляет до 250 кг/га, подземной — 11-14 кг/га. Современный объем заготовок из всех местообитаний изменяется от 800 до 100 кг/в год.

К третьей группе отнесли виды лекарственной флоры, преимущественно распространенных в малонарушенных сообществах, при оптимуме произрастания в ценозах со специфическим экологическим режимом. Скорость восстановления их ценопопуляций средняя и малая, численность — неустойчива: Angelica archangelica, Thymus serpyllum, Vaccinium vitis-idaea, Origanum vulgare, Juniperus communis, Allium ursinum, Potentilla alba, Chimaphila umbellata, Ledum palustre, Primula veris, Centaurium erythraea и др. Для таких видов эксплуатационный запас лекарственного сырья численно меньше, чем масса заготавливаемого сырья, поэтому необходимо введение обязательного нормирования сбора и заготовок, картирование местообитаний и дальнейшее изучение динамики их численности. Максимальная продук-

тивность надземной части (побегов) растений группы составляет 150-200 кг/га, подземной – до 10 кг/га. Современный объем заготовок из всех местообитаний изменяется от 500 до 700 кг/в год.

Виды, ресурсное использование которых возможно только при введении в плантационную культуру (редкие и охраняемые) нами не исследовались.

Оценка ресурсного статуса спектра лекарственных растений местообитаний Брянской области позволит представить данные для возобновления промышленного сбора, рекомендации по нормированию заготовок, оптимизировать подходы к неистощительному природопользованию. Также необходим мониторинг состояния ценопопуляций лекарственного растительного сырья и уточнение ресурсного статуса всех видов, заготовка которых осуществляется на территории Брянского Полесья.

Studying of species of medicinal vegetative flora of Bryansk Polesye within Bryansk area has allowed to analyse accumulative feature of plants in relation to heavy metals. Are revealed of cenopopulatoins and economic signs of herbs which have allowed to divide 52 species on three groups of the resource status. Depending on an accessory to resource group it is obviously possible to plan preparations of kinds and to conduct wildlife management in Bryansk area.

**The key words**: herbs, the resource status, resource species of medicinal flora, ecological quality, medicinal vegetative raw materials, Bryansk Polesye

#### Список литературы

- 1. Крылова И.Л. Методика определения запасов лекарственных растений. М., 1986. 52 с.
- 2. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М 049-П/04.С-Пб.: ООО НПО «Спектрон», 2004. 20c
  - 3.ПДК и ОДК химических веществ в почве (ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.2042-06).
- 4. Федоров Н.И., Жигунова С.Н., Михайленко О.И. О методических подходах к контролю динамики важнейших ресурсных видов лекарственной флоры республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 5(3) С. 113-115.
  - 5. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб, 1995. 992 с.

#### Об авторах

Мокрогузова В.М. – аспирант кафедры экологии и рационального природопользования, Брянский государственный университет,  $eco\_egf@mail.ru$ 

#### УДК 581.526

# ЧЕМЕРИЦА ЧЁРНАЯ – VERATRUM NIGRUM L. (MELANTHIACEAE) В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Му-За-Чин

В статье представлены данные о распространении и состоянии ценопопуляций редкого вида чемерицы черной – *Veratrum nigrum* L. (*Melanthiaceae*) в Брянской области.

Ключевые слова: Veratrum nigrum, ценопопуляция, Брянская область.

**Введение.** Чемерица чёрная — *Veratrum nigrum* L. (*Melanthiaceae*) — восточноевропейско-азиатский лесостепной вид, распространённый в сообществах сухих лесных и пойменных лугов, на горных склонах, в кустарниковых зарослях, реже в лиственных лесах Центральной и Северной Европы, в горах Швейцарии, Северной Италии, на Балканах, в Беларуси, Украине, Европейской части России, Западной Сибири, на Дальнем Востоке, в Средней Азии [10].

В Средней России чемерица обычна для чернозёмной полосы, на север проникает до Серпухова и Коломны [1]. Приводится для Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Московской, Пензенской, Орловской, Рязанской, Саратовской, Тамбовской, Тульской областей [5]. В соседней Орловской области считается редким и встречается в 18 районах; в бассейне Днепра исключительно редко [1]. Занесена в Красную книгу Калужской области [4], где встречается в долине Оки.

Данные о распространении *V. nigrum* в Брянской области противоречивы. Как редкое указывается П.З. Босеком для сырых лугов, кустарников в р-не н. п. Дроново, Вельяминово (Карачевский р-н), Стародубского р-на, окр. н. п. Угревище (Комаричский р-н) и «других мест» [2, с. 132]. Указана для лесных лугов, закустаренных склонов, лиственных лесов и их опушек для Карачевского и Комаричского р-нов, изредка [3]. Однако гербарные сборы из указанных районов отсутствуют.

В 2010 году при геоботаническом обследовании Севского р-на чемерица черная была найдена

на остепненном склоне и лесной опушке в долине ручья, впадающего в р. Сев у н. п. Чемлыж (Э.М. Величкин, А.В. Харин, Гербарий БГУ, 7.08.2010). В 2012 г. поиски местонахожений чемерицы в Севском р-не были продолжены. Ценопопуляция этого вида обнаружена на территории лесного массива северо-восточнее н. п. Зеленин хутор.(В. В. Му-За-Чин, Ю.А. Семенищенков, 30.07.2012).

#### Методика работы по изучению возрастного состава ценопопуляции Veratrum nigrum.

В настоящей статье приведены результаты изучения состояния ценопопуляции *V. nigrum* в указанном местонахождении с использованием традиционных методик.

Обозначения онтогенетических состояний: p – проростки, j – ювенильные особи, im – имматурные особи, v – виргинильные особи, g – генеративные особи, s – субсенильные особи, s – сенильные особи.

Анализ размещения особей проведен с использованием метода итераций (по А. А. Маслову [6]) с определением статистического показателя распределения (t). Так как растения чемерицы представляют собой моноцентрическую биоморфу [7], в качестве счетной единицы принято отдельное растение. Учет особей проведен на трансектах 0,5 х 10 м (табл. 1-2).

**Результаты и их обсуждение.** Ценопопуляция чемерицы чёрной обнаружена в березняке с дубом разнотравная на склоне юго-восточной экспозиции крутизной 18° на смытых балочных суглинках, подстилаемых карбонатами, в долине ручья, впадающего в р. Сев у н. п. Чемлыж северо-восточнее н. п. Зеленин хутор. Названия сосудистых растений даны по С. К. Черепанову [8]. Обилие-покрытие дано по комбинированной шкале Ж. Браун-Бланке [9]. Ниже приводится описание сообщества.

Древостой первого подъяруса формирует береза повислая высотой 18-20 м, во втором подъярусе – дуб черешчатый до 15 м в высоту. Сомкнутость древостоя – 60 %.

Подлесок разреженный, местами обильна Frangula alnus, рассеянно присутствуют Corylus avellana, Euonymus verrucosa, Viburnum opulus, подрост осины, дуба.

В травяном ярусе – характерное сочетание видов ксеромезофитных широколиственных лесов, среди которых *Potentilla alba, Primula veris, Carex montana, Lathyrus niger, Digitalis grandiflora* и др. Весьма примечательно присутствие редких в области видов: *Lathyrus pisiformis, Iris aphylla, Anthericum ramosum, Digitalis grandiflora*.

Флористический состав: Betula pendula A (3), Quercus robur B (2), Q. robur C (+), Frangula alnus C (1), Corylus avellana C (+), Euonymus verrucosa C (+), Rubus caesius (+), Viburnum opulus C (r), Populus tremula C (r), <u>Veratrum nigrum</u> (+), <u>Carex montana</u> (+), <u>Potentilla alba (r)</u>, <u>Primula veris (1)</u>, <u>Lathyrus pisiformis</u> (r), Clinopodium vulgare (+), Agrimonia eupatoria (+), Lathyrus niger (1), Filipendula vulgaris (+), Trifolium alpestre (+), Medicago falcata (+), Viola hirta (+), Veronica teucrium (+), Torilis japonica (+), Agrostis tenuis (2), Trifolium medium (+), Campanula rapunculoides (+), Fragaria vesca (+), Veronica chamaedrys (+), Galium boreale (+), Digitalis grandiflora (+), Ranunculus polyanthemos (+), Galium mollugo (+), Geranium roberthianum (r), Campanula bononiensis (r), Centaurea jacea (r), <u>Iris aphylla</u> (r), <u>Anthericum ramosum</u> (r), Geum urbanum (r), Urtica dioica (+), Astragalus glycyphyllos (r), Epilobium montanum (+), Scrophularia nodosa (r), Elytrigia repens (+), Phalochroloma annua (r), Convallaria majalis (+), Heracleum sibiricum (+), Genista tinctoria C (r), Inula salicina (r), Amoria montana (r), Hieracium onegense (r), Calamagrostis epigeios (+), Lathyrus vernus (+), Viola canina (r), Ajuga genevensis (r), Phlomoides tuberosa (r), Rumex thyrsiflorus (r), Carex hirta (r), Dryopteris filixmas (r), <u>Campanula persicifolia</u> (r), Turritis glabra (r), Poa nemoralis (r), Festuca gigantea (r), Pimpinella sp. (r), Cirsium vulgare (r), Dryopteris carthusiana (r), Vicia sepium (r), Hypericum perforatum (r), Polygonatum multiflorum (r), Carex contiqua (r), Schrophularia nodosa (r), Anthriscus sylvestris (r), Steris viscaria (r), Potentilla goldbachii (r), Achillea millefolium (r), Peucedanum oreoselinum (r), Campanula patula (r), Knautia arvensis (r), Hieracium umbellatum (r), Silene dioica (r). Автор Ю.А. Семенищенков. Общее проективное покрытие – 60 %. Видовое богатство -77 видов на  $400 \text{ м}^2$ .

В ценопопуляции чемерицы чёрной отмечено 77 особей различных онтогенетических состояний.

Таблица 1

Анализ разме	Анализ размещения особей на трансекте № 1. Вершина склона балки																			
№ ячейки п. п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Присутствие (+)/ отсутствие (-)	+	+	+	+	+	+	_	_	+	+	+	_	_	-	+	_	_	+	_	_
Количество особей	2	1	1	4	1	3			1	1	1				1			1		
Онтогенетическое состояние	im	im	im	i	i	i			i	im	im				i			i		

t = 0,50, распределение случайное.

Трансекта № 2 заложена в средней части склона в остепнённом лугово-опушечном злаковоразнотравном сообществе. Фоновыми видами здесь являются Anthericum ramosum, Iris aphylla, Astragalus cicer, Centaurea jacea, Falcaria vulgaris, Dactylis glomerata, Helictotrichon pubescens. Высота травостоя 40-70 см, отдельные растения достигают 150-160 см.

Таблица 2

Анализ размешения особей на т	ансекте № 2. Средняя часть склона балки
Tinains pasmengening occorn na i	инсекте и 2. Средиии тасть склона ошики

_	№ ячейки п. п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Присутствие (+)/ отсутствиие (-)	+	_	-	-	-	+	-	_	+	-	+	_	+	_	-	-	+	+	_	-
	Количество особей	1					1			1		2		1				1	1		
	Онтогенетическое состояние	j					im			j		im		g				j	im		
	t= - 1,06, распределение слу	чайно	oe.																		
			_																		

В приведенных ниже таблицах даны некоторые морфологические параметры растений чемерицы в изученной ценопопуляции.

Таблица 3

	Длина побега, см	
№ образца п. п.	im	g
1	29	119
2	31	162
3	18	132
4	27	131
5	30	134
6	25	-
7	22	-
8	20	-
9	16	-
10	30	-
Средняя	24,8±1,73	135,6±5,09

Таблица 4

TO		
Количество	листьев.	ШТ

№ образца п.п.	j	im	g
1	1	5	10
2	2	6	11
3	3	5	10
4	3	6	11
5	3	4	11
6	2	4	_
7	1	4	_
8	1	4	_
9	2	5	_
10	2	3	_
Средняя	2±0,15	4,6±0,16	5,3±0,24

Таблица 5

#### Ширина и длина листа, см

N 5		Ширина листа, см	M.	Длина листа, см					
№ образца п. п.	j	im	g	j	im	g			
1	3	6	7	32	28	42			
2	6,5	11	7	33	30	40			
3	4,5	8	8	27	27	33			
4	8	5	12	18	27	32			
5	14	12	10	29	26	35			
6	9	11	13	19	30	40			
7	10	10	13	21	34	42			
8	5,5	10,5	13	19	31	37			
9	8	11	15	20	26	37			
10	4	8	13	17	29	33			
Средняя	7,2±0,68	9,2±0,45	11,1±0,53	23,5±1,12	28,8±0,46	37,1±0,69			

Таблица 6

Количество цветков (I), бутонов (II) в соцветии, шт.

№ образца п.п.	I	II
1	660	25
2	640	40
3	680	35
4	550	70
5	560	75
Средняя	618±8,37	49±3,13

Заключение. В обнаруженном местонахождении ценопопуляции Veratrum nigrum заложены две площадки для ежегодных мониторинговых наблюдений. Обследованную ценопопуляцию можно считать неполночленной, так как в ней присутствуют особи не всех онтогенетических состояний. Для растений чемерицы характерно случайное распределение.

Определение некоторых морфометрических параметров растений и данные наблюдения за их

динамикой будут использованы в дальнейшем для оценки виталитета ценопопуляции и разработки мер по ее сохранению в данном местонахождении.

Автор благодарит доцента кафедры ботаники БГУ, к.б.н. Э.М. Величкина, доц., к.б.н. А.В. Харина за предоставленные данные о распространении изучаемого вида; к.б.н. доц. Ю.А Семенищенкова за помощь в обработке материала. Н.А. Генералова за содействие в организации исследований в Севском р-не.

In the paper the data on the distribution and status of the coenopopulations of the rare species *Veratrum nigrum (Melanthiaceae)* in Bryansk region are done.

The key words: Veratrum nigrum, coenopopulation, Bryansk region.

#### Список литература

- 1. Атлас редких и охраняемых растений Орловской области / Л.Л. Кисилева, О.М. Пригоряну, А.В. Щербаков, Н.И. Золотухин / Под ред. М.В. Казаковой. Орел, 2012. С. 144-145.
  - 2. Босек, П.З. Растения Брянской области / П.З. Босек. Брянск: Приокское кн. изд-во, 1975. С. 131-132.
- 3. Булохов, А.Д. Определитель растений Юго-Западного Нечерноземья России / А.Д. Булохов, Э.М. Величкин. Брянск, 1998. 380 с.
  - 4. Красная книга Калужской области. Калуга: Золотая Аллея, 2006. 608 с.
- 5. Маевский, П.Ф. Флора Средней полосы Европейской части России / П.Ф. Маевский. М.: КМК, 2006.  $600~\rm c.$
- 6. Маслов, А.А. Количественный анализ горизонтальной структуры лесных сообществ / А.А. Маслов. М., 1990. 160 с.
  - 7. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М., 1988. 183 с.
  - 8. Veratrum nigrum L. // Флора СССР. Т. 4. Л., 1949.
- 9. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С.К. Черепанов. СПб., 1995. 994 с.
  - 10. Braun-Blanquet, J. Planzensociologie. 3. Aufl. / J. Braun-Blanquet. Wien, N.-Y., 1964. 865 p.

# Об авторе

Му-За-Чин В.В. - аспирант кафедры ботаники Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, kafbot2002@mail.ru

# УДК\_577.21

# ПЕРЕДАЧА ВИРУСА КУСТИСТОЙ КАРЛИКОВОСТИ МАЛИНЫ ПРИ СЕМЕННОМ И ВЕГЕТАТИВНОМ РАЗМНОЖЕНИИ\*

Ю.Ф. Мытницкая, Е.В. Немцова, С.Н. Евдокименко, В.В. Заякин, И.Я. Нам

Одним из наиболее опасных патогенов малины является вирус кустистой карликовости малины (ВККМ). Для его диагностики был разработан метод RT-PCR. В данной работе был осуществлен анализ ВККМ в полевых растениях малины, культивируемых *in vitro*, а также в гибридных сеянцах. Вирус был обнаружен в 90% исследуемых образцов. **Ключевые слова:** ремонтантная малина — вирус кустистой карликовости малины — метод RT-PCR — диагностика ВККМ — культура *in vitro*.

Малина – ценная ягодная культура. В Брянской области проводится целенаправленная селекция ремонтантной малины, которая характеризуется большей продуктивностью по сравнению с неремонтантными сортами [1, с. 26]. Для ускорения селекции ремонтантных форм малины ранее была проведена оптимизация метода клонального микроразмножения [2, с. 209], [3, с. 51]. В настоящей работы были использованы полевые растения малины как ремонтантных, так и неремонтантных сортов малины, предоставленные селекционерами Казаковым И. В. и Евдокименко С. Н., а таже растения, культивируемые in vitro. Существенной проблемой при возделывании данной ягодной культуры оказывается восприимчивость к различным заболеваниям, в том числе вирусным. Одним из наиболее распространенных патогенов является вирус кустистой карликовости малины (ВККМ), снижающий урожайность и ухудшающий качество посадочного материала. ВККМ обнаружен при обследовании посадок 15-ти сортов и форм малины Кокинского ОП ВСТИСП [4, с. 98]. В естественных условиях ВККМ передается при семенном размножении и с пыльцой. Это делает контроль за его распространением в селекционных питомниках и производственных насаждениях особенно сложным. Вирус

<sup>\*</sup>Работа выполнена при поддержке грантов ФЦП №02.740.11.0285, АВЦП 2.11/224 и Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно – технической сфере

поражает все растение вместе с корневыми отпрысками, заболевшие кусты подлежат уничтожению. Для предотвращения распространения данного патогена в посадках малины необходимо своевременно проводить обследование растений на наличие ВККМ [5].

Для анализа вирусов в настоящее время применяются две группы методов: иммунологические (с помощью ИФА) и молекулярно-генетические методы на основе полимеразной цепной реакции. Для диагностики ВККМ и других вирусов разработаны и рекомендованы к применению наборы, содержащие поли- и моноклональные антитела, а также такие методы, как IC-RT-PCR [6, р. 842], RT-LAMP [7, р. 153], RFLPA [8, р. 151]. В России запатентована и используется разработанная нами методика диагностики ВККМ на основе RT-PCR [9].

# Методика и материалы

Для проведения исследования в данной работе были использованы полевые растения малины красной сортов Бальзам, Гусар, Метеор, малины черной сорта Кумберленд и ежевики сорта Агавам. Были проанализированы пробирочные растения 9 сортов и генотипов малины красной (*R. idaeus* L.), культивируемой *in vitro:* Бабье лето-2, Геракл, Жар-птица, Пингвин, 37-15-4, 8-79-2, 8-202-1, Евразия и Абрикосовая.

Для предварительной оценки возможности вертикальной передачи вируса через семена и получения не зараженных сеянцев были проанализированны усредненные пробы из листьев гибридных сеянцев ремонтантной малины 35 различных семей. Отбирали листья с трех помеченных этикетками растений каждой семьи и объединяли.

Выделение тотальных нуклеиновых кислот из листьев растений проводилось с помощью фенол-хлороформенного метода с экстракцией гуанидинизотиоцианатным буфером [10, р. 156], [11, с. 76]. Анализ осуществлялся разработанным ранее методом диагностики ВККМ на основе RT-PCR, с использованием 2 пар праймеров, комплементарных генам белка оболочки (СР) и генам транспортного белка (МР) вируса (таблица 1).

Последовательности использованных праймеров

Таблица 1.

	r r r r r r r r r r r r r r r r r r r
Название, тип	5'-3' последовательность
RBDV-MP-5Sal обратный	cacagg atc caa cта ttgtggaggatttgc
RBDV-MP+5Bamпрямой	cacagg atc caa cта ttgtggaggatttgc
RBDV-CP-3Sal обратный	tgtcgtcgacggcaccgccc
RBDV-CP+3 <i>Bam</i> прямой	cacagg atc cga catgtctatgtctgcraagg

#### Результаты и обсуждение

Проведена оптимизация методики диагностики ВККМ методом RT-PCR. Так, были подобраны оптимальные количества препаратов нуклеиновых кислот для внесения в реакционную смесь при проведении обратной транскрипции (0,8 мкг), а также количество праймеров при проведении ПЦР (12,5 пмоль) (рис. 1).

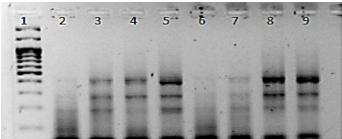


Рис. 1. Электрофореграмма продуктов RT-PCR сорта Бабье лето-2

1 — маркер GeneRuler 3 kb DNA Ladder; треки 2-5 - 25 пмоль праймеров, треки 6-9 - 12,5 пмоль праймеров, 2,6-0,2 мкг РНК, 3,7-0,4 мкг РНК, 4,8-0,6 мкг РНК, 5,9-0,8 мкг РНК

На данной электрофореграмме наиболее четкие полосы длиной 383 bp расположены на треках 5 и 9. Данные треки отражают результаты ПЦР, для проведения которой было взято 0,8 мкг РНК и 12,5 пмоль праймеров.

Модифицированным методом осуществлен анализ растений 3 сортов малины красной, 1 сорта малины черной и 1 сорта ежевики, произрастающих в полевых условиях. Во всех исследованных образцах был обнаружен ВККМ (рис. 2).

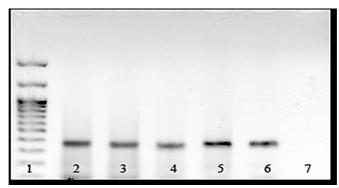


Рис. 2. Электрофореграмма продуктов RT-PCR

1 – маркер GeneRulerÔ 3 kb DNA Ladder; 2 – красная малина сорт Метеор, 3 – красная малина сорт Гусар, 4 и 5 – черная малина сорт Кумберлен, 6 – ежевика сорт Агавам, 7- отриц. контроль

Это согласуется с данными о том, что ВККМ поражает различные виды рода Rubus, в том числе ежевику, черную малину [12, р. 82]. Полосы, соответствующие вирусным фрагментам, на различных треках отличаются разной интенсивностью флуоресценции. Так, при использовании проб РНК, выделенных из молодых листьев черной малины сорта Кумберленд (трек 5) накопление вирусных ампликонов длиной 383 bp происходило более эффективно, чем при использовании старых листьев (наблюдалась полоса, характеризующаяся наиболее яркой флуоресценцией). Наиболее эффективным для диагностики ВККМ является использование молодых тканей цветущих растений малины, не содержащих значительных количеств фенольных соединений, затрудняющих протекание полимеразной цепной реакции.

Метод RT-PCR обладает достаточной чувствительностью, что позволяет обнаруживать инфекцию в растениях, культивируемых in vitro. Был проведен анализ на наличие вируса в пробирочных растениях 9 сортов и генотипов малины красной. Во всех проанализированных образцах пробирочных растений был обнаружен ВККМ. На полученной элекрофореграмме была обнаружена характерная полоса, соответствующая вирусспецифичному фрагменту ДНК длиной 383 bp. Это согласуется с литературными данными, что размножение изолированных апексов инфицированных растений in vitro не освобождает посадочный материал от вируса [13, р. 70].

Так как ВККМ передается при семенной размножении, нами проведен анализ вируса в сеянцах малины различных семей.

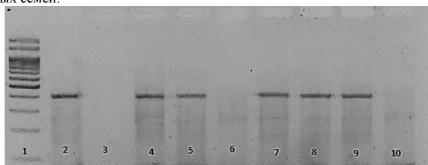


Рис. 3. Электрофореграмма продуктов RT-PCR, полученных из проб нуклеиновых кислот из сеянцев малины.

1 – маркер GeneRulerÖ 3 kb DNA Ladder; 2-10 – образцы семей №№13-21 гибридных сеянцев Результаты скрининга ВККМ в сеянцах ремонтантной малины представлены в таблице 2.

Скрининг ВККМ в сеянцах малины различных семей

№ семьи Результат анализа Результат анализа № семьи

Таблица 2.

2	+	14	=	26	+
3	-	15	+	27	+
4	+	16	+	28	+
5	-	17	=	29	-
6	-	18	+	30	+
7	+	19	+	31	-
8	+	20	+	32	-
9	+	21	=	33	+
10	+	22	+	34	+
11	+	23	+	35	+
12	-	24	+		

Из данных таблицы следует, что ВККМ обнаружен в выборках растений в 24 из 35 семей гибридных сеянцев. По литературным данным [14, р. 271], процент передачи вируса кустистой карликовости малины колеблется от 15% до 77% в зависимости от вида малины. Результаты скрининга ВККМ в некоторых семьях сеянцев ремонтантной малины представлены на рис. 3, из которого следует, что в 6 образцах из 9 обнаружен ВККМ.

Полученные данные свидетельствуют о том, что ВККМ эффективно передается при вегетативном размножении растений, в том числе в условиях in vitro после меристемной культуры и вертикально в семьях гибридных сеянцев. Поскольку вирус в естественных условиях передается с пыльцой на значительные расстояния даже между разными видами рода Rubus мероприятия по оздоровлению могут оказаться не эффективными, поэтому наиболее перспективным является создание устойчивых к ВККМ форм растений.

Raspberry bush dwarf virus (RBDV) is one of the most dangerous pathogens of the raspberry. Method RT-PCR was devised for its diagnostic. In this work an analysis RBDV was implemented in the field raspberry plants, cultivated in vitro, as well as in the hybrid seedlings. The virus was detected in 90% of the samples.

**The key words**: remontant raspberry - Raspberry Bushy Dwarf Virus - the method of RT-PCR - the diagnostic of RBDV - the culture in vitro.

# Список литературы

- 1. Казаков И. В. Проблемы и перспективы создания сортов малины ремонтантного типа // Селекционно-генетические проблемы развития садоводства в средней полосе европейской части России. Мичуринск, 1995. С. 26-29.
- 2. Немцова Е.В., Заякин В.В., Артюхова А. В., Нам И. Я. Распространенность вируса кустистой карликовости малины при клональном микроразмножении различных форм ремонтантной малины // «Вестник Брянского государственного университета», 2007, №4. с. 209-213.
- 3. Нам И.Я., Заякин В.В., Вовк В.В., Казаков И.В. Оптимизация метода клонального микроразмножения для ускоренной селекции межвидовых ремонтантных форм малины // Сельскохозяйственная биология. 1998. №3. С. 51-56.
- 4. Немцова Е.В., Заякин В.В. Обнаружение вируса кустистой карликовости методом RT-PCR в некоторых генотипах ремонтантной малины селекции опорного пункта ВСТИСП // Материалы четвертого съезда Общества биотехнологов России (6-7 декабря 2006 г). Москва, 2006. С.98.
- 5. Немцова Е. В., Мытницкая Ю. Ф. Анализ нуклеотидных последовательностей генов РНК-2 вируса кустистой карликовости малины //Материалы научно-практической конференции «Инновационный потенциал молодежи Брянской области: достижения и перспективы» / Брянск, 2011. С. 73-76.
- 6. Kokko H.I., Kivineva M., Karenlampi S.O. Single-step immunocapture RT-PCR in the detection of Raspberry Bushy Dwarf Virus // Biotechniques. 19966. Vol. 20, №5. P.842-846.
- 7. Wang Q., Cuellar W.J., Akita M., Rajamaki M.L., Valkonen J.P.T. Localization and LAMP-based detection of the pollen-transmitted raspberry bushy dwarf virus (RBDV) in meristematic tissues and regenerated plants of *Rubus idaeus* following cryopreservation. PubMed. 2005.
- 8. Barbara D.J., Morton A., Spence N.J., Miller A. Rapid differentiation of closely related isolates of two plant viruses by polymerase chain reaction and restriction fragment length polymorphism analysis // Journal of Virological Methods. 1995. Vol. 55. P.121-131
- 9. Заякин В. В., Немцова Е. В., Нам И. Я. Набор олигонуклеотидов-праймеров для идентификации РНК вируса кустистой карликовости малины. Номер 2385934. Начало действия патента 27.04.2009
- 10. Chomczynski P., Sacchi N. Single-step method of RNA isolation by Acid guanidine thiocyanate-phenol-chloroform extraction // Anal. Biochem. 1987. Vol. 162. P.156-159.
- 11. Немцова Е. В., Заякин В. В. Особенности использования RT-PCR для идентификации RBDV в тканях ремонтантной малины // «Вестник Брянского государственного университета». 2006. №4. с. 76-79.
- 12. Ellis M.A., Converse R.H., Williams R.N., Williamson B. Compendium of Raspberry and Blackberry diseases and insects // American Phytopathological Society. St. Paul, MN, 1991.
- 13. Lankes C. Elimination of Raspberry Bushy Dwarf Virus // Acta Horticulturae: VII International Symposium on Small Fruit Virus Diseases. 1995. Vol. 385. P. 70-75.
- 14. Murant A.F., Chambers J., Jones A.T. Spread of raspberry bushy dwarf virus by pollination, its association with crumbly fruit, and problems of control // Ann. appl. Biol. 1974. Vol. 77. P.271-281.

#### Об авторах

Мытницкая Ю.Ф. – аспирант Брянского государственного университета имени И. Г. Петровского,  $mytnickya\_yulia@mail.ru$ ,

Немцова Е. В. – кандидат биологических наук, ст. преподаватель кафедры ботаники Брянского государственного университета имени И. Г. Петровского, elenanemz@mail.ru

Евдокименко С. Н. – доктор сельско-хозяйственных наук, профессор Брянской государственной сельскохозяйственной академии,

Заякин В.В. – доктор биологических наук, профессор Брянского государственного университета имени И. Г. Петровского, iynam1@yandex.ru,

Нам И. Я. – доктор биологических наук, профессор Брянского государственного университета имени И. Г. Петровского, iynam1@yandex.ru

#### УДК 636.085.66+636.084.13+636.084.12

# «БИОСТАРТЕР» - ЭФФЕКТИВНЫЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОДУКТ ДЛЯ КОРМЛЕНИЯ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА\*

И.Я. Нам, А.Л. Козлов, Н.Я. Ерохов, О.В. Титова, К.С. Маловастый

Ферментированный продукт «Биостартер» на основе ржано-люпиновой смеси показал высокую эффективность как кормовая добавка при кормлении молодняка крупного рогатого скота, начиная с месячного возраста, фактически заменяя традиционные заменители цельного молока. Достигнуто существенное повышение привесов телят в возрасте от 1 месяца при введении в рационы кормления «Биостартера» - на 20%-128%, в зависимости от возраста телят и количества «Биостартера» в рационе. Технология рекомендуется к широкому внедрению в животноводческих хозяйствах. 
Ключевые слова: крупный рогатый скот, ферментация кормов, рожь, люпин, ферментативный препарат НИСТ, технологический комплекс ферментации, кавитационный эффект.

#### Работа выполнена при финансовой поддержки гранта Министерства образования и науки Российской Федерации ГК 16.512.11.2270

Для кормления крупного рогатого скота традиционно используются концентрированные корма на основе пшеницы, ячменя [1, с.23]. Однако в земледелии при организации эффективного севооборота необходимо использовать рожь, которая очищает поля и улучшает почву [2, с.5]. Возделывание ржи является прибыльным из-за высокой стабильной урожайности и неприхотливости этой культуры, низкой себестоимости зерна, которая по сравнению с другими злаковыми концентратами ниже на 30-50%. Озимая рожь - это ценная кормовая культура, зерно ржи содержит наибольшее количество крахмала среди других злаков, в состав зерна ржи входят многие жизненно необходимые для организма животных вещества, что определяет перспективу использования этой культуры в кормлении КРС. Особую актуальность использование ржи имеет для Брянской области [3, с. 17].

Проблема использования ржи в кормлении крупного рогатого скота связана с высоким содержанием в зерне ржи антипитательных веществ [4, с.112]. К их числу относятся некрахмальные полисахариды (НПС): пентозаны (состоящие в свою очередь из ксиланов и арабинанов), гексозаны (включающие глюканы, маннаны, галактаны), которые существенно понижают качество корма, его переваримость и доступность органических и минеральных веществ и, как следствие, продуктивность животных. Кроме того, озимая рожь имеет высокое содержание алкалоидных производных резорцинов, ингибиторов трипсина, и специфичную структуру крахмальных зерен, что ограничивает ее использование в кормлении животных.

Одной из наиболее актуальных проблем полноценного кормления сельскохозяйственных животных является дефицит протеина [5, с.4]. В мире для кормления широко используется соя, однако в ЦФО России эта культура не произрастает из-за высокой требовательности к сумме активных темпе-ратур и высокому плодородию почв. Для замены импортного соевого шрота необходимо использовать кормовые культуры, произрастающие в средней полосе России, такие, как люпин желтый, белый, узколистный [6, с.6].

Достоинства люпина заключаются в неприхотливости к почвенным условиям, высокой урожайности зеленой массы и зерна, до 30 ц/га [7, с.14]. Люпин является важнейшей кормовой высокобелковой культурой сидерального типа. Содержание белка в зерне люпина составляет до 42-44% (в сое – до 38%, горохе – до 25%). В нем отсутствуют антитрипсиновые вещества белковой природы, характерные для семян сои и делающие сою непригодной для кормов без предварительной термообработки. Белок люпина имеет аминокислотный состав, близкий по индексу МЕАА к альбумину яичного белка, то есть он хорошо сбалансирован по незаменимым аминокислотам, и имеет высокий уровень лизина, дефицитного в зерновых кормовых культурах. Однако наличие в зерне люпина алкалоидов сдерживает его распространение как кормовой культуры.

Одним из способов нейтрализации антипитательных свойств и повышения продуктивного действия рациона в целом, может стать применение ферментных препаратов [8, с.96, 9, с.12, 10,

с.171]. Обработка ржи и люпина с помощью ферментных препаратов позволяет превращать ее в высокоценный зерновой корм. При этом решается проблема обеспечения животных дешевыми легкодоступными сахарами, что очень важно при силосном типе кормления крупного рогатого скота.

В работах Инновационного научно-образовательного центра биотехнологии и экологии Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского была проведена оптимизация методики биокаталитической конверсии зерна люпина и ржи под действием ферментативного препарата НИСТ в полезные продукты для мясного и молочного животноводства [11, с.46; 12, с.228]. Полученный в результате ферментации белково-углеводный гидролизат, образующийся из высокомолекулярных веществ зерна, в том числе ржи и люпина, получил название «Биостартер».

Целью настоящего исследования было изучение использования «Биостартера» в рационах для кормления молодняка КРС.

#### Материалы и методы.

Ферментацию концентрированных кормов на основе люпина и ржи проводили следующим образом: в емкость для подготовки кормов заливали воду, нагретую до 85-90°С. Засыпали в кормосмеситель зернофураж крупного помола, состоящий из 40% пшеницы, 40% ржи и 20% люпина. Растворяли препарат НИСТ в 5-10 л теплой воды (30-50°С) из расчета 1г препарата на 1кг зернофуража, вносили растворенный препарат в емкость для подготовки корма и перемешивали. Влажную мешанку нагревали паром до 65°С, перемешивали и оставляли вызревать в течение 0.5-1 часов. После этого обрабатывали смесь с помощью технологического комплекса ферментации, который из-за генерируемого кавитационного эффекта переводил кормосмесь в гомогенную суспензию. Полученный на основе люпина и ржи ферментированный корм «Биостартер» по консистенции и сладости напоминает сгущенное молоко.

Исследование влияния ферментированных кормов на привесы животных проводилось в 2 животноводческих хозяйствах Брянского и Выгоничского районов: СПК «Агрофирма «Культура» и ОАО «Учебно-опытное хозяйство «Кокино».

Для проведения исследований были сформированы группы животных с учетом возраста и физиологического состояния животных. Животные были подобраны по принципу аналогов: с учетом возраста, пола и массы тела, и находились на круглогодичном стойловом содержании, в одинаковых условиях кормления, содержания и ухода.

При проведении опытов ежемесячно проводилась оценка:

- продуктивности методом обмера всех опытной и контрольной групп;
- состояния здоровья путем ежемесячного проведения анализов крови у 5 телят каждой группы.

Контрольной группе телят скармливали неферментированный зернофураж по стандартному рациону кормления животных соответствующего возраста, в опытной группе проводили скармливание телятам зернофуража, обработанного ферментным препаратом НИСТ. Подопытным животным скармливали ферментированную смесь «Биостартер» в количестве: в 1 неделю - 100 г/голову/сутки; во 2 неделю - 200 г/голову/сутки и далее – по 500 г/голову/сутки.

#### Результаты и обсуждение.

В СПК «Агрофирма «Культура» испытания были проведены на 2 группах животных крупного рогатого скота черно-пестрой породы — телятах в возрасте 1 месяц, имевших равный вес, возраст и близкое физиологическое состояние. В опытной группе в течение февраля - июля 2012 года часть комбикормов рациона заменялась ферментированной ржано-люпиновой смесью, проводили скармливание телятам зернофуража на основе ржи и люпина, обработанного ферментным препаратом НИСТ. Норма добавления ферментированного корма «Биостартер» к основному рациону: в 1 месяц - 100 г в первую неделю, 200 г - во вторую неделю, далее - по 500 г на голову.

Добавление «Биостартера» к кормам резко увеличивает их поедаемость животными, что является дополнительным фактором повышения привесов, поскольку животные съедают даже те корма, которые не поедались ими ранее. Важно отметить, что животные при первом кормлении почти сразу подходят к кормушке, чтобы попробовать новый для них ферментированный корм, поскольку он имеет приятный запах. При недостаточном фронте кормления работники фермы пытаются равномерно распределить корм между всеми животными, но телят трудно отогнать от кормушки. Животные быстро привыкают к добавке «Биостартера» к основному рациону, и при прекращении ферментации несколько дней отказываются от несладкого корма, при этом снижается поедаемость кормов и привесы.

Для проведения эксперимента на ферме «Бабенка» ОАО «Кокино» были сформированы 2 группы телят черно-пестрой породы 1-месячного возраста, телятам 1 группы (контрольным) скармливали комбикорма согласно традиционным рационам, а животным 2 группы (опытным) – зерновую смесь, подвергнутую гидродинамическому и ферментативному воздействию препаратом НИСТ.

Данные, полученные в феврале – июле 2012 года при проведении опыта по увеличению при-

весов бычков на откорме и телочек в ремонтном стаде в СПК «Агрофирма «Культура», представлены в таблице 1.

Таблица 1 Влияние ферментированных кормов на привесы телят в СПК «Агрофирма «Культура»

Месяц	Сранцасутонний	привес в контроле, г	Средне-суточный привес в опыте, г		Увеличение среднесуточного привеса			
Иксэц	Среднесуточный	привес в контроле, г	Средне-су	лочный привес в опыте, г	грамм	%		
Февраль 2012 года		380		650	270	71		
Март 2012 года		470		900	430	91		
Апрель 2012 года		340		760	220	65		
Май 2012 года		470		580	119	25		
Июнь 2012 года		610		730	120	20		
Июль 2012 года		450		580	130	29		
СРЕДНЕЕ	4	153,3		698,3	245,0	54%		

В таблице 1 среднесуточный привес за 6 месяцев в контроле составляет 453.3 г, что является неплохим показателем для телят в возрасте от 1 до 6 месяцев. Добавление в корма ферментированного корма увеличило привесы в опыте до 698,3 г, или на 54%. При этом среднесуточные привесы 3-месячных телят составляют 900 г, а 4-месячных – 760 г в сутки. Поскольку количество включенного в рацион телят 4 месяцев и старше «Биостартера» составляло всего 500 г в сутки, этого количества ферментированного корма было явно недостаточно для подросших животных, и при его увеличении до ½ количества концентрированных кормов в рационе среднесуточные привесы должны были существенно увеличиться. Но даже при недостаточном включении «Биостартера» в рацион кормления телят наблюдалось увеличение привесов на 54%.

Таким образом, полученные результаты свидетельствует о высокой эффективности включения ферментированных концентрированных кормов в рационы подрастающего молодняка, среднесуточные привесы возросли на 54% и составили 698,3 г за 6 месяцев, а максимальное среднемесячное значение достигало 900 г в сутки.

В ОАО «Учебно-опытное хозяйство «Кокино» Выгоничского района Брянской области при проведении производственного испытания по влиянию включения в рацион телят ферментированного корма «Биостартер» на среднесуточные привесы телят получены данные, представленные в таблице 2.

Таблица 2 Динамика увеличения веса телят (кг) контрольной и опытной групп при скармливании ферментированного корма в течение 120 суток в ОАО «Учхоз «Кокино».

