



Вестні БДПУ

Навукова-метадычны часопіс
Выдаецца з чэрвеня 1994 г.

№ 2(56) 2008

СЕРЫЯ 3.
Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка.
Біялогія. Геаграфія

Змест

Галоўны рэдактар:
П.Дз. Кухарчык

Рэдакцыйная калегія:

Ю.А. Быкадораў
(нам. галоўнага
рэдактара)

У.В. Амелькін

В.А. Бондар

М.К. Буза

І.В. Бялько

А.М. Вітчанка

В.М. Дабранскі

В.Б. Кадацкі

В.Н. Кісялёў

У.М. Котаў

М.В. Лазаковіч

М.І. Лістапад

І.А. Новік

В.М. Русак

І.М. Сцепановіч

В.Б. Таранчук

А.І. Таўгень

І.С. Ташлыкоў

А.Т. Федарук

У.У. Шлыкаў

М.Г. Ясавееў

Фізіка

Бондар В.А., Вабішчэвіч І.А. Гуманізацыя фізічнай адукацыі сродкамі спецыяльнага прадмета 3

Тунык У.М. Элементарная суперпазіцыя электростатычных напружанасцей 8

Матэматыка

Рыбачэнка І.В. Апраксімацыя суматорнымі рацыянальнымі апэратарамі дыферэнцыраваных функцый абмежаванай варыяцыі 12

Стэльмашук М.Т., Шылінец У.А., Струнеўская Т.Л. Інтэгральнае выяўленне рашэнняў адной сістэмы дыферэнцыяльных раўнанняў у частковых вытворных 16

Методыка выкладання 18

Ляховіч А.В. Пераўтварэнне матэматычных задач як сродак рэалізацыі вучэбных задач пры навучанні матэматыцы 18

Мельніков О.И., Семеняко А.Н. Функции применения графов и их реализация при обучении математике 22

Інфарматыка

Романюк Г.Э., Демидович В.С., Климашевская О.Н. Применение законов Зипфа в Интернет-технологиях 28

Бочкарева Л.В., Барабаш Е.Г. Программная реализация документооборота в дистанционном обучении 30

Біялогія

Безрученко Н.Н. Применение цветковых клеевых ловушек против огуречного комарика в защищенном грунте 34

Бученков И.Э. Морфобиологические особенности отдаленных гибридов Ribes и Glossularia с удвоенным числом хромосом 38

Деревинский А.В., Чопчиц А.Н. Оценка потенциала продуктивности исходных для селекции форм яблони 43

Жудрик Е.В., Бученков И.Э. Морфоанатомические особенности стрелитции королевской в условиях закрытого грунта ЦБС НАН Беларуси 46

Тюлькова Е.Г. Биоиндикация загрязнения тяжелыми металлами водоемов города Гомеля и прилегающих территорий 51

Левая М.А. Влияние биологически активных веществ на устойчивость тюльпанов классов Кауфмана и Грейга к серой гнили 56

Адрас рэдакцыі:
220007, Мінск,
вул. Магілёўская, 37,
пакой 124,
тэл. 219-78-12
e-mail: vesti@bspu.unibel.by

Пасведчанне № 2289
ад 08.02.05 г.
Міністэрства інфармацыі
Рэспублікі Беларусь

Падпісана ў друк 16.06.08.
Фармат 60x84¹/₈.
Папера афсетная.
Гарнітура *Арыял*.
Друк Riso.
Ум. друк. арк. 9,30.
Ул.-выд. арк. 9,98.
Тыраж 100 экз.
Заказ 257.

Выдавец
і паліграфічнае выкананне:
Установа адукацыі
«Беларускі дзяржаўны
педагагічны ўніверсітэт
імя Максіма Танка».
Ліцэнзія № 02330/0133496
ад 01.04.04.
Ліцэнзія № 02330/0131508
ад 30.04.04.
220050, Мінск, Савецкая, 18.
e-mail: izdat@bspu.unibel.by

*Якасць ілюстрацый адпавядае
якасці прадстаўленых
у рэдакцыю арыгіналаў*

Адказны сакратар
І.А. Здаравікова

Рэдактар
І.А. Здаравікова

Тэхнічнае рэдагаванне
А.А. Пакалы

Камп'ютэрная вёрстка
К.Б. Капушта

© Весці БДПУ, 2008. № 1.
Серыя 3.

Геаграфія

<i>Бобровничая М.А., Петровская В.И.</i> Изменение уровней грунтовых вод и их влияние на подтопление побережий водохранилищ полесского типа	60
<i>Антипова Е.А.</i> Использование кластерного анализа при разработке геодемографической типологии сельской местности Беларуси	63
<i>Башир Шихаб Мазен.</i> Ирригация и изменение природной среды в Месопотамии	67
<i>Фокеева Л.В.</i> Региональные типы естественного движения сельского населения Беларуси	71
Рэфераты	77
Нашы аўтары	79

ГУМАНІЗАЦЫЯ ФІЗІЧНАЙ АДУКАЦЫІ СРОДКАМІ СПЕЦЫЯЛЬНАГА ПРАДМЕТА

Уводзіны. У пачатку новага тысячагоддзя чалавецтва знаходзіцца ў стане сапраўднай рэвалюцыі ў галіне камунікацыі і інфармацыі, якая патрабуе змены светапогляду. Шматлікія рашэнні, што вызначаюць будучае, залежаць ад адекватнай інтэрпрэтацыі навуковых адкрыццяў. Навука – не набор нязменных ісцін, і навуковы метада – толькі адзін са спосабаў пазнання прыроды. Ньютан заўважыў: «Тот, кто копается в глубоких шахтах знания, должен, как каждый землекоп, время от времени подниматься на поверхность подышать свежим воздухом», маючы на ўвазе, што «углубление шахт знания» можа прывесці іх да няўстойлівасці.

Гуманізацыя грамадства і адукацыі стала надзённай праблемай нашага часу. Адзін з самых вядомых фізікаў мінулага стагоддзя Макс Борн адзначаў: «Нынешние политические и милитаристические ужасы, полный распад этики – всему этому я был свидетелем на протяжении моей жизни. Если даже род человеческий не будет стерт ядерной войной, он может выродиться в какие-то разновидности оболваненных и бессловесных существ, живущих под тиранией диктаторов и понукаемых с помощью машин и электронных компьютеров». Таму ў навучанні важнымі з’яўляюцца і сучасныя веды, і адпаведны ім адказнасць і мараль. Вялікая ў гэтым роля прыродазнаўства як спробы знайсці лагічны адказ на галоўнае пытанне – паходжанне светаўтварэння і чалавецтва.

Пры фарміраванні навуковага светапогляду на аснове навучання фізіцы важным з’яўляецца набыццё ведаў аб працэсе навуковага пазнання. Гэта звязана з тым, што навуковы светапогляд уключае ў сябе не толькі разуменне таго, што ўяўляе навакольны свет, але і таго, як чалавек яго пазнае. Веды аб працэсе навуковага пазнання дазваляюць навучэнцу лепш зразумець сутнасць фізічных з’яў, законаў і тэорый.

Веды аб ведах называюць метадалагічнымі. Паняцце «метадалогія» з’яўляецца вытворным ад паняцця «метада». «Метод – ... в самом общем значении способ достижения цели, определенным образом упорядоченная деятельность» [1]. Сюды ўваходзяць розныя эмпірычныя і тэарэтычныя прыёмы, сістэматычнае прымяненне якіх прыводзіць да дасягнення пастаўленай мэты.

Да апошняга часу фізіка ў сярэдняй і вышэйшай школе была прадстаўлена ў асноўным як сістэма прадметных ведаў. Аднак фізічная навука ўключае не толькі сістэму ведаў, але і пэўную галіну грамадска-вытворчай практыкі, менавіта працэс здабывання ведаў. Таму метадалагічны аспект фізічных ведаў павінен быць раскрыты ў такой жа ступені, як і факталагічны (прадметны) аспект.

У сучасным свеце фізіка (і матэматыка) у пэўнай ступені з’яўляецца метадалагічнай, светапогляднай і факталагічнай базай не толькі для прыродазнаўчых навук, але і для гуманітарных. М.В. Ламаносаў адзначаў: «Обще от всех академиком неотменно требуется знание хотя элементарных наук математических. Разумеются здесь профессии, в коих высокое знание математических наук не так много нужно, ибо в академиях примечено, что иногда химики, анатомики, ботаники, историки, почти никакого знания первых математических оснований не имеют и для того не могут своей практики и расположить порядочно и сообразить рассуждением, которым купно с логикою надежная предварительница есть геометрия» [2].