Исходный возраст телят — 1 месян

	ИСХО	)дныи воз	раст телят – 1 ме	сяц.	
№ теленка	Исходный вес теленка	Вес через 30 суток	Вес через 60 суток	Вес через 90 суток	Вес через 120 суток
		Контр	оольная группа		
7440	54	62	80	122	151
7458	66	74	86	132	164
7437	62	72	79	122	151
7452	62	68	80	123	162
7450	59	64	70	121	122
Среднее значение	60,6	68,0	79,0	124,0	150,0
		Опн	ытная группа		
7495	64	78	98	150	196
7453	72	82	101	166	198
7445	54	74	95	155	190
7416	54	72	93	155	179
7448	62	83	96	162	181
Среднее значение	61,2	77,8	96,6	157,6	186,8

Как видно из таблицы 2, животные контрольной и опытной групп до начала опыта имели практический равный вес (60.6 кг и 61.2 кг). В контрольной и в опытной группе молодняка наблюдалось увеличение веса животных по месяцам. При подсчете привесов индивидуальных животных по месяцам видно, что вес молодняка нарастал динамично — чем старше животное, тем выше привес. Исключение составил июнь, когда телятам начали скармливать зеленые сочные корма, что резко повысило привесы.

Еще более показательными являются данные по среднесуточным привесам животных, приведенные в табл. 3., которые свидетельствуют о постоянном увеличении привесов как в контроле, так и в опыте.

Таблица 3 Среднесуточные привесы телят контрольной и опытной групп при скармливании ферментированного корма в течение 120 суток. Исходный возраст телят – 1 месяц.

Исход-ный вес теленка (кг) Привес за апрель (г) Привес за май (г) Привес за июнь (г) Привес за июнь (г) Конечный вес (кг) № животного Контрольная группа 150,0 Среднее значение 60.6 Опытная группа Среднее значение 188,8

Важно отметить, что максимальный привес в контроле составлял 1500 г в сутки, а в опытной группе – 2033 г, что на 35.5% превышало контроль.

Средние месячные привесы приведены в таблице 4, из которой следует, что за 4 месяца кормления молодняка КРС ферментированным кормом «Биостартер» животные в опыте набрали на 36,2 кг больше, чем их сверстники из контрольной группы.

Таблица 4 Влияние включения в рацион молодняка КРС концентрированного корма «Биостартер» на вес животных контрольной и опытной групп

	Средний вес животных в группе, кг										
Вариант опыта	В начале	После первого	После второго	После третьего	После четвертого	Привес за 4 ме-					
	опыта	месяца опыта	месяца опыта	месяца опыта	месяца опыта	сяца опыта					
Контроль	60,6	68	79	124	150	89,4					
Опыт	61,2	77,8	96,6	157,6	186,8	125,6					
Превышение привеса опыт-		9,8	17,6	33,6	36,8	36,2					

Динамика среднесуточных привесов, приведенная в табл.5, подтверждает эффективность внедрения разработанной технологии высокотемпературной ферментации концентрированных кормов на основе люпина и ржи в животноводческих хозяйствах.

Полученные результаты позволяют рекомендовать внедрение технологии интенсивного откорма молодняка КРС с включением в рационы «Биостартера», чтобы животные к 15-16 месяцам достигали веса 500-

Таблица 5 Влияние включения в рацион молодняка КРС концентрированного корма «Биостартер» на среднесуточные привесы животных контрольной и опытной групп

			1 7								
		Среднесуточные привесы телят (г)									
Вариант опыта	Первый месяц	Второй месяц	Третий месяц	Четвер-тый месяц	ИТОГО						
	(апрель)	(май)	(июнь)	(июль)	итого						
Контрольная группа	241	367	1500	866	745						
Опытная группа	551	627	2033	1040	1046						
Увеличение средне-суточных привесов, г	310	260	533	174	301						
Увеличение средне-суточных привесов, % к контролю	228 %	171%	135%	120%	140%						

550 кг, согласно нормам выращивания бычков в странах Евросоюза. Изменение рациона кормления телок ремонтного стада позволит им к 16 месяцам достигнуть веса 380 кг, когда они физиологически будут готовы к осеменению.

Таким образом, при выполнении настоящего исследования были решены 3 серьезные проблемы, актуальные для развития молочного скотоводства Брянской области:

- 1) доказана возможность использования ржи для кормления крупного рогатого скота, несмотря на то, что рожь содержит антипитательные вещества: алкилрезорцинолы, ингибиторы ферментов белковой природы антитрипсиновый фактор, антипитательные некрахмальные полисахариды (НПС), объединяющие пентозаны, состоящие из ксиланов и арабинанов, в связи с чем зерно ржи или не используется в кормлении, или используется очень ограниченно;
- 2) доказана возможность использования для кормления животных люпина, несмотря на присутствие в семенах этой культуры токсичных алкалоидов, в неферментированном виде вызывающих

нарушения в функционировании не только печени, но и других систем жизнедеятельности, в частности, репродуктивной функции быков-производителей;

3) разработана технология биокаталитической конверсии зерна люпина и ржи в ферментированный корм «Биостартер» с использованием полиферментного препарата «НИСТ». Корм «Биостартер» на основе зерна ржи и люпина после ферментации зернофуража может быть включен в рационы для мясного и молочного животноводства.

Результаты опытов, проведенных в СПК «Агрофирма «Культура» и в ОАО «Кокино», позволили сделать следующие выводы:

- 1. Использование в рационах молодняка КРС зернофуража на основе люпина и ржи, подвергнутого высокотемпературной ферментации, обеспечивает существенное увеличение среднесуточных привесов. В целом, по данным проведенного испытания, введение в корм телятам ферментированных кормов позволило в СПК «Агрофирма «Культура» повысить привесы телят на 20-91%.
  - В ОАО «Кокино» среднесуточный привес возрастал на 120-228% (более чем вдвое).
- 2. Животные, получающие ферментированный корм, набирают массу быстрее. За 4 месяца производственного испытания превышение веса телят в опытной группе в СПК «Агрофирма «Культура» составило в среднем 41,1 кг по сравнению с животными контрольной группы.
- В ОАО «Кокино» за 4 месяца кормления телят ферментированным кормов превышение веса телят в опытной группе составило в среднем 99,8 кг по сравнению с животными контрольной группы.
- 3. На четвертом-шестом месяцах проведения опыта увеличение привесов телят в опытной группе снизилось по сравнению в предыдущим периодом. Это приводит к выводу, что начиная с 4 месяца кормления необходимо увеличивать количество ферментированного корма в рационе животных, выращиваемых на откорм, с 500 г до 2.5 кг, доводя до 50% от общего количества концентрированных кормов в рационе.

Major improvements in weight gain are achieved through the "Biostarter" inclusion into growing ration of calfs (up to 128%). The technology is recommended for large-scale implementation in livestock farms.

*The key words:* cattle, fodder fermentation, ruttishness, lupine, NIST fermentative preparation, fermentation technological device, cavitation.

# Список литературы

- 1. Макарцев, Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных / Н.Г. Макарцев // 2-е изд., перераб. и доп. Калуга: из-во Н.Ф. Бочкаревой, 2007. 608 с.
- 2. Низамов, Р.З. Эффективность использования озимой ржи в сочетании с полиферментным препаратом "Универсал" при выращивании и откорме бычков // Автореф дисс. на соиск. уч. степ. канд. с.-х.н. , Казань. 2009. 20 с.
- 3. Лукьянчук, В.Н. Сравнительная эффективность использования озимой тритикале в рационах крупного рогатого скота и свиней // Автореф дисс. на соиск. уч. степ. канд. с.-х.н., п. Персиановский. 2004. 21 с.
- 4. Айзетуллов А.К. Эффективность использования озимой ржи в сочетании с полиферментным препаратом "Универсал" в рационах коров и телят // Дисс. на соиск. уч. степ. канд. с.-х.н., Казань. 2008. 132 с.
- 5. Эрнст Л.К. Зоотехническая наука и прогресс животноводства / Л.К. Эрнст // Сельскохозяйственная биология. 2004. № 4. С. 3-7.
- 6. Ващекин Е.П. Физиолого-биохимическое обоснование использования зерна узколистного малоалкалоидного люпина в кормлении крупного рогатого скота // Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. докт. с.-х.н. Брянск. 2009. 36 с.
- 7. Такунов И.П., Л.Л. Яговенко. Возделывание и использование кормового узколистного люпина // Практические рекомендации., Брянск. ВНИИ люпина. 2001. 56с.
- 8. В.Г. Софронов, Р.Г. С.Б. Федоров, Шаяхметов, Н.И. Данилова. Изучение токсичности полиферментных препаратов «НИСТ-84» и «ФИНИСТ» / Материалы межд. конференции ветеринарных фармакологов и токсикологов посвященная 125-летию Н.А. Сошественского., Казань, 2001. с. 95-97.
- 9. Данилова Н.И. Токсикологическая оценка и экспериментальное обоснование применения полиферментных препаратов в птицеводстве и свиноводстве // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. биол. наук, Казань 2009. 36 с.
- 10. Федоров С.Б. и др. Использование технологии экзогенного пищеварения в кормопроизводстве. Биотехнология состояние и перспективы развития. 1-ый Международный Конгресс. М, 2002. С. 171.
- 11. К.С. Маловастый, Ерохов А.Н., Миненко А.И. Влияние ферментации концентрированных кормов на сохранность и продуктивность поросят в СПК «Агрофирма «Культура» // Материалы Международной конференции молодых ученых «Фундаментальные и прикладные аспекты современной биотехнологии» / Брянск. 2008 г. С. 43 59

12. Нам И.Я., Федоров С.Б., Моловастый К.С., Муханова Н.П., Ерохин Н.Я, Заякин В.В. Биокаталитическая конверсия зернофуража для кормления крупного рогатого скота // Вестник Брянского государственного университета. Брянск: РИО БГУ, 2011. №4. С. 227-230.

#### Об авторах

Нам И.Я. – директор Инновационного научно-образовательного центра биотехнологии и экологии БГУ;

Козлов А.Л. – аспирант БГУ;

Ерохов Н.Я. – зам. начальника Управления ветеринарии по Брянской области

Титова О.В. – ведущий специалист научного отдела БГУ,

Маловастый К.С. – доцент Брянской государственной сельскохозяйственной академии, канд. вет. наук.

#### УЛК: 579.61:579.842.11:616-095

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАГМЕНТОВ ДНК *FIM A, HLY A,B,C,* И *PAP C,* ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АДГЕЗИНОВ, ГЕМОЛИЗИНОВ, МАННОЗА-РЕЗИСТЕНТНЫХ ГЕМАГГЛЮТИНИНОВ У ГЕНИТАЛЬНЫХ ШТАММОВ *ESCHERICHIA COLI*, ВЫДЕЛЕННЫХ У ЖЕНЩИН ПРИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ РЕПРОДУКТИВНОГО ТРАКТА

#### И.С. Немова

Проведено определение генетических детерминант патогенности у генитальных штаммов *Escherichia coli*, выделенных из урогенитального тракта при воспалительных заболеваниях у женщин репродуктивного возраста. Методом полимеразной цепной реакции с использованием уникального набора олигонуклеотидных праймеров. В результате исследования определены количественные значения содержания микроорганизмов. Установлено, что штаммы *E. coli*, выделенные у женщин при воспалительных заболеваниях урогенитального тракта, обладали высокой частотой выявления генетических детерминант патогенности *fim A, hly A,B,C, pap C* в образцах биологического материала. *Ключевые слова:* микрофлора, репродуктивный тракт, патогенность, генетические детерминанты, полимеразная цепная реакция

#### Введение

В последние десятилетия *Escherichia coli* стала распространенным нозокомиальным патогеном. *Echerichia coli*, как представитель условно-патогенной микрофлоры, является причиной развития воспалительных заболеваний урогенитального тракта [1, с.34-39].

Усиление вирулентности среди гетерогенных популяций потенциально патогенных энтеробактерий в настоящее время является важным объектом исследований различных отраслей биологической и медицинской наук. Наиболее существенными для изменения патогенности условнопатогенных энтеробактерий, ввиду «скачкообразного» характера и кардинальности происходящих превращений микроорганизма, рассматривают генетические рекомбинации, которые определяют геномную пластичность микробов, реализуемую через несколько конкретных механизмов связанных, в частности с «островами» и «островками» патогенности, ассоциированных с фрагментами ДНК, включающими дискретные гены вирулентности [2, р. 261-272; 3, с. 21-23].

В частности, среди патогенных для человека сероваров *Escherichia coli* обнаружены «острова патогенности», детерминирующие ключевые этапы взаимодействия любого патогена с макроорганизмом, включая адгезию, продукцию токсинов, способность противостоять факторам неспецифической резистентности [4, с.5-6; 5, с. 67–74].

Уропатогенные кишечные палочки, *UPEC-uropathogenic E.coli*, могут включать гены, контролирующие синтез фимбриальных адгезинов (P и S),  $\alpha$ -гемолизина (hly) и цитотоксического некротизирующего фактора-1 (cnf-1), сайтами интеграции которых являются локусы генов селеноцистеиновой (sel), фенилаланин (phe)-специфичной tRNA. [4]. Известны «островки патогенности», контролирующие синтез белков, связанных с поглощением ионов железа, необходимого для размножения возбудителя в ткани, а также гены системы секреции III-го типа, ответственной за одноэтапный транспорт эффекторных молекул из бактериальной клетки в цитоплазму эукариотной клетки с последующей модификацией цитоплазматических белков поражаемых мишений [5, c. 67–74; 6, c.80-112].

В связи с этим, в ряде случаев, обнаружение генетических детерминант, дополненное фенотипической характеристикой экспрессируемого фактора патогенности, позволяют объективно судить об этиологическом агенте заболевания, имеющем значение в лабораторной диагностике патологий

урогенитального тракта.

Целью настоящего исследования явилось определение генов, детерминирующих адгезины, гемолизины, манноза-резистентные гемагглютинины у штаммов *Escherichia coli*, выделенных из урогенитального тракта при воспалительных заболеваниях у женщин репродуктивного возраста.

# Материалы и методы исследования

Обследовано 67 женщин в возрасте от 18 до 47 лет с воспалительными заболеваниями репродуктивной системы. Из 67 женщин с воспалительными заболеваниями 30 пациенток были больны аднекситом (44,8%), 22 – эндоцервицитом (32,8%) и 15 – кольпитом (22,4%). У 51 обследованной женщины (76,1%) были выделены штаммы *Escherichia coli*: 23 штамма – при аднексите, 18 – при эндоцервиците, 10 – при кольпите. Группа сравнения составили 40 практически здоровых женщин, репрезентативных по возрасту (контрольная группа – 10 штаммов *Escherichia coli*).

Количественную и качественную оценку состава вагинального микроценоза производили бактериологическим методом в соответствии с Приказом МЗ СССР №535 от 22.04.85. Проводили культуральное исследование содержимого заднего и боковых сводов влагалища, и цервикального канала на энтеробактерии. Исследуемый биоматериал (отделяемое влагалища) засевали на питательные среды Эндо или Левина для идентификации *Escherichia coli*.

Подбор для кишечных палочек праймеров и температуры отжига осуществляли при использовании пакета программ «Lasergene» (США). Используемые праймеры для *Escherichia coli: fim A* (адгезины) - 5'-TGG-CTG-CCG-CAC-TAT-TCG-CC - 3', hly A,B,C (гемолизины) - 5'-TAT-TGG-GAC-CAC-GCG-TGS-CG - 3', pap C (манноза-резистентные гемагглютинины) - 5'-ACG-CCG-GCC-TTA-ACA-GTG-GC - 3'. Олигонуклеотиды праймеров и зонда были синтезированы амидофосфитным методом (3AO «Синтол», г. Москва; паспорт № 3873). Проводили выделение бактериальной ДНК по стандартной методике с использованием комплект реагентов для выделения ДНК из биопроб – «Проба  $\Gamma$ С» (набор №1). Полимеразную цепную реакцию осуществляют по стандартной технологии.

# Результаты

Тестирование штаммов *Escherichia coli* на наличие гена  $fim\ A$  (рис. 1), выделенных из отделяемого влагалища при различных воспалительных заболеваниях, показало, что частота встречаемости ампликонов, специфичных гену  $fim\ A$ , при аднексите, эндоцервиците, кольпите, значительно выше чем у штаммов, выделенных у женщин, не имеющих воспалительных заболеваний (контрольная группа) (табл. 1).

Таблица 1. Частота встречаемости нуклеотидных последовательностей генов *fim A* у культур *Escherichia coli* 

Вариант инфекции (количество изученных штаммов E. coli)	Частота встречаемости фрагмента fim A гена (абс.%)
аднексит (n=23)	16 (69,6±1,2)
эндоцервицит (n=18)	13 (72,2 ±0,9)
кольпит (n=10)	7 (70,0±2,5)
контрольная группа (n=15)	1 (6,7±3,4)

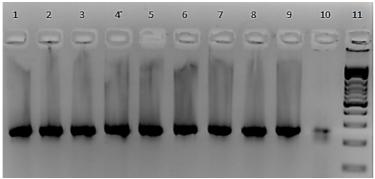


Рис. 1. Электрофореграмма продуктов амплификации, полученных при ПЦР-анализе фрагмента ДНК штамма *Escherichia coli*. для гена *fim A*, где 1-10 – штаммы *Escherichia coli*, выделенные из клинического материала; 11 – маркер молекулярного веса

Тестирование штаммов *Escherichia coli* на наличие генов *hly* A,B,C и pap C, выделенных из отделяемого влагалища при различных воспалительных заболеваниях, позволило установить, что частота встречаемости ампликонов, специфичных гену *hly* A,B,C, при аднексите, эндоцервиците, кольпите значительно выше, по сравнению с генетическими детерминантами факторов патогенности – pap C. Так, частота встречаемости фрагмента *hly* A,B,C, при аднексите составила 78,3% (18 штаммов), а фрагмента pap C – 65,2% (15 штаммов). В образцах контрольной группы данные ампликоны не выявлены (рис. 2,3).

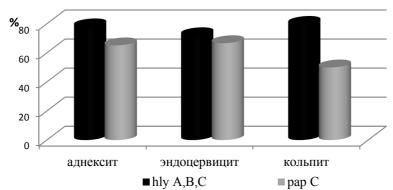


Рис. 2. Частота встречаемости нуклеотидных последовательностей генов *hly A,B,C*, и *pap C* у культур *Escherichia coli* 

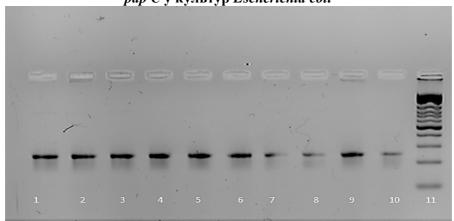


Рис.3 Электрофореграмма продуктов амплификации, полученных при ПЦР-анализе фрагмента ДНК *Escherichia coli* для гена *hly A,B,C* 1-10 – штаммы *Escherichia coli*, выделенные из клинического материала; 11 – маркер молекулярного веса

В ходе исследования было установлено, что у 5 штаммов *Escherichia coli*, выделенных при аднексите, присутствовали все три фрагмента генов *fim A, hly A,B,C,* и *pap C*, у 14 - сочетание из *fim A, hly A,B,C;* у 12 – *fim A, pap C*; у 8 – сочетание *hly A,B,C* и *pap C*.

Таким образом, установлено, что нуклеотидные последовательности генов, детерминирующие синтез факторов патогенности, встречаются у изученных штаммов  $Escherichia\ coli\$ в разнообразных соотношениях, а частота обнаружения фрагментов искомых генов  $(fim\ A,\ hly\ A,B,C,\$ и  $pap\ C)$  различна в зависимости от наличия воспалительного заболевания репродуктивного тракта у обследованных женщин.

There was made the definition of genetic pathogenic determinants at genital strains  $Escherichia\ coli$ , which were exarticulated from urogenital tract of reproductive aged women with inflammatory diseases. The genes definition, which determinates adhesins, haemolysins, mannose-resistant hemagglutinins at strains Escherichia, was realized with polymeric chain reaction's method with use of oligonucleotide primers unique set. As a research result there were determined quantitative outcomes of microorganisms' content. It was established, that the strains Escherichia which were exarticulated from urogenital tract of the women with inflammatory diseases, possessed a high density of revealing of genetic pathogenic determinants  $fim\ A$ ,  $hly\ A$ , B, C,  $pap\ C$  in biological material's samples.

The key words: micro flora, reproductive tract, pathogenicity, genetic determinants

# Список литературы

- 1. Бондаренко, В.М. Факторы патогенности бактерий и их роль в развитии инфекционного процесса / В.М. Бондаренко // ЖМЭИ. 1999. №5. С.34-39.
- 2. Johson, J.R. Extended virulence genotypes of *Escherichia coli* strains from patients with urosepsis in relation to phylogeny and host compromise / J.R. Johson // J. Infect. Dis. 2000. Vol. 181. P.261-272.
- 3. Бондаренко, В.М. Маркеры уропатогенности *E. coli* у детей с инфекцией мочеполовой системы / В.М. Бондаренко, С.В. Халиуллина, С.В. Фиалкина и др. // Детские инфекции. 2004. №3. С.21-23.
- 4. Мавзютов, А.Р., Фиалкина С.В., Бондаренко В.М. «Острова» патогенности условно-патогенных энтеробактерий / А.Р. Мавзютов, С.В. Фиалкина, В.М. Бондаренко // ЖМЭИ. 2002. №6. С.5-9.
- 5. Бондаренко, В.М. «Острова» патогенности бактерий / В.М. Бондаренко // Журн. микробиол. 2001. №4. С. 67-74.

6. Красноперова, Ю.Ю. Характеристика изменений патогенного потенциала микроорганизмов-симбионтов в протозойно-бактериальных ассоциациях / Ю.Ю. Красноперова. Москва: Флинта, 2010. С.80-112.

#### Об авторах

Немова И.С. – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей и клинической фармакологии с курсом микробиологии медицинского факультета ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», nemova irina@bk.ru

# УДК 581.95 : 581.526.3 (470.333) WOLFFIA ARRHIZA (L.) HORKEL EX WIMM. В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Н. Панасенко, Л.Н. Анищенко, Ю.Н. Романова

Приведены сведения по распространению и фитоценотической приуроченности Wolffia arrhiza (L.) Horkel ex Wimm. в Брянской области.

Ключевые слова: Брянская область, Wolffia arrhiza, местонахождения, растительные сообщества.

# Работа поддержана грантом РФФИ № 11-04-90353-РБУ\_а.

Wolffia arrhiza (L.) Horkel ex Wimm. – гемикосмополитный вид, встречающийся по умеренным, субтропическим и тропическим областям Европы, Африки, западной Азии, Северной и Южной Америки. В Средней полосе европейской России считается редким видом; отмечен в 5 областях: Брянской, Курской, Воронежской, Московской, Липецкой [1].

Во время флористических и геоботанических исследованиях растительного покрова Брянской области получены новые сведения о распространение и фитоценотческой приуроченности Wolffia arrhiza.

Wolffia arrhiza впервые в Брянской области обнаружена Т.Ю. Браславской в Неруссо-Деснянском Полесье [2]; в 2008 г. Л.Н. Анищенко и Н.Н. Панасенко отметили этот вид в городской черте Брянска, в старицах р. Десна [3]. Новые находки вольфии бескорневой обнаружены в следующих пунктах: Стародубский р-н: д. Понуровка, пруд у дамбы, 03.06.12; д. Буда-Корецкая, пруд в заброшенной усадьбе, 30.07.12; пруд в д. Соколовка, 30.07.12. Трубчевский р-н: старица р. Десна у д. Красное, 26.07.12. Севский р-н: старица р. Сев, у моста д. Заречный 26.06.12; озеро в с. Княгинино, 27.07.10; по мелководьям у берегов р. Лемешовка в окресностях с. Княгинино.

Наиболее характерные местообитания Wolffia arrhiza: неглубокие водоемы со стоячей водой, защищенные от ветра: старицы и пруды.

Геоботанические описания и классификация сообществ проводились в соответствии с традициями эколого-флористической классификации [4, 5]. Название синтаксона соответствуют «Кодексу фитосоциологической номенклатуры» [6]. Показатели биомассы (кг/м²) определяли на укосных площадках, по методике В.Г. Папченкова [7].

Сообщества с доминированием вольфии бескорневой (табл.) относятся к асс. Lemno gibbae-Wolffietum arrhizae Slavnič 1956 (синоним: Wolffietum arrhizae Miyawaki et J. Tüxen 1960).

Таблица

							1 a	олица
<b>Ассоциация</b> <i>Len</i>	ıno gibba	ie-Wolff	fietum a	rrhizae	Slavnič	1956		
Номер описания	1	2	3	4	5	6	7	
ОПП,%	100	100	100	100	100	100	100	
Число видов	9	4	6	4	7	6	8	
Размер пробной площади, м <sup>2</sup>	1	1	1	1	1	1	1	Кп
Площадь сообщества, м <sup>2</sup>	150	20	200	10	4	180	120	
Глубина, м	0,2	0,4	0,5	0,2	0,5	0,65	0,8	
Характер грунта	ИЛ	ИЛ	ИЛ	ИЛ	ИЛ	ил	ил	
Диагностические вид	ы ассоциаці	ии Lemno g	gibbae-Wol	ffietum arri	hizae			
Wolffia arrhiza	4	3	3	3	3	4	4	$V^3$
Lemna trisulca	1	+	+	2	2	1	1	V
Ceratophyllum demersum	+		2		2	+	+	IV <sup>1</sup>
Spirodela polyrhiza	+	2	2	3	2	+	+	$V^{l}$
Диагностические виды с	союза Lemni	on minoris	, порядка <i>1</i>	Lemnetalia	minoris			
Lemna minor	+	2	3	2	3			$IV^2$
Lemna gibba	+		2		+			$III^1$
	Проч	ие виды						
Hydrocharis morsus-ranae	+				r		r	$III_{\rm t}$
Stratiotes aloides	r					r	r	$III^{r}$
Elodea canadensis		•	•	•		r	r	$\Pi_{\mathbf{r}}$
Leptodictyum riparium	r						r	IIr

Примечания: ОПП – общее проективное покрытие; Кп – класс постоянства; ил – илистый.

Пункты описания. 1. Севский р-н: озеро в с. Княгинино, 27.07.2010. 2. г. Брянск, старица р. Десна, у завода «Ирмаш», 05.09.2008. 3. Стародубский р-н: д. Понуровка, пруд у дамбы; 03.06.2012. 4. Трубчевский р-н: старица р. Десна у д. Красное, 26.07.2012. 5. Севский р-н: старица р. Сев, у моста, д. Заречный, 26.06.2012. 6. Стародубский р-н: д. Буда-Корецкая, пруд в заброшенной усадьбе, 30.07.2012. 7. Стародубский р-н: пруд в д. Соколовка, 30.07.2012.

Сообщества этой ассоциации описаны в западной Европе, известны из Германии, Чехии, Словении, Болгарии, Румынии и Украины [8]. Диагностические виды [8]: Wolffia arrhiza, Spirodela polyrhiza, Ceratophyllum demersum, Lemna trisulca. От сообществ с доминированием Spirodela polyrhiza и Lemna minor сообщества асс. Lemno gibbae-Wolffietum arrhizae визуально отличаются матовым изумрудным оттенком. Общее проективное покрытие растений 90-100 %, видовое богатство 4-6 видов. Сообщества приурочены к стоячим эвтрофным водоемам (старицы и пруды). Глубина воды -0,2-0,8 м, грунт илистый. В засушливый сезон лета 2010 г. на р. Лемешовке (Севский район) Wolffia arrhiza доминировала в участке протяженностью 500 м, вдоль береговой линии при крайне малом обводнении. Сырая биомасса ценозов Lemno gibbae-Wolffietum arrhizae Slavnič 1956  $0,80\pm0,02$  кг/м², сухая  $-0,21\pm0,02$  кг/м².

Сообщества в области встречаются достаточно редко, хотя в южных районах Брянской области обнаружено 7 новых местонахождений. В известных местонахождениях (старицы р. Десна, р. Нерусса) Wolffia arrhiza массово развивается на значительных площадях, создавая своеобразные форпосты для дальнейшего распространения.

Wolffia arrhiza прогрессирующий вид, который увеличивает область своего распространения и численность. Следует ожидать дальнейшего распространения Wolffia arrhiza по водоемам области в связи с разносом птицами. Сообщества Lemno gibbae-Wolffietum arrhizae Slavnič 1956 находятся на северной границе распространения.

Data on distribution and phytocoenotic characterization *Wolffia arrhiza* in the Bryansk region are resulted. *The key words:* Bryansk region, Wolffia arrhiza, locations, plants communities

#### Список литературы

- 1. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М., 2006. 600 с.
- 2. Браславская Т.Ю. О находке *Wolffia arrhiza* в Брянской области // Бот. журн. 2000. № 12. Т. 85. С. 95-96.
- 3. Анищенко Л.Н., Панасенко Н.Н. Находки редких гидрофитов в Брянской области // Бот. журн. 2010. Т. 95. № 1. С. 93-95.
- 4. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde. 3 Anfl. Wien- New York, 1964. 865 s.
- 5. Бобров А.А., Чемерис Е.В. Описание растительных сообществ в водоемах и водотоках и подходы к их классификации методом Браун-Бланке // Гидроботаника: методология, методы: Матер. Школы по гидроботанике (Борок, 8-12 апреля 2003 г.). Рыбинск, 2003. С. 105-117.
- 6. Вебер Х. Э., Моравец Я., Терийя Ж.-П. Международный кодекс фитосоциологической номенклатуры. 3-е издание. // Растительность России. № 7. 2005. С. 3-38.
- 7. Папченков В.Г. Продукция макрофитов вод и методы её изучения // Гидроботаника: методология, методы: Матер. Школы по гидроботанике (Борок, 8-12 апреля 2003 г.). Рыбинск, 2003. С. 137-145.
  - 8. Vegetace České republiky. 3. Vodní a mokřadní vegetace / Ed. Milan Chytrý Praha, 2011. 828 s.

#### Об авторах

Анищенко Л. Н. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, есо egf@mail.ru

Панасенко Н. Н. – кандидат биологических наук, доцент Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, panasenkobot@yandex.ru.

Романова Ю. Н. – аспирант кафедры ботаники Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, julia.logvinova@mail.ru

УДК - 581.524

# ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСКУССТВЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ И ОБОГАЩЕНИЕ ДЕНДРОФЛОРЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ИНТРОДУКЦИИ

В.Ю. Петрак, Д.В. Понасенко, И.В. Мельников

Внедрение экологического метода интродукции позволит сократить сроки исследований и обеспечить качественный подбор устойчивых растений для создания насаждений различного целевого назначения, а также разработать эффективные методы их размножения и содержания в культуре.

Ключевые слова: методы, интродукция, насаждения, устойчивость, технологии

В настоящее время наличие большого объема фактического материала по переселению растений в разные природные зоны и его анализ, позволил разработать экологический метод, методологической основой которого является теория эволюции и вытекающие из этой теории экологические законы, закономерности, правила и явления [4,5,8-15]. Теория, объясняющая закономерности формирования вида, его биологической продуктивности, жизненной формы и экологического спектра. При этом была необходимость разработки не только общих направлений исследований в области интродукции растений, но и теоретически обоснованных, конкретизированных, практических рекомендаций [1, 5, 16]. Большое внимание должно уделяться разработке и внедрению агротехнических приемов размножения, выращивания и содержания интродуцентов в культуре, в зависимости от экобиологической характеристики вида и природных условий района исследований [5, 16,17]. Эти приемы и методы должны быть направлены на сбережение природных ресурсов и, в первую очередь, на обеспечение рационального использования водных и земельных ресурсов, что является ключевым вопросом, особенно для засушливых регионов. Рекомендации должны также включать вопросы, связанные с изучением ресурсоемкости региона интродукции, с определением его возможностей в обеспечении ресурсами экспериментальных исследований, внедрения результатов исследований в практику, создания и содержания насаждений в близких к оптимальным условиям. Только в этом случае можно обеспечить реализацию, поставленной цели, заключающейся в создании высокоэффективных насаждений. [12-14].

Исследования в области физиологии, общей экологии и экологии растений способствовали объяснению многих природных явлений и законов [2]. Особый интерес для развития интродукции представляют исследования, посвященные изучению механизмов адаптации растений. Исследователями установлено, что адаптация растений проявляется в динамичном соответствии морфофизиологической организации и их приспособительных реакций к типичным и ведущим факторам среды, в которых данный вид сложился. Физиологическая адаптация организмов лежит в основе их приспособлений к изменению экологических факторов в пределах ареала и направлена на сохранение особей, популяций, вида. Каждому виду характерен свой экологический спектр, своя экологическая валентность или толерантность по отношению к силе воздействия того или иного фактора. Это заключение необходимо было учитывать при разработке теоретических основ интродукции и в практике культивирования растений [3, 6,7, 18-19]. К сожалению, экологические законы, правила и закономерности, а также наблюдаемые в природе экологические явления не нашли применения в теории и практике интродукции растений [6,7,18,19]. Анализ показал, что методы интродукции строились без учета теории эволюции, эволюции экосистем, фитоценозов, видов, популяций. И сводились к поиску устойчивых к жестким условиям района интродукции видов, отвечающих требованиям современного декоративного садоводства и защитного лесоразведения. Велся поиск видов, не существующих в природе. Известно, что чем устойчивее вид, тем ниже его биологическая продуктивность, жизненная форма, габитус. Такое направление возвращает нас к методу фитоклиматических аналогов, посредством которого невозможно решить проблему, стоящую перед интродукцией [19]. В соответствии с эволюционной теорией, биологическая продуктивность вида, его жизненная форма, габитус зависят от экологических условий местообитания и, прежде всего, от степени обеспеченности влагой и теплом, что подтверждается периодическим законом географической зональности, а также сравнительным анализом зависимости величины биологической продуктивности экосистем, фитоценозов от характерного для них гидротермического режима [8,9].

Экологический спектр вида сформировался под воздействием сил абиотических факторов, характерных для района естественного обитания вида. За границами современного ареала вида сила воздействия ряда экологических факторов может выходить за пределы его толерантности. Таким образом, переселяя вид в более жесткие лесорастительные условия, мы обязательно столкнемся с проблемой, несоответствия экологического спектра вида с условиями района интродукции. Как показы-

вает практика, чаще всего, в районе интродукции, будет выходить за пределы экологической валентности вида дефицит влаги и тепла, а также тесно связанные с ними эдафические факторы. Решение этих проблем обеспечивает, предложенный нами экологический метод интродукции [16]. Методологической основой, предлагаемого экологического метода интродукции растений, является синтетическая теория эволюции, представляющая собой синтез дарвиновской концепции естественного отбора с генетикой и экологией, с признанием популяции в качестве элементарной единицы эволюции. Синтетическая теория эволюции выступает как наиболее совершенная форма научного обоснования и программирования практической деятельности в области интродукции. Синтетическая теория открывает новые перспективы перед практикой, расширяет ее горизонты [14-15].

В процессе создания насаждений способом антропогенного обеспечения искусственной экосистемы материально - энергетическими ресурсами необходимость нейтрализации отрицательного влияния силы воздействия экологических факторов, выходящих за пределы толерантности вида подтверждается явлением экологической сукцессии, процессом направленной и непрерывной последовательности изменения видового состава организмов в данном местообитании. В результате развития сукцессии на месте рукотворного фитоценоза, оставленного, например, без агроухода, всегда восстановится природный ландшафт. В пустыне восстановится пустынный ландшафт, в степи - степной, в тайге - таежный, что необходимо помнить при разработке рекомендаций по уходу за насаждениями. Таким образом, только моделирование условий в районе интродукции, соответствующих естественному обитанию вида, обеспечит его нормальный рост и развитие. Применение в интродукции закона об изменчивости, вариабельности и разнообразия ответных реакций на действие факторов среды у отдельных особей вида, позволяет сократить до минимума экспериментальные исследования по испытанию мобилизованных видов. Визуальные наблюдения за проростками, ювенильными и имматурными растениями, проводимые на фоне погодных условий и динамики водно-солевого режима почв, дают достаточную информацию для определения перспективности интродуцента. С возрастом толерантность организма повышается, следовательно, наблюдений за молодыми особями бывает достаточно для определения соответствия вида природным условиям района исследований.

Интродукция экологическим методом заключается в последовательном решении программных вопросов, составляющих четыре этапа исследований: 1- постановка цели и задачи; 2- теоретический подбор перспективного исходного для интродукции видового состава; 3- моделирование условий среды в районе интродукции, соответствующих естественному обитанию видов; 4 — мобилизация и освоение видов в районе интродукции - введение их в культуру.

Первый этап исследований состоит из определения цели и задач. Он включает изучение природных условий района интродукции и его обеспеченности материально-энергетическими ресурсами. На основании полученной информации определяются объемы и составляются перспективные планы создания насаждений. Необходимо обратить особое внимание на обеспеченность региона водными ресурсами. Практика показывает, что насаждения часто остаются без орошения, что приводит к их преждевременной гибели.

Второй этап заключается в теоретическом подборе и обосновании перспективности исходного для интродукции видового состава. В настоящее время установлены перспективные флористические источники получения исходных видов для их интродукции в различные регионы России. Это Циркумбореальная, Восточноазиатская, Атлантическо-Североамериканская, Скалистых гор, Мадреанская и Ирано-Туранская флористические области, входящие в Голарктическое царство. Также не следует забывать о том, что устойчивость вида обратно - пропорциональна его биологической продуктивности. Чем выше соле -, засухоустойчивость вида, тем ниже его продуктивность, габитус, жизненная форма, декоративность. Дальнейшие исследования заключаются в определении основных лимитирующих интродукцию вида экологических факторов. Для этого определяется экологический спектр вида, и выявляются важнейшие абиотические факторы, сила которых в районе интродукции будет выходить за пределы его толерантности. Этот вопрос решается сравнительным анализом условий естественного обитания вида с условиями района интродукции и, прежде всего, по гидротермическому режиму и абсолютному минимуму температуры.

Осуществление теоретического подбора и обоснования перспективности исходного для интродукции видового состава позволяет перейти к реализации третьего этапа исследований - моделированию условий среды в районе интродукции, соответствующих естественному обитанию видов. Интродущенты должны отличаться от представителей природной флоры габитусом, продуктивностью, декоративностью и другими хозяйственно-ценными признаками. Таким образом, необходим прогноз развития процессов, связанных с орошением насаждений и, при необходимости, проведение коренной мелиорации, устройство дренажных систем.

В задачу исследований, предусмотренных четвертым этапом, входит мобилизация и экспери-

ментальное испытание видов, их экологическая оценка и определение степени перспективности для введения в культуру. Применение экологической закономерности об изменчивости, вариабельности и разнообразия ответных реакций на действие факторов среды у отдельных особей вида, позволяет сократить сроки эксперимента и довести его до двух — трех лет для кустарников и четырех - пяти лет для деревьев. В соответствии с закономерностью, наиболее узкой экологической валентностью обладают молодые растения. Поэтому чрезвычайно информативными являются фенологические наблюдения за молодыми растениями.

В течение всего периода испытания интродуцентов должны проводиться исследования по разработке научно-обоснованных и перспективных технологий их репродукции и эффективных агротехнических приемов содержания в культуре, позволяющих особям данного вида реализовать свои потенциальные возможности. Заключительной стадией четвертого этапа исследований является введение перспективных видов в культуру. Эта стадия заключается в выращивании и передаче организациям, занимающимся озеленением, защитным лесоразведением, созданием лесных культур, посадочного (посевного) материала видов, успешно прошедших опытно-промышленную проверку, а также в передаче разработанных практических рекомендаций по их репродукции и содержанию в культуре. Экологический метод интродукции может быть с успехом использован не только для создания устойчивых, декоративных и продуктивных насаждений, но и для решения вопросов, связанных с сохранением биоразнообразия, восстановлением популяций редких видов, повышением их продуктивности.

Adoption of the ecological method of introduction will allow to shorten the research period and to provide qualitative selection of plants for creating stable plantations of various purposes and also to develop effective methods of their reproduction and maintenance in culture.

The key words: methods, introduction, plantations, stability, technologies.