У працэсе развіцця навуковых ведаў аб прыродзе і грамадстве былі адкрыты шматлікія метады і прыёмы даследчай дзейнасці. У філасофіі іх сістэматызуюць у наступныя тры групы:

1. Метады, што валодаюць атрыбутам усеагульнасці і выкарыстоўваюцца ва ўсіх сферах дзейнасці для атрымання як звычайных, так і навуковых ведаў. Да іх можна аднесці аналіз і сін-

тэз, індукцыю і дэдукцыю, абстрагіраванне і абагульненне, і інш.

2. Метады даследавання, якія выкарыстоўваюцца толькі ў навуковым пазнанні. Да іх адносяцца дзве асноўныя групы: метады пабудовы эмпірычных ведаў (назіранне, вымярэнне, эксперымент) і метады пабудовы тэарэтычных ведаў (ідэалізацыя і фармалізацыя, аналогія, мадэліраванне, мысленны эксперымент, гіпотэза, пераход ад абстрактнага да канкрэтнага і інш.).

3. Спецыяльныя метады і прыёмы, працэдуры эксперыментальнага і тэарэтычнага характару, непасрэдна звязаныя з сутнасцю канкрэтнай з'явы, што выкарыстоўваюцца ў вузкай галіне. Напрыклад, рэнтгенаструктурны аналіз, крышталехімічны і г. д.

Метадалагічныя веды – гэта абагульненыя веды аб метадах і структуры фізічнай навукі, асноўных заканамернасцях яе функцыянавання і развіцця. Гэтыя веды не з'яўляюцца нейкімі знешнімі, што прынесены ў асновы фізікі, дапаўняльнымі да прадметных, наадварот, яны ўнутрана прыналежаць сучаснаму курсу фізікі.

Абмеркаванне асноўных вынікаў даследавання. Пры пераходзе навуковай сістэмы ведаў у вучэбную шматлікія сувязі паміж элементамі абрываюцца. Іх аднаўленне ў свядомасці студэнтаў пры навучанні фізіцы даволі цяжкі працэс. Без элементаў метадалогіі фізічнай навукі тут не абыходзіцца. Таму неабходна распрацаваць для навучэнцаў цэласную сістэму метадалагічных ведаў і ўменняў [3–4].

Сістэма метадалагічных ведаў і ўменняў уключае напрамкі, на якіх грунтуецца увесь вучэбны матэрыял курса фізікі [5–9]:

1. Навуковы эксперымент і метады эксперыментальнага пазнання.

2. Фізічная тэорыя і метады тэарэтычнага пазнання.

3. Цэнтральныя метадалагічныя ідэі фізікі.

4. Асноўныя заканамернасці развіцця фізікі.

Характарыстыка вышэйназваных напрамкаў немагчыма без звароту да грамадска-практычнай дзейнасці чалавека, без аналізу яе вынікаў і іх уплыву на далейшае развіццё грамадства. Практычная дзейнасць чалавека ажыццяўляецца на аснове яго мысленнай дзейнасці. «Мышление – ... активный процесс отражения объективного мира в понятиях, суждениях, теориях и т. п. Мышление возникает в процессе общественно-производственной деятельности людей и обеспечивает опосредствованное отражение действительности, раскрытие ее закономерных связей... Мышление связано прежде всего не с биологической эволюцией, а с общественным развитием» [1].

Можна што-небудзь добра ведаць, але не вельмі верыць у гэта. Таму адным з важных ба-

коў працэсу фарміравання светапогляду з'яўляецца выпрацоўка перакананняў. Вельмі важна, каб у навучэнцаў склаліся асобныя стасункі да свету і да месца чалавека ў ім. Аналіз вынікаў анкетавання (385 студэнтаў), праведзенага з мэтай высветліць думку студэнтаў розных спецыяльнасцей адносна комплексу метадалагічных ведаў і ролі розных ведаў вучэбных заняткаў у гэтым працэсе, паказвае, што на адсутнасць уласнай грамадзянскай пазіцыі, думкі, пункту гледжання ўказвае даволі вялікая колькасць студэнтаў фізічнага факультэта (табліца 1). Для параўнання прыведзены вынікі анкетавання студэнтаў гуманітарных факультэтаў.