#### Список литературы

- 1 Андреев, Л. Н. Роль физиологических исследований в разработке проблемы интродукции растений /Л.Н. Андреев // Актуальные задачи физиологии и биохимии растений в ботанических садах СССР. Пущино: АНСССР, 1984. С. 3- 4.
- 2 Генкель, П.А. О состоянии и направлении работ по физиологии жаро- и засухоустойчивости растений / П.А. Генкель // Проблемы засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1978. С. 5-20.
- 3 Гродзинский, А. М. Уровни физиологических и биохимических исследований растений в ботанических садах / А.М. Гродзинский // Актуальные задачи физиологии и биохимии растений в ботанических садах СССР.- Пущино: АНСССР, 1984. С. 49- 50
- 4 Зиновьев, В.Г., Верейкина Н.Н., Харченко Н.Н., Любимов В.Б. Прогрессивные технологии размножения деревьев и кустарников /В.Г. Зиновьев, Н.Н. Верейкина, Н.Н. Харченко, В.Б. Любимов. Белгород-Воронеж: БГУ, 2002. 135 с.
- 5 Конганбаева, М.А. Способ вегетативного размножения растений, преимущественно туранговых тополей (авторское свидетельство на изобретение) / М.А. Конганбаева, В.Б. Любимов. М., N1079215, 1984. 2 с.
- 6 Кормилицын, Д.М. Методические рекомендации по подбору деревьев и кустарников для интродукции на юге СССР / Д.М. Кормилицын. Ялта, 1977. 29 с.
- 7 Культиасов, М.В. Эколого-исторический метод в интродукции растений / М.В. Культиасов // Бюл. гл. ботан. сада. М.: Наука, 1953. Вып. 15. С. 24-53.
- 8 Любимов, В.Б. Экологические законы и их практическая значимость при интродукции древесных растений / В.Б. Любимов // Сб. матер. науч. чтений Международной академии наук экол. и безопасности. Петербург: МАНЭБ, 1999. С. 85-86.
- 9 Любимов, В.Б. Актуальность разработки теории интродукции растений, основанной на экологических законах / В.Б. Любимов, К.В. Балина// Международный академический журнал. Балашов, 2000.№ 3. С. 67-71.
- 10 Любимов, В.Б. Экологический метод интродукции древесных растений / В.Б. Любимов, К.В. Балина // Международный академический журнал. Балашов, 2002№ 1. С. 5-6.
- 11 Любимов, В.Б. Интродукции деревьев и кустарников в засушливые регионы / В.Б. Любимов, В.Г. Зиновьев. Воронеж Белгород: БГУ, 2002. 224 с.
- 12 Любимов, В.Б. Экономическая значимость внедрения в практику экологического метода интродукции растений / В.Б. Любимов. Москва: Труды СГУ, 2003. С.84-88.
- 13 Любимов, В.Б. Интродукция и акклиматизация растений (учебно-методическое пособие) / В.Б. Любимов. Брянск: БГУ, 2005. 86 с.
  - 14 Любимов, В.Б. Комплекс экологических законов основа формирования метода интро-

- дукции / В.Б. Любимов, А.С. Буренок // Межвузовский сб.: Структура, состояние и охрана экосистем Прихоперья: Балашов: Николаев, 2007. С.20-29
- 15 Любимов, В.Б. Экологический метод интродукции растений и его практическое значение / В.Б. Любимов, И.В. Мельников, Е.Е. Лызина, Н.В. Ларионов //. Сб.научных трудов международной научно-технической конференции. Брянск: БГИТА, 2008. Т.1. С.63-67.
- 16 Любимов, В.Б. Интродукция растений (теория и практика) / В.Б. Любимов. Брянск: Курсив, 2009.  $364~\rm c.$
- 17 Матюшенко, А.Н. Способ выращивания тугайных анемохорных деревьев и кустарников (авторское свидетельство на изобретение) / А.Н. Матюшенко, В.Б. Любимов, С.К. Мочалов. М., №  $1021420,\,1983.\,3$  с.
- 18 Русанов, Ф.Н. Новые методы интродукции растений / Ф.Н. Русанов // Бюл. гл. ботан. сада. М.: Наука, 1950. Вып. 7. С. 26- 37.
  - 19 Rehder, A. Manual of cultivated trees and shrubs / A. Rehder. New York, 1949. 725 p.

#### Об авторах

Петрак В.Ю. – аспирант Брянского государственного университета, eco\_egf@mail.ru Понасенко Д.В. – эколог Центра лабораторного анализа и технических измерений по Центральному федеральному округу

Мельников И.В. – кандидат биологических наук Брянского государственного университета, есо egf@mail.ru

# УДК 574

# ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ПРЕССИНГА НА СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ МОЛОДЕЖИ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

#### Т.А. Рожкова

Определено негативное влияние загрязнения окружающей среды в городах Волгоградской области на здоровье детей. Предложены рекомендации, направленные на оздоровление окружающей среды и повышение здоровья населения **Ключевые слова:** загрязнение, окружающая среда, здоровье детей, сердечно-сосудистая, дыхательная, иммунная системы

В нашей стране демографическая ситуация и состояние здоровья населения вызывают тревогу. В Волгоградской области не самые лучшие демографические показатели. Причина кроется не только в низкой рождаемости, но и в невысоком качестве жизни. Уровень смертности превышает уровень рождаемости. В 2010 году процент естественного прироста отрицательный. При этом одним из главных негативных факторов - загрязнение окружающей среды. Обладая мощным производственным потенциалом, Волгоградская область относится и к регионам с интенсивным и разнообразным по характеру и площади техногенным влиянием на окружающую среду. Под воздействием техногенных нагрузок ее естественные ландшафты в значительной мере преобразованы. Нерациональное хозяйственное использование природных ресурсов ведет к ухудшению качества окружающей среды, к обострению экологической обстановки. В складывающейся ситуации оказываются непосредственно затронутыми условия жизни и здоровье человека, что требует особого внимания, последовательности, настойчивости в решении комплекса природоохранных проблем [1]. Дети и подростки являются наиболее уязвимой частью населения из-за повышенной чувствительности их организма к воздействию различных факторов риска. Наиболее неблагоприятное воздействие оказывают факторы окружающей среды, интенсивность которых высока в городах с крупными промышленными предприятиями, при этом ведущим фактором является загрязнение атмосферного воздуха. Негативное влияние атмосферных загрязнителей отражается в снижении адаптивных возможностей организма детей и подростков, проявляющейся в нарушении функционирования сердечно-сосудистой, дыхательной, иммунной систем. В соответствии с докладом экспертов ВОЗ, ежегодно от заболеваний сердечно - сосудистой системы умирают 16,7 миллиона человек. В нашей стране уровень смертности от заболеваний сердечно - сосудистой системы составляет 903 случая на 100 тыс. населения. В Волгоградской области в 2010 году показатель заболеваемости сердечно - сосудистой системы составил 26124,1 случаев на 100 тыс. населения. Важнейшую роль в решении задач, стоящих перед системой здравоохранения Волгоградской области, в повышении ее эффективности, выполняет реализация приоритетного национального проекта «Здоровье». В связи с этим демографическая политика области направлена на увеличение продолжительности жизни населения,

сокращение уровня смертности, росте рождаемости, регулировании внутренней и внешней миграции, укреплении здоровья населения [2]. Объектом исследования являлось изучение состояния здоровья у студентов первого года обучения. Задачей исследования- определение наличия корреляционной связи между основными загрязнителями окружающей среды и заболеваниями сердечно - сосудистой системы студентов медицинского колледжа, проживающих в городских условиях Волгоградской области (на примере г. Камышина) с высоким уровнем техногенной нагрузки.

# Материалы и методы исследования

В работе использованы официальные данные по диспансеризации населения области [2], в том числе студентов медицинского колледжа г. Камышина и их амбулаторные карты. Для сравнительной оценки энергетических функций сердечно-сосудистой системы проведены исследования пульса подростков спустя 60, 120, 180 с после стандартной физической нагрузки и исходной частоты пульса. Артериальное давление измерялось классическим методом Н. С. Короткова [3, 5]. При анализе реакций артериального давления оценивались показатели состояния артериальной гемодинамики, ее вегетативной (симпатической и парасимпатической) регуляции, расстройства которой при токсическом воздействии являются показателями, оценивающими «мощность» агрессивности окружающей среды [5, 6]. Для оценки адаптационных резервов обследуемых подростков, испытывающих различные варианты и степень техногенной нагрузки, проведены пролонгированные исследования артериального давления — спустя 60 и 180 секунд после стандартной физической нагрузки (в количестве выполненных 20 приседаний с вытянутыми вперед руками и прямой спиной) и измерений исходного артериального давления, согласно общепринятой методике [6]. Среди обследуемых студентов проведен опрос на предмет употребления ими алкогольных напитков и курения.

# Результаты и их обсуждение

В результате изученности фактического материала, накопленного по Волгоградской области, и собственных исследований, следует сделать заключение, что сложную экологическую обстановку в области создаёт сосредоточение в регионе большого количества источников загрязнения окружающей среды. Область входит в десятку промышленно развитых регионов России. В структуре промышленного производства преобладают отрасли группы «А» – на их долю приходится 75% произведенной продукции. Базовые отрасли – электроэнергетика, химическая и нефтехимическая, топливная, черная и цветная металлургия, металлоемкое машиностроение. Промышленность области представляет собой крупный многоотраслевой комплекс и насчитывает более 2 тысяч предприятий и организаций, в том числе 330 крупных и средних предприятий. Подавляющая часть всего промышленного производства Волгоградской области сосредоточена в 6 городах – в Волгограде, Волжском, Камышине, Михайловке, Урюпинске и Фролово, а также в Жирновском и Котовском районах области [4]. Качество атмосферного воздуха в городах Волгоградской области во многом определяет состояние здоровья населения и является ведущим, активно действующим этиологическим фактором в развитии заболеваний. Интенсивность техногенных нагрузок в области неодинакова. Напряженность техногенных воздействий в пределах Волгоградской агломерации можно оценить по пятибалльной шкале в 5-4 балла; в районах городов Волжского, Камышина, Михайловки, Котово, Жирновска. Фролово – в 4 балла; в 3 балла можно ранжировать нагрузку на сельскохозяйственные земли [1]. Современный Камышин – центр легкой промышленности, где занято 55% работающих (хлопчатобумажный комбинат); в машиностроении и металлообработке - 27%. В городе много заводов - крановый, машиностроительный (оборудование для животноводческих ферм), слесарно-монтажного инструмента, стеклотарный, лакокрасочный. Функционируют предприятия пищевой промышленности (овощеконсервный завод, маслосырокомбинат, мясокомбинат и др.) и стройматериалов. Есть резервные территории площадью до 380 га, а также резервные мощности тепло- и водоснабжения.

Изучение почвы в г. Камышине проводился специалистами в 26 точках в летний и осенний периоды с определением до 25 микро- и макроэлементов, в том числе тяжелых металлов и органических загрязнителей. Результаты таких исследований показали, что более половины почв на территории города по степени загрязнения микро- и макроэлементами классифицируются как опасные. Коэффициент концентрации такого высокотоксичного вещества как бериллий составляет в летний период 6,33, концентрации лития — 3,33, цинка, хрома и свинца, соответственно, 5,09, 2,86 и 4,78. Суммарный коэффициент загрязнения почв микро- и макроэлементами был в допустимых пределах лишь в семи из исследуемых пунктов. В остальных точках степень загрязнения характеризуется как опасная и умеренно-опасная. Из органических загрязнителей почвы на всех изучаемых пунктах отмечено содержание нефтепродуктов. Простейшими загрязнителями являются такие углеводороды, как декап, гептан и пентап. В пяти наблюдаемых точках отмечено присутствие в почве три - и пентахлорбифенолов с превышением уровня ПДК. Известно, что эти вещества (как и другие, содержа-

щие хлорорганику) обладают токсичностью и оказывают негативное воздействие на хромосомный аппарат. Канцерогенным действием обладает и бензопирен, поступающий в почву от промышленных предприятий и автотранспорта. Его повышенное содержание отмечено в почвах 50% изучаемых пунктов [4]. На территории Волгоградской области скопилось более 60 млн. тонн отходов, ежегодно эта масса увеличивается на 2 млн. тонн. Это острая проблема для экологии области. Площадь загрязнения вокруг большинства свалок простирается не менее, чем на 1,5 км, а глубина проникновения фильтрата - в среднем составляет 85 метров. Для естественного обеззараживания отходов требуется не менее 100 лет. Из общего объема загрязненных сточных вод 12% сбрасываются предприятиями и хозяйствами Камышина. Одна из главных причин загрязнения водоемов – дефицит мощностей, обеспечивающих их нормативную очистку. Между тем, использование качественной питьевой воды позволит увеличить среднюю продолжительность жизни современного человека на 5-7 лет. В Волгограде и области началась работа в рамках стабильного обеспечения населения водой. При замене сетей, в частности, используются новые современные материалы, внедряется система доочистки воды в детских и медицинских учреждениях. Сегодня во многих регионах России к числу приоритетных направлений относят проблему сохранения здоровья детей и подростков в условиях влияния неблагоприятных факторов воздействия, связанных с окружающей средой [2,5].

Среди важнейших факторов комфортности и качества среды обитания человека — это наличие в городах и районах зеленых насаждений. Сегодня состояние лесов и зеленых территорий в области сложно признать благоприятным. Под воздействием климатических особенностей, промышленных и транспортных загрязнений происходит деградация озелененных территорий. По свидетельству специалистов, сегодня около 80% зеленых насаждений высажены в прошлом веке [4]. О том, что здоровье детей и подростков требует самого пристального внимания, говорят результаты диспансеризации детей, относящихся к первой группе здоровья. При поступлении в школу 30-35% детей уже имеют отклонения в состоянии здоровья, по окончании школы их процент увеличивается до 70. Основные показатели медицинского обслуживания подростков по Волгоградской области представлены на рисунке 1 [2]. В таблице 1 представлены данные заболеваемости подростков Волгоградской области [2].

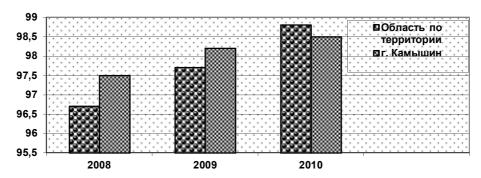


Рисунок 1 – Профосмотры подростков Волгоградской области, %

Таблица 1 Заболеваемость на 100 000 подросткового населения

No	Муниципальных районы	Всего по годам							
п/п	Муниципальные районы	2008	2009	2010					
1.	Районы области	122647,7	122886,4	136182,5					
2.	г. Волжский	156107,4	172689,6	169884,2					
3.	г. Волгоград	207306,8	229434,7	234043,8					
4.	г. Камышин	89869,6	81785,7	72540,5					
5.	г. Михайловка	182217,4	229428,6	261631,6					
6.	г. Фролово	160937,5	162200,0	134230,8					
7.	Область по территории	165944,4	183623,4	212156.4					

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы является одним из наиболее информативных показателей адаптивных возможностей организма к воздействию экологических факторов. В ГОУ СПО «Медицинский колледж №4, г. Камышин» проведено исследование функциональных реакций сердечно - сосудистой системы студентов первого года обучения (15-17 лет). Исследовались реакции пульса и артериального давления в покое, после стандартной нагрузки (20 приседаний) и в период восстановления [3]. Средние показатели пульса представлены на рисунке 2. Через 3 минуты после стандартной нагрузки у 60,9% исследуемых студентов, пульс вернулся к исходным показателям, у 21,7% - остался выше нормы, у 17,4% - показатели пульса стали меньше от первоначальной величины. В ходе измерений давления получены результаты, средние показатели которых представлены в табл. 2 и на рис. 3.

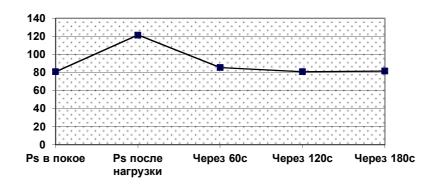


Рисунок 2 - Оценка пульса обследуемых подростков (2007-2010гг.)

Таблица 2

Оценка артериального давления (2007-2010гг.)

Показатели	АД в покое	АД после стандартной	АД в период восстановления				
Показатели	АД в покос	нагрузки	через 60с	через 180с			
САД	$116,3 \pm 3,2$	$126,9 \pm 3,7$	$117,5 \pm 3,4$	$115,0 \pm 3,1$			
ДАД	$73,9 \pm 1,6$	$73,3 \pm 1,4$	$69,5 \pm 1,2$	$71,7 \pm 1,9$			



Рисунок 3 - Показатели артериального давления

Через 3 минуты после стандартной нагрузки у 65,2% исследуемых студентов систолическое давление вернулось к исходным показателям, у 13,1% - осталось выше нормы, у 21,7% - показатели систолического давления стали меньше от первоначальной величины. Диастолическое давление вернулось к первоначальным цифрам у 69,6% студентов, у 8,7% - осталось повышенным, у 21,7% показатели понизились. По данным Всемирной Организации здравоохранения здоровье человека зависит от четырех факторов. Экология и стрессы – 20%, наследственность – 20%, развитие здравоохранения – 8-10%, а остальные 50% - образ жизни. Если на первые три фактора человек не всегда может повлиять, то на четвертый, здоровый образ жизни, вполне. Большая часть заболеваний у подростков - это результат их образа жизни. Подростки - основная возрастная группа риска для начала курения, употребления алкоголя, которые не только являются факторами риска развития заболеваний сердечно - сосудистой системы, но и отрицательно влияют на общий уровень здоровья населения [3,6]. Проведенный опрос у данных студентов ГОУ СПО «Медицинский колледж №4, г. Камышин», показал: 60,9% являются активными курильщиками; 26,1% респондентов признались, что злоупотребляют либо когда-то увлекались алкоголем; 65,2% отметили, что количество выпитого не считают, но полагают, что выпивают умеренно; 82,6% респондентов ответили, что не смогут даже после перенесенной болезни отказаться от вредных привычек. У студентов, проживающих на относительно экологически благополучных территориях, с минимальным техногенным загрязнением среды, гипертензии выявляются с наименьшей частотой. Так, повышенное систолическое артериальное давление в покое встречается у 20,5 % юношей и у 15,9 % девушек. Гипотонические реакции практически не регистрируются. Такое состояние тонуса сосудов, как и учащенный пульс, подтверждают характер морфологических показателей и указывают на связь данных реакций с экологической стабильностью окружающей среды. В химически загрязненных микрорайонах города показатели систолического артериального давления, в совокупности с гиперреакциями пульса, отличаются резко повышенной частотой гипертензий, указывая на напряженность функций нейроэндокринной системы. Завышенные

показатели систолического артериального давления здесь выявляются у 45,3 % юношей и у 24,8 % девушек при малой доле гипотонических реакций.

В относительно экологически благополучных микрорайонах города частота гипертонических реакций диастолического артериального давления выявляется здесь только у 3,4 % подростков (юношей и девушек) при 0,3 % гипотонических реакций. Средневзвешенные показатели диастолического артериального давления спустя 180 секунд после стандартной физической нагрузки практически совпадают с исходной величиной, указывая на возвращение регуляции сосудистого тонуса к норме и отсутствие явной патологии реакций у группы обследуемых подростков. С ростом химического загрязнения (в химически загрязненных микрорайонах города) частота гипертензий возрастает до 14,3 % в группе юношей и до 17,5 % – у девушек, что указывает на реакции вегето-сосудистых дистоний гипертонического типа. Таким образом, вместе с аналогичными реакциями систолического артериального давления здесь отмечается резкая напряженность функций нейроэндокринной системы. Напряженное функционирование сердечно-сосудистой системы установлено в микрорайонах с мощным техногенным прессингом, где наряду с растущей долей обследуемых подростков с завышенной величиной диастолического давления, появляются реакции гипертонического типа. У подростков, у которых выявлена минимальная величина диастолического давления, среди других исследуемых подростков указывает на преобладание реакций гипотонического типа, что является очевидным свидетельством преобладания парасимпатической регуляции осуществления кровотока с вероятной в перспективе регуляторной патологией сосудистого кровотока вегето-сосудистого типа. Медленные темпы восстановления диастолического давления отмечены у подростков, проживающих в микрорайонах с мощным химическим загрязнением, в целом указывают на напряженность адаптационных механизмов, обеспечивающих постоянство внутренней среды организма у исследуемых групп подростков-студентов г. Камышина Волгоградской области. Исследованиями установлено, что более 30% студентов имеют те или иные отклонения от норм по показаниям артериального давления и пульса. Таким образом, в данном районе прослеживается корреляционная связь между экологическим состоянием окружающей среды и заболеваниями сердечно - сосудистой системы студентов медицинского колледжа, проживающих в районах с высоким уровнем техногенного загрязнения. Данная ситуация не может не вызывать беспокойства. В настоящее время созданы на базе региональных и муниципальных учреждений здравоохранения центры здоровья, которые предназначены для повышения уровня знаний и приобретения практических навыков по ведению здорового образа жизни. Любой человек может овладеть информацией, осмыслить ситуацию и понять общие подходы к сохранению и укреплению здоровья. Уже сегодня следует внедрять в широкую практику комплексные оздоровительные мероприятия, направленные на улучшение здоровья детей и подростков в условиях техногенного загрязнения урбанизированных территорий Волгоградской области. Эти мероприятия заключаются, прежде всего, в полном укомплектовании медицинских организаций и служб высокопрофессиональными специалистами и современным диагностическим оборудованием, обеспечивающим постоянно действующий во всех районах области комплексный мониторинг состояния здоровья; организация гигиенического просвещения родителей; полное обеспечение детей и подростков экологически чистыми продуктами питания и организация контроля, осуществляемого за соблюдением правильного питания, как в медицинских учреждениях, так и дома; целесообразно создание физкультурно-оздоровительного центра; увеличить площадь зеленых насаждений в городе Камышине; организация в экологически благополучных зонах оздоровительных пансионатов с постоянным контролем состояния здоровья детей и подростков.

Negative influence of contamination of environment is certain in the cities of the Volgograd area on the health of children. The recommendations sent to making healthy of environment and increase of health of population offer *The key words:* contamination, environment, health of children, cardiovascular, respiratory, immune systems

#### Список литературы

- 1. Брылев В.А. География и экология Волгоградской области. / В.А. Брылев. Волгоград: Перемена, 2005, с.143-150.
- 2. Вотинцева Г.О. Статистический анализ и показатели работы ЛПУ Волгоградской области 2008-2010гг. Сборник. /Г.О. Вотинцева. Волгоград, 2011, с. 123-126.
  - 3. Евсеев Ю.И. Физическая культура. / Ю.И. Евсеев. Ростов н/Д: Феникс, 2002. с.157-160.
- 4. Новиков В.И. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2009 году. / В.И. Новиков [и др.]; Комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации Волгоградской области. Волгоград: Панорама, 2010, с. 56-72.
- 5. Петров В.И. Артериальная гипертензия у детей и подростков. / В.И. Петров, М.Я. Ледяев. Волгоград, 1999, с. 9-13.

6. Хрущев С.В. Врачебный контроль за физическим воспитанием школьников. / С.В. Хрущев. М.: «Медицина», 1977. С.104-114.

#### Об авторе

Рожкова Т. А. – заведующая отделением ГПОУ СПО «Медицинский колледж №4, г. Камышин», Россия, г. Камышин, medkol4@mail.ru

# УДК - 551.582.2

# ПОСТРОЕНИЕ ОДНОРОДНЫХ РЯДОВ ДАННЫХ ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

#### В.С. Селютин

Рассматривается неоднородность рядов метеорологических данных и вызванная этим проблема диагностики климатических изменений на территории Брянской области. Описаны причины, приводящие к неоднородности данных наблюдений, методы ее выявления и устранения. Введены поправки для неоднородных рядов данных. Ключевые слова: неоднородность рядов, температура, влажность, осадки, атмосферное давление, ветер, поправки, Брянская область.

В последние десятилетия в условиях меняющегося климата возросли требования к данным гидрометеорологических наблюдений. Основными из них являются длительность и непрерывность наблюдений, однородность временных рядов метеорологических элементов. Для Брянской области имеются достаточно длинные ряды. Однако они, как правило, неоднородны, что вызывает проблему диагностики климатических изменений региона. В рамках настоящей статьи автор попытался построить однородные ряды данных по среднемесячным значениям по температуре воздуха, осадкам, снежному покрову для станций Жуковка, Карачев, Красная Гора, Унеча, Навля, Трубчевск за период с 1951 по 2010 гг., а также по температуре для ст. Брянское опытное лесничество, Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции (Новозыбков, с.-х. оп. ст.) за период с 1891 по 2010 гг. и влажности воздуха для ст. Брянское опытное лесничество за период с 1966 по 2010 гг.

Ряд метеорологических наблюдений считается *однородным*, если его характеристики изменяются от одного периода лет к другому лишь в соответствии с реальными изменениями макропроцессов, оказывающих влияние на погоду и климат данного района [7]. Нарушение однородности метеорологических рядов может возникать по нескольким причинам:

- 1) изменение микроклимата метеорологической площадки вследствие ее переноса или изменения характера окружающей местности (вырубка или насаждение леса, заболачивание или осушение местности, застройка и т. п.);
  - 2) изменение типов приборов, их установок или методики наблюдений;
  - 3) изменение показаний приборов вследствие их порчи;
  - 4) изменения индивидуальных ошибок наблюдений [1, 4].
  - На практике используются несколько способов выявления неоднородности рядов:
- 1) Метод сопоставления данных одной и той же станции по годам. Он применим лишь в тех случаях, когда межгодовые колебания значений метеорологических элементов меньше изменения, вызванного неоднородностью, например, при оценке однородности в числе дней со штилем, туманом, грозой, осадками.
- 2) Метод соответствующих разностей или отношений. Выявление неоднородности данным способом становится возможным потому, что для некоторых характеристик (например, атмосферное давление, температура воздуха, количество осадков, высота снежного покрова) разность их значений на двух соседних станциях (или постах) ввиду связности атмосферных процессов изменяется от года к году заметно меньше, чем сами значения. Если точно известно, что один из сравниваемых рядов однороден, то признаком нарушения однородности другого ряда является резкое изменение разности или отношения значений, начиная с какого-то года, по сравнению с предыдущим периодом [1, 7].
- 3) Метод автоматизированной проверки однородности. Необходимость массовой проверки рядов на однородность требует более широкого применения для этих целей вычислительной техники. Для тех метеорологических параметров, разность или отношение значений которых на двух соседних станциях изменяется от года к году меньше, чем сами значения этих элементов неплохие результаты дает использование критерия Стьюдента (или других статистических критериев). При этом он применяется не по отношению к самим значениям, а к ряду разностей или отношений значений элемента на соседних станциях

После обнаружения неоднородности возникает вопрос об ее устранении. Если необходим

длительный ряд наблюдений, то для восстановления однородности оставляют одну часть ряда (обычно последнюю), более длинную и качественную, вводя в другую специальные поправки. В качестве поправки можно использовать величину, указывающую, на сколько (во сколько) в среднем изменилась разность (отношение) между станциями при переходе от одной части ряда к другой [7].

Предварительный анализ показал наличие неоднородности в рядах наблюдений по станциям Брянской области. Сначала попытаемся разобраться с неоднородностью, связанной со сменой типов приборов, их установок и методики измерения, поскольку она, как правило, проявляется в метеорологических рядах всей сети станций, и для ее устранения в Справочниках по климату СССР приводятся поправки по некоторым параметрам. Наиболее зависимым от изменения типа приборов, а также методики наблюдений элементом являются атмосферные осадки. Массовое нарушение однородности рядов осадков на территории Брянской области произошло в 1950-е гг. ввиду замены дождемера с защитой Нифера на осадкомер Третьякова. Эта погрешность подробно исследована в работах Ц. А. Швер [13, 14]. Ею же предложена методика устранения данного типа неоднородности. Уравнение для перевода осадков, измеренных по дождемеру, к осадкам по осадкомеру имеет следующий вид:  $\mathbf{R} = \mathbf{K_1}\mathbf{r}$ , где

R – осадки по осадкомеру,

r – осадки по дождемеру,

 $K_1$  – переводной коэффициент, который зависит от типа осадков.

Коэффициент для устранения неоднородности, связанной со сменой прибора  $(K_l)$  определен для всех станций и постов Брянской области и приводится в [11]. Исправляется данный тип неоднородности следующим образом. Выясняется дата смены прибора. Так, на с.-х. оп. ст. в Новозыбкове осадкомер Третьякова был установлен 14 декабря 1960 г. Следовательно, все значения осадков от начала наблюдений по 13 декабря 1960 г. нужно умножить на коэффициент  $K_l$ . Однако необходимо учитывать [14], что в отдельные годы случайная ошибка использования  $K_l$  для конкретных месячных сумм осадков соизмерима с самой величиной отношения показаний осадкомера и дождемера.

Следует также иметь в виду, что при каждом измерении некоторое количество собранных осадков остается на внутренней поверхности ведра вследствие его смачивания и в мерный стакан не попадает. Эта погрешность подверглась детальному изучению Э. Г. Богдановой [2, 12], А. В. Мещерской [2], И. Н. Нечаевым [12], Л. Р. Струзером [12]. Ученые пришли к следующим выводам:

- 1. Если осадков выпало 0.0 мм или менее половины 1-го деления осадкомерного стакана, то на жидкие и смешанные осадки вводится поправка 0.1 мм, на твердые осадки поправки нет.
- 2. Если осадков выпало 0.1 мм и более (более половины 1-го деления), то на жидкие и смешанные осадки вводится поправка 0.2 мм, а на твердые -0.1 мм.
- 3. При выпадении поочередно твёрдых и жидких осадков поправка вводится, как на жидкие осадки [9].

На основе методики, разработанной И. Н. Нечаевым [10] и др., были рассчитаны относительные значения поправок на смачивание к месячному количеству осадков ( $K_3$ ), которые необходимо учитывать до 1967 г. Эти коэффициенты для нашей области также приводятся в [11]. Количество осадков, исправленное на смачивание, рассчитывается по формуле:  $\mathbf{R} = \mathbf{R}^2(\mathbf{1} + \mathbf{K}_3)$ , где

R – количество осадков с учетом потерь на смачивание;

R' – измеренное количество осадков;

 $K_3$  – поправочный коэффициент на смачивание.

Влияние установок приборов на другие метеорологические величины в целом меньше, но также заметно. Так, например, хорошо увязываясь с данными флюгеров для средних скоростей воздушного потока, анеморумбометры показывают меньшее число штилей и сильных ветров (у первого прибора интервал осреднения составляет 2 мин, у второго – 10 мин) [4]. В результате обобщения работ Р. П. Бернгарда, М. М. Борисенко, В. И. Кондратюка, С. А. Кошинского, Л. Ф. Школяра и др., выполненного Е. В. Мастрюковой [8], был принят единый коэффициент для перевода флюгерных данных в анемометрические. Ежедневные данные о скоростях ветра, измеренных флюгером, начиная с 10 м/с, умножаются на 0.88. Средняя месячная скорость ветра может рассчитываться без введения поправок, если она не превышает 7 м/с. Поэтому при обработке данных с 1966 г. по среднемесячной скорости ветра на территории Брянской области на тех станциях, где к этому времени анеморумбометр еще не был установлен, можно обойтись без исправлений.

К неоднородности может привести также изменение методов и сроков наблюдений. Во-первых, разные методы дают неодинаковый интервал осреднения во времени и в пространстве (например, наблюдения над высотой снежного покрова по одной постоянной рейке, по нескольким постоянным рейкам, по переносной рейке, на некоторой площадке и по снегосъемкам на значительной площади). Во-вторых, приборы при разной системе сроков могут давать различную степень надежности своих по-казаний [4]. До 1936 г. основные метеонаблюдения в нашей стране проводились 3 раза в сутки (7, 13, 21

ч по местному времени), с 1936 по 1965 гг. – 4 раза (1, 7, 13 и 19 ч по московскому декретному времени). Начиная с 1966 г., наблюдают 8 раз в сутки (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ч по московскому декретному времени) [7]. Однако на некоторых станциях области (Брянское опытное лесничество, Новозыбков, с.-х. оп. ст.) метеорологические измерения по-прежнему производят по сокращенной программе. Так, на ст. Брянское опытное лесничество с 1966 по февраль 1968 гг. наблюдения велись в 3, 9, 15, 21 час, а с марта 1968 г. – в 0, 9, 15 и 21 час. В Новозыбкове с 1966 г. они проводятся в 9, 15 и 21 час [3].

Смена сроков наблюдений в большей степени повлияла на среднюю месячную температуру и относительную влажность воздуха, среднюю максимальную скорость ветра. Для устранения указанной неоднородности до 1966 г. вводились поправки для средней месячной температуры воздуха [4]. Автором настоящей статьи разработаны специальные поправки для приведения данных станций Брянское опытное лесничество и Новозыбков, с.-х. оп. ст. по среднемесячным температуре (табл. 1) и относительной влажности воздуха (табл. 2), вычисленных за неполные сроки наблюдений к значениям, рассчитанным за полные сутки, т. е. за 24 ч, начиная с 1966 г. Основанием для их получения послужили осредненные данные наблюдений по 8 срокам для средней месячной температуры (1977—2010 гг.) и относительной влажности воздуха (1966—2010 гг.) по станциям Брянской области. Поправки к значениям указанных величин рассчитывались как средняя разница между данными всех метеостанций региона за 8 сроков и за те сроки, к которым необходимо ввести исправление.

Таблица 1 Поправки для приведения средних месячных температур воздуха разных сроков наблюдений к средним за 24 часа, °C

Сроки	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Брянск, оп. лес. 3, 9, 15, 21 ч	-0.1	0.1	0.2	0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.3	0.2	0.0	-0.1
0, 9, 15, 21 ч	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.5	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.0	-0.1	-0.1
Новозыбков 9, 15, 21 ч	-0.3	-0.3	-0.4	-0.9	-1.5	-1.6	-1.4	-1.1	-0.6	-0.3	-0.2	-0.3

Таблица 2 Поправки для приведения средней месячной относительной влажности воздуха разных сроков наблюдений на ст. Брянское опытное лесничество к средней за 24 часа, %

Сроки	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
3, 9, 15, 21 ч	0.1	-0.1	-0.4	-0.5	-0.1	0.1	-0.2	-0.7	-0.8	-0.3	0.0	0.1
0, 9, 15, 21 ч	0.3	0.3	0.3	0.7	1.1	1.2	0.8	0.2	0.0	0.3	0.2	0.2

Перенос станции в другое место фактически обрывает ряд наблюдений и начинает новый. Изучив историю метеостанций Брянской области, можно отметить, что вплоть до 1968 г. почти все они несколько раз меняли свое местоположение (табл. 3). Происходило это по разным причинам. К ним относятся, например, невозможность восстановления станций на прежнем месте после их уничтожения, перенос в более характерный для данного района пункт наблюдения и т. д. [6]. Перемещение метеостанций в сходную среду может не сказаться на однородности ряда, но при смене условий может повлечь за собой самые серьезные последствия. В зависимости от местных условий максимальны различия в атмосферном давлении при изменении уровня станции, направлении и скорости ветра, температуре и влажности воздуха [4].

Таблица 3

Сведения о наиболее значительных переносах метеостанций [3, 5, 6]

	Cocacina o nanoonee sha arendaba nepenocax mereocranun [5, 5, 0]
Станция	Переносы
Жуковка	12 июля 1945 г. от южной окраины города метеостанция перенесена в западную его часть. С 9 декабря 1955 г. станция размещается на восточной окраине города, а с 27 октября 1961 г. – на северо-западе Жуковки.
Брянск	В 1972 г. от южной окраины поселка Мичуринский станция перенесена к центру.
Брянск АМСГ	18 июня 1944 г. из села Бордовичи метеостанция была перенесена в Бежицу, а 26 июня 1946 г. возвращена на исходное место. 26 апреля 1961 г. станция перенесена в Брянск на территорию нынешнего старого аэропорта. С августа 1994 г. метеостанция обосновалась на территории действующего аэропорта в поселке Октябрьский, в 14 км к юго-западу от Брянска.
Карачев	В 1943 г. станция перенесена с южной части города в северную. 6–10 июля 1963 г. метеостанция перенесена на восточную окраину деревни Масловка.
Почеп	В сентябре 1934 г. станция перенесена из центра города на западную окраину. С 1988 г. она закрыта.
Унеча	В феврале 1944 г. станция перенесена из центра города на западную окраину. После переноса в конце марта 1968 г. метеостанция обосновалась на северной окраине города.
Навля	28 июля 1945 г. станция восстановлена в усадьбе конторы дистанции пути к северо-востоку от прежнего места. После переноса 27 октября 1962 г. метеостанция находится на северо-восточной окраине поселка.
Клинцы	11 октября 1947 г. метеостанция восстановлена в усадьбе совхоза. С конца ноября 1964 г. она закрыта.
Стародуб	18 октября 1936 г. метеостанция перенесена на западную окраину города. С 1988 г. она закрыта.
Трубчевск	В октябре 1930 г. метеостанция перенесена в центр города. С 8 августа 1944 г. станция обосновалась на северо-западной окраине города, а с 26 августа 1965 г. в северной его части.

Новозыбков	До 1918 г. действовала метеостанция при жд. вокзале, на которой с 1912 г. вместо будки Вильда функционировала стандартная будка. В 1919 г. были организованы наблюдения на сельскохозяйственной опытной станции, располагающейся в 4 км к югозападу от Новозыбкова.
Злынка	25 марта 1944 г. станция перенесена к северо-востоку от прежнего места. С 1950 г. территория вокруг метеорологической площадки постепенно застраивалась. С 18 августа 1957 г. метеостанция находится за южной окраиной села Малый Вышков. С 1988 г. она закрыта.
Севск	6 ноября 1957 г. после продолжительного перерыва станция восстановлена в 3 км к юго-западу от Севска. С 1988 г. она закрыта.

В результате анализа метеорологических рядов по Брянской области с 1951 по 1987 гг. с помощью программы Критерия Стьюдента было установлено, что перенос метеостанций в иные условия в значительной степени отразился на средней месячной температуре воздуха, средней минимальной и максимальной температурах. Для указанных характеристик введены поправки (рассчитаны по соседним станциям) для приведения их значений к показаниям современного положения пункта наблюдения (табл. 4–6). Проверка рядов атмосферных осадков (месячное количество осадков) и снежного покрова (средняя декадная высота снежного покрова) не выявила нарушения их однородности вследствие изменения местоположения станций. Ряды по остальным показателям (давление на уровне моря, направление и скорость ветра, влажность, облачный покров) не проверялись, поскольку они используются в работе лишь с 1966 г.

Таблица 4 Поправки для приведения средних месячных температур воздуха разных местоположений станций к показаниям современного положения, °C

Станция, год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1. Жуковка 1951–XI.1955	-0.3	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3
XII.1956-X.1961	-0.5	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<ol> <li>Карачев</li> <li>1951–VI.1963</li> </ol>	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	0.0	0.0
3. Унеча 1951–III.1968	0.0	0.0	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	0.0
4. Навля 1951–X.1962	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.5	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	0.0
<ol> <li>Трубчевск</li> <li>1951–VIII.1965</li> </ol>	0.0	-0.3	-0.5	-0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0
6. Новозыбков 1891–1911	-0.4	0.0	-0.4	-0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.3	0.0
1912-XI.1917	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0

Таблица 5
Поправки для приведения средних минимальных температур воздуха разных местоположений станций к показаниям современного положения, °C

Станция, год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1. Жуковка 1951–XI.1955	-0.6	-0.3	-0.7	-0.3	-0.7	0.0	0.0	0.0	-0.5	0.0	0.0	-0.4
XII.1956-X.1961	-0.6	-0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.4	-0.3	0.0	0.0
2. Карачев 1951–VI.1963	0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.6	-0.9	-0.8	-0.5	-0.5	-0.7	-0.5	0.0
3. Унеча 1951–III.1968	-0.4	-0.4	-0.6	-0.9	-1.3	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.4	-0.6	-0.3
4. Навля 1951–X.1962	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.3	0.0
5. Трубчевск 1951–VIII.1965	-0.5	-0.6	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	0.0	0.0	0.0

Таблица 6 Поправки для приведения средних максимальных температур воздуха разных местоположений станций к показаниям современного положения, °C

Станция, год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1. Жуковка 1951–XI.1955	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
XII.1956-X.1961	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0
2. Карачев 1951–VI.1963	-0.5	-0.6	-0.4	0.0	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3. Унеча 1951–III.1968	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	0.0	0.0
4. Навля 1951–X.1962	-0.7	-0.7	-0.4	-0.3	-0.6	-0.5	-0.5	-0.7	-0.4	-0.3	-0.3	-0.5
<ol> <li>Трубчевск</li> <li>1951–VIII.1965</li> </ol>	0.0	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3

Чтобы сделать ряд наблюдений по средней месячной температуре воздуха для ст. Брянское опытное лесничество с 1891 г., данные этой метеостанции восстанавливались с помощью уравнения регрессии по данным ст. Жиздра (табл. 10) за период с июля 1897 г. по октябрь 1907 г. Зависимость между станциями вычислялась за период с 1908 по 1917 гг. и с 1921по 1940 гг. Среднеквадратическое различие (σ) между ст. Брянское опытное лесничество и ст. Жиздра превышало стандартную ошибку уравнения регрессии (δ) или было равно ей.

Таблица 10 Характеристики уравнения линейной регрессии (y=Ax+B) средних месячных температур между станциями Брянское опытное лесничество и Жиздра (1908–1917, 1921–1940 гг.)

Характер.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	0.954	0.965	0.956	0.957	0.981	1.033	0.958	0.963	1.012	0.999	1.012	0.981
В	-0.22	0.03	0.10	0.26	0.21	-0.61	0.60	0.50	-0.16	0.02	0.03	-0.04
δ	0.34	0.30	0.25	0.33	0.33	0.32	0.28	0.30	0.25	0.28	0.19	0.34
σ	0.41	0.49	0.36	0.34	0.33	0.33	0.32	0.33	0.25	0.28	0.19	0.34

Аналогичная операция для удлинения ряда была проделана по данным станций Смоленск (табл. 11), Москва ТСХА (табл. 12) и Мичуринск (табл. 13) за период с января 1891 г. по июнь 1897 г. по формуле:  $(2Y_{\text{CM}}+1.5Y_{\text{Moc}}+1Y_{\text{Mhy}})$  / (2+1.5+1). Зависимость между метеостанциями вычислялась за период 1898—1907, 1911—1915, 1917, 1926—1934, 1936—1940 гг. Среднеквадратическое различие между станциями превышало стандартную ошибку уравнения регрессии. В отдельные годы (сентябрь и декабрь 1944 г., март 1945 г.) значения средней температуры в Брянске рассчитывались или только по одной из трех станций (июль и сентябрь 1891 г., январь 1893 г.), или с учетом стандартной ошибки уравнения регрессии между ст. Брянское опытное лесничество и одной из метеостанций (июнь 1892 г., декабрь 1895 г.).