Табліца 1 – Вынікі анкетавання студэнтаў

№ п/п	Факультэт	I курс, %	III курс, %	V курс, %
1	Фізічны	65,8	48,6	66,7
2	Гістарычны	61,4	67,2	76,7
3	Рускай філалогіі	68,9	52,5	37,5

Калі прааналізаваць вынікі, то атрымліваем, што гэты працэнт у выпускнікоў фізічнага і гістарычнага факультэтаў практычна застаецца пастаянным, нават крыху павялічваецца ў параўнанні з I і III курсамі. Аднак у выпускнікоў факультэта рускай філалогіі назіраецца памяншэнне такой колькасці студэнтаў.

Даследаванні паказваюць, што якасць вучэбна-выхаваўчага працэсу ў большай ступені вызначаецца ўзроўнем педагагічнага прафесіяналізму прафесарска-выкладчыцкіх кадраў вышэйшай школы. Немалаважную ролю ў гэтым іграе сістэма розных поглядаў, ідэй і перакананняў прафесарска-выкладчыцкага саставу, з пазіцыі якога кожны з выкладчыкаў ацэньвае здарэнні, факты, з'явы выкладаемых галін ведаў [10].

У працэсе навучання фізіцы могуць быць сфарміраваны ў асноўным толькі перакананні ў сферы ідэй, якія рэалізуюцца ў працэсе інтэлектуальнай дзейнасці навучэнца па доказе, абгрунтаванні ідэй.

Спосабы фарміравання перакананняў дзеляцца на дзве групы [11–13].

У адну групу ўваходзяць спосабы, у аснове якіх ляжаць абавязковая наяўнасць доказу выкладчыка ці самастойны доказ навучэнцаў. У другую групу ўваходзяць спосабы пераканання, заснаваныя на аўтарытэтнасці крыніцы ведаў. Спосабы першай групы ўплываюць на інтэлектуальную сферу асобы навучэнца, а спосабы другой групы – на эмацыянальную сферу асобы навучэнца.

Да спосабаў, што ўплываюць на інтэлектуальную сферу асобы навучэнца, адносяцца наступныя: 1) *эксперыментальны*; 2) *матэматычны*; 3) *лагічны*; 4) *гістарычны*.

Вялікую ролю іграюць спосабы фарміравання перакананняў, якія абапіраюцца на эмацыяналь-

ную сферу асобы. Прадказаць іх практычна немагчыма, яны залежаць ад асобы выкладчыка. У якой ступені ён уплывае на працэс фарміравання перакананняў студэнтаў можна ацаніць па наступных выніках апытання (табліца 2).

Табліца 2 – Працэс фарміравання перакананняў

№ п/п	Факультэт	Моцны ўплыў, %			Істотна не ўплывае, %			Не ўплывае, %		
		I к	III к	V к	I к	III к	V к	I к	III к	V к
1	Фізічны	55,3	41,5	40,0	36,8	52,9	46,7	7,9	5,9	13,3
2	Гістарычны	62,4	50,0	34,9	31,8	37,9	51,2	6,8	13,8	18,6
3	Рускай філалогіі	65,5	39,5	52,5	29,3	52,5	40,0	5,2	7,5	7,5

Неабходна адзначыць, што колькасць студэнтаў, якія лічаць, што асоба выкладчыка ўплывае на працэс фарміравання светапогляду, на старшых курсах памяншаецца. Магчыма гэта звязана з тым, што іх уласны інтэлект узрастае.

Мэты і прынцыпы выкладання, як вядома, рэалізуюцца праз вучэбны працэс. Таму ён павінен будавацца такім чынам, каб прывесці да фарміравання ў навучэнцаў светаразумеання. Менавіта гэта задача – фарміраванне навуковага светапогляду – з'яўляецца адной з першачарговых усёй ідэйна-выхаваўчай працы, што ажыццяўляецца ў нашым грамадстве. Неабходна заўважыць, што студэнты таксама ўказваюць на прырытэтнасць вышэйназваных задач (табліца 3).

Табліца 3 – Фарміраванне навуковага светапогляду

№ п/п	Факультэт	I курс, %	III курс, %	V курс, %
1	Фізічны	67,5	73,0	87,8

На наш погляд, станоўчай з'яўляецца дадатная дынаміка ад I да V курса.

Роля разнастайных элементаў вучэбнага працэсу на фарміраванне светапогляду навучэнцаў пры вывучэнні спецыяльнага прадмета высвятлялася шляхам анкетавання студэнтаў розных курсаў. Яго вынікі прыведзены ў табліцы 4.

Табліца 4 – Роля элементаў вучэбнага працэсу на фарміраванне светапогляду

№ п/п	Элемент вучэбнага працэсу	I курс, %	III курс, %	V курс, %
1	Змест вучэбнага матэрыялу	28,9	38,2	40,0
2	Практычныя заняткі	60,5	55,9	33,3
3	Праблемныя пытанні і сітуацыі	68,4	47,1	53,3
4	Арганізацыя самастойнай працы і яе змест	52,6	29,4	53,3
5	Міжпрадметныя сувязі	34,2	32,4	40,0

Аналіз прыведзеных вынікаў паказвае, што студэнты-выпускнікі аддаюць перавагу «праблемным пытанням і сітуацыям», а таксама «арганізацыі самастойнай працы і яе зместу», у той час як

студэнты I і III курсаў – «практычным заняткам» і «праблемным пытанням і сітуацыям».

У курсе фізікі ёсць раздзелы, якія аб'ядноўваюць фізічныя з'явы рознай прыроды аднолькавымі спосабамі іх апісання. Пры гэтым асобая роля павінна быць адведзена ўводным і абагульняльным заняткам [14]. Ролю ўводных заняткаў па раздзелах курса фізікі часта недаацэньваюць, таму перавагу аддаюць абагульняльным заняткам. Аднак толькі сістэматычнае правядзенне як ўводных, так і абагульняльных заняткаў дае магчымасць дасягнуць неабходных рэзультатаў. Уводныя заняткі накіроўваюць вучэбную і пошуковую дзейнасць навучэнцаў, дапамагаюць выбраць з патоку інфармацыі, што прапануецца на занятках, неабходную для пабудовы лагічнай паслядоўнасці ведаў.

Уводныя заняткі развіваюць здольнасць самастойна і творча працаваць з вивучаемым матэрыялам. На няўменне самастойна ацэньваць розныя праявы жыцця грамадства з пазіцыі грамадзянскіх вартасцей, норм, законаў указвае вялікая колькасць апытаных студэнтаў (табліца 5).

Табліца 5 – Самастойная ацэнка праяў жыцця

№ п/п	Факультэт	I курс, %	III курс, %	V курс, %
1	Фізічны	63,2	73,5	66,7

Прыкладна на ўсіх курсах гэты паказчык аднолькавы. Прычым, аналагічная сітуацыя і на іншых (гуманітарных) факультэтах.

На ўводных занятках па любым раздзеле фізікі варты памятаць галоўнае, што неабходна фарміраваць у навучэнцаў разуменне адзінства прыроды, пачынаць з вызначэння самой навукі.

Фарміраванне навуковага светапогляду – складаны і шматбаковы працэс. Акрамя дэталёвага даследавання яго асобных бакоў неабходны цэласны разгляд, з улікам узаемасувязей асноўных кампанентаў працэсу.

Паколькі фізіка – гэта навука «о формах материи... о взаимодействии этих форм материи, об их движении», то яна звязана з філасофіяй, асноўнай светапогляднай навукай [15]. Таму ўзнікаюць аб'ектыўныя магчымасці фарміравання навуковага светапогляду на аснове навучання фізіцы.

Адным з асноўных кампанентаў працэсу выпрацоўкі навуковага светапогляду на аснове навучання фізіцы з'яўляецца фарміраванне ўяўленняў аб фізічнай карціне свету. В.Г. Іваноў [16] адзначаў, што «физика формирует собственную картину мира, т. е. некоторое обобщенное представление о мире с точки зрения ее предмета, метода и форм описания... и как картина мира лидирующей науки, физическая картина мира является основой общей естественнонаучной картиной мира».