Таблица 11 Характеристики уравнения линейной регрессии (y=Ax+B) средних месячных температур между станциями Брянское опытное лесничество и Смоленск (1898–1907, 1911–1915, 1917, 1926–1934, 1936–1940 гг.)

Характер	. I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	0.929	0.959	0.926	0.908	0.922	0.959	0.949	0.862	0.932	0.942	1.065	0.913
В	-0.69	-0.53	0.09	0.90	1.47	1.22	1.31	2.50	0.88	0.62	0.15	-0.47
δ	0.81	0.80	0.73	0.63	0.65	0.77	0.55	0.60	0.56	0.70	0.60	0.86
σ	0.84	0.83	0.83	0.85	0.86	0.96	0.69	0.70	0.58	0.79	0.62	0.89

Таблица 12 Характеристики уравнения линейной регрессии (y=Ax+B) средних месячных температур между станциями Брянское опытное лесничество и Москва ТСХА (1898–1907, 1911–1915, 1917, 1926–1934, 1936–1940 гг.)

Характер.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	0.785	0.941	0.941	0.888	0.855	0.938	0.827	0.806	0.821	0.882	0.898	0.850
В	-0.67	0.81	1.01	1.21	2.60	1.49	3.05	3.30	2.23	1.40	1.03	0.52
δ	1.10	0.85	1.06	0.91	0.68	0.83	0.70	0.64	0.60	0.78	0.77	1.18
σ	2.01	1.67	1.67	1.23	1.20	0.98	0.77	0.77	0.76	1.24	1.41	2.16

Таблица 13 Характеристики уравнения линейной регрессии (y=Ax+B) средних месячных температур между станциями Брянское опытное лесничество и Мичуринск (1898–1907, 1911–1915, 1917, 1926–1934, 1936–1940 гг.)

	Характер.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	A	0.870	0.868	0.828	0.756	0.821	0.881	0.831	0.791	0.784	0.841	0.898	0.897
	В	0.44	0.58	0.77	0.75	1.27	0.54	1.30	1.87	1.39	0.63	0.83	0.60
I	δ	0.98	1.28	1.41	0.94	0.69	0.70	0.87	0.65	0.47	0.65	0.85	1.00
	σ	2.09	2.43	2.20	1.23	1.44	1.77	2.33	2.21	1.37	0.75	1.28	1.76

С целью восстановления пропусков за отдельные годы данные Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции восстанавливались с помощью уравнения линейной регрессии по данным ст. Брянское опытное лесничество за период с января по июнь 1891 г., с января 1918 г. по сентябрь 1919 г., с июля 1941 г. по март 1945 г. Зависимость между метеостанциями вычислялась за период с 1921 по 1940 гг. и с 1946 по 1965 гг. Среднеквадратическое различие между станциями превышало стандартную ошибку уравнения регрессии. В отдельные годы (сентябрь и декабрь 1944 г., март 1945 г.) значения средней температуры в Новозыбкове рассчитывались с учетом стандартной ошибки уравнения регрессии.

Таблица 14 Характеристики уравнения линейной регрессии (y=Ax+B) средних месячных температур между станциями Новозыбков, с.-х. оп. ст. и Брянское опытное лесничество (1921–1940, 1946–1965 гг.)

X	арактер.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	A	0.996	0.964	1.049	0.969	0.959	0.918	0.980	1.034	1.014	1.012	0.943	0.890
	В	0.87	0.68	0.83	0.80	1.16	1.82	0.92	0.19	0.95	0.81	0.86	0.43
	δ	0.70	0.69	0.66	0.55	0.53	0.70	0.45	0.51	0.59	0.34	0.54	0.73
	σ	1.13	1.21	0.93	0.84	0.82	0.84	0.71	0.91	1.25	0.94	1.04	1.33

#### Заключение

Предварительный анализ показал наличие неоднородности в рядах наблюдений по станциям Брянской области. Это создает проблему диагностики климатических изменений региона. Поэтому в рамках настоящей статьи автором представлены способы получения однородных рядов данных по температуре и влажности воздуха, атмосферным осадкам и снежному покрову для ряда метеостанций области за различные периоды.

Разработаны специальные поправки для приведения данных 2-х станций по среднемесячной температуре и относительной влажности воздуха, полученных за неполные сроки к значениям, рассчитанным за полные сутки. Для устранения неоднородности по средней месячной температуре воздуха, средней минимальной и максимальной температурах, связанной с переносом метеостанций, также введены поправки для приведения их значений к показаниям современного положения пункта наблюдения.

Реконструированы с помощью уравнения линейной регрессии значения средней месячной и годовой температуры воздуха для ст. Брянское опытное лесничество с 1891 по октябрь 1907 г. Этим же методом восстановлены пропуски за отдельные годы (в основном военные) в рядах по средней температуре для Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции.

Heterogeneity of meteorological data and the problem of diagnostics variations of climate caused by it is considered for Bryansk area. The reasons leading to heterogeneity of observational data, methods of its revealing and elimination are described. Corrections for non-uniform data are entered.

*The key words*: heterogeneity of ranks, temperature, humidity, precipitation, atmospheric pressure, wind, amendments, Bryansk region.

#### Список литературы

- 1. Алисов Б. П., Дроздов О. А., Рубинштейн Е. С. Курс климатологии / Под ред. Е. С. Рубинштейн. Л.: Гидрометеоиздат, 1952. 487 с.
- 2. Богданова Э. Г., Мещерская А. В. Оценка влияния потерь на смачивание на однородность рядов годовых сумм осадков // Метеорология и гидрология, 1998. № 11. С. 88–99.
  - 3. Данные госфонда Курского ЦГМС-Р.
- 4. Дроздов О. А. Основы климатологической обработки метеорологических наблюдений. Л.: Изд-во ЛГУ. 1956. 302 с.
- 5. Климатологический справочник СССР. Вып. 8. По Брянской, Орловской, Курской, Воронежской и Тамбовской областям. Метеорологические данные за отдельные годы. Ч. І. Температура воздуха. Л. 1953. 323 с.
- 6. Климатологический справочник СССР. Вып. 28. По Тамбовской, Брянской, Орловской, Липецкой, Курской, Воронежской и Белгородской областям. История и физико-географическое описание метеорологических станций. Курск, 1969. 203 с.
- 7. Кобышева Н. В., Наровлянский Г. Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 295 с.
- 8. Мастрюкова Е. В. К методике расчета экстремальных скоростей ветра // Труды ГГО им. А. И. Воейкова, 1987. Вып. 515. С. 36–41.
- 9. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3. Ч. І. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. 307 с.
- 10. Нечаев И. Н. Корректировка месячных и годовых норм осадков поправками на смачивание осадкомерных сосудов // Труды ГГО, 1966. Вып.195. С. 5–39.
- 11. Справочник по климату СССР. Вып. 28. Тамбовская, Брянская, Липецкая, Орловская, Курская, Воронежская и Белгородская области. Ч. 4. Влажность воздуха. Атмосферные осадки. Снежный покров. Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 255 с.
- 12. Струзер Л. Р., Нечаев И. Н., Богданова Э. Г. Систематические погрешности измерения атмосферных осадков. Метеорология и гидрология, 1965. № 10. С. 50–54.
  - 13. Швер Ц. А. Исследование результатов наблюдений по дождемеру и осадкомеру. Л.: Гидро-

метеоиздат, 1965. 170 с.

14. Швер Ц. А. Атмосферные осадки на территории СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 302 с.

# Об авторе

Селютин В. С. – аспирант Брянского государственного университета им. акад. И. Г. Петровского, selyutin.valentin@yandex.ru.

#### УДК 551.583.1

# АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОГО ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

#### В.С. Селютин

Анализируются пространственные и временные особенности изменения режима влажности воздуха на территории Брянской области.

**Ключевые слова:** Брянская область, относительная влажность воздуха, количество влажных и сухих дней, два периода, линейный тренд, значимость тренда.

В большинстве работ последних лет, посвященных исследованию изменений климата, в качестве основного индикатора использовались температура воздуха и осадки. Изучению же влажности воздуха уделялось мало внимания. Между тем водяной пар, являясь основным поглотителем как солнечной, так и земной радиации, оказывает существенное влияние на тепловой режим земной поверхности и атмосферы. С влажностью воздуха также теснейшим образом связаны процессы испарения, образования облаков и туманов, выпадение осадков, осаждение росы, инея и т. д. [1] Поэтому количественная оценка ее изменений в условиях интенсивного глобального потепления является актуальной.

Данная работа посвящена исследованию изменений характеристик влажности воздуха на территории Брянской области в последние десятилетия. Для изучения этого аспекта использовались данные годового, месячного и суточного разрешения по 7 станциям с 1966 по 2010 гг., взятые из Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД), госфонда Курского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (ЦГМС-Р), а также непосредственно из архива метеостанции Брянское опытное лесничество. Анализу подвергались относительная влажность воздуха, количество влажных (число дней с относительной влажностью ≥ 80% в 12−15 ч по московскому декретному времени) и сухих (число дней с относительной влажностью ≤ 30% хотя бы в один из сроков наблюдений) дней. В качестве меры интенсивности происходящих изменений использовались разности переменных за сравниваемые промежутки времени (1966−1987, 1988−2010 гг.), а также линейный тренд за период с 1976 по 2010 гг. Их значимость оценивалась с помощью критерия Стьюдента и коэффициента детерминации (R²). Тенденция изменения параметра считалась статистически значимой, если ее уровень достоверности был равен или превышал 95% (р≥0.95). При объеме выборки 35 лет это соответствует R²≥0.10.

Динамика приземной температуры воздуха [3] и общей облачности [2] на территории Брянской области в целом отражает положительные тенденции изменения этих метеорологических величин в мире. Возникает вопрос, как меняются другие климатические характеристики в регионе, в том числе и влажность воздуха, на фоне интенсивного глобального потепления. Анализ многолетних рядов данных по средней годовой относительной влажности воздуха на территории Брянской области выявил небольшое увеличение ее значений (в среднем на 0.4%) во втором временном интервале (1988–2010 гг.) по сравнению с первым (1966–1987 гг.) почти на всех станциях области (табл. 1). Наиболее выраженные, но статистически не значимые положительные изменения (1.0%) отмечены на ст. Брянское опытное лесничество. На ст. Жуковка наблюдается слабое уменьшение влажности (-0.5%). Различия в изменениях между этими станциями значимы по Критерию Стьюдента на 95%-ном уровне.

Таблица 1 Изменение значений относительной влажности воздуха на территории Брянской области при переходе от I периода (1966–1987) ко II (1988–2010), %

										,,			
Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Жуковка	1.2	2.4	-2.5	-3.4	0.2	-0.3	-0.9	-1.6	0.1	0.5	-0.6	-1.0	-0.5
Брянск, оп. лес.	3.1	2.5	-3.9	-2.0	3.4	1.7	0.9	0.3	2.3	2.0	0.8	0.8	1.0
Карачев	2.7	3.2	-3.0	-2.9	2.4	1.6	-0.1	-0.2	2.0	1.8	0.8	1.2	0.8
Красная Гора	2.9	2.6	-1.8	-2.4	1.5	0.9	-1.4	-1.6	1.1	0.9	1.3	1.4	0.4
Унеча	2.5	3.3	-2.0	-3.6	0.5	0.3	-1.4	-0.9	1.0	1.2	0.3	0.2	0.1
Навля	4.3	4.6	-0.9	-1.9	0.8	-0.6	-1.9	-2.5	0.1	0.8	0.3	1.4	0.4

Трубчевск	2.2	2.8	-2.2	-1.9	2.1	1.4	0.5	-0.5	2.2	1.5	0.2	0.0	0.7
Среднее	2.7	3.1	-2.3	-2.6	1.6	0.7	-0.6	-1.0	1.3	1.2	0.4	0.7	0.4

Тренд-анализ (1976—2010 гг.) показал, что в изменениях среднегодовой относительной влажности воздуха на территории Брянской области не обнаруживается четкой закономерности. Отмечены как положительные, так и отрицательные тенденции, причем в средней части области наблюдаются только первые, а в северной и южной — последние. Тренд с 1976 по 2010 гг. составляет на разных станциях от -0.73 (ст. Навля) до 0.32%/10 лет (ст. Брянское опытное лесничество и Красная Гора) (табл. 2), при этом он значим только на ст. Навля (рис. 1), и ст. Жуковка. Различия в изменениях между метеостанциями с крайними значениями коэффициента линейного тренда статистически значимы по Критерию Стьюдента на 95%-ном уровне.

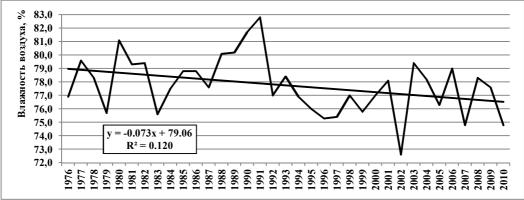


Рис. 1. Межгодовые изменения и линейный тренд среднегодовой влажности воздуха на ст. Навля

Таблица 2 Тренд средней месячной и годовой относительной влажности воздуха на территории Брянской области (1976–2010 гг.), %/10 лет

							.,,						
Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Жуковка	-0.03	0.83	-1.41	-1.50	-0.27	-0.88	-1.01	-1.95	-0.60	0.65	0.14	-0.08	-0.51
Брянск, оп. лес.	0.99	1.41	-2.01	-0.76	1.64	0.45	-0.10	-0.74	-0.23	1.47	0.86	0.83	0.32
Карачев	0.90	1.37	-1.62	-1.00	0.75	0.00	-0.98	-1.52	-0.18	0.88	0.55	0.96	0.01
Красная Гора	1.19	1.61	-0.88	-1.24	1.13	0.61	-0.69	-0.93	-0.09	0.74	1.13	1.25	0.32
Унеча	0.37	1.50	-1.28	-2.00	0.22	-0.09	-1.12	-1.29	-0.37	0.87	0.33	0.23	-0.22
Навля	1.20	1.97	-0.93	-1.52	-0.52	-1.58	-2.42	-3.26	-1.93	-0.16	-0.20	0.58	-0.73
Трубчевск	0.33	0.69	-1.36	-1.59	0.91	0.16	-0.50	-1.67	-0.20	0.51	-0.09	0.09	-0.23
Среднее	0.71	1.34	-1.36	-1.37	0.55	-0.19	-0.97	-1.62	-0.51	0.71	0.39	0.55	-0.15

Оценка изменений относительной влажности воздуха по месяцам позволила сделать вывод, что наиболее интенсивный ее рост отмечается в январе и феврале (табл. 1, 2), значительное уменьшение – в марте (рис. 2) и апреле. Указанные тенденции статистически значимы зимой на большей части метеорологической сети, весной – примерно на половине станций. В остальные месяцы года изменения во влажности разнонаправлены и, как правило, не значимы на 95%-ном уровне. При этом в мае – июне, а также с октября по декабрь преобладают положительные тенденции, а в июле и августе – отрицательные. В сентябре при переходе от первого временного промежутка (1966–1987 гг.) ко второму (1988–2010 гг.) наблюдается повышение относительной влажности на всех метеостанциях, а с 1976 по 2010 гг. – снижение.

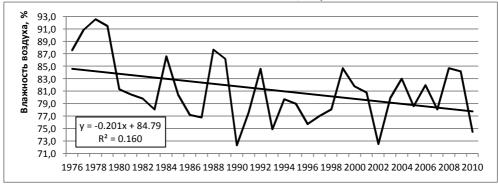


Рис. 2. Межгодовые изменения и линейный тренд относительной влажности воздуха в марте на ст. Брянское опытное лесничество

Детальный анализ изменений числа влажных дней в году в исследуемом регионе выявил незначительное их увеличение (в среднем на 5.5 дней) во втором временном периоде (1988–2010 гг.) по сравнению с первым (1966–1987 гг.) почти на всех станциях (табл. 3). Максимальный их рост (значим по Критерию Стьюдента на 95%-ном уровне) отмечается на западе области (ст. Красная Гора – 12.3 дня, ст. Унеча – 9.3 дня). Небольшое сокращение количества влажных дней в году (-2.2 дня) наблюдается на ст. Брянское опытное лесничество. Различия в изменениях между западными станциями (ст. Красная Гора и Унеча) и ст. Брянское опытное лесничество значимы по Критерию Стьюдента на 95%-ном уровне.

Таблица 3 Изменение количества влажных дней на территории Брянской области при переходе от I периода (1966–1987) ко II (1988–2010), дни

		0111	териод	(a (±>0)	0 1/0	,, 10 1	1 (1)00	=010)	4				
Станции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Жуковка	1.5	3.7	-1.7	-1.0	1.2	-0.5	-0.5	0.1	0.3	0.3	-1.0	-0.9	1.5
Брянск, оп. лес.	0.6	-0.4	-4.6	-1.3	2.7	0.5	-0.7	-0.4	1.3	0.8	-0.4	-0.3	-2.2
Карачев	2.0	4.3	-2.1	-1.7	1.3	0.1	0.1	-0.2	0.8	2.1	-0.6	0.1	6.2
Красная Гора	4.0	3.1	-1.0	-0.2	0.7	0.0	0.1	-0.1	0.7	1.1	2.5	1.4	12.3
Унеча	3.4	3.2	-0.5	-1.2	0.8	0.3	-0.9	0.1	0.7	1.1	1.8	0.5	9.3
Навля	4.4	4.8	0.3	-0.3	0.6	-0.6	-0.2	-1.5	0.2	0.2	-0.7	0.7	7.9
Трубчевск	2.3	2.3	-1.1	-0.3	1.1	-0.5	1.0	-0.8	0.3	0.1	-0.9	-0.1	3.4
Среднее	2.6	3.0	-1.5	-0.8	1.2	-0.1	-0.2	-0.4	0.6	0.8	0.1	0.2	5.5

Тренд-анализ (1976–2010 гг.) показал, что в изменениях количества влажных дней в году на территории Брянской области не прослеживается четкой закономерности. Отмечены как положительные, так и отрицательные тенденции, причем последние больше по величине. Тренд с 1976 по 2010 гг. составляет на разных станциях от -4.6 (ст. Навля) до 4.8 дней/10 лет (ст. Красная Гора), при этом он статистически не значим ни на одной из метеостанций. Различия в изменениях между ст. Навля и ст. Красная Гора значимы по Критерию Стьюдента на 95%-ном уровне.

Анализ изменений числа влажных дней по месяцам позволил сделать вывод, что значительный их рост, статистически значимый примерно на половине станций, отмечается в январе и феврале при переходе от первого временного промежутка (1966–1987 гг.) ко второму (1988–2010 гг.). Умеренное сокращение (значимое лишь на отдельных станциях как методом разности за сравниваемые периоды времени, так и с помощью линейного тренда) дней с высокой влажностью в 12–15 ч выявлено в марте (рис. 3) и апреле. В остальные месяцы года изменения в количестве влажных дней разнонаправлены и совсем невелики. При этом с июня по август преобладают отрицательные тенденции, а в мае и с октября по декабрь – положительные. В сентябре при переходе от первого временного интервала (1966–1987 гг.) ко второму (1988–2010 гг.) наблюдается увеличение влажных дней на всех станциях, а с 1976 по 2010 гг. – снижение (за исключением ст. Брянское опытное лесничество).

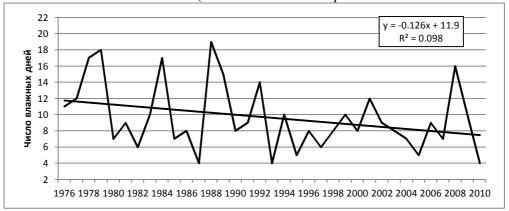


Рис. 3. Межгодовые изменения и линейный тренд количества влажных дней в марте на ст. Жуковка

Оценка изменений количества сухих дней в году как методом разности за сравниваемые периоды времени (1966—1987, 1988—2010 гг.), так и с помощью линейного тренда (1976 по 2010 гг.) не выявила каких-либо определенных закономерностей. Так, на станциях Брянское опытное лесничество, Карачев и Красная Гора отмечается их сокращение, на ст. Жуковка, Унеча, Трубчевск — рост. На ст. Навля при переходе от первого временного интервала (1966—1987 гг.) ко второму (1988—2010 гг.) прослеживается некоторое уменьшение числа сухих дней, а с 1976 по 2010 гг. — резкое их увеличение. Однако изменения параметра статистически значимы лишь на ст. Карачев при переходе от первого временного периода ко второму (стало меньше на 4.7 дня). Максимальная отрицательная тенденция наблюдается на ст. Карачев, положительная — на ст. Жуковка. Различия в изменениях между этими

станциями значимы по Критерию Стьюдента на 95%-ном уровне.

При анализе изменений количества дней с низкой относительной влажностью по месяцам установлено относительно небольшое их увеличение в апреле (рис. 4), июле и августе, умеренное их сокращение в мае и слабое уменьшение в июне и сентябре на всей сети. Кроме того, зафиксирован микроскопический рост числа сухих дней в марте, ноябре, декабре и аналогичное их снижение в январе, феврале и октябре. Тенденции эти, как правило, статистически не значимы.

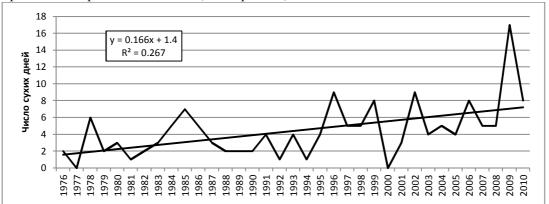


Рис. 4. Межгодовые изменения и линейный тренд количества сухих дней в апреле на ст. Унеча

#### Заключение

В изменении характеристик влажности воздуха на территории Брянской области с 1966 по 2010 гг. выявлены следующие особенности:

- 1. При переходе от первого временного интервала (1966–1987 гг.) ко второму (1988–2010 гг.) видна небольшая тенденция увеличения среднегодовой относительной влажности воздуха. Однако линейный тренд за период с 1976 по 2010 гг. свидетельствует о неодинаковом характере изменений параметра на разных станциях. Оценка изменений относительной влажности воздуха по месяцам позволила сделать вывод, что наиболее интенсивный ее рост отмечается в январе и феврале, значительное уменьшение в марте и апреле.
- 2. Выявлено незначительное увеличение количества влажных дней в году во втором временном промежутке (1988–2010 гг.) по сравнению с первым (1966–1987 гг.). Но линейный тренд за период с 1976 по 2010 гг. вскрыл как положительные, так и отрицательные тенденции их изменений. В годовом разрезе прослеживается значительный рост количества влажных дней в январе и феврале при переходе от первого временного интервала (1966–1987 гг.) ко второму (1988–2010 гг.).
- 3. В изменении годового числа сухих дней не обнаруживается четкой закономерности. Изменения количества дней с низкой относительной влажностью по месяцам невелики.

Spatial and temporary features of change of a mode of humidity of air in the territory of the Bryansk region are analyzed. *The key words:* Bryansk region, relative humidity of air, number of the damp and dry days, two periods, linear trend, importance of a trend.

### Список литературы

- 1. Кузнецова В. Н., Швець Н. В. Анализ изменений режима влажности воздуха на территории России // Труды ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». Обнинск, 2010. Вып. 175. С. 65–75.
- 2. Селютин В. С. Пространственно-временные особенности изменений облачного покрова над территорией Брянской области в период интенсивного глобального потепления // Материалы международной научной конференции (г. Воронеж 26–27 июня 2012 г.). Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2012. С. 162–166.
- 3. Селютин В. С. Региональные особенности многолетних изменений температуры воздуха Брянской области // Труды  $\Phi \Gamma E V$  «ВНИИГМИ-МЦД». Обнинск, 2012. Вып. 176. С.153–165.

#### Об авторе

Селютин В. С. – аспирант Брянского государственного университета им. акад. И. Г. Петровского, selyutin.valentin@yandex.ru.

#### УДК 636.064.6 + 636.52/.58

# СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТИНКУБАЦИОННОГО МОРФОГЕНЕЗА ТИМУСА БРОЙЛЕРОВ КРОССА «СМЕНА-7»

К.А. Сердюков, Т.А. Романова, О.С. Бушукина, В.А. Здоровинин

В статье рассматривается влияние сезонности на морфогенез центрального органа иммунной системы птиц. Излагаются собственные исследования сезонных изменений морфометрических показателей (длины, ширины, толщины и массы дольки) тимуса бройлеров кросса "Смена – 7" в условиях эпизоотологического благополучия птицеводческого комплекса.

Ключевые слова: тимус, бройлер, морфофункциональный статус, сезонность, долька.

**Введение**. Тимус, или зобная (вилочковая) железа, – *thymus* – является центральным органом иммунной системы, в котором из стволовых клеток созревает и дифференцируется популяция Т-лимфоцитов, ответственных за реакции клеточного иммунитета [1, с. 3-9; 2, р. 583-584]. Кроме этого, тимус секретирует гормоноподобные вещества, влияющие на течение реакций клеточного и гуморального иммунитетов [3, р. 16-21]. Степень развития тимуса оказывает существенное влияние на устойчивость организма к инфекционным болезням [4, с. 21-25], что очень важно в условиях промышленного птицеводства.

Возрастную топографию вилочковой железы сельскохозяйственных животных и птиц исследовали С.М. Шиндин (1946) и Б.М. Гопко и др. (1971), М.М. Поляков (1951), Д.Х. Нарзиев (1957), М.В. Вальтер (1956), И.С. Решетников (1967), Ш.Е. Чхартишвили (1969) и М.Е. Пилипенко (1975) и др. Авторы выявили особенности возрастной топографии вилочковой железы у разных видов сельскохозяйственных животных. Возрастная перестройка топографии тимуса у животных, по их мнению, имеет морфогенетическую корреляцию с возрастными изменениями массы и величины животного, что свидетельствует о морфофункциональном сохранении этой железы у старых особей домашних млекопитающих и птиц [5, с. 6-22].

Современные исследования вилочковой железы посвящены изучению влияния различных препаратов (Е.В. Берсенева, 2004; И.В. Титова, 2005; Т.И. Вахрушева, 2005, Е.Н. Панина, 2008; И.В. Бородулина, 2009 и др.), либо условий обитания (содержания) животных (С.О. Шилов, 2000, В.О. Полякова, 2003 и др.), изменения рациона питания, а также воздействию различных стресс-факторов (например, высоких температур (Д.В. Васендин, 2009 и др.), радиоактивного излучения (Л.М. Ерофеева, 2002 и др.) и пр.) на ее структуру и функции. Ряд работ направлены на изучение изменения тимуса при различных заболеваниях (Л.Ц. Месфин, 2002 и др.). В современных работах изучаются как морфологическое, гистологическое строение железы человека, различных животных и птиц (М.А. Красноперова, 2004; Е.А. Сизова, 2004; С.П. Фисенко, 2010 и др.), так и ее структурно-функциональные особенности.

Но, тем не менее, сезонные изменения морфометрических показателей тимуса птиц остаются недостаточно изученными, поэтому цель нашего исследования — выявление сезонной зависимости в постинкубационном морфогенезе тимуса бройлеров кросса «Смена — 7» в условиях эпизоотологического благополучия птицеводческого комплекса.

Материалы и методы исследования. Экспериментальная часть исследования проводилась на базе Брянского государственного университета им. академика И.Г. Петровского в лаборатории морфофизиологии человека и животных совместно с группой аспирантов, в соответствии с договорами о сотрудничестве с ЗАО «Микро-плюс» при ГУ НИИЭМ им. Н.Ф. Гамалеи и ОАО птицефабрикой «Снежка» Брянской области. Изучение сезонности на возрастную морфологию тимуса осуществлялось в две серии на цыплятах-бройлерах кросса «Смена-7». Зимняя серия эксперимента проводилась в ноябре-декабре 2009 года (40 голов), летняя серия - в июне-июле 2010 года (40 голов).

В ходе исследования инкубация бройлеров производилась в условиях эпизоотологического благополучия (бригада №7 «Молотино», корпус № 11, ОАО птицефабрики «Снежка»). Исследовано 80 тимусов бройлеров кросса «Смена - 7» физиологически и морфологически обоснованных групп. Для выполнения исследований при подборе возрастных групп цыплят-бройлеров учитывали этапы дефинитивного развития органов иммунной системы в постинкубационном онтогенезе (Тельцов Л.П., Музыка И.Г., 2006; Тельцов Л.П., Михалевская Е.О., Музыка И.Г., 2009). Эти этапы характеризуются определенными морфологическими и функциональными изменениями в организме птиц (Тельцов Л.П., 2007; Тельцов Л.П., Столяров В.А., Шашанов И.Р. и др., 2009) (табл. 1).

Таблица 1 Технологические периоды, фазы развития и возрастные группы цыплят-бройлеров "Смена – 7"

Технологический период	Фаза развития	Возрастные группы, сутки
Cranmany	Вылупления	1
Стартовый	Адаптации	5
	Cycly a many and mannager a man	10
Ростовой	Смены пуха на первичное перо	15
Ростовои	Ювенальной линьки	20
	говенальной линьки	25
		30
Развития	Половой зрелости	35
		40

**Результаты исследования**. Каждые пять суток в течение всего периода развития проводились исследования морфометрических показателей тимуса бройлеров (длины, ширины, толщины, массы долек каждой из долей тимуса), результаты которых приведены ниже.

Анализ сезонной динамики длины дольки правой доли тимуса (рис.1, табл. 2) показывает, что за время постинкубационного развития длина дольки правой доли тимуса возросла в 2,4 раза с  $5,20\pm0,30$  мм до  $12,40\pm0,41$  мм в зимний период инкубации и в 2,8 раз с  $5,85\pm0,27$  мм до  $16,2\pm0,33$  мм – в летний.

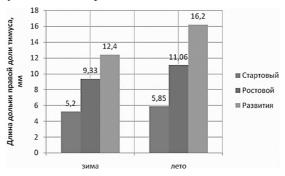


Рис. 1 Сезонная динамика длины дольки правой доли тимуса бройлеров кросса "Смена -7" Таблица 2

Длина дольки тимуса бройлеров кросса "Смена -7" (мм)

длина дол	вки тимуса ороил	сров кросса Си	icha - / (MM)	
		Длина дольн	ки тимуса, мм	
Технологический период	правой доли	левой доли	правой доли	левой доли
	3И1	ма	ле	то
Стартовый	5,20±0,30	5,07±0,19	5,85±0,27	5,64±0,27
Ростовой	9,33±0,51	9,68±0,52	11,06±0,29	11,70±0,30
Развития	12,40±0,41	14,40±0,88	16,2±0,33	16,62±0,35

Динамика длины дольки левой доли тимуса (рис. 2, табл. 2), так же как и правой, характеризуется постепенным равномерным увеличением показателей по мере развития особей в технологических периодах инкубации. Так, в осенне-зимний период инкубации длина дольки левой доли тимуса увеличивается в 2,8 раз к окончанию периода развития до значения 14,40±0,88 мм; в то время как в весенне-летний период развития, длина дольки левой доли тимуса возрастает с 5,64±0,27 мм в 2,9 раз.

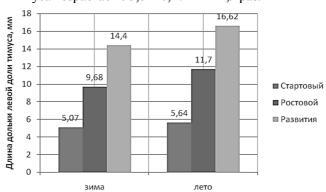


Рис. 2 Сезонная динамика длины дольки левой доли тимуса бройлеров кросса "Смена -7"

В летний период по сравнению с зимним периодом, длина дольки, как правой, так и левой долей тимуса получает большее развитие в среднем на 18% в течение всего периода инкубации, на всех фазах развития особей.

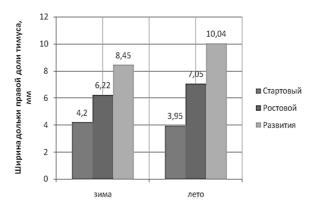


Рис. 3 Сезонная динамика ширины дольки правой доли тимуса бройлеров кросса "Смена -7"

Ширина долек правой доли тимуса изменяется следующим образом: в период зимнего постинкубационного развития происходит ее увеличение с  $4,20\pm0,44$  мм в 2 раза до значения  $8,45\pm0,38$  мм (рис. 3, табл. 3); в летнее же время увеличение ширины дольки происходит в 2,5 раза – с  $3,95\pm0,18$  мм до  $10,04\pm0,22$  мм.

Ширина лольки тимуса бройлеров кросса "Смена -7" (мм)

Таблица 3

	gosibich innigea op	описров просси	Circiia / (mini)		
		Ширина доль	ки тимуса, мм		
Технологический период	правой доли	левой доли	правой доли	левой доли	
	ЗИМ	a	лет	0	
Стартовый	4,20±0,44	4,90±0,19	3,95±0,18	3,95±0,17	
Ростовой	6,22±0,30	6,06±0,28	7,05±0,17	7,86±0,19	
Развития	8 45+0 38	8 45+0 37	10.04+0.22	10 67+0 24	

Как видно на рис. 4 и в табл. 3, сезонные отличия так же четко прослеживаются и в динамике ширины дольки левой доли тимуса. Зимой ширина дольки увеличивается с  $4,90\pm0,19$  мм до  $8,45\pm0,37$  мм, т.е. в 1,7 раз; летом же, прирост ширины значительнее – в 2,7 раз (с  $3,95\pm0,17$  мм до  $10,67\pm0,24$  мм).

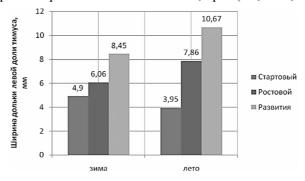


Рис. 4 Сезонная динамика ширины дольки левой доли тимуса бройлеров кросса "Смена -7"

Интересен тот факт, что, не смотря на то, что на этапе стартового технологического периода зимние показатели ширины долек, как правой, так и левой доли тимуса в среднем на 13% превышают летние, к окончанию наблюдения, все же летние показатели ширины оказываются в среднем на 22% большими по сравнению с зимними.

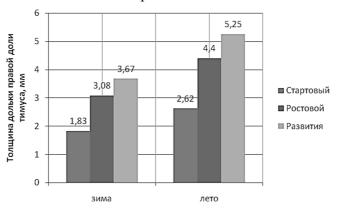


Рис. 5 Сезонная динамика толщины дольки правой доли тимуса бройлеров кросса "Смена -7"

правой доли

■ Ростовой

■ Развития

Технологический период

Стартовый

Ростовой

Развития

На рис. 5 и 6 отображена сезонная динамика толщины долек правой и левой долей тимуса бройлеров кросса "Смена -7". Анализ приведенных на рисунках гистограмм показывает, что толщина долек тимуса, как в осенне-зимний период, так и в летний период постинкубационного развития, увеличивается в 2 раза с  $1.83\pm0.12$  мм до  $3.67\pm0.09$  мм зимой и с  $2.62\pm0.11$  мм до  $5.25\pm0.09$  мм летом – у долек правой доли тимуса; и с  $1.87\pm0.10$  мм до  $3.73\pm0.09$  мм зимой и с  $2.67\pm0.11$  мм до  $5.34\pm0.09$  мм летом – у долек левой доли тимуса соответственно (табл. 4).

зима

правой доли

1,87

2

0

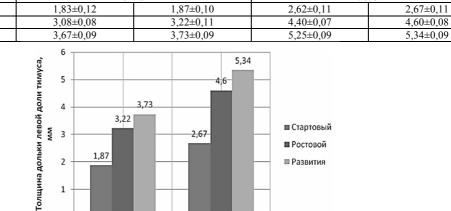
Толщина дольки тимуса бройлеров кросса "Смена -7" (мм)

левой доли

Таблица 4

Таблица 5

левой доли



лето

Толщина дольки тимуса, мм

Рис. 6 Сезонная динамика толщины дольки левой доли тимуса бройлеров кросса "Смена -7"

В зимний период по сравнению с летним периодом выращивания бройлеров, толщина дольки, как правой, так и левой долей тимуса получает меньшее развитие в среднем на 40% в течение всего периода инкубации, на всех фазах развития особей.

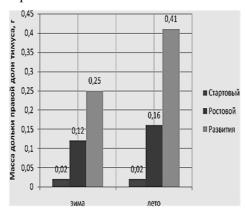


Рис. 7 Сезонная динамика массы дольки правой доли тимуса бройлеров кросса "Смена -7"

Анализ сезонной динамики абсолютной массы дольки правой доли тимуса (рис.7, табл. 5) показывает, что за время постинкубационного развития масса дольки правой доли тимуса возросла с  $0.02\pm0.010$  г в 12,5 раз до  $0.25\pm0.031$  г в зимний период инкубации и с  $50.02\pm0.002$  г в 20,5 раз до  $0.41\pm0.02$  г – в летний период.

Масса дольки тимуса бройлеров кросса "Смена -7" (г)

1,200	ou good and the good	pomiepoz npocem	0.1101111 / (1)				
	Масса дольки тимуса, г						
Технологический период	правой доли	левой доли	правой доли	левой доли			
	ЗИ	ма	лето				
Стартовый	0,02±0,010	0,03±0,015	0,02±0,002	0,03±0,003			
Ростовой	0,12±0,013	0,12±0,012	0,16±0,01	0,20±0,01			
Развития	0,25±0,031	0,26±0,030	0,41±0,02	$0,44\pm0,02$			

На рис. 8 отражена сезонная динамика массы дольки левой доли тимуса бройлеров кросса "Смена -7". Зимой масса дольки левой доли тимуса возрастает в 8,6 раз с  $0.03\pm0.015$  г до  $0.26\pm0.030$  г; летом же масса дольки левой доли тимуса возрастает гораздо значительнее – в 14,6 раз с 0,03±0,003 г до 0,44±0,02 г (табл. 5).

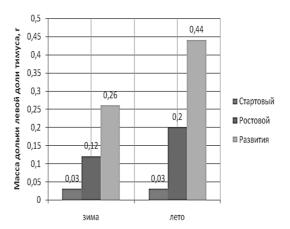


Рис. 8 Сезонная динамика массы дольки левой доли тимуса бройлеров кросса "Смена -7"

На этапе стартового технологического периода зимние и летние показатели абсолютной массы долек, как правой, так и левой долей тимуса одинаковы, но на всех остальных этапах развития и к окончанию наблюдения, летние показатели массы оказываются в среднем на 58% большими по сравнению с зимними.

Заключение. В ходе проведенных исследований было выявлено, что в постинкубационном морфогенезе тимуса бройлеров кросса "Смена – 7" прослеживается четкая сезонность. В летний период инкубации все морфометрические показатели дольки как правой, так и левой долей тимуса, получают большее численное развитие по сравнению с зимним периодом инкубации. А именно: длина на 18%, ширина на 22%, толщина на 40%, а масса на 58% оказываются большими по сравнению с теми же показателями зимнего периода инкубации. Интенсивность развития железы по морфометрическим показателям летом в 1,5 раза выше по сравнению с зимой. Особенно ощутимы различия в массе и толщине железы – они в два раз оказываются большими в летний период инкубации.

Сезонные особенности постинкубационного морфогенеза тимуса бройлеров не являются удивительными потому, что в целом организм бройлеров кросса Смена — 7" в летний период инкубации в условиях эпизоотологического благополучия птицеводческого комплекса развивается в среднем на 55% интенсивнее и достигает численных показателей в 1,5 раза больших, чем зимой.

Таким образом, сезонные отличия постинкубационного морфогенеза тимуса бройлеров кросса Смена – 7" подчиняются общим закономерностям сезонного развития организма птиц.

The article examines the impact of seasonality at the morphogenesis of the thymus of birds. It sets out my own research of seasonal changes of morphometric parameters (length, width, thickness and weight of slices) of thymus of broilers of cross "Smena - 7" in the conditions of epizootological well-being of poultry-farming complex.

The key words: thymus, broiler, morphofunctional status, seasonality, share.

# Список литературы

- 1. Ивановская, Т.Е. Структура тимуса, иммунный статус и патологический процесс / Т.Е. Ивановская, Л.П. Катасонова // Архив патологии.1986.Т.68.Вып.1.С.3-9.
  - 2. Shortman, K. T-cell development in the thymus / K. Shortman Nature.1984.-309, N 5969.P.583-584.
- 3. Trainin, N. Thymus hormones: inducers and regulators of the T-cell system / N. Trainin, M. Peckt, L. Hardzed // Immunol.to-day.1983.V.4.P.16-21.
- 4. Пилипенко, М.Е. Морфофункциональные показатели органов иммунной системы при экспериментальном Т-2 токсикозе утят / М.Е. Пилипенко, Бырка В.С., Коновалова Н.И. // Интенсификация птицеводства. Харьков, 1991.С.21-25.
- 5. Решетников, И.С. Тимус северного оленя: Морфофункциональное развитие, влияние экологических факторов, биопрепараты / И.С. Решетников, Л.Н. Владимиров. М.: Академкнига, 2002. 238 с.

#### Об авторе

Сердюков К.А. – аспирант Брянского государственного университета имени академика И.Г.Петровского, k-serdykov@rambler.ru.

Романова Т.А. – доктор биологических наук, профессор, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева.

Бушукина О.С. - доктор биологических наук, профессор, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева.

Здоровинин В. А - доктор ветеринарных наук, профессор, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева.

### УДК 634.1:581.143.6

# ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА АДВЕНТИВНЫЙ ОРГАНОГЕНЕЗ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ *IN VITRO*

Д.Н. Сковородников, Н.В. Леонова, А.В. Озеровский, А.А. Варавка

В работе изучено влияние регуляторов роста ауксиновой и цитокининовой природы на каллусогенез и адвентивный органогенез в культуре листовых эксплантов земляники садовой *in vitro*.

Ключевые слова: ягодные культуры, земляника, каллусогенез, морфогенез, регуляторы роста растений.

#### Введение

Одним из весьма перспективных направлений интенсивно развивающейся в настоящее время сельскохозяйственной биотехнологии является клеточная селекция. Выращивание соматических тканевых культур и регенерация из них целых растений в ряде случаев позволяют получать сомаклональные варианты, то есть генетически измененные растения-регенеранты. Индуцированные из изолированных соматических тканей генотипы подчас сочетают ряд качественных и количественных признаков, которые очень трудно соединить в одном растении известными селекционными методами. Для успешного проведения работ по тканевой селекции необходимо, прежде всего, добиться высокой, стабильной и массовой регенерации растений *in vitro* [1, 2].

Цель настоящего исследования заключалась в определении оптимальных условий адвентивного органогенеза у листовых эксплантов земляники садовой.

#### Методика исследования

Питательная среда готовились на основе минеральной части сред Мурасиге-Скуга (МС) (Murashige & Skoog, 1962) (3). В качестве источников углеводов в питательную среду вводили сахарозу в количестве 30 г/л, а для придания среде полутвердой консистенции – агар-агар в концентрации 0,7 %.

К группе цитокининов и веществ с цитокининовой активностью изучали 6-бензиламинопурин (6-БАП) в концентрации 2 мг/л, тидиазурон (TDZ) и N-(2-хлор-4-пиридил)-N'фенилмочевину (СРРU) в концентрациях  $0.1,\ 0.5$  и 1 мг/л. Из группы ауксинов во всех вариантах в среду вводили  $\beta$ -индолилмасляную кислоту (ИМК) в концентрации 0.5 мг/л.

В качестве источников эксплантов использовали листовые пластинки от стерильных пробирочных растений земляники, которые не требовали дополнительной стерилизации. Листья скальпелем изолировали на увлажненной фильтровальной бумаге и помещали по 2 экспланта в пробирку Флоринского адаксиальной стороной к среде. Для увеличения площади поранения скальпелем срезали базальную часть листа. В течение 10 дней экспланты культивировали при низкой освещенности (200-300 лк), а затем пробирки выставляли на стеллажи с подсветкой в 2500-3000 люкс.

В течение учетного периода определяли динамику образования каллусов и адвентивных побегов. Через месяц подсчитывали частоту регенерации и количество образовавшихся побегов на эксплант.

#### Результаты и обсуждения

Интенсивные исследования морфогенеза растений затруднены интегральным характером морфогенетических процессов, зависимостью их от многих внутренних и внешних факторов и их взаимодействий.

В качестве источников эксплантов на землянике чаще всего используют листовые пластинки или диски, изолированные от культивируемых *in vitro* растений. Некоторые авторы отмечают преимущество использования листовых пластинок в сравнении с дисками, что, по-видимому, можно объяснить их более обширными повреждениями тканей [2]. Положительные результаты дает нанесение на интактную листовую пластинку нескольких надрезов по центральной жилке, что способствует увеличению частоты регенерации побегов. Причем органогенез чаще всего идет у основания жилки листа.

Поэтому в нашей работе мы придерживались двух основных принципов при изолировании эксплантов: с одной стороны осуществить поранения листовых пластинок, а с другой, уменьшить площадь повреждения тканей. Для этого мы острым скальпелем отсекали лишь небольшую (1-2 мм) базальную часть листовой пластинки, которая обладает более морфогенным потенциалом, чем апикальная часть листа.

При повреждении тканей от манипуляций инструментами, некроз тканей был отмечен спустя 3-5 дней после изолирования. Зависимости отмирания листовых эксплантов от изучаемых вариантов регуляторов роста в первые дни культивирования не наблюдалось. Однако, через три недели был отмечен некроз листовых пластинок в некоторых вариантах. Поэтому для более адекватной оценки влияния изучаемых вариантов и предотвращения токсичного воздействия на соседние листовые пластинки, такие экспланты были удалены из культуральных сосудов через неделю после изолирования.

Оставшиеся здоровые листовые пластинки уже к концу первой недели культивирования визуально увеличились в размерах и в некоторых вариантах деформировались в результате разрастания тканей, иногда наблюдалось отрывание места среза экспланта от питательной среды, что по нашему

мнению может снизить эффект изучаемых регуляторов роста. Поэтому периодически культуральные сосуды открывали и проводили придавливание срезов листовых пластинок к питательной среде.

Спустя несколько недель культивирования было отмечено отмирание эксплантов. Резкое увеличение гибели эксплантов было отмечено в вариантах с самой низкой концентрацией TDZ (0,1 мг/л) и самой высокой концентрации CPPU (1 мг/л). В варианте TDZ 0,5 + ИМК 0,5 гибель первых эксплантов замечена лишь после 40 дней культивирования.

Начало каллусообразования на изолированных листовых эксплантах было отмечено спустя 19 дней культивирования эксплантов. Интенсивный каллусогенез (более 50%) наблюдался в вариантах с содержанием BAP 2 мг/л, TDZ 0,5 мг/л, TDZ 1 мг/л и CPPU 0,1 мг/л. Слабой дедифференцировкой клеток характеризовались варианты TDZ 0,1 мг/л и CPPU 1 мг/л (табл. 1).

На основе полученных итоговых результатов, можно сделать вывод, что частота каллусообразования увеличилась в вариантах с ВАР 2 мг/л, TDZ 0.5 мг/л, TDZ 1 мг/л и CPPU 0.1 мг/л.

Концентрации TDZ 0,5 + ИМК 0,5 и TDZ 1 + ИМК 0,5, показали лучше результат, чем TDZ 0.1 + ИМК 0,5.

Таблица 1 Частота каллусообразования в культуре листовых эксплантов земляники садовой

	J 1	• I	, ,
Вариант	Изолировано эксплантов, шт	Эксплантов с калуссом, шт	Частота каллусообра-зования, %
1. BAP 2 + ИМК 0,5	40	26	65
2. TDZ 0.1 + ИМК 0,5	40	0	0
3. TDZ 0.5 + ИМК 0,5	40	36	90
4. TDZ 1 + ИМК 0,5	40	34	85
5. CPPU 0.1 + ИМК 0,5	40	22	57,9
6. CPPU 0.5 + ИМК 0,5	40	12	30
7. CPPU 1 + ИМК 0,5	40	2	5,3

Утолщения в местах среза листа стали появляться через 10 дней культивирования в вариантах с более высоким концентрациями TDZ (0,5, 1 мг/л). Каллусы плотной консистенции образовывались, как правило, в местах поранений, и как исключение на неповрежденных участках. Цвет каллусов варьировал в различных оттенках зеленого в течение первого месяца культивирования, затем становился бурым вследствие накопления фенольных веществ в клетках.

Широкое распространение при регенерации адвентивных побегов из различных источников эксплантов земляники получил цитокинин пуринового ряда — 6-БАП в сочетании с различными концентрациями ауксинов (2,4-Д, ИМК, НУК) [1, 2]. В зависимости от генотипа растений, регенерация может наблюдаться и без добавления в среду ауксинов [2, 4].

Как правило, выбор оптимальных концентраций экзогенных гормонов при культивировании тканей *in vitro* носит случайный характер, а отсутствие стандартизированных методов среди исследователей часто способствует появлению противоречивых и невоспроизводимых результатов.

Первые меристематические очаги были отмечены в варианте с присутствием в среде в качестве источника цитокинина TDZ в концентрации 0,5-1 мг/л спустя 1 месяц после изолирования эксплантов к этому времени сформировались адвентивные почки и побеги размером 3-7 мм. В большинстве случаев регенеранты формировались в месте среза центральной жилки листа. На некоторых каллусах можно было обнаружить меристематические очаги, которые хорошо просматривались под бинокулярным микроскопом.

Образование адвентивных побегов начало проявляться спустя 30 дней культивирования эксплантов и было отмечено у вариантов ВАР 2 мг/л, TDZ 0.5 мг/л, TDZ 1 мг/л. У остальных вариантов образование адвентивных побегов не наблюдалось (табл. 2).

Частота регенерации побегов (36 дня культивирования)

Таблица 2

Вариант	Изолировано эксплантов, шт.	Количество эксплантов с побегами, шт.	Частота регенерации, %	Количество почек на эксплант, шт.
ВАР 2 + ИМК 0,5	40	2	5	3,0
TDZ 0.1 + ИМК 0,5	40	0	0	0
TDZ 0.5 + ИМК 0,5	40	8	20	2,5
TDZ 1 + ИМК 0,5	40	6	15	2,7
CPPU 0.1 + ИМК 0,5	40	0	0	0
CPPU 0.5 + ИМК 0,5	40	0	0	0
CPPU 1 + ИМК 0,5	40	0	0	0

Анализ данных таблицы показал, что варианты TDZ  $0.5\,$  мг/л и TDZ  $1\,$  мг/л дали лучшие результаты образования адвентивных побегов, у которых частота регенерации составила  $20\,$ % и 15% соответственно. Контрольный вариант BAP  $2\,$  имел частоту регенерации в 5%. В остальных результатах органогенез отмечен не был.

#### Выводы

- 1. Максимальной способностью к каллусогенезу обладали экспланты культивируемые на питательных средах в присутствии с высокими концентрациями тидиазурона (0,5-1 мг/л); промежуточное положение занимали варианты с различными концентрациями СРРU; минимальное количество образовавшихся каллусов было отмечено в контрольном варианте (6-БАП + ИМК);
- 2. Для индукции образования адвентивных побегов культивировать изолированные листовые экспланты использовать тидиазурон в концентрации 0,5 мг/л в сочетании с ИМК 0,5 мг/л.

The article studies effects of auxins and cytokinins on callusogenesis and organogenesis in leaf explants of strawberry cultivated in vitro.

The key words: berry cultures, callusogenesis, morphogenesis, plant growth regulators

#### Список литературы

- 1. Расторгуев, С.Л. Регенерация растений из изолированных соматических тканей земляники и малины / Расторгуев С.Л. // Индукция морфогенеза и тканевая селекция плодовых и ягодных культур: метод. рекомендации. Мичуринск, 1996. С. 40-61.
- 2. Хамукова, Ф.Н. Регенерация растений земляники и малины из эксплантов различного происхождения: автореф. дис. . . . канд. с.-х. наук. / Хамукова, Ф.Н.М., 1996. 16 с.
- 3. Тиссера Б. Эмбриогенез, органогенез и регенерация растений. /Тиссера Б. // В кн.: Биотехнология растений: культура клеток. М., 1989. С. 97-127.
- 4. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / Murashige T., Skoog F.// Physiol. Plant. 1962. V. 15, № 13. P. 473-497.
- 5. Debnath S.C., Strawberry culture *in vitro*: applications in genetic transformation and biotechnology / S.C. Debnath, J.A. Teixeira da Silva // Fruit, Vegetable and cereal science and biotechnology, 1(1), Global Science Books 2007.P. 1-12.

#### Об авторах

Сковородников Д.Н. – кандидат сельско-хозяйственных наук, доцент ФГОУ ВПО Брянская государственная сельскохозяйственная академия, skovorodnikov d@mail.ru,

Озеровский А.В. – кандидат сельско-хозяйственных наук, ФГОУ ВПО Брянская государственная сельскохозяйственная акалемия.

Леонова Н.В. -кандидат сельско-хозяйственных наук, доцент ФГОУ ВПО Брянская государственная сельскохозяйственная академия,

Варавка А.А. - аспирант ФГБОУ ВПО Брянская государственная сельскохозяйственная академия.

#### УДК 338.48

# ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДОЛИНЫ РЕКИ ДЕСНЫ И ЕГО ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА И РЕКРЕАЦИИ В РЕГИОНЕ

# Р.А. Слюнченко

В статье дается анализ природно-рекреационному потенциалу долины реки для развития рекреации и туризма в пределах Брянской области.

Ключевые слова: рекреация, потенциал, туризм, река Десна, Брянская область.

Брянская область, и расположенная в ее пределах долина реки Десны, имеет достаточно высокий рекреационный потенциал. Об этом свидетельствует период летних комфортных температур (от 15 до 20 °C), составляющих 44–48 дней, а также зимних температур (-5–10 °C), на которые приходится 46–57 дней [1]. Треть площади занята лесами благоприятными для отдыха – это, прежде всего, сосновые боры и дубравы. Десна – крупнейшая водная артерия области, обладает множеством притоков (Болва, Снежеть, Ревна, Навля, Нерусса, Судость), пригодных для лодочного туризма. Для рекреационных целей могут быть привлекательны и многочисленные озера (Ореховое, Бечено, Солька и др.), и примечательные геологические объекты [5] (естественные обнажения на правом берегу Десны от п. Супонево до п. Добрунь, склон рощи «Соловы» с множеством оврагов, дюнный массив на широких левобережных террасах Десны вокруг ст. Свень), исторические и археологические памятники, старинные усадебные парки, но особую ценность для рекреационных целей представляют уникальные природные ландшафты.

Нельзя забывать и о том, что Брянская область пострадала от Чернобыльской катастрофы, поэтому ее относят к «сложным» и «проблемным» регионам страны. Действительно, западная часть области имеет экологически неблагоприятные районы (Злынковский, Красногорский, Новозыбковский, Клинцовский, Гордеевский), в которых уровень радиации выше нормы, а население нуждается

в проведении постоянных профилактических оздоровительных мероприятиях. Если говорить о восточной части области, то она радиационно безопасна, и располагает перспективными лечебно-оздоровительными местностями.

По комплексному курортологическому районированию Нечерноземной зоны Европейской территории России (ЦНИИКиФ, 1986) Брянская область вошла в Березинско-Деснинский (XXI) район, благоприятный для размещения зон отдыха и здравниц по ландшафтно-климатическим условиям.

Большинство рекреационных учреждений сконцентрировано вокруг города Брянска, ведь там сосредоточено около половины всего городского населения. Крупный рекреационный центр сложился в пгт. Жуковка. Благоприятные ландшафтные условия, наличие минеральных вод и хорошая транспортная обеспеченность позволяют значительно расширить виды рекреационной деятельности. Рекреационный потенциал области мог бы быть значительно выше, если бы не общая для России проблема: отсутствие баз и их слабая обеспеченность необходимым инвентарем для туризма, отсутствие пунктов питания, удобных транспортных средств, плохая организационная работа и недостаток в квалифицированных экскурсоводах, особенно по природным объектам.

По степени рекреационной освоенности (число мест на 1000 км<sup>2</sup>) территория области относится к мало освоенным (неудовлетворительно) территориям.

Наибольший интерес для рекреационных целей представляет долина реки Десны и прилегающая к ней приречная полоса. Левобережная терраса Десны, сложенная песками, богата сосновыми борами и смешанными лесами, что еще раз подтверждает видовое богатство брянских лесов: на фоне доминирующей сосны распространены береза, осина и широколиственные породы (дуб, липа и др.), среди которых встречаются долгожители возрастом более 300 лет. В широкой пойме много старичных озер, которые привлекают любителей рыбной ловли.

Для оценки ландшафтно-рекреационного потенциала долины Десны немаловажное значение приобретают пейзажные качества территории. Например, рекреационную значимость правобережья восполняют задеснянские дубравы, сосновые боры и зеленое ожерелье Деснянских Жигулей. Большую рекреационную ценность представляет сама река Десна с живописными берегами и поймами ее левобережных притоков.

В познавательных целях большой интерес представляет организация туристических маршрутов по следам бывших ледников, которые перекрывали север и запад территории области. В Дубровском районе, к северу от ст. Сеща находятся известные во всем мире «гляциодислокации», крупные напорные гряды, сложенные смятыми и поставленными на «голову» слоями меловых и юрских пород.

Для жителей Брянска особое место для отдыха занимает лесопарк «Соловьи», который отличается сложным рельефом с крутыми склонами, оврагами, балками; родниками и источниками, а также живописными ландшафтами.

Одним из популярных мест отдыха, особенно летнего, является лесопарк «Данный бор», занимающий левый берег реки Болвы перед ее впадением в Десну. Здесь леса из дуба, сосны и других деревьев сочетаются с яркоцветущим луговым разнотравьем.

Своеобразным резервом для рекреационного использования жителями Брянска могут стать пригородные леса по берегам рек Свень и Радица.

По рекреационной нагрузке территория области делится на 3 группы [4]:

- I Брянский, Жуковский, Выгоничский, Новозыбковский, Клинцовский. Для этих районов характерна высокая концентрация отдыхающих. Сочетание долговременного и кратковременного отдыха вблизи городов приводит к высоким нагрузкам на природные комплексы в пригородных зонах;
- II Дятьковский, Карачевский, Унечский, Суражский, Трубчевский, Навлинский районы имеют среднюю концентрацию учреждений отдыха, к ним можно отнести сезонные базы для отдыха;
- III остальные районы области, где сеть рекреационных учреждений находится в стадии формирования.

По территории Брянской области проходят плановые туристические и экологические маршруты, организуемые заповедником «Брянский Лес»: «Заповедная река», «Восточная тропа» (рис. 1), «Река без берегов» (рис. 2).



Рисунок 1. Карта маршрута «Восточная тропа» [6]



Рисунок 2. Карта маршрута «Река без берегов» [6]

Таким образом, природные условия и ландшафтная структура в целом благоприятны для развития рекреации. В настоящее время в области функционируют 9 санаториев и профилакториев, 28 туристических домов отдыха, домов рыбака и охотника, более 50 летних лагерей. Одновременно в них может отдыхать почти 60 тыс. человек. Если же к этому добавить отдыхающих на территории лесопарков, пляжей, садоводческих товариществ, а также самодеятельных туристов и тысячи школьников ежегодно участвующих в туристических походах по изучению родного края, то эта цифра приблизится к 500 тыс. человек.

#### Список литературы

- 1. Атлас Брянской области. М.: ГУГК, 1976. 32 с.
- 2. Ахромеев Л.М., Данилов Ю.Г. Ландшафтно-рекреационное районирование Брянской области //Рекреационные ресурсы Брянской области. М.: МФГО, 1988. С. 22–41.
- 3. Ахромеев Л.М., Данилов Ю.Г. Ландшафты долины Десны //Долина Десны: природа и природопользование. М.: МФГО, 1990. С. 21–33.
- 4. Москаленко О.П. Рекреационные районы Брянской области и их функциональное значение //Рекреационные ресурсы Брянской области. М.: МФГО, 1988. С. 17-22.
- 5. Шевченкова Т.Ф., Демихов В.Т. Примечательные геологические объекты в долине Десны //Долина Десны: природа и природопользование. М.: МФГО, 1990. С. 45–55.
  - 6. http://www.bryansky-les.ru/ecotourism/environmental-routes

#### Об авторе

Слюнченко Р.А. – аспирант Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского, ruslanslyunchenko@mail.ru

#### УДК 581.522

# СИНТАКСОНЫ СООБЩЕСТВ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КАЗАНСКО-ВЕШЕНСКОГО ПЕСЧАНОГО МАССИВА

Т.А. Соколова, К.С. Сушко

Приводятся результаты синтаксономии растительности естественных лесов на песчаных массивах севера Ростовской области.

Ключевые слова: синтаксономия, песчаные массивы, Ростовская область.

# Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант мол\_а № 12-04-31387).

Естественная лесная растительность Ростовской области хорошо представлена на песчаных массивах в бассейне Дона и его притоков. Леса произрастающие на песчаных надпойменных террасах получили название аренные [2].

В период с 2008 по 2012 гг. на песчаных массивах Ростовской области (Шолоховский и Верхнедонской районы, рис. 1) нами проведены более 300 геоботанических описаний сообществ лесной растительности. Описания выполнялись на пробных площадях размером 400 м², обилие-покрытие видов указывалось по комбинированной шкале Ж. Браун-Бланке [8]. Для обработки материалов использовались база данных TURBOWIN (последующая версия TURBOWEG) и программа JUICE [10, 11]. Названия синтаксонов даны в соответствии с «Международным кодексом фитосоциологической номенклатуры» [12].

При установлении синтаксономических единиц мы провели сравнение синтаксонов Центральной Европы [9, 13], Украины [7, 8], Волгоградской области [6] и Южного Нечерноземья [1, 3, 4].

Ниже мы приводим результаты эколого-флористической классификации растительности сообществ аренных лесов севера Ростовской области.



Рисунок 1. Карта-схема района исследований

Продромує растительности сообществ аренных лесов Казанско-Вешенского песчаного массива Класс *Ouerco-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieger in Vlieger 1937

Порядок *Fagetalia sylvaticae* Pawlowski. Sokolowski et Wallisch 1928

Союз *Alnion incanae* Pawlowski, Sokolowski et Wallisch 1928

Acc. Aceri tatarici-Alnetum glutinosae Onychchenko 2009

Субасс. Aceri tatarici-Alnetum typicum Onychchenko 2009

Acc. Ficario-Ulmetum minoris Knapp 1942 em J. Matuszkiewicz 1976.

Acc. Urtico dioicae-Alnetum glutinosae Bulokhov et Solomeshch 2003

Вариант: Matteucia struthiopteris

Acc. Filipendulo ulmariae-Quercetum roboris Polozov et Solomeshch 1999

Acc. Ulmo laevis-Alnetum glutinosae ass. nov. prov.

Порядок Quercetalia pubescenti-petraeae Klika 1933

Союз Aceri tatarici-Quercion Zolyomi 1957

Acc. Brachypodio sylvaticae-Quercetum roboris ass. nov. prov.

Acc. Vincetoxico hirundinariae-Quercetum roboris ass. nov. prov.

Acc. *Galio physocarpae-Quercetum roboris* ass. nov. prov.

Класс *Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tx. ex.

Порядок Alnetalia glutinosae Тх. 1937

Союз Alnion glutinosae Malcuit 1929

Acc. Lysimachio verticillaris-Alnetum glutinosae ass. nov. prov.

вариант Urtica pubescens

вариант Ranunculus sceleratus

Acc. Carici elongatae-Alnetum glutinosae Koch 1926 ex Tx. 1931

Cyбасс. C.-A. Phragmitetosum australis Bulokhov et Solomesch 2003

Характеристика синтаксонов в границах класса Querco-Fagetea:

Асс. Aceri tatarici-Alnetum glutinosae впервые описана на Украине. Выявлена и на территории Ростовской области. Диагностические виды (Д.в.): Alnus glutinosa, Acer tataricum. Сообщества ассоциации распространены на вторых песчаных террасах рек Дубровая, Решетовка, Ольховатка, Матюшина в ольховых колках на плодородных, затапливаемых во время весенних паводков, но местами довольно сухих черноземовидных почвах, что местами определяет видовое разнообразие сообществ данной ассоциации. Установлена также субасс. Aceri tatarici-Alnetum typicum, она объединяет наиболее типичные сообщества ассоциации и своих диагностических видов не имеет.

Асс. *Ficario-Ulmetum minoris* указывается на Украине, в Ростовской области распространена на втором-третьем песчаном массиве реки Дубравная и Решетовка, отчасти — Матюшиной. Черноольховые аренные леса с доминированием во втором ярусе *Ulmus minor* произрастают на черноземовидных супесках. Д.в.: *Ulmus minor*, *Ficaria verna*, *Padus avium*, *Chaerophyllum odoraticum*.

Асс. *Urtico dioicae-Alnetum glutinosae*, вариант: *Matteucia struthiopteris* в Ростовской области отмечена только в 2 местах, на песчаном массиве р. Елань. Здесь черноольшаники высокого бонитета (I-II) произрастают на лугово-болотных почвах, представленных мощными темно-серыми рыхлыми супесями. Эти сообщества очень редки в области и представляют большой научный интерес. Д.в.: *Alnus glutinosa, Urtica dioica, Matteucia struthiopteris*.

Асс. *Filipendulo ulmariae-Quercetum roboris* распространена на вторых-третьих песчаных террасах р. Дубровая, Ольховатка и Елань. Доминантом во втором древесном ярусе выступает *Quercus robur*. В отличие предыдущих сообществ, сообщества этой ассоциации произрастают в более сухих условиях на черноземовидных почвах. Д.в.: *Quercus robur*, *Filipendula ulmaria*, *Lysimachia vulgaris*.

Асс. *Ulmo laevis-Alnetum glutinosae* отличается богатством видов весенних эфемероидов. Распространены сообщества в сырых весною, свежих летом ленточных ольховых колках на пологобугристых песчаных степях долин рек Ольховатка, Дубровая и Песковатка. Роль спутников ольхи во втором ярусе здесь играют *Ulmus laevis* и *Betula pendula*. Д.в.: *Ulmus laevis*, *Dryopteris carthusiana*, *Corydalis solida*, *Veratrum lobelianum*.

Асс. *Brachypodio sylvaticae-Quercetum roboris* распростренена на второй-третьей террасах реки Дубровая. Сообщества занимают протяженные понижения рельефа в виде лент - ленточные дубравы. Почвы черноземовидные. В первом ярусе к дубу примешивается *Tilia cordata*, во втором ярусе обычен *Acer campestre*. Д.в.: *Tilia cordata*, *Brachypodium sylvaticum*, *Vicia cracca*, *Quercus robur*, *Melica picta*.

Асс. Vincetoxico hirundinariae-Quercetum roboris распространена на третьей песчаной террасе р. Черная в ленточных термофильных дубравах. В сравнении с предыдущим синтаксоном, здесь из первого яруса выпадает Tilia cordata. Д.в.: Vincetoxicum hirundinaria, Agrimonia eupatoria, Campanula trachelium, Ulmus minor.

Acc. *Galio physocarpae-Quercetum* распространены на второй террасе р. Песковатка в свежих дубравах. В первом ярусе к дубу примешивается *Populus nigra, Ulmus glabra, Acer negundo*. В кустарниковом ярусе добавляется *Frangula alnus*. Д.в.: *Galium physocarpum, Lysimachia nummularia, Ulmus glabra, Frangula alnus*.

В рамках класса Alnetea glutinosae:

Acc. Lysimachio verticillaris-Alnetum glutinosae представляет гигрофитные, местами топяные ольшаники, распространены только на песчаном массиве р. Елань в наиболее глубоких центральных частях колков среди бугристых песков. Наличие видов Matteuccia struthiopteris и Menyanthes trifoliata крайне редких в области составляет большой научный интерес этих сообществ. Сообщества очень разнообразны по макрорельефу, здесь выделены варианты: Urtica pubescens и Ranunculus sceleratus. Д.в.: Lysimachia verticillaris, Calystegia sepium, Poa palustris, Equisetum pratense.

Асс. *Carici elongatae-Alnetum glutinosa* распространена на первой и второй террасах рек. Дубровая, Решетовка и Елань на почвах лугово-болотного типа. Черноольшаники высокого бонитета (I-II), кустарниковый ярус очень разрежен — *Salix cinerea, Padus avium, Frangula alnus*. Видовая насыщенность от 17 до 38 видов на 400 м $^2$ . Здесь выделена также субасс. *C.-A. Phragmitetosum australis*. Д.в.: *Alnus glutinosa, Carex elongata*.

Эколого-флористическая классификация растительности сообществ аренных лесов еще полностью не разработана. Синтаксономическое положение многих синтаксонов вызывает трудности, которые связаны с отсутствием синтаксономии лесов региона, экотонным положением многих сообществ. Сообщества новых ассоциаций требуют детального изучения.

The results syntaxonomy vegetation of native forests on sandy tracts north of Rostov region *The key words:* syntaxonomy, sandy array, Rostov region.

### Список литературы

- 1. Булохов А.Д., Соломещ А.И. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России. Брянск, изд. БГУ, 2003. 359 с.
- 2. Зозулин Г.М. Типы лесов Ростовской области // Тез. докл. Сев.-Кав. совета по коорд. и планир. научн.-исслед. работ по техн.-естеств. наукам. Новочеркасск, 1962. С. 92–94.
- 3. Семенищенков Ю.А. Фитоценотическое разнообразие Судость-Деснянского междуречья. Брянск: РИО БГУ, 2009. 400 с.
- 4. Семенищенков Ю.А., Кузьменко А.А. Лесная растительность моренных и водноледниковых равнин северо-запада Брянской области. Брянск: ГУП «Брянское полиграфическое объединение», 2011. 112 с.
- 5. Гринь Ф.О. Про нові знахідки та умови виростання Veronica umbrosa М. В. на Донецкому кряжі. Бот. журн. АН УРСР. Т. І. № 2. 1940. С. 281295.
- 6. Котов М.И., Карнаух Е.Д. Раслинность заповідників Сталінсткої обласі. Бот. журн. АН УРСР. Т І. № 2. 1940. С. 335352.
  - 7. Onyschchenko V.A. Fofest of order Fagetalia sylvaticae in Ucraine. Kyiv: Alterpress, 2009. 212 p.
  - 8. Braun-Blanquet J. Pflancensoziologie. Aufl. Wien; T. Y., 1964. 865 s.
- 9. Chytry M. Therriophilous oak Forests in the Czech Republic: Syntaxonomical Revision of the Quercetalia pubescenti-petraeae // Folia Geobot. Phytotax. 1997. 32.. P. 221258.
- 10. Hennekens S.M. TURBO(VEG). Software package for imput, processing, and presentation of phytosociological data. Users guide. IBN-DLO, University of Lancaster, Lancaster, 1996. 59 c.
  - 11. Tichy L. JUICE, software for vegetation classification // J. Veg. Sci. Vol. 13. 2002. P. 451453.
- 12. Weber H. E., Moraves J., Theourillat D.-P. Jnternational Code of Phytosociological nomenclature. // Journal of Vegetation Sciense. 2000. Vol. 11. № 5. P. 739768.
- 13. Zolyomi B. Der Tatarenahorn-Eichen-Losswald der zonalen Waldsteppe // Act. Bot. Acad. Scient. Hung., 1957. № 3. S. 401424.

#### Об авторе

Соколова Т.А. - младший научный сотрудник отдела аридной экологии Института аридных зон Южного научного центра РАН, г. Ростов-на-Дону, Sta1562@yandex.ru;

Сушко К.С.- стажер-исследователь отдела аридной экологии ИАЗ ЮНЦ РАН, kirr-ka@yandex.ru.

#### УДК 632.2:591.4:591.85.

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ МЫШЕЧНОЙ И НЕРВНОЙ ТКАНЕЙ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ

В.А. Столяров, Л.П. Тельцов

Проведенные нами комплексные исследования показали что: гистогенез мышечной и нервной тканей стенки тонкой кишки в раннем онтогенезе протекает в три периода; в дефинитивном периоде развития их гистогенез по времени совпадают; процесс закладки и формирования интрамуральной нервной ткани стенки тонкой кишки находится в тесной взаимосвязи с развитием ГМ ткани тонкой кишки.

Ключевые слова: Плоды, телята, период, тонкий отдел кишечника, мышечная, нервная, ткань, гистогенез.

**Актуальность темы.** Изучение закономерностей развития тканей, органов и систем организма сельскохозяйственных животных является одной из главных проблем современной анатомии, физиологии, эмбриологии и гистологии. Актуальность ее велика для фундаментальных и прикладных наук - медицины, ветеринарии, животноводства [1, 2, 7].

**Цель работы** - изучение возрастных особенностей и закономерностей морфофункционального развития мышечной и нервной тканей стенки тонкой кишки их клеточных дифферонов у плодов и телят новорожденного этапа развития крупного рогатого скота черно-пестрой породы на разных уровнях организации (органном, тканевом, клеточном).

**Материал и методы исследований.** Исследования проведены на материале, полученном от 87 датированных 2 - 9-мес. плодов и 56 телят новорожденного этапа развития (от рождения до 15-сут. возраста) крупного рогатого скота черно-пестрой породы, разводимых в хозяйствах Республики Мордовия.

Материалом исследования служил тонкий отдел кишечника.

Кусочки материала, для гистологических и гистохимических исследований, брали из разных участков кишечной стенки.

Для электронно-микроскопических исследований кусочки стенки тонкой кишки фиксировали погружением его в 2,5 % раствор глютарового альдегида на 0,1 М фосфатном буфере (pH - 7,2) в течение 4-12 часов (T - 4 C) с его дальнейшей обработкой и заливкой в смесь смол эпон-аралдити с последующей полимеризацией.

Возрастные особенностей строения кишечной стенки и составляющих ее оболочек изучали на депарафинированных срезах, окрашенных гематоксилин-эозином и по Доминичи-Кедровскому. Нервные клетки выявляли импрегнацией Бильшовского-Гросс, по Букке, Компасу и азотнокислым свинцом по Чилингаряну.

Хроматиновые вещества нервных клеток окрашивали по Нисселю, нейрофиламенты - по Кахалю, Бильшовскому. Толщину всей кишечной стенки, толщину слизистой, мышечной и серозной оболочек измеряли при помощи окуляр-микрометра ОК - 15. Цитометрию клеточных дифферонов мышечной и нервной тканей проводили по общепринятой методике

Цито- и гистохимическими методами исследования выявляли: рибонуклеопротеиды и дезоксирибонуклеопротеиды; основные, кислые и суммарные белки; сульфгидрильные, дисульфидные, карбоксильные группы белков. Для более объективного сопоставления полученных результатов выводили средний гистохимический коэффициент для различных клеточных дифферонов. Люминисцентно-микроскопические исследования нуклеопротеидов и углеводов проводили на срезах флюохромированных в растворе акридинового оранжевого в разведении 1:10000, приготовленном на цитратно-фосфатном буфере.

**Результаты исследований.** На основании проведенных нами комплекса исследований установлено что:

- 1) Развитие тонкой кишки, как органа, на раннем онтогенезе протекает в 2 периода. Первый период интенсивных формообразовательных процессов или формирования временного органа продолжается до 5 5,5-мес. возраста плода. Второй период дефинитивный от 5 5,5 мес. возраста плодов до 15-сут. возраста телят. Развитие тонкой кишки и ее отделов, кишечной стенки и ее оболочек, на раннем онтогенезе, протекает асинхронно и подчинено проксимально-дистальному и брыжеечно-дистальному градиентам и асинхронности развития.
- 2) Асинхронность развития мышечной оболочки обусловлена гетерохронностью развития ее циркулярного и продольного слоев.
- 3) Гистогенез гладкой мышечной, нервной тканей стенки тонкой кишки, на плодном и новорожденном этапах развития, подчинен: проксимально-дистальному градиенту для тонкой кишки (как органа); брыжеечно-дистальному градиенту структур и тканей в кишечной стенке; асинхронному и гетерохронному развитию клеточных дифферонов тканей в зависимости от их локализации в кишечной стенке; определенной динамикой изменения площади ядра и всей клетки, ядерно-цитоплазменного отношения, митотического деления, и индекса дегенерации.

Гистогенез гладкой мышечной ткани стенки тонкой кишки на раннем онтогенезе имеет 3 периода. Первый период доспецифического развития (у эмбрионов до 30 - 34 сут.). Второй - формирования тканевых систем или временной гладкой мышечной ткани (от 30 - 34 сут. до 5 - 5,5-мес. возраста плода), который имеет этапы: закладки - от 30 - 34 сут. до 3-мес. возраста плода и формирования - у плодов от 3 до 5 - 5,5 мес. Третий период - дефинитивного развития (у плодов от 5 - 5,5 мес. до 15-сут. возраста телят). Последний имеет этапы: начального дефинитивного развития - у плодов от 5 - 5,5 мес. до рождения и промежуточного дефинитивного развития - у телят от рождения до 15 сут. [3, 5].

4) Развитие нервной ткани стенки тонкой кишки на раннем онтогенезе подчинено асинхронному и гетерохронному развитию в зависимости от ее локализации в кишечной стенке.

Гистогенез нервной ткани стенки тонкой кишки на раннем онтогенезе протекает в три перио-

да. Первый период доспецифического развития (у эмбрионов до 30 - 34 сут.). Второй - закладки и формирования специфической нервной ткани (от 30 - 34 сут. до 5,5 - 6-мес. возраста плода), он имеет этапы: закладки (от 30- 34 сут. до 3-мес. возраста плода) и формирования (у плодов от 3 до 5,5 - 6 мес.). Третий - дефинитивного развития (от 5,5 - 6 мес. плода до 15-сут. возраста телят). Третий период развития нервной ткани стенки тонкой кишки имеет этапы: начальный дефинитивный (у плодов от 5,5 - 6 мес. до рождения) и промежуточный или ювенальный (у телят от рождения до 15 сут.) [4, 5].

Гистогенез гладкой мышечной и нервной тканей стенки тонкой кишки в раннем онтогенезе протекает в три периода.

Гладкая мышечная ткани на периоде закладки и формирования тканевых систем развиваются параллельно с развитием органа и опережает развитие нервной ткани. Органогенез и гистогенез мышечной и нервной тканей стенки тонкой кишки на дефинитивном периоде развития по времени совпадают.

Процесс закладки и формирования интрамуральной нервной ткани стенки тонкой кишки находится в тесной взаимосвязи с развитием ГМ ткани тонкой кишки. В возрастном аспекте, процесс дифференциации нейробластов совпадает с развитием миобластов, а нейроцитов - с развитием миоцитов. Формирование межмышечного нервного сплетения совпадает с формированием кольцевого слоя, а подмышечного нервного сплетения - продольного слоя мышечной оболочки стенки тонкой кишки. Следовательно в раннем онтогенезе интрамуральная нервная ткань стенки тонкой кишки выполняет индукционно - формативную интеграцию развития тканей кишечной стенки однако механизм данной регуляции требует дополнительного тщательного изучения.

Carried out complex researches found out, that histogenesis of small intestine muscle and nervous tissues divided into three periods. During the definitive period of development their hisytogenesis synchronizes. The process of laying and forming of intramural tissue of small intestine wall is at tight correlation with development of muscle histogenesis of small intestine tissue. *The key words:* Fetal, calves, period, the small intestine, muscles, nervous, tissue, histogenesis.

#### Список литературы

- 1. Родин В.И. Закономерности развития нервной ткани стенки тонкого отдела кишечника / Родин В.И., Тельцов Л.П., Столяров В.А., Кизим Э.В. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. Серия «Ветеринарные науки», 2009. № 1 (ч.2.). С. 61 -63.
- 2. Столяров В.А. Закономерности развития тканей тонкой кишки у плодов и телят чернопестрой породы: Диссертация ... докт. ветерин. наук. Саранск. 2001.435 с.
- 3. Столяров В.А. Закономерности развития гладкой мышечной ткани тонкой кишки крупного рогатого скота черно-пестрой породы в раннем онтогенезе/В.А. Столяров// Вестник ветеринарии. Ставрополь, 1999. №14 (3/99). С. 133-135.
- 4. Столяров В.А. Закономерности развития нервной ткани тонкой кишки у крупного рогатого скота черно-пестрой породы в раннем онтогенезе /В.А. Столяров// Вестник ветеринарии. Ставрополь, 1999. №14 (3/99). С. 135-137.
- 5. Тельцов Л.П. Функциональная морфология тонкой кишки в эмбриогенезе/ Тельцов Л.П., Ильин П.А., Столяров В.А. Саранск, изд-во Мордов. Ун-та, 1993. 196 с.
- 6. Тельцов Л.П. Морфологические аспекты адаптации человека и животных в онтогенезе / Тельцов Л.П., Степочкин А.А., Столяров В.А. // Медико-физиологические проблемы экологии человека. (Матер. 3 Всерос. конф. С междунар. участием (22 25.09.2009 г.). Ульяновск: изд. УлГУ, 2009.С.300 -303.
- 7. Тельцов Л.П. Эволюционная биология и закономерности индивидуального развития организма / Тельцов Л.П., Степочкин А.А., Столяров В.А. // Материалы 11-ой Международной науч.практической конференции. Ульяновск, 2010. С. 200-207.

#### Об авторе

Столяров В.А.- Мордовский университет имени Огарева Тельцов Л.П. - Мордовский университет имени Огарева

## УДК 612.273+615.2

# ПОИСК СРЕДСТВ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ГИПОКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ

Е.Н. Стратиенко, Н.Ф. Петухова

Гипоксия относится к вредным факторам и может вызвать патологические изменения в организме. Лекарственные средства могут предотвращать вредное влияние гипоксии. Поиск новых антигипоксантов является актуальной проблемой современной фармакологии.