Фізічная карціна свету – гэта абагульненая мадэль прыроды, якая ўключае ўяўленні фізічнай навукі аб матэрыі, руху, узаемадзеянні, прасторы і часе, прычыннасці і заканамернасці.

Таму састаўной часткай працэсу стварэння ў навучэнцаў уяўленняў аб фізічнай карціне свету з'яўляецца фарміраванне ніжэйпазначаных фундаментальных фізічных паняццяў і ідэй. Да іх ліку адносяцца: рэчыва, поля, масы, сілы, узаемадзеяння, імпульсу, энергіі, ідэй адноснасці, захавання меры, руху, атамізму, карпускулярна-хвалевага дуалізму.

Засваенне важнейшых паняццяў і ідэй недастаткова для фарміравання ўяўленняў аб фізічнай карціне свету. Навучэнцы могуць атрымаць іх толькі ў канцы курса вывучэння фізікі, пасля таго як будуць абагульнены і прыведзены ў сістэму веды навучэнцаў. Да таго контуры сучаснай фізічнай карціны свету акрэсліць немагчыма з-за недахопу ведаў у навучэнцаў па пытаннях сучаснай фізікі. Як адзначыла Л.Я. Зорына [13, с. 116], «...не всегда целесообразно сразу давать знания, соответствующие современному уровню развития. В ряде случаев нужно специально показывать становление знаний и изменение мировоззренческих представлений».

Навучэнцам неабходна паказаць, што фізічная карціна свету стваралася паступова, у працэсе развіцця фізікі яна сама змянялася, г. зн. напачатку ўзнікла механічная карціна свету, затым яе змяніла электрамагнітная. Неабходна паказаць, што фарміраванне кожнай наступнай карціны свету не толькі прыводзіла да пашырэння і паліплення агульных ведаў аб свеце, але і патрабавала перагляду пунктаў гледжання на свет, а часам і адказу ад некаторых ранейшых думак. У сувязі з гэтым патрэбна надаваць увагу гістарызму. Даволі важна «... представить науку не как сводку догм и застывших данных, не весть как, кем и почему добытых, а как развивающийся процесс, которому нет конца» [8].

Акрамя таго, веды засвойваюцца лепш, калі навучэнцы ведаюць, як і чаму яны ўзніклі. Д.К. Максвел адзначаў, што «... наука всегда усваивается наиболее полно в состоянии ее возникновения» [17]. Таму ўжо зараз выкарыстоўваюцца ўсе магчымасці для таго, каб у навучэнцаў складвалася навуковае ўяўленне аб свеце і яго пазнанні фізічнай наукай, а таксама адказваюцца ад такога выкладання вучэбнага матэрыялу, пры якім факты навукі пераўтвараюцца ў склад догм і застыўшых даных, а гісторыя развіцця фізікі, поўная драматызму, пошукаў, барацьбы, застаецца па-за полем зроку навучэнцаў. Неабходна імкнуцца да таго, каб навучыць студэнтаў бачыць прыроду за яе фізічным апісаннем, сфарміраваць у іх адзіную фізічную карціну свету, выклікаць інтарэс да філасофскага асэн-

савання рэчаіснасці, абудзіць радаснае пачуццё знаёмства з працэсам навуковых пошукаў і з людзьмі, якія ў гэтых пошуках бачылі сэнс свайго жыцця. У анкетах студэнты ўказваюць на адсутнасць пачуцця гонару за дасягненні краіны ў галіне навукі, тэхнікі, культуры (табліца 6).

Табліца 6 – Вынікі анкетавання

№ п/п	Факультэт	I курс, %	III курс, %	V курс, %
1	Фізічны	63,2	67,6	80,0
2	Гістарычны	65,9	68,9	74,4
3	Рускай філалогіі	77,6	72,5	45,0

Звяртае ўвагу на сябе той факт, што гэты паказчык на ўсіх курсах даволі значны і нават у пэўных выпадках узрастае ў студэнтаў-выпускнікоў. Думаецца, што такая спецыяльная дысцыпліна, як фізіка, дае магчымасць выкарыстаць дасягненні фізічнай навукі, у тым ліку і беларускай, для фарміравання адпаведных пачуццяў у студэнтаў.