Ключевые слова: гипоксия, организм, патология, лекарственные средства, антигипоксант.

Одним из важнейших условий существования человека является непрерывное снабжение организма кислородом. Молекулярный кислород необходим для производства энергии, нормального роста и функционирования клеток. При дефиците кислорода развивается патологическое состояние, которое называется гипоксией.

Гипоксия (hypoxia; от греч. hypo – «под», «вниз» и лат. oxygenium –кислород; синоним – кислородная недостаточность, кислородное голодание) – состояние, возникающее при недостаточном снабжении тканей организма кислородом или нарушении его утилизации в процессе биологического окисления [2, 8, 10].

Многие патологические процессы в организме имеют в своей основе гипоксическое состояние, вследствие чего развиваются различные формы заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной, мочевыделительной систем, крови и др. [4, 6, 9]. Гипоксия различной степени выраженности может возникать в период внутриутробного развития плода, при рождении ребенка [1, 12, 14]. Проблема гипоксии особенно касается МЧС РФ и МВД РФ, так как личный состав этих подразделений участвует в ликвидации последствий экстремальных ситуаций, сопровождающихся кислородной недостаточностью. Распространенность патологий, включающих гипоксический компонент, определяет исключительную важность и социальную значимость проблемы защиты организма от кислородной недостаточности и сопутствующего энергодефицита [7].

Перспективным путем решения проблемы повышения устойчивости к гипоксии является применение лекарственных средств [4]. Большинство исследователей отмечают, что целесообразность применения фармакологических препаратов возрастает в случаях необходимости срочной мобилизации адаптивных возможностей человека к острому дефициту кислорода.

Впервые разработка антигипоксантов была начата в Военно-медицинской академии. Первая концепция данного класса препаратов была выдвинута В.М. Виноградовым. По его определению, к антигипоксантам относятся лекарственные вещества, которые способны уменьшать или ликвидировать последствия кислородного голодания [5].

До настоящего времени не существует единой классификации антигипоксантов. Это связано с тем, что препараты представлены соединениями из различных химических классов и механизм их действия не всегда изучен. В.М.Виноградов и О.Ю. Урюпов выделили две основные группы антигипоксантов: улучшающих транспортную функцию крови и сохраняющих энергетический статус клетки при гипоксии [5]. В работе Л.Д.Лукьяновой выделяются антигипоксанты прямого энергизирующего действия, направленного на коррекцию функции дыхательной цепи в условиях гипоксии; специфического действия (направлены на коррекцию вторичных энергетических нарушений) — мембраноактивные вещества, антиоксиданты, корректоры рецепторных функций, внутриклеточного обмена, вазоактивные соединения эндогенного происхождения [11]. С.В. Оковитый, в соответствии с подходами к оптимизации энергетического статуса клетки, предложил классификацию антигипоксантов, в которую включены препараты, нашедшие клиническое применение, для которых антигипоксическое действие является основным: препараты с поливалентным действием (производные амидинотиомочевины; ингибиторы окисления жирных кислот); сукцинатобразующие и сукцинатсодержащие средства; естественные компоненты дыхательной цепи; искусственные редокс-системы; макроэргические соединения [13].

Не смотря на активное изучение вопросов связанных с коррекцией гипоксических состояний в настоящее время арсенал лекарственных средств с противогипоксическим действием недостаточен и не полностью отвечает требованиям практической медицины вследствие ряда причин (слабо выраженное антигипоксическое действие, узкий диапазон действующих доз, побочные эффекты и др.). Поэтому поиск и изучение фармакологической активности новых химических соединений, повышающих устойчивость организма к гипоксии и разработка на их основе новых лекарственных средств с антигипоксическим эффектом является актуальной задачей экспериментальной и клинической фармакологии [9].

Перспективными в плане поиска новых химических веществ с антигипоксическим действием могут быть новые металлокомплексные соединения производные винилимидазола, впервые синтезированные в Иркутском институте химии имени А.Е. Фаворского СО РАН. Эти химические вещества относятся к группе комплексных соединений 1-алкенилимидазолов. Установлено, что среди соединений данной группы имеются вещества, обладающие выраженным антигипоксическим действием [3]. Влияние новых химических соединений производных винилимидазола на продолжительность жизни экспериментальных животных при различных видах гипоксии не изучалось, что и было основанием для нашего исследования.

В проведенном нами исследовании в сравнительном аспекте было изучено влияние трех новых металлокомплексных соединений производных винилимидазола под шифрами ферразол, кобазол и ацизол и известного антигипоксанта гипоксена на продолжительность жизни мышей при четырех

моделях гипоксии. Установлено, что антигипоксическая активность не одинаково выражена у изучаемых соединений и зависела дозы и модели острой гипоксии. Новое металлокомплексное соединение производное винилимидазола кобазол по эффективности и диапазону действующих доз в условиях острой гипобарической гипоксии значительно превосходит другие испытанные химические соединения (ферразол и ацизол), а также известный антигипоксант гипоксен. Кобазол может быть рекомендован для дальнейшего более широкого исследования в качестве потенциального лекарственного средства для профилактики и лечения острой гипобарической гипоксии.

Hypoxia refers to harmful factors and can cause pathological changes in the organism. Drugs can prevent the harmful effects of hypoxia. Search for new antihypoxants to be relevance-term problem of modern pharmacology. *The key words:* hypoxia, organism, pathology, drugs, antihypoxant

#### Список литературы

- 1. Адо А.Д. Патологическая физиология. Томск., 2001. 570 с.
- 2. Андрианов А.Ю., Базаров В.Г., Рябов Г А. Гипоксия критических состояний. М.: Медицина. 2003. 288 с.
- 3. Бабаниязов Х.Х., Байкалова Л.В., Станкевич В.К., Баринов В.А. Применение бис(1-винилимидазол) диацетатоцинка в качестве гепатопротектора и адаптогена // В кн. Новые лекарственные средства: успехи и перспективы. Уфа, 2005. С. 183-184.
- 4. Вахрушев А.Е., Копцов С.В., Павлов Ю.В. Современные аспекты применения антигипоксантов в медицине критических состояний // Новые Санкт-Петербургские врачебные ведомости. – 2002. №2. С. 54-56.
- 5. Виноградов В.М., Урюпов О.В. Гипоксия как фармакологическая проблема // Фармакол. и токсикол. 1985. Т. 48., № 4. С. 9-20.
- 6. Виноградов В.М., Криворучко Б.И. Фармакологическая защита мозга от гипоксии // Психофармакология и биологическая наркология. 2001. №1. С. 27-37.
- 7. Германова Э.Л. Нарушение энергетического обмена при их коррекции с помощью сукцинатсодержащего соединения проксипин: Автореф.дисс. ...канд.биол.наук. М., 2008. 20 с.
- 8. Евсеев А.В., Шабанов П.Д., Парфёнов Э.А., Правдивцев В.А. Острая гипоксия: механизмы развития и коррекции антиоксидантами. СПб.: Элби-СПб, 2008. 224 с.
- 9. Копцов С.В., Вахрушев А.Е., Павлов Ю.В. Современные аспекты применения антигипоксантов в медицине критических состояний // Новые Санкт-Петербургские врач. Ведомости. 2002. №2. С. 54-56.
  - 10. Литвицкий П.Ф. Патофизиология М., 2003. 752 с.
- 11. Лукьянова Л.Д. Антигипоксанты, подходы к их классификации, принципы применения // Фармакологическая коррекция гипоксических состояний. Гродно, 1991. С. 126-127.
- 12. Лукьянова Л.Д. Роль биоэнергетических нарушений в патогенезе гипоксии // Патол. физиол. и эксперим. терапия. М., 2004. №2. С. 2-11.
- 13.Оковитый С.В. Некоторые подходы к классификации антигипоксантов // Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция. Материалы IV Росс. конф. М., 2005. С. 84-85.
- 14. Aldashev A., Naeije R. Eds. Problems of high Altitude Medecine and Biology // NATO Science for Peace and Security. Series A: Chemistry and Biology. 2006. 314 p.

#### Об авторах

Стратиенко Е. Н. – доктор медицинских наук, профессор кафедры физического воспитания и основ медицинских знаний Брянского государственного университета имени И.Г. Петровского, stratienko@list.ru Петухова Н. Ф. – аспирант Брянского государственного университета имени И.Г. Петровского.

#### УДК 577+612.014.4

# ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМ И ПУТИ ИХ КОРРЕКЦИИ

# Е.Н. Стратиенко

Факторы окружающей среды влияют на здоровье человека. Гипоксия относится к вредным экологическим факторам и может вызвать патологические изменения в организме. Лекарственные средства могут предотвращать вредное влияние гипоксии.

**Ключевые слова**: здоровье, экологический фактор, гипоксия, патология, лекарственные средства.

В настоящее время проблема углубленного анализа состояния здоровья населения продолжает оставаться актуальной. Этот вопрос особо важен при изучении зависимости здоровья от факторов окружающей среды [14, 20, 21]. Деятельность современного человека приобретает масштабы глобальных процессов, это приводит к изменению природных циклов на Земле, нормального экологического равновесия, что отрицательно сказывается на здоровье населения. Важным критерием оценки экологического фактора является состояние здоровья наблюдаемых контингентов и его изменения при длительном воздействии на организм тех или иных условий [10, 14, 21].

Основой для выявления причинно-следственных связей между здоровьем населения и средой обитания служат исследования, позволяющие выявить ведущие медицинские проблемы региона, виды патологии, доминирующей на данной территории и имеющей неблагоприятные тенденции. В процессе исторического развития живые организмы освоили четыре среды обитания – это водная и наземновоздушная сферы, почва, а также организмы живых существ [20, 21]. Наземно-воздушная среда является наиболее разнообразной по условиям обитания. При гигиенической оценке воздуха учитываются: химический состав, физические константы (температура, влажность, скорость движения воздуха, барометрическое давление), механические примеси (содержание пыли и микроорганизмов). Одим из тяжелых в экологическом отношении районов наземно-воздушной среды обитания для человека является ореал средне- и высокогорья [1, 4, 10, 12]. Величина насыщения крови кислородом зависит не только от процента его содержания в воздухе, но и от парциального давления кислорода. На уровне моря содержание кислорода в воздухе и величина парциального давления кислорода соответствуют физиологическим возможностям организма человека [1, 4, 14]. На высоте выше 1000 м над уровнем моря показатели барометрического давление и парциального давление кислорода снижаются, что приводит к первым признакам кислородного голодания (гипобарической гипоксии) – головокружение, слабость мышц, одышка, сердцебиение [4, 12, 19]. В период пребывания в условиях гипобарической гипоксии следующие изменения физиологических показателей и ощущений: снижение частоты пульса и дыхания, уменьшение максимального и повышение минимального показателей артериального давления, возрастание жизненной емкости легких, глухой тембр голоса, понижение кожной чувствительности и слуха, ощущение сухости слизистых оболочек, усиление перистальтики кишечника, легкое сжатие живота вследствие сжатия газов в кишечнике [11, 18, 19]. На высоте 8000-9000 м создаются условия, не совместимые с жизнью [4, 12, 18]. Гипобарическая гипоксия также может возникать у спортсменов во время соревнований в горной местности, при разгерметизации летательных аппаратов, при авариях в системах жизнеобеспечения различных герметизированных объектов, находящихся на значительной высоте над уровнем моря [2, 3, 15, 16]. Поддержание выживаемости и работоспособности в описанных ситуациях является необходимым условием для успешного выполнения стоящих перед личным составом задач и сохранения жизни как в мирное время, так и при военных конфликтах [2, 8, 9]. Эта проблема особенно касается медицины катастроф, МЧС, спортивной, военной, авиационной и космической медицины [3, 7, 16].

В настоящее время для обеспечения выживаемости и поддержания физической работоспособности в условиях гипобарической гипоксии используют различные технические средства индивидуальной защиты и технологии длительной тренировки [4, 7, 9, 17]. Однако, применение их ограничено характером выполняемой работы, сложностью эксплуатации, большой стоимостью и рядом других факторов. Лекарственные средства специфического действия позволяют быстро повысить резистентность организма животных и человека к острой гипобарической гипоксии [5, 6, 13, 16]. Этот способ имеет ряд несомненных преимуществ. В зависимости от возникающей ситуации лекарственные средства можно применять как с профилактической, так и лечебной целью [2, 3, 6, 8]. Однако арсенал таких препаратов ограничен и не все из них отвечают запросам клиники (низкая эффективность, высокая токсичность, узость диапазона эффективных доз и др.). Поэтому важной задачей современной фармакологии является поиск новых, более эффективных лекарственных средств для повышения выживаемости в условиях гипобарической гипоксии и нам представлялось актуальным осуществить поиск средств этого профиля. Интересными и перспективными в этом плане являются новые производные 3-оксипиридина [8, 11].

Материалы и методы исследования. Опыты произведены на белых мышах. Для исследования были предложены 3 новых химических соединения из группы 2-замещенных фенилэтилпроизводных 3-оксипиридина под шифрами СК-115, СК-116 и СК-169. Препаратом сравнения взят антигипоксант мексидол. Исследуемые вещества вводили внутрибрюшинно в дозах 25, 50 и 100 мг/кг за 1 час до регистрации исследуемого показателя. Контрольным животным в тот же срок и тем же путем вводили равный объем дистиллированной воды. Острая гипобарическая гипоксия у мышей моделировалась в камере, разряжение атмосферы соответствовало высоте 10 тысяч метров над уровнем моря. Учитывали продолжительность жизни мышей на «смертельной площадке» в течение 20 минут и количество выживших животных после экспозиции.

Результаты исследования. Установлено, что в условиях гипобарической гипоксии исследованные химические вещества обладают различными антигипоксическим действием. Степень выраженности этого эффекта зависит от химического соединения и дозы. Производных 3оксипиридина увеличивают как продолжительность жизни, так и число выживших мышей. При этом с увеличением вводимой дозы возрастает значение обоих критериев антигипоксической активности. Так, при введении мышам СК-115 в дозах 25, 50 и 100 мг/кг продолжительность жизни мышей возрастала по сравнению с контролем соответственно на 16, 25 и 88%, а процент выживших животных увеличивался соответственно на 10, 20 и 40% при 100% гибели животных контрольной группы. Дозозависимое антигипоксическое действие СК-116 при гипобарической гипоксии было также четко выражено. При введении этого соединения продолжительность жизни погибших мышей увеличивалась по сравнению с контролем соответственно на 18, 84 и 281%, процент выживших мышей был выше соответственно на 20, 40 и 80%. СК-169 в этих же дозах не оказывал существенного влияния на продолжительность жизни подопытных мышей (соответственно выше на 6, 11 и 14% по сравнению с контролем), но число выживших мышей в этих подопытных группах было достоверно больше (соответственно больше на 20, 20 и 30% по сравнению с контролем). Антигипоксант мексидол оказывал защитное действие в условиях опыта только в дозах 50 и 100 мг/кг, увеличивая продолжительность жизни мышей при острой гипобарической гипоксии на 18 и 22%. В дозе 25 мг/кг мексидол был не эффективен.

Анализ результатов исследований позволяет рекомендовать новое химическое соединение из группы 2-замещенных фенилэтилпроизводных 3-оксипиридина под шифром СК-116 для дальнейшего более глубокого исследования в качестве потенциального лекарственного средства, повышающего устойчивость к воздействию гипобарической гипоксии.

The environmental factors affect human health. Hypoxia refers to harmful environmental factors and can cause pathological changes in the organism. Drugs can prevent the harmful effects of hypoxia.

The key words: health, ecological factor, hypoxia, pathology, drugs.

# Список литературы

- 1. Адо А.Д. Патологическая физиология. Томск, 2001.
- 2. Белинский А.В. Современные подходы в медицинской реабилитации военнослужащих с пограничными психическими состояниями // Воен.-мед. журн. 2000. № 8.
- 3. Васильев П.В., Глод Г.Д., Сытник С.И. Фармакологические средства стимуляции работоспособности летного состава при напряженной деятельности. // Воен.-мед. журн. 1992. № 8.
- 4. Германова Э.Л., Лукьянова Л.Д., Ткачук Е.Н. Особенности адаптации к различным типам гипоксии // Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция. Материалы IV Российской конференции. М., 2005.
- 5. Ефремов А.В., Шарапов В.И., Грек О.Р. Гипобарическая гипоксия и метаболизм ксенобиотиков. М., 2007.
- 6. Каркищенко Н.Н., Пчелинцев С.Ю., Сенченков Е.П. и др. Современные аспекты профилактики и фармакотерапии экстремальных состояний // Человек и лекарство: Тез. докл. IV Российского национал. конгр. М., 1997.
- 7. Коваленко Е.А., Проблема гипоксии в космической медицине. // Тез. докл. I Российского Конгресса по патофизиологии "Патофизиология органов и систем. Типовые патологические процессы ". М.. 1996.
- 8. Куценко С.А., Легеза В.Н. Некоторые направления совершенствования медикаментозных средств, предназначенных для сохранения и восстановления боеспособности военнослужащих // Воен.-мед. журн. 1994. № 2.
- 9. Мазуров В.И., Кузнецов И.А. Эффекты бемитила у лиц, работающих в условиях высокогорья // Тез. докл. Российской научной конференции «Антигипоксанты и актопротекторы: итоги и перспективы.» СПб., 1994.
  - 10. Медицинская биология /ред. В.П. Пишака, Ю.И. Бажори. Винница: Новая книга, 2004.
- 11. Новиков В.Е., Катунина Н.П. Фармакология и биохимия гипоксии // Обзоры клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2002.
  - 12. Новиков В.Е., Горанчук В.В., Шустов Е.Б. Физиология экстремальных состояний. СПб., 1998.
- 13.Оковитый О.В., Смирнов А.В. Антигипоксанты // Экспериментальная клиническая фармакология. М., 2001.
  - 14. Орехов К.Н. Проблемы экологии человека. Ставрополь, 1998.
- 15.Петров В.П. Поражающие факторы при чрезвычайных ситуациях и модели их формирования // Воен.-мед. журн. 2004. № 10.
  - 16.Сабаев В.В., Ильина С.Л. Проблемы фармакологического обеспечения медицины ката-

строф // Медицина катастроф. 1995. № 1-2.

- 17.Смирнов А.В. // Тез. докл. Российской научной конференции «Антигипоксанты и актопротекторы: итоги и перспективы». СПб., 1994.
- 18. Хачатурян М.Л. Зависимость устойчивости крыс к гипоксии от времени дня, сезона и года // Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция. Материалы IV Российской конференции. М., 2005.
  - 19. Шевченко Ю.Л. Гипоксия. Адаптация, патогенез, клиника. СПб, 2000.
  - 20. Шилов И.А. Экология. М.: Высшая школа. 2000.
  - 21. Экология, здоровье и образ жизни. СПб.: Наука, 1996.

#### Об авторе

Стратиенко Е. Н. –доктор медицинских наук, профессор Брянского государственного университета имни академика И.Г. Петровского, stratienko@list.ru

#### УДК 597.553.1; 591.53

# ПИТАНИЕ САРИНСКОЙ СЕЛЬДИ ALOSA BRASCHNİKOWII SARENSIS (MICHAILOWSKAJA) КАСПИЙСКОГО МОРЯ

С.Ш. Сулейманов, А.П. Азизов

Рассмотрено сезонное изменение питания саринской сельди *Alosa braschnikowii sarensis* (Michailowskaja) в различных районах Каспийского моря. Анализируется качественный состав их пищи, а также дается количественная оценка выедания ими гидробионтов, в том числе килек, являющихся одновременно и ценными объектами промысла. Основу питания саринской сельди составляют кильки, атерина, креветки, бычки, бокоплавы и др.Выявлено, что состав пищи саринской сельди зависит от состава корма того района, в котором они держатся. Саринская сельдь наиболее интенсивно питается весной, до нереста (в марте – апреле) и в середине лета (июль), после нереста. По сравнению с другими сезонами года в летний период ареал нагула сельди расширяется и охватывает всю западную часть Южного Каспия. Выявлена зависимость между интенсивностью питания, упитанностью и развитием половых желез.

Ключевые слова: питание, сельдь, килька, креветка, амфиподы, упитанность.

**Введение.** Саринская сельдь является одной из основных промысловых видов сельдевых юго – западного побережья Каспия. Однако ее биология и, в частности, многие стороны поведения, связанные с питанием, ее пищевые адаптации изучены далеко недостаточно. Изучение особенности питания рыб является одним из существенных моментов познания их биологии [1, с. 29].

Некоторые данные по питанию сельдей в Каспийском море приведены в ряде работ [2, 3, 4, 5].

По питанию саринской сельди имеется лишь одна работа [1]. С этого периода и до последнего времени изучению питания саринской сельди уделялось недостаточное внимание.

Основной задачей настоящей работы является выяснение особенности и интенсивности питания саринской сельди, в пределах ее ареала в Каспийском море. Изучение питания и пищевых адаптаций саринской сельди в этом плане представляется весьма перспективным.

**Материал и методика.** Материалом для анализа послужили результаты научноисследовательского лова сельдей, проведенные по сезонам 2009 – 2010 гг. Для характеристики питания саринской сельди просмотрено содержимое 375 желудков этой рыбы, выловленной в прибрежной зоне ставными орудиями лова и в открытых районах юго-западной части Каспийского моря на глубинах 10 – 100 м донным тралом (24,7 м). Пойманные рыбы были обработаны по общепринятой методике [6]. Обработку желудков проводили согласно методике, изложенной в «Руководстве по изучению питания рыб в естественных условиях» [7].

**Результаты и обсуждения.** Саринская сельдь (*A.b.sarensis*) в Каспийском море не мигрирует на дальние расстояния. Ареал его ограничен, основные места обитания приурочены к западному побережью Южного Каспия, где они зимуют и нерестятся [8, c. 48; 9, c. 562].

Распространение саринской сельди находится в тесной связи с распределением кильки, которая служит основным объектом ее питания. В южные районы Каспия ежегодно подходит на зимовку значительное количество кильки, которая, начиная со второй половины февраля, совершает нерестовую миграцию вдоль береговой зоны Астары и Ленкорани, следуя в район Куринской косы и о. Сара, где и нерестяться. В массовых количествах килька ловится по всему юго — западному побережью в течение марта и апреля.

Саринская сельдь в юго-западном Каспии питается почти круглый год. Динамика питания саринской сельди в течение года выражается в изменении интенсивности питания и сезонной смене состава пищи. Это связано не только с температурой воды, но и с местом обитания и состоянием кормовой базы. Зимой, с понижением температуры воды до  $7.8-9.2\,^{\circ}$ С, саринская сельдь распределяется на большой акватории юго – западного Каспия [10, с. 134]. После летнего откорма особи этого

вида достигают наибольшей упитанности осенью (1,18-1,24), что позволяет им обходиться в течение зимы без интенсивного питания.

В январе – феврале 2009 г. интенсивность питания саринской сельди оставалась значительной в районах Ленкорани и Куриснкой косы. На этих участках моря они преимущественно обитают в придонных слоях (глубина 45 - 60 м), где температура воды колеблется в пределах 7,8 – 8,6 °С. В этот период вблизи района Ленкорани сельди использовали в пищу килек (46,3 %), преимущественно анчоусовидной, которые в весовом отношении составили 34,9 % и атерину (32,4 %). Второстепенными объектами питания являются креветки (13,1 %) и бычки (5,6 %). Небольшую роль в питании играют щиповки (2,4 %) и амфиподы (1,3 %) (табл. 1). Процент питающихся рыб составляла более 54 %. Не питались главным образом высокоупитанные особи. Общий индекс наполнения желудков равнялся в среднем 174,6 600.

В районе Куринской косы зимой основными объектами питания являлись: атерина (40,3 %), креветки (29,4 %) и кильки (16,2 %). Довольно видную роль в питании играют бычки (9,1 %). Роль щиповки в питании незначительна (всего 1,4 %). Индекс питания сельдей в этом районе невысокий (88,3 ‰). Процент питающихся сельдей зимой составляла 41 %, а средний индекс наполнения желудков равнялся 88,3 ‰ (табл. 1).

Примерно такое же распределение саринской сельди наблюдалось зимой 2010 г., но плотность скоплений рыб несколько снизились, что, по-видимому связано с расширением зимовального ареала. В этот период в разрезах Ленкорани и Куринской косы индекс питания сельдей был невысоким (69-91,5%). Значительный процент пустых (65-75%) желудков указывает на слабое питание саринской сельди. Основным объектом питания во всех исследованных нами районах является атерина, составляющая от 36,8 до 62,2% по весу всей пищи. Второстепенными объектами питания являются креветки (от 24,1 до 37,5%) и кильки (от 4,5 до 17,9%) (табл. 2). В Ленкоранском разрезе некоторое значение в питании имели бычки (5,5%).

В весенний сезон саринская сельдь для питания и нереста, поднимаясь на повнрхность воды, мигрирует на 10-15 метровые глубины разрезов в Ленкорани и Куринской косы. Температура воды в это время в прибрежной зоне повышается до  $10-12\,^{\circ}\mathrm{C}$  [10, с. 135]. Весенние подходы саринской сельди совпадают с миграцией обыкновенной кильки к западным берегам Каспия. Подобная зависимость наблюдается и в остальное время года. В начале апреля 2009 г. сельди в этих районах интенсивно питались, средний индекс наполнения желудков у особей Ленкоранского побережья равнялся  $320\,\%$ , района Куринской косы  $266,2\,\%$ .

Состав пищи саринской сельди в 2009 г. (% от массы)

Таблица 1

	Весна		Лето		Осень		Зима	
Состав пищи	Р-н Ленко-	Р-н Куринская	Р-н Бяндо-	Р-н Пир-	Р-н Нордостового	Р-н Куринский	Р-н Ленко-	Р-н Куринская
	рань	Koca	ван	сагат	култука	камень	рань	Koca
Clupeonella cultriventris caspia	68,3	56,7	5,1	11,7	17,3	9,7	11,4	4,0
Clupeonella engrauliformis	14,2	10,4	50,5	40,0	5,7	27,9	34,9	12,2
Clupeonella grimmi	-	-	4,2	3,0	ı	ı	ı	-
Cobitis	-	-	3,4	-	1,5	ı	2,4	1,4
Aterina	12,4	19,5	10,6	8,1	37,5	46,5	32,4	40,3
Neogobius	-	3,1	7,0	10,3	6,6	i	5,6	9,1
Остатки рыб	0,9	-	2,0	-	3,1	ı	1,3	3,6
Amphipoda	-	-	4,2	7,3	5,5	4,4	1,3	-
Mysidacea	-	-	3,5	2,6	1,9	-	-	-
Decapoda	4,2	10,3	8,2	15,0	20,9	11,5	13,1	29,4
Прочие	-	-	1,3	2,0	-	-	-	-
Число просмотренных желудков	50	27	20	25	19	31	11	22
Доля пустых желудков, %	8	15	5	4	26	52	46	59
Индекс наполнения желудков, %00	320	266,2	215	185,3	157	95	174,6	88,3
Коэффициент упитанно- сти (по Фультону)	1,24	1,26	1,14	1,17	1,18	1,24	1,10	1,13

Сельди с пустыми желудками у Ленкоранского побережья составляли 8 %, а в районе Куринской косы 15 %. В это время основным объектом питания саринской сельди в районах исследований является килька, составляющая от 67,1 до 82,5 % по весу всей пищи. Значения атерины и креветок в пищевом рационе умеренные и соответственно составляют 12,4-19,5 и 4,2-10,3 %, другие группы в питании имеют меньшие значения (табл. 1).

Весенний период (апрель 2010 г.) у прибрежных зон Ленкорани и Куринской косы, где число не питающихся особей составляло 14 и 8 %, соответственно. Такая активность в потреблении пищи вызвана быстротой созревания половых желез, которые в апреле достигают IV и IV – V стадий зрелости.

Основу рациона саринской сельди в Ленкоранском разрезе составляли атерина (52,4 %) и кильки (31,7 %). В то же время доля креветок, мизид и амфипод в пищевом рационе довольно высоко (11,6 %), так как они являются нектобентическими организмами, доступными кормовыми объектами для этого вида.

Существенное место в питании саринской сельди в разрезе Куринской косы принадлежит кильке (64,9 %) и атерине (22,3 %). Доля креветок и бокоплавов незначительна и составляет 6,8 %. Средние индексы пополнения желудков равнялись 133 В Ленкоранском разрезе и 197 В разрезе Куринской косы (табл. 2).

После нереста (июль) саринская сельдь из прибрежной зоны мигрирует в открытую часть моря, где способна к обнаружению участков с максимальной биомассой пищевых организмов.

Сельдь, выловленная в июле 2009 г., вблизи района Бяндован, использовала в пищу килек, атерину и креветок, которые в весовом отношении составили 59,8, 10,6 и 8,2 %. В пищевом рационе бычки (7,0 %), амфиподы (4,2 %) и мизиды (3,5 %) в этот период имеют меньшее значение (табл. 1). Наполнение желудков пищей было хорошим (215 ‱), а пустые желудки составляли всего 5 %. Желудки саринской сельди, выловленной на участке Пирсагат, также были хорошо наполнены (185,3 ‱). Основной пищей сельди служили кильки (54,7 %) и креветки (15 %). Некоторое значение в питании имели и бычки (10,3 %), атерина (8,1 %) и амфиподы (7,3 %). Количество питающихся особей увеличилось до 96 % (табл.1).

В пищевом рационе саринской сельди летом 2010 г. в районе Бяндован преобладали кильки, а именно анчоусовидная килька (46,0 %). На долю атерины приходилось всего 10,3 %, а креветок – 5,3 %, а в районе Пирсагат основными объектами питания саринской сельди являлись кильки (73,9 %). Довольно видную роль в пищевом рационе играют креветки (11,2 %). Средний индекс наполнения желудков равнялся 205 в районе Бяндован и 226,5 в районе Пирсагат. В этот период в обоих районах исследований питались более 93 % особей (табл. 2).

Состав пищи саринской сельди в 2010 г. (% от массы)

Таблица 2

	Весна Лето Осень		Ь	Зима				
Состав пищи	Р-н Ленко-	Р-н Куринская	Р-н Бяндо-	Р-н Пир-	Р-н Нордостового	Р-н Куринский	Р-н Ленко-	Р-н Куринская
	рань	Koca	ван	сагат	култука	камень	рань	Koca
Clupeonella cultriventris	27.5	40,5	80,0	8,9	5,7	3.5	1,0	7,5
caspia	21,5	40,5	80,0	6,9	3,7	3,3	1,0	7,5
Clupeonella engrauliformis	4,2	24,4	46,0	63,0	10,8	13,6	3,5	10,4
Clupeonella grimmi	ı	-	4,2	2,0	ı	ı	-	-
Cobitis	1,3	-	4,7	-	7,0	8,3	1,7	3,6
Aterina	52,4	22,3	10,3	5,7	43	31,2	62,2	36,8
Neogobius	3,0	6,0	2,6	5,0	9,1	13,1	5,5	1,6
Остатки рыб	-	-	1,0	-	1,5	-	1,2	2,6
Amphipoda	2,0	1,8	1,5	3,7	2,6	3,5	-	-
Mysidacea	1,0	-	3,4	-	2,0	-	-	-
Decapoda	8,6	5,0	5,3	11,2	18,3	26,8	24,1	37,5
Прочие	-	-	1,0	0,5	=	-	0,8	-
Число просмотренных	35	25	17	28	11	18	20	16
желудков			- '					-
Доля пустых желудков, %	14	8	6	7	36	44	65	75
Индекс наполнения же-	122	107	205	226.5	1.40.5	120.4	01.5	
лудков, ‱	133	197	205	226,5	149,5	120,4	91,5	69
Коэффициент упитанно-	1,28	1,25	1,18	1,15	1,20	1,22	1,12	1,14
сти (по Фультону)	,=-	,	,	,	,	,	,	,

В осенний сезон саринская сельдь преимущественно обитает в разрезах Нордостового Култу-ка и Куринский камень на глубинах 15-20 метров.

В районе Нордостового Култука в октябре 2009 г. сельди питались преимущественно атериной (37,5 %), килькой (23 %) и креветками (20,9 %). Наименьшее значение в пище имели бычки (6,6 %) и амфиподы (5,5 %). Питающихся сельдей было 74 %, а индекс наполнения – 157 ‱ (табл. 1). В

районе Куринский камень основными объектами питания саринской сельди являлись атерина (46,5%), кильки (37,6%) и креветки (11,5%). Процент питающихся сельдей снижается по сравнению с предыдущим участком до 48%, наряду с этим и индекс наполнения падает до 95%.

Саринская сельдь в Нордостового Кульука и Куринский камень осенью 2010 г. потребляла сходную пищу. Во всех обследованных нами районах в питании этого вида первостепенное значение имеет атерина (31,2-43%).

Довольно важная роль в пищевом рационе принадлежит креветкам (18,3-26,8%) и килькам (16,5-17,1%). Доля бычков (9,1-13,1%) и щиповки (7,0-8,3%) в пищевом комке не очень высока и имеет умеренные значения (табл. 2). Средние индексы наполнения желудков равнялись соответственно 149,5 и 120,4 . Осенью значительная часть рыб (56-64%) продолжает питаться в изучаемых районах моря.

#### Заключение

Проведенные исследования позволили установить, что основу питания саринской сельди составляют кильки (42,8 %), атерина (29,5 %), креветки (15,6 %), бычки (4,8 %), щиповка (1,7 %) и др. Преобладание в пище саринской сельди того или иного организма в разные сезоны года зависит от состава кормовых объектов, которые находятся в данном районе. Изменение интенсивности питания саринской сельди тесно связано с гидрологическими условиями (течение, температура и др.) и с их физиологическим состоянием, в первую очередь с развитием половых желез. Следует предполагать, что кормовая база юго — западной части моря может лимитировать численность местных форм, в частности саринской сельди. Принимая во внимание, что запасы килек, служащих основной пищей саринской сельди, велики, можно думать, что это является хорошей предпосылкой для поддержания численности популяции этого вида на высоком уровне.

Seasonal changes in nutrition of sara herring in different parts of the Caspian Sea is considered. The qualitative composition of their food is analyzed and quantitative estimation of consumption of hydrobionts by them, including sprats, which are valuable commercial object, is also provided. The main food of sara herring is made by sprats, atherinas, shrimps, gobies. Side swimmers, etc. It was revealed, that the composition of the sara herring's food depends on the composition of the forage area in which they hold. Sara herring feeds most intense in the spring, before the spawning season (march-April) and in midsummer (July), after spawning. Compared to other seasons of the year in the summer feeding area of herring expands and covers the whole western part of the South Caspian. A relationship between the intensity of food, fatness and the development of the gonads is revealed.

The key words: nutrition, shad, sprats, shrimps, amphipods, fatness, migration, distribution.

#### Список литературы

- 1. Смирнов А.Н. Питание бражниковских сельдей // Ьр. Института Зоологии, 1950, т. XIV, с. 29 57.
- 2. Державин А.Н. Питание сельдей // Тр. Астрахан.ихтиолог.лаб., 1918, т. 4, вып. 3, с. 59 77.
- 3. Чаянова Л.А. Питание Каспийского пузанка *Caspialosa caspia* (Eichw.) // Мат.по биологии сельдей Северного Каспия. М.; Л.; «Пищепромиздат», 1940, с. 211 235.
- 4. Шорыгин А.А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря // М., « Пищепромиздат», 1952, 267 с.
- 5. Ветчанин ВИ. Биология и популяционная структура бражниковской сельди в юговосточном Каспии // Автореф. канд. диссер., Москва, 1988, 20 с.
  - 6. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб // М.: Изд. «Пищпром», 1966, 372 с.
  - 7. Руководство по изучению питания рыб в естественных условиях. М.: Изд. АН СССР, 1961, 264 с.
  - 8. Казанчеев Е.Н. Рыбы Каспийского моря // М.: Изд. «Пищпром», 1981, 168 с.
- 9. Сулейманов С.Ш. Современное биологическое состояние саринской сельди (*Alosa braschnicowii sarensis*) в Каспийском море // Тр. Общество Зоологов Азербайджана, 2008, т. І, с. 561 566.
- 10. Кулиев З.М., Сулейманов С.Ш. Современное экологическое состояние сельдей (*Alosa*) в Азербайджанском секторе Южного Каспия // Изв. НАН Азербайджана, серия науки о земле, 2010, № 4, с. 132 137.

#### Об авторах

Азизов А.П. – старший научный сотрудник, доцент, лаборатория гидробиологии Института Зоологии НАНА, aflatunazizov@gmail.com

Сулейманов С.Ш. – старший научный сотрудник, доцент, лаборатория ихтиологии Института Зоологии НАНА , suleyman.s@mail.ru

### УДК 631.445.12 (470.333)

# ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРАСТВОРИМОЙ И ОБМЕННОЙ ФОРМЫ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.С. Тимошенко, Г.В. Чекин

Исследование проводили на территории Брянской области. Показано, что распределение относительного содержания макроэлементов водорастворимой формы в торфах низинного типа практически совпадает с распределением относительного содержания для обменной формы. Обнаружено различие в профильном распределении относительного содержания всех рассмотренных элементов в торфах низинного и переходного типа. Отмечено увеличенное содержание ряда элементов в верхних слоях торфа, что связано с биоаккумуляцией макроэлементов растениями. Ключевые слова: торфа переходного и низинного типа, макроэлемент, водорастворимая и обменная форма. Основу резервного торфяного фонда Брянской области составляют месторождения преимущественно низинного и переходного типа [1]. Для комплексного использования таких торфяных месторождений необходимо иметь представления о профильном распределении основных химических элементов [2] и их водорастворимой и обменной формы.

**Методика.** Исследовано 120 образцов, отобранных в естественных условиях из типичных для Брянской области торфов низинного и переходного типа. Выбор объектов производился на основе анализа данных по торфоразведке Росгеолфонда. Анализ образцов проводили по общепринятым методикам в специализированных лабораториях Брянской ГСХА. Рассчитывали процент от запаса данной формы элемента для сопоставления числовых значений макроэлементов водорастворимой и обменной формы.

**Результаты и обсуждение.** В распределении относительного содержания водорастворимой и обменной формы макроэлементов по профилю торфов переходного типа (рис. 1) прослеживается одинаковый ход кривых, за исключением железа.

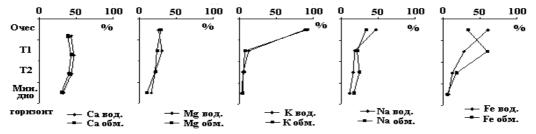


Рисунок 1. Распределение относительного содержания водорастворимой и обменной формы макроэлементов по профилю в торфах переходного типа Брянской области.

Относительное содержание водорастворимой формы железа по профилю уменьшается. По мнению В.Н. Ефимова (1986), верхние слои профиля переходных торфов характеризуются большой миграционной способностью водорастворимого железа по сравнению с нижней частью профиля. Это связано с его высвобождением при отмирании растений, а в летний сухой период – и «подтягиванием» из нижних слоев [3]. Для обменной формы железа максимум приходится на горизонт Т<sub>1</sub>. По-видимому, это связано с накоплением нерастворимых железоорганических комплексов в толще торфяника [4].

Практически ровный ход кривых кальция и магния всех изучаемых форм отражает, повидимому, одинаковый источник поступления этих макроэлементов на разных глубинах, равно как и в приповерхностном слое профиля. В переходных торфах для обменного магния, а так же для водорастворимой и обменной формы натрия и калия максимумы наблюдаются в верхнем слое, и являются результатом биологической аккумуляции элементов растениями-торфообразователями. [3].

По профилю низинных торфов прослеживается параллельность между ходом кривых относительного содержания макроэлементов водорастворимой и обменной формы (рис. 2). Это показывает, по-видимому, что изучаемые формы данных макроэлементов находятся в динамическом равновесии.

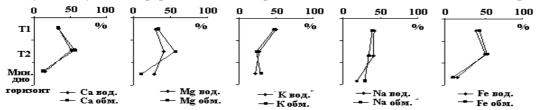


Рисунок 2. Распределение относительного содержания водорастворимой и обменной формы макроэлементов по профилю в торфах низинного типа Брянской области.

В торфах низинного типа распределение относительного содержания кальция, магния и железа водорастворимой и обменной формы отличается от распределения данных элементов для торфов переходного типа. Для низинного торфа не зафиксировано их накопление в верхних слоях. Вероятно, это связано с тем, что болотные растения, произрастающие на торфянике, не требовательны к ним. Постепенно возрастая, кривые дают максимумы в горизонте T2, ниже которого наблюдается спад относительного содержания данных элементов.

Для низинных торфов наблюдается одинаковый ход кривых в распределении относительного содержания подвижного фосфора (рис. 3, В) и водорастворимой и обменной формы кальция, магния и железа, с максимумом на горизонте Т2, что по мнению Ефремовой Т.Т. (1992), связано с нахождением этих элементов в виде фосфатов различной степени подвижности, фульвофосфатных и фосфогумусовых комплексов [4].

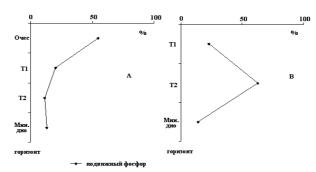


Рисунок 3. Распределение относительного содержания подвижного фосфора по профилю в торфах Брянской области: А - переходного, В - низинного.

Таким образом, распределение относительного содержания макроэлементов в торфах переходного и низинного типа имеют свои особенности, которые необходимо учитывать при выборе направления их использования в сельскохозяйственном производстве.

Заключение. Обнаружено различие в профильном распределении относительного содержания всех рассмотренных макроэлементов в торфах низинного и переходного типа. В торфах низинного типа прослеживается параллельность между ходом кривых водорастворимой и обменной формы макроэлементов. Для торфов переходного типа сохраняется та же закономерность в параллельности кривых, исключение составляет железо. Водорастворимая и обменная форма макроэлементов в торфах переходного и низинного типа, вероятно, находятся в динамическом равновесии. Для низинных торфов максимумы относительного содержания макроэлементов, кроме натрия и калия, приходятся на горизонт Т<sub>2</sub>. Отмечено увеличенное содержание водорастворимой и обменной формы калия и натрия в верхних слоях торфа переходного и низинного типа. Это связано как с поступлением пыли на поверхность болота, так и с биоаккумуляцией макроэлементов растениями.

Research spent in territory of the Bryansk region. It is shown that distribution of the relative maintenance of macroelements' of a water-soluble form in peat of low-lying type practically coincides with distribution of the relative contents for an exchange form. Distinction in profile distribution of the relative maintenance of all considered elements in peat of low-lying and transitional type is revealed. The increased maintenance of some elements in the top layers of peat that is connected with bioaccumulation of macroelements' by plants is noticed.

The key words: peat of transitional and low-lying type, macroelements, water-soluble and exchange form.

#### Список литературы

- 1. Торфяные месторождения Брянской области. М.: 1977. 577 с.
- 2. Лиштван И.С., Базин Е.Т, Косов В.И. Физические процессы в торфяных залежах. Мн.: Наука и техника, 1989.289 с.
- 3. Ефимов В. Н. Торфяные почвы и их плодородие. Л: Агропромиздат. Ленинградское отдние, 1986.264 с.
- 4. Ефремова Т.Т. Структурообразование в торфяных почвах. Новосибирск: Наука. Сиб. отдние, 1992.191 с.
  - 5. Природа болот и методы их исследований. Наука. Ленинградское отд-ние, 1967.290 с.

#### Об авторах

Тимошенко Е.С. – аспирант ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия», GB-swamp@yandex.ru

Чекин  $\Gamma$ .В.- доктор сельско-хозяйственных наук, профессор  $\Phi\Gamma$ БОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия», GB-swamp@yandex.ru

#### УДК 575:631.527

# МОРФОГЕНЕЗ И РЕГЕНЕРАЦИЯ В КУЛЬТУРЕ ОСИ СОЦВЕТИЯ IRIS. HYBRIDA HORT.

#### Л.И. Тихомирова

Приведены результаты изучения особенностей морфогенеза и регенерационной активности в эксплантах оси соцветия *I. hybrida*.. Отмечено, что морфогенез происходит по типу геммогенеза, минуя стадию каллусообразования. Побеги сформированные de novo имели исключительно эндогенное происхождение. Среди клеток паренхимы первичной коры наблюдались клетки со спиралевидным утолщением клеточной стенки - гидроциты. *Ключевые слова:* морфогенез, регенерация, эксплант, микроразмножение, *I. hybrida*, геммогенез, ткани, ось соцветия, in vitro.

В России первое упоминание в литературных источниках по использованию культуры ткани для размножения ирисов относится к 1977 году, автор Л.С. Лунева. Работа проводилась в Ботаническом институте им. Комарова АН СССР. Был использован метод дифференциации почек в каллусной культуре. В эксперимент брались следующие виды и сорта ирисов: Iris klatti Kem.-Nat., I. sibirica L., I. japonika Thunb., I. hoogiana Dykes, I. hybrida hort. Harbir Blue. В качестве экспланта использовались корневищные почки. В ходе опытов изучались условия культуры (состав среды, температура, освещение), благоприятствующие образованию каллусной ткани и последующему органогенезу (Лунева, 1977).

На успех микроклонального размножения влияет масса факторов. Особое значение в этом процессе имеет выбор экспланта и способа регенерации.

При использовании вегетативных почек в качестве первичных эксплантов для микроразмножения I. hybrida очень трудно получить стерильную активно пролиферирующую культуру. Ирисы подвержены бактериальной и грибной инфекции. Бактериоз (возбудитель Erwinia ceratovora) или мягкая гниль корневищ, является опасным заболеванием I. hybrida. В неблагоприятные годы в условиях Санкт-Петербурга можно потерять до 90% коллекции бородатых ирисов (Родионенко, 2002). Даже при самых жёстких способах стерилизации вегетативных почек, бактерии из рода Erwinia могут являться источником внутренней инфекции и проявлять себя на протяжении всех этапов микроразмножения, приводя к гибели экспланты (Тихомирова, 2010).

Получение каллусной ткани с последующей индукцией органогенеза или соматического эмбриогенеза мало пригодно для использования при микроразмножении сортов растений, так как при дедифференциации клеток может происходить полиплоидизация и анеуплоидизация числа хромосом, которое способствует получению неоднородного потомства.

В доступной нам литературе мы не обнаружили данных об использовании фрагментов оси соцветия в качестве первичных эксплантов при микроклональном размножении I. hybrida.

Цель работы – выявить морфогенетические особенности развития и регенерационную способность оси соцветия в культуре in vitro для культиваров I. hybrida.

Объекты, методы и условия исследований.

Объекты исследований – перспективные сорта отечественной и зарубежной селекции I. hybrida, из коллекции НИИСС: Latin Lover, Jazzamatazz, Ланцелот. В качестве эксплантов использовали фрагменты оси соцветия. Цветки брали в фазе бутонизации на VI-VII этапах органогенеза. Стерилизацию бутонов проводили в два этапа. На первом этапе бутоны, смоченные в 96% этиловом спирте, обжигали в пламени спиртовки. На следующем этапе цветки выдерживали 10 минут в 1% растворе сульфохлорантина. После стерилизации для культуры in vitro от генеративных побегов брали участки между кроющим листом и цветком.

Питательные среды готовили по прописи Мурасиге и Скуга, с добавлением 30 г/л сахарозы. Из регуляторов роста на этапе введения ирисов в культуру изучено действие 1 - нафтилуксусной кислоты (НУК) 3-5мкМ, и 6-бензиламинопурина (БАП) в концентрации 4-8мкМ. Работу в асептических условиях, приготовление и стерилизацию питательных сред проводили по общепринятым методикам (Калинин и др., 1980).

Растения выращивали в лабораторных условиях при искусственном освещении (2000-4000 лк) в условиях фотопериода: 16/8 часов свет/темнота и температуре  $24-26^{\circ}$ C.

Каждые 3-5 дней проводили наблюдения и делали гистологические срезы эксплантов. Выявляли регенерационную способность и пути морфогенеза, согласно существующей в настоящее время классификации путей морфогенеза (Батыгина и др., 2002). Анатомическое строение эксплантов изучали на временных и постоянных препаратах, изготовленных по общепринятой методике (Барыкина и др., 2004).

Результаты и их обсуждение

Отличительной особенностью морфогенеза у I. hybrida сорта Latin Lover in vitro является его высокая регенерационная активность. Через 14 дней после введения в культуру из ткани фрагментов оси соцветия сформировались зачатки побегов на питательных средах содержащих 4-8 мкМ БАП и 3-5 мкМ НУК (рис. 1).

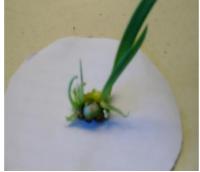


Рис. 1. Геммогенез у эксплантов оси соцветия I. hybrida сорта Latin Lover

В отличие от генотипов I. ensata и I. sibirica у регенерированных побегов генотипов I. hybrida отмечено явление витрификации, возможно связанное с высоким для данного вида ириса содержанием БАП в питательных средах (Тихомирова, 2010).

В качестве контроля использовали питательную среду содержащую БАП 1мкМ НУК 1мкМ. На данной среде все экспланты в 0 пассаже увеличились в размерах, но в дальнейшем погибли в результате некроза тканей.

Изучение анатомического строения оси соцветия *I. hybrida* сорта Jazzamatazz (VI -VII этапы органогенеза) показало следующее. Генеративный побег покрыт эпидермой, образованной одним слоем клеток с кутикулой. Эпидермальные клетки плотно сомкнутые, имеют таблитчатую форму. Антиклинальные стенки клеток ровные (рис. 2).

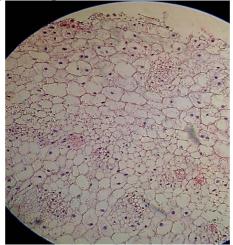


Рис. 2. Анатомическое строение генеративного побега *I. hybrida* сорт Jazzamatazz на VI – VII этапах органогенеза. (Увел. 10 × 10)

Под эпидермисом располагаются 12 слоёв паренхимы первичной коры. Клетки изодиаметрической формы, плотно сомкнуты. Между клетками первичной коры отмечены проводящие пучки.

Центральный цилиндр представлен клетками перицикла, расположенными в три ряда, основной паренхимой и закрытыми коллатеральными пучками. Клеток склеренхимы на данном этапе развития генеративного побега не обнаружено. Вся внутренняя осевая часть генеративного побега состоит из основной паренхимы, среди которой повсюду рассеяны закрытые проводящие пучки. Проводящие пучки располагаются в беспорядке. На периферии их больше, но они мелкие, в центре оси соцветия их меньше, но они крупнее.

Известно, что, первая ответная реакция на поранение - формирование защитной плёнки. Она образуется из остатков разрушенных оболочек и клеточного содержимого (Чурикова и др., 1995). Относительно рано у *I. hybrida* формируется раневая пробка, представленная несколькими слоями периклинально делящихся клеток. Наряду с защитной плёнкой она предохраняет живые ткани экспланта о внешней инфекции и создаёт благоприятную среду для проявления меристематической активности отдельных клеток.

При анатомо-морфологическом исследовании выявили особенности прохождения этапов морфогенеза у фрагментов оси соцветия *I. hybrida*. На 4 сутки культивирования эксплантов отмечено образование полиад (несколько клеток под общей оболочкой) в районе перицикла, в первичной коре, в обкладках проводящих пучков, прилегающих к перициклу (рис. 3).

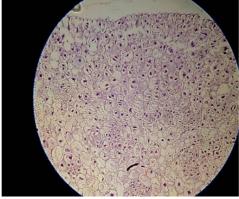


Рис. 3. Анатомическое строение экспланта оси соцветия *I. hybrida* сорт *Jazzamatazz* на 4 сутки культивирования (поперечный срез). (Увел. 10×10)

На 7-12 сутки культивирования делением затронуты все слои клеток первичной коры. Происходит массовое деление клеток паренхимы, образуется большое количество полиад, обособляются зоны деления клеток. За счёт разрастающихся внутренних тканей, край экспланта становится неровным. Очагов каллусной ткани не обнаружено. Полиады образованы разным количеством клеток от 2

до 10, в основном триады и пентады (рис. 4).

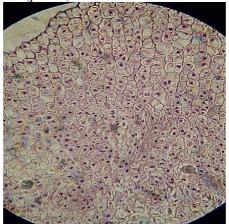


Рис. 4. Анатомическое строение экспланта оси соцветия *I. hybrida* сорт *Jazzamatazz* на 7 сутки культивирования (поперечный срез). (Увел. 10×10)

На 15 сутки культивирования от эпидермиса в глубь экспланта просматривается единый массив делящихся клеток. Обособляются участки с формирующимися побегами *de novo* в области перицикла (рис. 5).

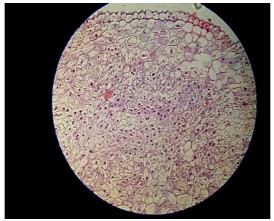


Рис. 5. Анатомическое строение экспланта оси соцветия *I. hybrida* сорт *Jazzamatazz* на 15 сутки культивирования (поперечный срез). (Увел. 10×10)

На 18 сутки культивирования среди клеток паренхимы первичной коры у *I. hybrida* впервые выявлены клетки со спиралевидным утолщением клеточной стенки - гидроциты (рис. 6). Таких клеток довольно много. Они соединены между собой гидроцитными тяжами и узлами, образуя тем самым гидроцитную систему.

В работах Р.П. Барыкиной и О.А. Чуриковой (1995, 2004) отмечено, что формирование такой васкулярной системы наблюдается в культивируемых *in vitro* эксплантах вегетативных органов разной морфологической природы. Посредством её происходит перемещение энергопластических веществ и гормональных регуляторов роста, проведение их в очаги меристематической активности клеток. Таким образом, устанавливается связь побега образующегося *de novo*, с проводящей системой материнского экспланта. Гидроцитные узлы появляются или вслед за образованием очагов меристемы, часто выступая в качестве центров дальнейшей морфогенетической дифференциации, или васкулярные элементы формируются уже при первых делениях инициальных клеток, на стадии полиад, стимулируя деление прилегающих к ним клеток с последующим образованием побеговых конусов. Вышеуказанные процессы могут идти и параллельно. Наконец, васкулярные элементы, возникают также в основании адвентивных почек.

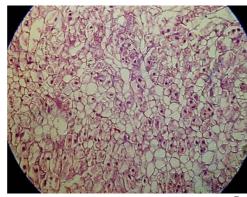


Рис. 6. Анатомическое строение экспланта оси соцветия *I. hybrida* сорт *Jazzamatazz* на 18 сутки культивирования, гидроцитные тяжи (поперечный срез). (Увел. 10×40)

Визуально геммогенез у эксплантов оси соцветия *I. hybrida* сорт Jazzamatazz отмечается на 15-22 сутки. Побеги закладываются эндогенно в области перицикла. В более глубоких слоях экспланта в этот период продолжают идти процессы деления клеток, дифференциации тканей и закладка новых побегов (рис. 7, табл. 1).

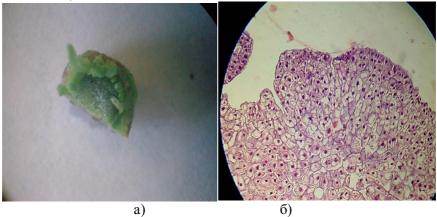


Рис. 7. Анатомо-морфологическое строение экспланта оси соцветия *I. hybrida* сорт Jazzamatazz на 22 сутки культивирования: а) внешний вид, б) анатомическое строение (поперечный срез). (Увел. 10×10)



Рис.8. Регенерация побегов у эксплантов оси соцветия I. hybrida сорт Ланцелот.

Таблица 1
Этапы морфогенеза в эксплантах оси соцветия I. hybrida сорт Jazzamatazz на питательной среде с 6мкМ БАП и 5мкМНУК

Срок фиксации материала	
от момента введения в	Изменения, произошедшие в тканях экспланта
культуру in vitro	
4 суток	Образование полиад в районе перицикла, в первичной коре, в обкладках проводящих пучков, прилегающих к перициклу.
7 – 12 суток	Делением затронуты все слои клеток первичной коры. Массовое деление клеток паренхимы, большое количество полиад,
7 – 12 CYTOR	обособляются зоны деления клеток. За счёт разрастающихся внутренних тканей, край экспланта становится неровным.
15 суток	От эпидермиса в глубь экспланта просматривается единый массив делящихся клеток. Обособляются участки с формиру-
13 Cylok	ющимися побегами de novo в области перицикла.
18 суток	
22 суток	В области перицикла на поверхности экспланта массово появляются побеги

Выволы

- 1. В эксплантах оси соцветия *I. hybrida* на питательных средах с содержанием 4-8 мкМ БАП 3-5 мкМ НУК морфогенез проходил по типу геммогенеза, минуя стадию каллусообразования.
- 2. Анатомическое строение генеративного побега на *I. hybrida* сорт Jazzamatazz на VI VII этапах органогенеза типично для выполненного стебля однодольных растений.
- 3. Меристематическая активность (возникновение полиад) отмечалась, начиная с 4 дня культивирования, и была распространена в области перицикла, в первичной коре, в обкладках проводящих пучков, прилегающих к перициклу.
- 4. Системы тканей побегов в экспланте оси соцветия I. hybrida сорт Jazzamatazz развивались как из клеток перицикла, так и из клеток паренхимы первичной коры.
- 5. На 18 сутки культивирования в эксплантах среди клеток паренхимы первичной коры наблюдались клетки со спиралевидным утолщением клеточной стенки гидроциты.
- 6. Побеги, развившиеся на эксплантах оси соцветия. *I. hybrida* сорт Jazzamatazz имели исключительно эндогенное происхождение.

Investigation results of morphogenesis peculiarities and regenerative activity of inflorescence axis I. hybrida in explants are presented there. It's noted, that morphogenesis is carried out similar to gemmagenesis, passing by the stage of callus formation. Shoots, formed de novo, were of endogenous origin. Among cells of the primary cortex parenchyma, cells with spiral thickening of the cell wall – hydrocytes - were observed.

The key words: morphogenesis, regeneration, explant, micropropagation, I. hybrida, gemmagenesis, tissue, inflorescence axis, in vitro

# 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. –312 с.
- 2. Барыкина Р.П., Чурикова О.А. Особенности морфогенеза некоторых видов *Scilla* L. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. Биология, № 1. 2004. С. 20-23.
- 3. Лунева Л.С. Размножение ирисов (*Iridaceae*) методом культуры апикальных меристем *in vitro* //Ботанический журнал. Т. 62. 3. Наука. 1977. С. 416-421.
- 4. Калинин Ф.Л., Сарнацкая В.В., Полищук В.Е. Методы культуры в физиологии и биохимии растений. Киев, 1980. 488 с.
  - 5. Родионенко Г.И. Ирисы. Санкт-Петербург, 2002. 60 с.
- 6. Тихомирова Л.И. Получение стерильной активно пролиферирующей культуры ириса в условиях *in vitro* //Достижения науки и техники АПК. № 8. 2010. С. 37-40.
- 7. Тихомирова Л.И. Особенности индукции морфогенеза из различных фрагментов цветка ириса в культуре *in vitro* // Turczaninowia. 2010. № 3 (3). С. 147-151.
- 8. Чурикова О.А., Барыкина Р.П. Регенерационная способность некоторых луковичных и клубнелуковичных однодольных *in vitro*. Морфогенетический аспект //Вест. Моск. У-та. Сер. Биология. 1995. №2. С.58-66.

## Об авторе

Тихомирова Л. И.- научный сотрудник лаборатории биотехнологии, НИИСС им Лисавенко, L-tichomirova@yandex.ru.

#### УДК 630\* 232:630\*174.754

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНОВ У ПОТОМСТВА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (PINUS SYLVESTRIS L.) В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕДНЕПРОВСКОГО ЛЕСОСЕМЕННОГО РАЙОНА

### А.Н. Ткаченко, А.А. Середин

Приведены сведения об изменчивости роста шишек и семян у семенного потомства второго поколения плюсовых деревьев сосны обыкновенной, произрастающего на лесосеменной плантации. Наибольшее варьирование признаков выявлено у семей с наиболее крупными шишками и семенами. Длина и диаметр шишек и семян обладают низким уровнем изменчивости, масса шишек — повышенным, масса семян — средним. Признаки шишек более вариабельны, чем семян. Ключевые слова: плюсовые деревья, семья, изменчивость, шишки, семена.

В лесном кодексе РФ [1] указывается на рациональное использование лесных ресурсов, охрану и защиту ценных лесных пород. Важное место отводится комплексу мероприятий по созданию и использованию постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ) на генетико-селекционной основе. Во многих лесничествах РФ заложены лесосеменные плантации (ЛСП), сформированы постоянные лесосеменные

участки (ПЛСУ). В Брянской области в результате селекционной инвентаризации выделены плюсовые деревья (ПД) сосны, ели, дуба и других ценных пород, на основе которых созданы ПЛСУ и ЛСП [2].

Для реализации программы развития сортового семеноводства лесообразующих пород в Верхнеднепровском лесосеменном районе, куда входит и Брянская область [3], необходимо обращать внимание на исследование семенного и вегетативного потомства ПД, представленных на ЛСП [4,5]. В связи с этим целью нашего исследования была оценка изменчивости репродуктивных органов у семенного потомства второго поколения ПД сосны на ЛСП в Навлинском лесничестве Брянской области. С этой целью на одном из полей плантации были собраны шишки и из них получены семена.

Шишки собирали в центральной части кроны равномерно с четырех сторон у трех деревьев каждого из десяти потомств семенного происхождения. В итоге было собрано по 50 шишек у десяти потомств ПД (всего 500 шт.). Длину и диаметр шишек измеряли штангенциркулем, семян - измерительной лупой, массу шишек и семян – на электронных весах.

Анализ результатов измерений проводили на основе статистических показателей: средней величины признака (М), ее ошибки (m), коэффициента изменчивости (С,%), критерия достоверности различия признака в каждом варианте от среднего значения выборки ( $t_{\phi a \kappa \tau}$ ), относительного отклонения величины признака от среднего значения (М, %). Среднее значение признака всей выборки (10 семей) служило контролем для сравнения с ним величины признака в каждом варианте (семье).

В таблице 1 представлены статистические показатели изменчивости длины шишек у семенного потомства второго поколения 10 плюсовых деревьев сосны.

# Изменчивость длины шишек

Таблица 1

№ семьи	М±т, см	M, в % от контроля	M <sub>min</sub> , см	М <sub>тах</sub> , см	C, %	$t_{ m факт.}$ от контроля
3	4,34±0,074	96	3,3	5,5	12	1,87
4	4,96±0,076	104	2,6	5,6	11	1,77
5	4,53±0,072	100	3,2	5,5	11	0,16
6	4,06±0,046	90	3,4	4,9	8	5,78
7	4,51±0,050	100	3,8	5,2	8	0,10
8	4,51±0,074	100	3,7	5,5	11	0,11
9	4,84±0,061	107	3,8	5,8	9	3,60
10	4,46±0,056	99	3,3	5,3	9	0,69
11	4,47±0,054	99	3,7	5,1	8	0,56
12	4,77±0,077	106	3,8	6,1	11	2,54
Контроль	4,52±0,064	100	3,5	5,5	10	-

Анализ таблицы 1 показывает, что средняя длина шишек у семей варьирует в пределах 4,06...4,84 см. Лучшие показатели у семей ПД № 9 и 12. Достоверное превышение длины шишек по сравнению с контролем (на 4...7 %) отмечено также у этих семей ( $t_{факт.} > t_{табл.}$ ), различие существенно на 1-м и 3-м доверительных уровнях, соответственно.

Длина шишек у семей ПД № 3, 6, 10, 11 меньше на 1...10 % контрольного значения. При этом достоверное различие признака отмечено лишь у семьи ПД № 6 и находится на 1-м доверительном уровне ( $t_{\phi akr}$ )>  $t_{\text{табл.}}$  при P=95,0%).

Изменчивость (C, %) длины шишек варьирует в пределах от 8 % (семьи № 6, 7, 11) до 12 % (семья № 3). Коэффициент изменчивости признака [6] у семей ПД находится на низком уровне (по шкале C.A. Мамаева -7,1...12,0 %).

Варьирование абсолютной величины признака (min-max) находится в пределах от 2,6 см (семья ПД №4) до 6,1 см (семья ПД № 3). Предельные величины длины шишек отмечены у семьи ПД № 4, т.е. семьи, имеющей наибольшую длину шишек.

В таблице 2 отражены показатели изменчивости диаметра шишек.

### Таблица 2

# Изменчивость диаметра шишек

№ семьи	М±т, см	от контроля	M <sub>min</sub> , cM	М <sub>тах</sub> , см	C, %	ι <sub>факт.</sub> от контроля
3	2,11±0,027	97	1,7	2,5	9	1,70
4	2,34±0,034	108	1,8	2,8	10	3,74
5	2,10±0,020	96	1,8	2,4	7	2,29
6	2,08±0,036	96	1,7	2,9	12	2,10
7	2,09±0,026	96	1,8	2,4	9	2,15
8	2,12±0,030	97	1,5	2,5	10	1,45
9	2,30±0,027	106	1,9	2,7	8	3,12
10	2,18±0,038	100	1,7	2,8	12	0,15
11	2,16±0,021	99	1,8	2,4	7	0,47
12	2,28±0,027	105	1,9	2,6	8	2,67
Контроль	2,18±0,029	100	1,8	2,6	9	-

Анализ таблицы 2 показывает, что средний диаметр шишек у семей находится в пределах 2,08...2,34 см. Наиболее высокие показатели отмечены у семей ПД № 4, 9. При этом достоверное превышение диаметра шишек по сравнению с контролем отмечено также у семей ПД № 4, 9 ( $t_{\phi a \kappa r.}$  >  $t_{r a \delta \pi.}$ ), различие существенно на 1-м и 2-м доверительных уровнях, соответственно.

Диаметр шишек у семей ПД № 3, 5 - 8, 11 меньше на 1...4 % контрольного значения. Однако достоверное различие диаметра шишек отмечено только у семей ПД № 5, 6, 7 ( $t_{факт.} > t_{габл.}$ ), различие существенно на 1-м и 3-м доверительных уровнях.

Изменчивость (С, %) диаметра шишек находится в пределах от 8% (семьи ПД № 9, 12) до 12 % (семьи ПД № 6, 10). Коэффициент изменчивости признака находится на низком уровне.

Варьирование абсолютной величины признака (min - max) находится в пределах от 1,5 см (семья ПД № 8) до 2,9 см (семья ПД № 6). Предельные величины диаметра шишек отмечены у семьи ПД № 6, т.е. у семьи, имеющей наибольший диаметр шишек.

Данные по изменчивости массы шишек отражены в таблице 3.

Таблица 3 Изменчивость массы шишек

№ семьи	М±т, г	M, в % от контроля	M <sub>min</sub> , Γ	M <sub>max</sub> , Γ	C, %	t <sub>факт.</sub> от контроля
3	6,75±0,26	92	3,1	11,0	27	1,68
4	8,76±0,32	119	5,1	13,8	26	3,48
5	6,95±0,21	94	4,6	10,1	21	1,26
6	6,14±0,22	83	4,0	11,1	25	3,68
7	6,63±0,19	90	4,0	9,2	20	2,31
8	6,92±0,26	94	4,0	11,9	26	1,22
9	8,50±0,28	116	4,1	12,9	23	3,06
10	7,07±0,30	96	3,9	12,6	30	0,73
11	7,38±0,20	100	4,5	10,9	19	0,08
12	8,43±0,24	115	5,0	12,6	20	3,15
Контроль	7,35±0,25	100	4,2	11,6	24	-

Анализ таблицы 3 показывает, что средняя масса шишек у семей находится в пределах 6,14...8,76 г. Лучшие показатели у семей ПД № 4, 9, 12. Достоверное превышение массы шишек по сравнению с контролем (на 15...19 %) отмечено также у семей ПД № 4, 9, 12 ( $t_{\phi \text{акт.}} > t_{\text{габл.}}$ ), различие существенно на 1-м (у семьи ПД № 4) и на 2-м (у семей ПД № 9, 12) доверительных уровнях.

Масса шишек у семей ПД № 3, 5 - 8, 10 меньше на 4…17 % контрольного значения. Однако различие признака достоверно только у семей ПД № 6, 7  $(t_{\phi a \kappa r.} > t_{ra6л.})$ , различие существенно на 1-м и 3-м доверительных уровнях, соответственно.

Изменчивость (С, %) массы шишек варьирует в пределах от 19 % (семья ПД № 11) до 30 % (семья ПД № 10). У большинства семей коэффициент изменчивости признака находится на повышенном уровне (по шкале С.А. Мамаева -20,1...30,0 %).

Варьирование абсолютной величины признака (min - max) находится в пределах 3,1...13,8 г. Предельные величины массы шишек отмечены у семей  $\Pi \not$ Д № 4, 9, 10, 12, т.е. у семей, имеющих наибольшую массу шишек.

По параметрам шишек высокое ранговое положение занимают семьи ПД № 4, 9, 12, низкое - № 3, 6, 7.

У семенного потомства ПД выявлена положительная коррелятивная связь между длиной, диаметром и массой шишек. Наиболее высокая коррелятивная связь отмечена между диаметром и массой шишек (r = 0.97). Коэффициент корреляции между длиной и массой шишек составляет 0,87. Наиболее слабая положительная корреляция отмечена между длиной и диаметром шишек (r = 0.78).

Изменчивость длины, диаметра и массы семян представлены, соответственно, в таблицах 4, 5, 6.

Таблица 4 Изменчивость длины семян

№ семьи	М±т, мм	М, в % от контроля	M <sub>min</sub> , MM	М <sub>тах</sub> , мм	C, %	t <sub>факт.</sub> от контроля
3	4,69±0,062	98	3,9	5,2	7	0,84
4	4,62±0,048	97	4,1	5,3	6	1,81
5	5,10±0,089	107	4,3	6,1	10	2,89
6	4,74±0,051	99	4,2	5,3	6	0,38
7	4,79±0,066	100	4,1	5,4	8	0,14
8	4,58±0,101	96	3,3	5,7	12	1,57
9	4,87±0,059	102	4,1	5,5	7	1,01
10	4,93±0,112	103	4,2	6,0	12	1,21
11	4,78±0,055	100	4,3	5,6	6	0,11
12	4,63±0,076	97	4,1	5,3	9	1,37
Контроль	4,77±0,070	100	4,06	5,56	8	-

Анализ таблицы 4 показывает, что средняя длина семян у семей варьирует в пределах 4,58...5,10 мм. Лучшие показатели отмечены у семьи ПД № 5. Достоверное превышение длины семян по сравнению с контролем также отмечена у семьи ПД № 5, различие существенно на 2-м доверительном уровне ( $t_{\text{факт.}} > t_{\text{табл.}}$  при P = 99,0%).

Длина семян у семей ПД № 3, 4, 6, 8, 12 меньше на 1...4 % контрольного значения. Однако различие признака не достоверно ( $t_{\text{факт.}} < t_{\text{габл.}}$ ).

Изменчивость (C, %) длины семян варьирует в пределах от 6 % (семьи ПД № 4, 6, 11) до 12 % (семьи ПД № 1, 2, 6, 8). Коэффициент изменчивости признака находится на очень низком уровне у семей ПД № 3, 4, 6, 9, 11 (по шкале C.A. Мамаева - < 7,1 %) и на низком уровне у семей ПД № 5, 7, 8, 10, 12.

Варьирование абсолютной величины признака (min - max) находится в пределах от 3,3 см (семья ПД № 8) до 6,1 см (семья ПД № 5). Наибольший размах варьирования признака отмечен у семьи ПД № 8.

Изменчивость диаметра семян

Таблица 5

№ семьи	М±т, мм	М, в % от контроля	M <sub>min</sub> , MM	М <sub>тах</sub> , мм	C, %	$t_{ m факт.}$ от контроля
3	2,70±0,074	100	2,2	4,5	15	0,02
4	2,72±0,051	101	2,1	3,2	10	0,37
5	2,72±0,047	101	2,1	3,5	10	0,33
6	2,81±0,036	104	2,5	3,2	7	1,99
7	2,60±0,033	96	2,3	3,1	7	1,82
8	2,68±0,030	99	2,2	3,0	6	0,29
9	2,57±0,041	95	2,2	3,0	9	2,11
10	2,75±0,043	102	2,3	3,0	9	0,84
11	2,82±0,031	105	2,5	3,1	6	2,35
12	2,60±0,043	96	2,3	3,1	9	1,58
Контроль	2,70±0,004	100	2,27	3,27	9	-

Анализ таблицы 5 показывает, что средний диаметр семян у семей находится в пределах 2,57...2,82 мм. Наиболее высокие показатели отмечены у семей ПД № 6, 11. Однако достоверное превышение диаметра семян по сравнению с контролем отмечено только у семьи ПД № 11 различие существенно на 3-м доверительном уровне( $t_{\phi \text{акт.}} > t_{\text{табл.}}$  при P = 99,9%).

Диаметр семян у семей ПД № 7 - 9, 12 меньше на 1...5 % контрольного значения, различие признака достоверно только у семьи ПД № 9 ( $t_{\phi a \kappa r.} > t_{raбл.}$  на 3-м доверительном уровне).

Изменчивость диаметра семян находится в пределах от 6 % (семья № 11) до 15 % (семья № 3). У семьи ПД № 3 коэффициент изменчивости признака находится на среднем уровне, у семей ПД № 4, 5, 9, 10, 12 - на низком уровне, у семей ПД № 6 - 8, 11 — на очень низком.

Варьирование абсолютной величины диаметра семян (min - max) находится в пределах 2,1...4,5 мм. Наибольший размах варьирования признака отмечен у семьи ПД № 3.

Таблица 6

#### Изменчивость массы семян

			oerb macebree			
№ семьи	М±т, мг	M, в % от контроля	M <sub>min</sub> , мг	$M_{max}$ , мг	C, %	t <sub>факт.</sub> от контроля
3	$7,0\pm0,26$	96	6,8	7,2	18,6	0, 82
4	$7,4\pm0,27$	102	7,2	7,6	18,2	0, 27
5	6,8±0, 21	93	6,6	7,0	15,4	1, 50
6	7,6±0, 28	104	7,4	7,8	18,4	0, 79
7	7,5±0, 24	103	7,3	7,7	16,0	0, 56
8	7,6±0, 27	104	7,4	7,8	17,8	0, 80
9	7,0±0, 25	96	6,8	7,2	17,9	0, 83
10	7,3±0, 26	100	7,1	7,5	17,8	0, 00
11	8,3±0, 31	114	8,1	8,5	18,7	2, 47
12	6,4±0, 21	88	6,2	6,6	16,4	2, 69
Контроль	7,3±0, 26	100	7,1	7,5	17,5	-

Анализ таблицы 6 показывает, что средняя масса семян у семей находится в пределах 6,4…8,3 мг. Лучшие показатели отмечены у семьи ПД № 11. Достоверное превышение массы семян по сравнению с контролем (на 14%) отмечено лишь у этой семьи ( $t_{факт.} > t_{табл.}$ ). Различие признака существенно на 2-м доверительном уровне, т.е. при P = 99.0%.

Масса семян у семей ПД № 3, 5, 9, 12 меньше на 4...12 % контрольного значения. Однако различие признака по сравнению с контролем достоверно только у семьи ПД №12 ( $t_{факт.} > t_{табл.}$  при P = 99,0 %). Отмечен средний уровень изменчивости признака у всех семей ПД (15,4...18,7 %).

Варьирование абсолютной величины признака (min - max) находится в пределах 6,2...8,5 мг. У всех семей пределы варьирования признака незначительны.

У семей проявляется тесная связь показателей семян: между диаметром и массой (r=0,61). Низкая корреляция отмечена: положительная между длиной и диаметром (r=0,10) и отрицательная между длиной и массой (r=-0,15).

В заключение следует отметить, что наибольшее варьирование морфологических признаков выявлено у семей с наиболее крупными шишками. Длина и диаметр, как шишек, так и семян обладают низким уровнем изменчивости, масса шишек – повышенным, а масса семян - средним. В целом морфологические признаки шишек более вариабельны, чем признаки семян.

У шишек отмечена более высокая корреляция между признаками, чем у семян. Наибольшая положительная связь проявляется между диаметром и массой, как у шишек, так и у семян.

Ранговая оценка семей по морфологическим признакам шишек и семян позволила выявить лидирующие и отстающие семьи. Лучшими показателями шишек обладают семьи ПД № 4, 9, 12, значительно отстают семьи ПД № 6, 7. По признакам семян лидируют семьи ПД № 4, 11, отстают семьи ПД № 3, 5, 12.

Выявленные закономерности целесообразно использовать при оценке и отборе семенного потомства ПД для их дальнейшего испытания.

The data of cone and seed growth variability of seed breed second generation of Scotch pine plus trees springing up on the forest seed plantation are given. The highest variability of signs was discovered in the families with the largest cones and seeds. The length and diameter of cones and seeds possess low variability, the mass of cones - high, the mass of seeds - middle. The signs of cones are more variable than of the seeds.

The key words: plus trees, family, variability, cones, seeds.

#### Список литературы

- 1 Лесной кодекс Российской Федерации [Текст]. М.: Проспект КноРус, 2010. 48 с.
- 2 Ткаченко, А.Н. Лесное сортовое семеноводство в лесхозах Брянской области [Текст] / А.Н. Ткаченко. Брянск: БГИТА, 1999. 96 с.
- 3 Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР [Текст]. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 386 с.
- 4 Ткаченко, А.Н. Репродуктивная способность клонов сосны на лесосеменной плантации Брянской области [Текст] / А.Н. Ткаченко // Лесное хозяйство. 2001. №1. С. 38-39.
- 5 Ткаченко, А.Н. Взаимосвязь роста сеянцев и репродуктивных органов у клонов и семей сосны обыкновенной в условиях Верхнеднепровского лесосеменного района [Текст] / А.Н. Ткаченко, И.Ф. Подстольный //Вестник МГУЛ. Лесной вестник. 2009. №4. С. 24-30.
- 6 Мамаев, С.А. О закономерностях внутривидовой изменчивости древесных растений [Текст] / С.А. Мамаев. Теоретические основы внутривидовой изменчивости и структура популяций хвойных пород. Свердловск, 1974. С. 3-12.

#### Об авторах

Ткаченко А. Н. - доктор сельско-хозяйственных наук, профессор кафедры садово-паркового и ландшафтного строительства Брянской государственной инженерно-технологической академии.

Середин А. А. - аспирант кафедры садово-паркового и ландшафтного строительства Брянской государственной инженерно-технологической академии.

#### УДК 631.58

# АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

А.М. Хлопяников, А.В. Наумкин, В.А. Стебаков, В.Н. Наумкин, Л.А. Наумкина

Представлен комплекс показателей по разработке биологизации земледелия, а также основные и специальные приемы адаптивных инновационных агротехнологий возделывания полевых культур для агроландшафтной системы земледелия Центрального региона России.

**Ключевые слова**: адаптивное земледелие, агроландшафтная система земледелия, инновационные агротехнологии, биологизация, экологизация, основные и специальные агроприемы, эффективность.

Центральный регион Российской Федерации по праву считается агропромышленным. Его уникальные природные условия способствуют получению высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, обеспечению населения биологически полноценной и экологически безопасной продукцией, выполнения федеральных заказов, создания запасов продовольствия. При переходе сельскохозяйственного производства региона к устойчивому и адаптивному земледелию, инновационным агротехнологиям необходимо учитывать его специализацию, природные и трудовые ресурсы, почвенноклиматические условия, морфологические и биологические особенности полевых культур [1].

На современном уровне развития агропромышленного комплекса и в обозримом будущем степень продовольственной безопасности Центрального региона определяется новейшими разработ-ками в области адаптивного малозатратного земледелия, инновационных технологий по рациональному использованию природных ресурсов и в первую очередь основного средства производства — земли. Высокая продуктивность в земледелии при сохранении природных ресурсов - одно из обязательных условий получения конкурентноспособной пищевой, сырьевой и лекарственной продукции, успешного решения социальных и экономических задач региона.

Огромную опасность для земледелия региона, представляет уменьшение содержания в почвах гумуса, основных элементов питания, загрязнение ее токсичными метаболитами, пестицидами, тяжелыми металлами и радионуклидами. Это происходит вследствие нарушения севооборотов, регламентов применения средств химизации, несовершенства технических средств, последствий аварии на Чернобыльской АЭС – и локального загрязнения окружающей природной среды [2,3].

Современная агроландшафтная система земледелия — «краеугольный камень» проекта внутрихозяйственного землеустройства, неоспоримое приоритетное направление, обеспечивающее рациональное использование комплекса показателей при длительном функционировании агроценозов: сохранение плодородия почвы, защита ее от эрозии, а растений от сорняков, вредителей и болезней, увеличения производства продукции, повышения качества и надежности получения урожая, эффективности производства, охрану окружающей среды, экономию энергоресурсов (см. рис.1).

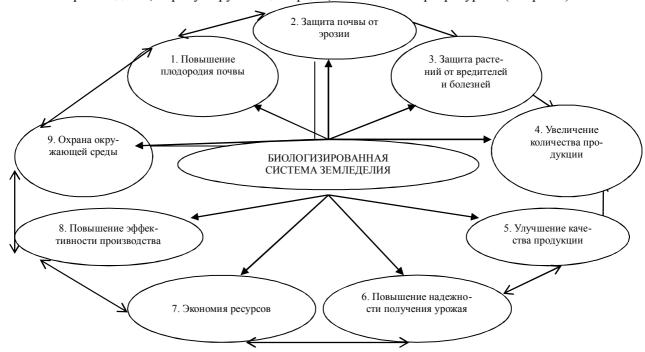


Рис. 1 – Схема комплекса показателей биологизации земледелия

Биологизации земледелия означает более широкое и полное использование биологических факторов повышения плодородия почвы и производства биологически полноценной и экологически безопасной растениеводческой продукции. Наряду с традиционными приемами современного земледелия следует использовать и специальные агроприемы, которые определяют ее природу и сущность при систематическом наблюдении за уровнем экологических факторов, состоянием почвы, растений, окружающей среды (см. рис. 2).

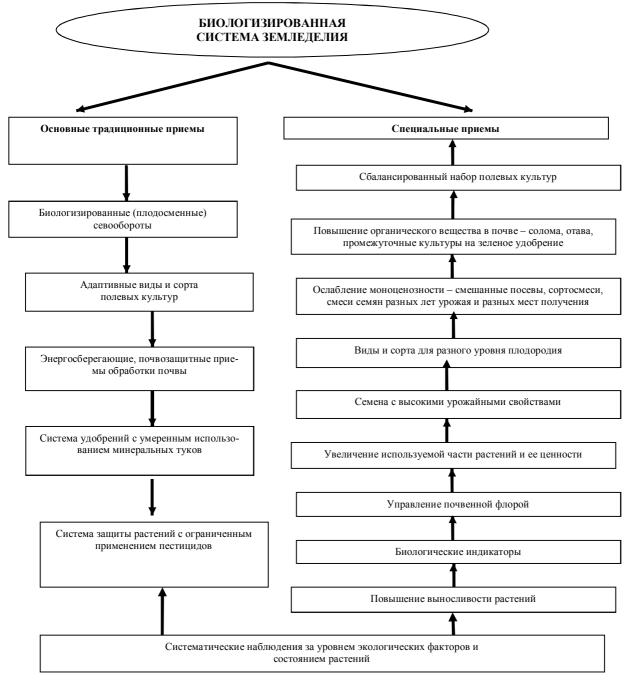


Рис. 2-Основные и специальные приемы биологизации земледелия

Хорошо известно, что однородность в пространстве посева можно преодолеть за счет увеличения разнообразия в пределах вида (сорта). В наших условиях это достигается использованием многолетних видов и сортов полевых культур, сортосмесей, смешенных посевов, смесей семян разных лет урожая или разных мест их получения другими радикальными агротехническими агроприемами, обеспечивающих внутрисортовой гетерозис, что существенно повышает урожай в год посева и потомстве. Взятый для изучения и внедрения в производство плодосменный севооборот – многолетние травы первого года пользования – многолетние травы второго года пользования (отава на удобрение) – озимая пшеница (солома и пожнивная культура на зеленое удобрение) – кукуруза – ячмень с подсевом многолетних трав (клевер+ тимофеевка) – мощный биологический фактор, повышающий плодородия почвы, урожайность и качество растениеводческой продукции.

Следующий общий и важный – принцип адаптивного земледелия – сбалансированный набор культур в севообороте. Хорошо известно, что бобовые обогащают почву азотом, просо переводит кремний в доступную для растений форму, капустные оздоравливают почву от болезней, озимые кулисы ускоряют оттаивание почвы и предотвращают водную эрозию и т.д. Использование биологиче-

ских индикаторов (растений, микроорганизмов, дождевых червей) позволяет заблаговременно перед севом оценить почву конкретного участка по пригодности к посеву конкретной культуры (сорта). Увеличение их используемой части и ценности за счет специальных приемов агротехники.

Пластичные, приспособленные сорта и гибриды, полноценные семена с высокими урожайными свойствами — также радикальные приемы адаптивного земледелия. Особого внимания заслуживает наличие сортов и гибридов для разных уровней плодородия почвы. Этот вопрос ставился всеми выдающимися селекционерами России с начала века, но так и не был освоен практикой. Следовательно селекция и семеноводство должны входить составной частью в адаптивное земледелие, а необходимые сорта гибриды — «вписываться» в него, а не требовать каждому из них особых условии.

С учетом вышеизложенного, необходимо создание новых проектов землеустройства и на их основе разработка и поэтапное внедрение агроландшафтной системы земледелия, инновационных агротехнологий в которой большое значение отводится введению плодосменных севооборотов, со сбалансированным набором культур, а также организационным, противоэрозионным, агротехническим мероприятиям и экологическим приемам с активным вовлечением всех ресурсов природной среды.

Биологизация как новое научное направление исследовании в адаптивном земледелии должна учитывать и доводить до технологического решения порой самые неожиданные, нетрадиционные факторы среды, такие как повышение содержания  $C0_2$  в посеве, более полное использование вегетационного периода, «сухой полив» (рыхление верхнего слоя почвы, мульчирование), приемы, усиливающие рост корней в глубину, размещение рядков по отношению к странам света и др. Это позволит сбалансировать минеральное питание, лучше использовать освещенность и эндогенные ритмы растений, уменьшить расход воды на транспирацию, существенно повысить урожайность полевых культур и качества растениеводческой продукции.

Для реализации продуктивного потенциала сельскохозяйственных культур в адаптивном земледелии особое внимание следует уделять плодосменным севооборотам, адаптивным видам и сортам полевых культур, ресурсосберегающим дифференцированным приемам обработки почвы, рациональным системам удобрений и защиты растений.

В результате комплексных исследований, в основу которых положена интенсификация биологических факторов, нами разработаны и предлагаются для внедрения в производство переходные к биологическим (биологизированные) технологии возделывания полевых культур, обеспечивающие высокие и стабильные урожаи зерна озимой пшеницы 4,5-5,0 т/га, ячменя 4,0 - 4,5 т/га, гречихи 2,0-2,3 т/га, люпина узколистного 2,5-3,0 т/га, сухого вещества кукурузы 17,0 т/га, сена многолетних трав 10,0 т/га. [4].

Исследованиями установлено, что максимальные урожаи сельскохозяйственных культур получены на вариантах переходных к биологическим технологиям с полным набором органических удобрений в сочетании с умеренными дозами минеральных туков и пестицидов. Интенсивные технологии также обеспечивали довольно высокую урожайность, но уступали по энергетическим и экономическим показателям.

Биологические технологии с использованием органических удобрений (навоз + солома + отава +сидерат) без применения средств химизации уступали по урожайности интенсивным и переходным к биологическим, но существенно превосходили экстенсивную технологию.

Анализ урожайности зерновых культур в зависимости от изучаемых факторов показал, что при научно-обоснованном чередовании культур основная обработка почвы и рациональная система применения удобрений обеспечивает существенную прибавку. Наибольшие прибавки урожая в севообороте обеспечили озимая пшеница, ячмень и кукуруза на силос, наименьшую гречиха. На долю основной обработки почвы и системы удобрений приходится 70-80%, что характеризует их как важнейшие факторы повышения продуктивности зерновых и кормовых культур.

На первом этапе исследований экономически и технологически выгодными являются переходные к биологическим технологии по сравнению с интенсивными и биологическими. Но в перспективе предпочтение за биологическими технологиями, так как они позволяют повысить биоэнергетический потенциал почвы и производить экологически чистую и мало затратную продукцию растениеводства.

Таким образом, для решения проблемы биологизации снижения трудо- ресурсоэнергозатрат в растениеводстве необходима корректировка существующих и разработка новых внутрихозяйственных проектов землеустройства. Наряду с показателями гумуса, элементов питания, кислотности, необходимо учитывать и содержание микроэлементов, тяжелых металлов, радионуклидов, остатков пестицидов, а также агрофизические и биологические свойства почвы, потенциальную засорённость

и другие лимитирующие показатели получения биологически полноценной и здоровой продукции.

С учетом этих показателей агроэкономического мониторинга должны разрабатываться биологизированные агротехнологии и системы земледелия с экономически обоснованной структурой посевных площадей.

Введение и освоение севооборотов должно быть неразрывно связано с включением в них зернобобовых культур, многолетних бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей, промежуточных посевов на зелёное удобрение. Посев должен осуществляться адаптивными высокопродуктивными сортами и гибридами, устойчивыми к болезням и вредителям. Должно быть реализовано применение всех видов местных органических удобрений - навоза, компостов, соломы зерновых, отавы кормовых культур, пожнивных сидератов бобовых и капустных растений.

Всё это позволит существенно снизить дозы минеральных удобрений и пестицидов на фоне дифференцированных энергосберегающих приемов обработки почвы, что будет способствовать повышению плодородия почвы, получению биологически полноценной и экологичной продукции. Для этого потребуются интеллектуальные усилия и материальные затраты на освоение как основных традиционных элементов, так и новых специальных приемов адаптивного растениеводства в государственных, общественных сельскохозяйственных предприятиях, фермерских и личных подсобных хозяйствах.

Compex of activities in development of agricultural biologization is represented here, also main and special techniques of adaptive innovative agrotechnologies of cultivating field crops for agrolandscape system of agriculture in the central region of Russia are given.

*The key words:* adaptive agriculture, agrolandscape system of agriculture, innovative agrotechnologies, biologization, ecologozation, main and special techniques, crop rotation, kinds, kindmixture, anti-erosive measures, effectiveness.

#### Список литературы

- 1. Наумкин В.Н. Адаптивное растениеводство (биологические и экологические основы) / В.Н. Наумкин. Белгород: Изд-во БелГСХА, 2007 272 с.
- 2. Система биологизации земледелия Нечерноземной. В.Ф. Мальцев, М.К. Каюмов, В.Е. Просянников и др. М.: ФГНУ «Росинформагротек», 2002.544 с.
- 3. Наумкин В.Н. Направление биологизации земледелия в Центральном регионе / В.Н. Наумкин, А.М. Хлопяников, А.В. Наумкин // Земледелие. 2010. № 4. С. 5-7.
- 4. Эколого-биологичексие аспекты адаптивности ресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур в условиях /ЦЧР В.Н. Наумкин, В.А. Стебаков ,А.М. Хлопяников, А.В. Наумкин // Вестник Курской сельскохозяйственной академии. 2011. №4. С. 42-43.

## Об авторах

Хлопяников А.М.- доктор сельскохозяйственных наук,  $\Phi$ ГБОУ ВПО «Брянский ГУ им. И.Г. Петровского» , khlopyanikov@mail.ru

Стебаков В.А.- кандидат сельскохозяйственных наук, доктарант  $\Phi$ ГБОУ ВПО «Белгородская ГСХА им. В.Я. Горина», info@bsaa.edu.ru

Наумкин А.В.- доктор экономических наук, ФГБОУ ВПО «Брянский ГУ им. И.Г. Петровского», av naumkin@rambler. ru

Наумкин В.Н.- доктор сельскохозяйственных наук ФГБОУ ВПО «Белгородская ГСХА им. В.Я. Горина», info@bsaa.edu.ru

Наумкина Л.А.- доктор сельскохозяйственных наук ФГБОУ ВПО «Белгородская ГСХА им. В.Я. Горина», info@bsaa.edu.ru

#### УДК 631.58

# УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ

А.М. Хлопяников, А.Н. Крюков, К.Б. Ибадуллаев.

Приведены оптимальные варианты приемов основной обработки почвы, удобрений, средств защиты растений и регуляторов роста при возделывании кукурузы на зерно.

Ключевые слова: кукуруза, приемы основной обработки почвы, удобрения, регуляторы роста растений, урожайность.

В современном сельскохозяйственном производстве Центрально-Черноземного региона, в том числе и Белгородской области, в группе поздних яровых зерновых культур первое место принадлежит кукурузе. Ведение семеноводства и спрос внутреннего рынка на семена и фуражное зерно существенно повышают значение этой ценной универсальной культуры.

В комплексе мер по увеличению продуктивности кукурузы существующих агротехнологий возделывания, важное место занимает разработка оптимальных сочетаний основных технологических приемов: рациональных способов основной обработки почвы, оптимальных доз применения минеральных удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений [1,2,3].

**Целью исследования** является изучение комплексного влияния основной обработки почвы, минеральных удобрений и регуляторов роста растений на плодородие почвы и урожайность зерна кукурузы.

**Материалы и методы**. Влияние взятых на изучение агротехнических приемов при возделывании кукурузы на зерно проводили в 2005-2008гг. на опытном поле ГНУ Белгородского НИИСХ в многолетнем полевом опыте. Объектом исследования служил среднеранний гибрид кукурузы Прогноз152 СВ универсального типа использования.

Почва опытного участка- чернозем типичный, тяжелосуглинистого гранулометрического состава, с содержанием гумуса в пахотном горизонте 5,0 - 5,2 %, рН солевой вытяжки 5,8 - 6,0, содержание подвижного фосфора 5,5 - 6,0 мг на 100г почвы и обменного калия10,5 - 12,5 мг на 100г почвы.

Исследования проводили в зернопаропропашном севообороте, типичном для Центрально-Черноземного региона: 1. Чистый пар, 2. Озимая пшеница,

3. Сахарная свекла, 4. Ячмень, 5. Кукуруза на зерно.

Полевые опыты закладывали согласно существующим методическим указаниям. Площадь учетной делянки по изучению обработки почвы —  $1800\text{M}^2$ , удобрений —  $300\text{M}^2$ , средств защиты и регуляторов роста растений -  $100\text{M}^2$ , повторность трехкратная. В опыте использовали метод расщепленных делянок, включающих два варианта основной обработки почвы - вспашку на глубину 25-27см и безотвальное рыхление по типу «Параплау» на 25-27см. На приемы основной обработки почвы наложены четыре варианта удобрений: контроль без удобрений,  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{90}P_{90}K_{90}$ ,  $N_{120}P_{120}K_{120}$  и четыре варианта применения регуляторов роста растений в комплексе со средствами защиты растений: протравливание семян (ТМТД) + почвенный гербицид Харнес 3л/га (до посева)+ гербицид по вегетации Титус 0,05кг/га (в фазу 3-4 листьев) - контроль (фон), фон + обработки посевов Агростимом У -150 мл/га ( в фазу 4-6 листьев), фон + обработка посевов Гуматом Калия- 150 мл/га и фон + обработки посевов Биосилом -30 мл/га. Минеральные удобрения вносили под основную обработку почвы в виде нитроаммофоски (16:16:16).

Уборку урожая кукурузы на зерно проводили в ручную поделяночно. Собранный урожай взвешивали и приводили к 100% чистоте и 14 % влажности.

Погодные условия за время исследований складывались неоднозначно и существенно различались по годам. Отклонение в количестве осадков и среднемесячных температур отразилось на росте и развитии растений кукурузы, что позволило наиболее полно и всесторонне оценить изучаемые агроприемы.

Результаты исследований. Проведенные исследования показывают, что

в получении высокого урожая важная роль принадлежит формированию площади листовой поверхности растений кукурузы. Результаты полевых опытов показали, что площадь листьев одного растения кукурузы зависела от складывающихся метеорологических условий, минеральных удобрений, регуляторов роста и меньше от приемов основной обработки почвы.

Наибольшая листовая поверхность растений формировалась на вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{120}K_{120}$  и применением регуляторов роста. Так на варианте по вспашке на 25 - 27см, где применяли Биосил и Гумат Калия площадь листовой поверхности в фазу выметывания метелки составил 67,8 и 67,3 тыс. м²/га, по безотвальному рыхлению на ту же глубину, она находилась в этих же пределах - 69,2 и 69,8 тыс. м²/га соответственно.

Аналогичные результаты по нарастанию листовой поверхности растений получены и в фазу молочно - восковой спелости зерна кукурузы. Следует также отметить, что в складывающихся усло-

виях вегетации применение регуляторов роста Агростим У для опрыскивания по вегетирующим растениям оказывало на всех вариантах опыта меньшее влияние на формирование листовой поверхности кукурузы, чем Биосил и Гумат калия.

Наибольшее влияние на нарастание листовой поверхности растений кукурузы оказывали минеральные удобрения. Доля их участия в прибавке урожая на высоком удобренном фоне  $N_{120}P_{120}K_{120}$  составила 26,1%, а регуляторов роста 13,2 — 14,0%. Аналогичные результаты в условиях опыта по прибавкам листовой поверхности кукурузы получены на фонах внесения минеральных удобрений  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и  $N_{90}P_{90}K_{90}$ .

Применение регуляторов роста Биосила и Гумата Калия для опрыскивания по вегетирующим растениям позволило повысить урожайность зерна кукурузы на всех вариантах опыта. Высокая урожайность зерна кукурузы 8,49 и 8,57т/га и 8,45 и 8,51т/га в средне за три года получена на повышенном фоне  $N_{120}P_{120}K_{120}$  с применением этих регуляторов роста, как на вспашке, так и безотвальной обработке почвы. Причем существенных различий в эффективности препаратов Биосил и Гумат Калия на данных вариантах опыта не установлено (табл. 1).

Следует отметить, что аналогичные результаты по эффективности применения регуляторов роста растений получены и в сочетании с внесением минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$ . Высокая урожайность зерна кукурузы 8,42 и 8,46т/га и 8,08 и 8,15т/га получена, как на вспашке, так и безотвальной обработке почвы.

На варианте без применения минеральных удобрений и внесением их в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  в сочетании с регуляторами роста, по обоим приемам основной обработки почвы урожайность зерна кукурузы была существенно ниже, что подтверждается наименьшим линейным ростом, нарастанием листовой поверхности и накоплением сухой массы растений.

Важным показателем эффективности возделывания кукурузы на зерно является сравнительная биоэнергетическая оценка взятых на изучение агротехнических приемов ее возделывания. Биоэнергетическая оценка различных вариантов опыта проводилась на основе технологической карты и полученных результатов по урожайности зерна кукурузы (табл. 1).

По биоэнергетической эффективности в наших опытах выделились варианты с внесением минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$  совместно с с опрыскиванием растений Биосилом и Гуматом К. Они позволили получить чистую энергетическую прибыль в размере 78,6 и 77,7 ГДж/га по вспашке и 75,6 и 74,3 ГДж/га по безотвальной обработке при довольно высоких биоэнергетических коэффициентах 2,94 – 2,96 и 2,92 - 2,97. При этом на единицу затраченной энергии 39,7 и 40,0 ГДж/га по вспашке и 38,3 и 38,7 ГДж/га по безотвальной обработке производится наибольшее количество энергии в урожае 118,3 и 117,7 ГДж/га и 113,9 и 113,0 ГДж/га.

Таким образом, при возделывании кукурузы на зерно с высоким уровнем урожайности 8,1 и 8,6т/га на черноземной почве традиционную вспашку на 25 - 27см можно заменить на безотвальную обработку по типу «Пароплау» на туже глубину, минеральные удобрения в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$  следует применять в сочетании с регуляторами роста Биосил и Гумат Калия, что обеспечивает высокую биоэнергетическую эффективность ее возделывания в юго - западной части Центрального Черноземного региона.

Таблица Биоэнергетическая эффективность применения минеральных удобрений и регуляторов роста растений при разных способах основной обработки почвы, (2006-2008 гг.)

		Вспашка 25-27 см Безотвальная обработка 25-							25-27 см		
	Вариант	урожайность зерна, т/га	получено энергии с урожаем, ГДж/га	затрачено энергии на производство урожая, ГДж/га	прирост чистой энергии, Г.Дж/га	биоэнергетиче- ский коэффициент	урожайность зерна, т/га	получено энергии с урожаем, ГДж/га	затрачено энергии на производство урожая, ГДж∕га	прирост чистой энергии, Г.Дж/га	биоэнергетиче- ский коэффициент
4 'Ç -	контроль	4,48	62,6	21,5	41,1	2,91	4,47	62,3	20,9	41,4	2,98
Контроль (без удоб- рений)	Агростим У	4,69	65,5	21,7	43,9	3,02	4,68	65,4	21,1	44,3	3,09
онт ез у	Гумат К	4,74	66,3	22,0	44,3	3,01	4,73	66,0	21,4	44,6	3,08
K (6	Биосил	4,77	66,7	21,6	45,1	3,09	4,76	66,5	21,0	45,5	3,17
0	контроль	6,38	89,2	35,4	53,8	2,52	6,52	91,1	34,0	57,1	2,68
(NPK)60	Агростим У	6,73	94,1	35,6	58,5	2,64	6,88	96,2	34,2	62,0	2,81
<u>S</u>	Гумат К	6,94	97,0	35,9	61,1	2,07	7,10	99,3	34,5	64,8	2,88
	Биосил	6,99	97,7	35,5	62,2	2,75	7,13	99,7	34,1	65,6	2,92
0	контроль	7,64	106,8	39,6	67,2	2,70	7,39	103,3	38,2	65,1	2,70
(NPK)90	Агростим У	8,06	112,7	39,8	72,9	2,83	7,79	108,9	38,4	70,5	2,84
N N	Гумат К	8,42	117,7	40,0	77,7	2,94	8,08	113,0	38,7	74,3	2,92
$\sim$	Биосил	8,46	118,3	39,7	78,6	2,96	8,15	113,9	38,3	75,6	2,97
9.	контроль	7,67	107,2	43,7	63,5	2,45	7,64	108,8	42,3	64,5	2,52
(NPK) <sub>120</sub>	Агростим У	8,12	113,5	43,9	69,6	2,59	8,08	113,0	42,5	70,5	2,66
	Гумат К	8,49	118,7	44,1	74,6	2,69	8,45	118,1	42,7	75,4	2,76
	Биосил	8,57	119,8	43,8	76,0	2,74	8,51	119,0	42,4	76,6	2,81
	UCD пла по					-/	- 2006-	0.10.2007	- 0 <u>20 -</u>	2000-	0.54

 $HCP_{05}$  для частных различий по урожайности зерна, т/га в 2006г. -0,19; 2007г. -0,20 и 2008г. -0,54.

Ptimum options of receptions of the main processing of the soil, fertilizers, means of protection of plants and growth regulators are given at corn cultivation on grain.

The key words: corn, receptions of the main processing of the soil, fertilizer, regulators of growth of plants, productivity.

#### Список литературы

- 1. Хлопяников А.М. Эколого технологические аспекты повышения эффективности возделывания кукурузы в юго западной части Нечерноземной зоны России / А.М. Хлопяников. Брянск: БИПКРО, 2006. 132 с.
- 2. Технология возделывания кукурузы на зерно / И.И. Шелганов, Н. М. Доманов, К.Б. Ибадуллаев, А.Н. Крюков // Земледелие. 2008. №6. С. 44-45.
- 3. Крюков А.Н. Урожайность зерна кукурузы при различных приемах основной обработки почвы и уровнях минерального питания //Инновационные пути развития АПК на современном этапе Материалы 14 международной научно-производственной конференции. Белгород. 2012. С.30.

#### Об авторах

Хлопяников А.М.- доктор сельскохозяйственных наук,  $\Phi \Gamma EOV B\Pi O$  «Брянский  $\Gamma V$  им. И.Г. Петровского» khlopyanikov@mail.ru,

Крюков А.Н. - ассистент, ФГБОУ ВПО «Белгородская ГСХА им. В.Я. Горина», info@bsaa.edu.ru, Ибадулаев К.Б. - кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВПО «Белгородская ГСХА им. В.Я. Горина», info@bsaa.edu.ru,

УДК 581.526

# ПЕРВОЦВЕТ ОБЫКНОВЕННЫЙ (*PRIMULA VULGARIS* HUDS. (*PRIMULACEAE*) В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

#### А.В. Шапурко

В статье представлены результаты изучения лесных сообществ с участием *Primula vulgaris* Huds. (*Primulaceae*) на территории Ветьминско-Болвинского междуречья (Брянская область).

Ключевые слова: Primula vulgaris, синтаксономия, Ветьминско-Болвинское междуречье, Брянская область.

**Введение.** Первоцвет обыкновенный (Примула обыкновенная, П. бесстебельная) — *Primula vulgaris* Huds. (*Primulaceae*) — корневищный розеточный травянистый многолетник. Естественный ареал вида охватывает Европейскую часть России, Карпаты, Крым, Закавказье, почти всю Западную Европу (от Португалии, Испании и Италии на юге до Норвегии на севере), север Африки (Алжир), Ближний Восток и Центральную Азию [8]. По окраске венчика — белый, желтый, розовый или темнорозовый — вид разделяется на подвиды [14]. Выведенные на его основе сорта и гибриды широко культивируются в Средней России.

В Средней России было известно изолированное местонахождение этого вида за пределами основного ареала в Смоленской области, обнаруженное в 2007 г. И. А. Фадеевой и Т. В. Богомоловой [7]. Однако в ходе флористического обследования пограничных территорий Калужской и Брянской областей в 2007 г. первоцвет был отмечен в широколиственном лесу с глубокими оврагами на склоне коренного правого берега р. Болва в 2,5 км южнее д. Куява и в 1 км западнее ж.-д. платформы 173 км (15.08.2007, Н. М. Решетникова, А. В. Крылов, Н. Ю. Степанова, М. И. Попченко» (МНА, КLН). Первоцвет был обнаружен в большом количестве; найдено несколько групп на расстоянии несколько сотен метров [4]. Для других регионов Средней России в естественных условиях более не отмечался [6]. Известен в западной части Украины [9].

В 2012 г. автором проведено обследование лесных массивов в северной части Брянской области (Дятьковский р-н), где были выполнены геоботанические описания сообществ с участием *Primula vulgaris*. Здесь, западнее ж.-д. платформы 173 км в кв. 15 Дятьковского лесн-ва, первоцвет встречается достаточно часто, местами с покрытием от 1 до 5 % (16.06.2012, А. В. Шапурко). Позднее сообщества с участием первоцвета описаны западнее ж.-д. платформ Прень (Дятьковское лесн-во, кв. 19) и 173 км (кв. 14) (02.07.2012, А. В. Шапурко, А. Д. Булохов, Ю. А. Семенищенков).

Ниже дается характеристика сообществ. Их описание проведено на площадках в 400 м². Оценка количественного участия видов дана по комбинированной шкале Ж. Браун-Бланке [11]. Названия сосудистых растений даны по С. К. Черепанову [10]; мохообразных по М. С. Игнатову и др. [13]. Экологические оптимумы сообществ определены по шкалам Г. Элленберга [12].

**Результаты и их обсуждение.** Согласно эколого-флористической классификации лесные сообщества с участием первоцвета обыкновенного отнесены к ассоциации мезофитных широколист-

венных лесов. *Mercurialo perennis—Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003 (табл.), для которой установлен новый вариант *Primula vulgaris*. Он представляет в основном разреженные осиноволиповые, берёзово-липовые и липовые с дубом леса с участием *Primula vulgaris* на выровненных участках и слабопологих склонах балок с дерново-слабоподзолистыми супесчаными и легко суглинистыми свежими (5,1), слабокислыми (5,8), умеренно обеспеченными азотом (5,0) почвами.

Первый подъярус древостоя формируют Betula pendula, Populus tremula и Tilia cordata, достигающие в высоту 23 м, с примесью Acer platanoides, Pinus sylvestris. Единично присутствуют Picea abies и Quercus robur. Береза и осина образуют фации (Betula pendula — табл., описания 1-4 и Populus tremula — описания 5-8). Второй подъярус сформирован Tilia cordata с участием Acer platanoides, Betula pendula, Picea abies. Древостой разреженный, общая сомкнутость — 65 %.

Подлесок разреженный, общее проективное покрытие от 5 до 25 (35) %. В нем представлены Corylus avellana, Euonymus verrucosa, Sorbus aucuparia, единично – присутствуют Frangula alnus, Daphne mezereum. В подросте константны: Tilia cordata, Acer platanoides, Picea abies, реже встречаются Ulmus glabra, Quercus robur, Betula pendula и Populus tremula.

Травяно-кустарничковый ярус обычно разреженный, общее проективное покрытие -15-60 %. Основу травостоя составляют неморальные виды класса  $\it Querco-Fagetea$ ; константны  $\it Oxalis$   $\it acetosella$ ,  $\it Maianthemum$   $\it bifolium$ ,  $\it Rubus$   $\it saxatilis$  и  $\it Luzula$   $\it pilosa$ . Редки ювенильные и имматурные растения клена платановидного и липы.

Особенностью сообществ является присутствие *Primula vulgaris*, который весной местами создает бледно желтый аспект во время цветения. Первоцвет встречается в описанных сообществах, как отдельными особями (различных возрастных состояний), так и группами от 10 до 20 экземпляров. Растения избегают затененных участков и встречаются в основном в окнах, разреженных участках древостоя, а также на местах, освободившихся после вывалов отдельных деревьев.

Моховой ярус в сообществах не выражен. Единично присутствуют *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *Plagiomnium cuspidatum*.

Фитоценотические позиции и возможности сохранения вида в описанных сообществах можно оценить как высокие. Лимитирующими факторами в описанных местообитаниях могут стать низовые пожары, усиление позиции длиннокорневищных растений и возрастание сомкнутости крон.

Поиск новых местонахождений *Primula vulgaris* будет продолжен. Материалы исследования будут использованы для ведения Красной книги Брянской области.

The paper presents the results of the floristic-geobotanical survey of forest communities with *Primula vulgaris* Huds. (*Primulaceae*) in Vetma-Bolva interfluve area (Bryansk region).

The key words: Primula vulgaris, syntaxonomy, Vetma-Bolva interfluve area, Bryansk region.

#### Список литературы

- 1. Булохов, А. Д. Определитель растений Юго-Западного Нечерноземья России / А. Д. Булохов, Э. М. Величкин. Изд. 2-е, доп. Брянск: Изд-во БГУ, 1998. 380 с.
- 2. Булохов, А. Д. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России / А. Д. Булохов, А. И. Соломещ. Брянск: Изд-во БГУ, 2003. 359 с.
- 3. Жизнь растений. Цветковые растения / Под ред. А. Л. Тахтаджяна. Т. 5.Ч. 2. М.: Просвещение, 1981. С. 114.
- 4. Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Отв. ред. А. С. Демидов. М.: КМК, 2011. 548 с.
  - 5. Красная книга Брянской области. Растения. Грибы. Брянск, 2004. 272 с.
- 6. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. / П. Ф. Маевский. М.: КМК., 2006. 600 с.
- 7. Фадеева, И. А. Новые данные по флоре Смоленской области за 2007 год / Фадеева И. А., Решетникова Н. М. // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2008. Т. 113 Вып. 6. С. 55-57.
- 8. Фёдоров, А. А. Первоцвет Primula L. // Флора СССР / А. А. Фёдоров. Т. 18. М.-Л.: АН СССР, 1952. С. 111-202 с.
- 9. Фёдоров, А. А. Сем. *Primulaceae* Vent. Первоцветные // Флора Европейской части СССР / А. А. Фёдоров. Т. 5. Л.: Наука, 1981. С. 63-87 с.
- 10. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / Черепанов С. К. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
  - 11. Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie. 3. Aufl. / J. Braun-Blanquet. Wien; N.-Y., 1964. 865 S.
- 12. Ellenberg, H. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa / H. Ellenberg, H. E. Weber, R. Dull, V. Wirth, W.Werner, D. Paulssen. 2 Aufl. Göttingen: Verlag Erich Goltze GmbH & Co KG, 1992. 258 S.

13. Ignatov, M. S. et. al. Check-list of mosses of East Europe and Nord Asia / Ignatov M. S. // Arctoa. 2006. Vol. 15. P. 1-130.

14. Richards, J. Primula / J. Richards. London, 1993. 299 p.

Таблица Характеризующая таблица acc. Mercurialo perennis—Quercetum roboris, вариант Primula vulgaris (оп. 1-13), фации Betula pendula (оп. 1-4), Populus tremula (оп. 5-8)

(оп. 1-13), фац	1		_					рин			-			12	i		Ì
Номера описаний	ярус	1 857	2 893	<u>3</u>	4 897	5 896	6 976	887	973	9 894	10 898	975	12 889	13 899	a	b	С
авторский		85/	893	9/4	897	890	9/0	00/	9/3	894	898	9/3	889	899			
Древесный ярус:		22	20	20	20	23	18	23	18	24	21	22	23	22			
высота, м сомкнутость крон, %		23 50	50 50	65	60	60	60	65	50	60	55	65	60	60			
сомкнугость крон, 76 Кустарниковый ярус:		30	30	03	UU	UU	UU	03	30	oo	33	03	UU	UU		К	
сомкнутость, %		15	25	5	10	•	5	5	10	25	5	35	10	15		11	
Травяно-кустарничковый ярус:		13	23	3		•		3	10	23	3	33	10	13			
общее проективное покрытие, %		60	55	30	30	55	55	25	15	50	45	60	45	40			
Количество видов		22	41	32	38	23	28	27	30	25	36	31	37	37			
коли иство видов	Д. в. ас						rcetun			23	- 50	<i>J</i> 1	37	<u> </u>	<u> </u>		
Quercus robur	A			no pe		+	+			r		+	+			III	IV
O. robur	C		r	•	r	· ·		•	•	•	•			r	iII		II
Acer platanoides	A		•	•		+	+	•	•	2	•	1	•			III	III
A. platanoides	В	1			·	r	+	·		3		2			İİ	III	Ш
A. platanoides	C		+	+	+		+	r	1	+	r	-	+	r	IV	IV	V
A. platanoides	juv.	+													II		
Corylus avellana	C	2	2		2		r	1	+	+	+	3	+	1	IV	IV	V
Euonymus verrucosa	C	+	r	r	r		r		r		+	1	+	r	V	Ш	$\mathbf{V}$
Carex pilosa	D	+	+	1	1	+	+			1	2	3	2	1	V	Ш	$\mathbf{V}$
Dryopteris filix-mas	D	+	r	+	+	+	r		r	+	+	+	+	+	V	IV	$\mathbf{V}$
Galium intermedium	D		+		+				r		r	+	+	r	III	II	$\mathbf{V}$
Glechoma hederacea	D		+	r	r					+	r	+		r	IV		$\mathbf{V}$
Mercurialis perennis	D									1		+				•	Ш
			в. варі	ианта	Primu	ıla vul	garis										
Primula vulgaris*	D	+	1	+	1	+	+	1	1	+	+	+	1	1	V	V	$\mathbf{V}$
		Į			Betula	_											
Betula pendula	A	3	2	3	2	+	+	1		r		r		r	V	IV	IV
B. pendula	В	1	+		2			+	•	•	r			+	IV	II	III
B. pendula	С				r				•					r	II	•	II
D. 1					Populu			_	2								
Populus tremula	A B	+	++	+	1	3	4	2	3	•	+	•	+		V	V	III
P. tremula	. в. союз	. 0		r::::	r			:		<u> </u>	•	•	•	r	III	•	II
μ	(. в. союз				поряд 			ıa syıv	шисив								
Tilia cordata	Α		и клас	ca Qu	ierco-	Tugei 5	cu				2	3	2	2	١.	II	V
T. cordata	В		2	2			2	1	1	2	1	5	-	1	iII	IV	iV
T. cordata	C	1	+	1	r	•	+	+	1	2	+	1	1	2	V	IV	V
T. cordata	juv.				•					-	+	•		r	`.	•	III
Ulmus glabra	C								r	+		+			`	II	Ш
Daphne mezereum*	C				r				r	r		r	r	r	II	П	$\mathbf{V}$
Viburnum opulus	C							r					+		١.	II	II
Galium odoratum	D	3	2	2	+	2	2	1	r	2	1	1	+	+	V	V	$\mathbf{V}$
Melica nutans	D	+	+		r	+	r	+			r	r	+	+	IV	IV	$\mathbf{V}$
Lathyrus vernus	D		+	+	r	+	+	+	+	+	+	r	+	r	IV	V	$\mathbf{V}$
Ajuga reptans	D		+	r	+	+	r	+	r	+	+	r	+	+	IV	V	$\mathbf{V}$
Stellaria holostea	D	+	1	r	r	+	+	+		+	+		+	+	V	IV	$\mathbf{V}$
Aegopodium podagraria	D		+	1	+		1	+	+	1	+	2		2	IV	IV	$\mathbf{V}$
Carex digitata	D		+	r	+	+	r				+	r	+	r	IV	Ш	$\mathbf{V}$
Galeobdolon luteum	D	1			1	2	2			+	1	+	1	+	III	Ш	$\mathbf{V}$
Milium effusum	D		+		r	+				+	+			+	III	II	IV
Pulmonaria obscura	D				+	+	+			1	+	+	+	+	II	Ш	$\mathbf{V}$
Asarum europaeum	D	+			+	+	+			+	+	1	+	+	III	III	$\mathbf{V}$
Convallaria majalis	D	+	1	+				+	+		r		+		IV	III	III
Viola riviniana	D		+		r	+			r		r			+	III	III	III
Neottia nidus-avis*	D		r	r							r		r	r	III	•	IV
Polygonatum multiflorum	D		r		r							r	+		III	•	III
Viola mirabilis	D					•		+		•			+		•	II	II
Sanicula europaea*	D					+	r			•			r		· .	III	II
Veronica chamaedrys	D		r					•	•		r	•		•	II	:	II
Geum urbanum	D			r	٠	٠			r		r	r	•		II	II	III
Ranunculus cassubicus	D в. порядк	Dia	ootali ~	. aveal		упасс	+	cipia	Diana	tar		r	•	•		II	II
Pinus sylvestris	в. порядк А	1 1	<del>гетана</del> 2	excel	sae и r	KJIACC	a vace	2 <b>1110-</b> 1	Piceer 1	eu					IV	III	_
Picea abies	A	1	_	•	1	•	+		1	+	•	1	•	•		II	iII
P. abies	B		•	•	•	•		r	1	<u>'</u>	•	1	r		•	Ш	II
P. abies	C	+	1	+			+	+	1	+	r	•	+	+	iv	IV	V
Frangula alnus	C			r				+	r			•			II	III	
Calamagrostis arundinacea	D	.	+	r	r			+		:			+	r	IV	II	iII
Trientalis europaeum	D				r						r			r	II		III

Номера описаний	ярус	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	a	b	c
Vaccinium myrtillus	D		r	r	r			r	r						IV	III	•
Pteridium aquilinum	D		+	r				+	r						III	Ш	
Platanthera bifolia*	D			r	+										III		
Dicranum polysetum	Е		r		r										III		
Pleurozium schreberi	Е		r											r	II	١.	II
				Проч	ие вид	цы											
Sorbus aucuparia	С	+	+	+	+		r	r	+	+	r		r	r	V	IV	V
Oxalis acetosella	D	2	+	r	r	1	2	+	+		r		+	+	V	V	IV
Maianthemum bifolium	D	+	r	r	r	+	r						+	r	V	Ш	III
Rubus saxatilis	D	+	+	r	+		r		+		+		+	r	V	Ш	IV
Luzula pilosa	D		+		+		r				+		+	r	III	II	IV
Solidago virgaurea	D		+	r	r			+		r	r	r	+	r	IV	II	V
Fragaria vesca	D		r	r				+	r		r			r	III	Ш	III
Dryopteris carthusiana	D									+		r				١.	III
Plagiomnium cuspidatum	Е			r					r	١.					II	II	١.

Обозначение синтаксонов: a – acc. M. p.—Q. r. Primula vulgaris var., фация Betula pendula; b – acc. M. p.—Q. r. Primula vulgaris var., фация Populus tremula; c – acc. M. p.—Q. r. Primula vulgaris var.

Отмечены в одном описании: Angelica sylvestris (12, r), Athyrium filix-femina (8, +), Campanula persicifolia (8, r), Equisetum pratense (11, r), Festuca gigantea (8, r), Fraxinus excelsior C (11, r), Geum rivale (2, r), Grossularia reclinata C (12, r), Malus sylvestris C (1, r), Populus tremula C (10, r), Quercus robur B (7, +), Rubus idaeus C (7, +), Scrophularia nodosa (5, r), Stellaria media (2, r), Vicia sylvatica (12, r), Viola canina (3, +).

Локализация описаний: оп. 1 – лесной массив в 1 км западнее ж.-д. пл. Прень (Дятьковский р-н) Дятьковское лесн-во, кв. 15, 16.06.2012. Автор А. В. Шапурко; оп. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, — в 2 км западнее ж.-д. платформы Прень (Дятьковское лесн-во, кв. 19) и ж.-д. 173 км (Дятьковское лесн-во, кв. 15), 02.07.2012. Авторы А. В. Шапурко, А. Д. Булохов, Ю. А. Семенищенков.

Обозначения ярусов: A – первый подъярус древостоя, B – второй подъярус, C – подлесок, кустарниковый ярус, D – травяно-кустарничковый ярус, E – мохово-лишайниковый ярус, juv. – ювенильные растения. K – класс постоянства.

#### Об авторах

Шапурко А.В. – аспирант Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, schapurko.anton@yandex.ru.

#### ВЕСТНИК

**Брянского государственного университета** имени академика И.Г. Петровского

# ТОЧНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Учредитель ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петроовского»

Главный редактор д.ф.н., проф.А.В.Антюхов

Свидетельство о регистрации выдано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательствав сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия ПИ № ФС77-515557 от 26. 10. 12

Подписной индекс «Роспечать» -47075 годовая

Адрес редакции: 241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, 20

Подписано в печать 01.08.2012. Формат 60х84/8. Печать на ризографе. Бумага офсетная. Усл. п.л. 33,5. Тираж 500 экз. Свободная цена.

РИО ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского». 241036, г. Брянск, Бежицкая, 14.

Отпечатано в типографии РИО ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского». 241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, 20