Цікавымі, на наш погляд, з'яўляюцца ніжэйпрыведзеныя прапановы студэнтаў.

1 курс

Кожны чалавек не падобны на іншых, таму павінен існаваць індывідуальны падыход да навучання. Выкладчык павінен мець асобны падыход да кожнага студэнта (вучня), аб'ектыўна ацэньваць яго веды. Прымаць да ведама ўсе фактары, што ўздзейнічаюць на студэнта (вучня). Дапамагаць сфарміраваць маральныя каштоўнасці і яго ўласную думку.

Паміж выкладчыкам і студэнтамі канкрэтна вызначаюцца межы стасункаў, якія не дазваляюць развівацца маральнаму ціску з абодвух бакоў, і ў той жа час павінны накіроўваць і дапамагаць разбірацца ў сваёй ролі ў грамадстве.

Выкладчыкі павінны растлумачыць, з якой мэтай уводзіцца той ці іншы прадмет.

Развіваць інтарэс да гісторыі, пачуццё патрыятызму, гонару за сваю краіну, за дасягненні ў галіне навукі, спорту, культуры.

3 курс

Зняць тыя прадметы, што не ўплываюць на выхаванне і фарміраванне грамадзянскасці, і ўключыць, якія нам патрэбны для спецыяльнасці.

Студэнты павінны быць інфармаваны аб тым, што адбываецца ў краіне, пра новыя дасягненні навукі, культуры і эканомікі, аб распрацоўках, якія праводзяцца і плануюцца ў рэспубліцы, аб падтрымцы пачыну маладых даследчыкаў, эксперыментаў.

5 курс

Педагогіка супрацоўніцтва.

Дэмакратыя і гуманнасць.

Добрачытлівасць.

Выказванні студэнтаў-выпускнікоў лаканічныя і грунтоўныя.

Немалаважным для навучэнцаў з'яўляецца аналіз пэўных пераломных момантаў у развіцці канкрэтнай навукі, якія даволі часта называюць рэвалюцыйнымі. Прычым, рэвалюцыя ў навучы – гэта, як правіла, не кароткачасовая з'ява, паколькі карэнныя змяненні ў навуковых ведах патрабуюць пэўнага часу. Таму ў любой навуковай рэвалюцыі можна храналагічна выдзеліць пэўны больш ці менш працяглы гістарычны перыяд, на працягу якога яна адбываецца. Перыяды навуковых рэвалюцый, адзначыў сусветна вядомы фізік Луі дэ Бройль, «всегда характеризуют решающие этапы в прогрессивном развитии наших знаний». Глобальная навуковая рэвалюцыя прыводзіць да фарміравання зусім новага бачання свету, выклікае ўзнікненне прынцыпова новых уяўленняў аб яго структуры і функцыянаванні, а таксама вядзе за сабой новыя спосабы і метады яго пазнання.

На думку многіх вучоных, вялікае значэнне мае прыродазнаўства для асобнага развіцця чалавека, спецыяліста XXI стагоддзя. «Ограничение области знания лишь небольшой группой людей ослабляет философский дух народов и ведет к духовному обнищанию» [18].

У сучасных умовах, калі мэтавыя ўстаноўкі адукацыі накіраваны на аб'яднанне і ўкараненне ў выхаваўчую практыку нацыянальных і агульначалавечых каштоўнасцей, у педагагічную практыку актыўна ўкараняецца грамадзянская адукацыя [19].

Такім чынам, у сувязі з вышэйадзначаным, фарміруецца адпаведная сістэма падрыхтоўкі педагагічных кадраў. Існуе шэраг цяжкасцей у рэалізацыі названай праблемы. Часта рашэнне праблемы фарміравання ў будучага настаўніка падрыхтаванасці да гуманітарнай адукацыі школьнікаў прапануецца ажыццявіць шляхам увядзення ў вучэбныя планы новых дысцыплін псіхалагапедагагічнага цыкла, або асобных тэм і раздзелаў, спецкурсаў і спецсемінараў. Аднак гэта прывядзе да перагрузкі вучэбнага працэсу. На наш погляд, гэту праблему можна ў пэўнай ступені вырашыць праз гуманізацыю спецыяльных вучэбных дысцыплін, для чаго неабходна вызначыць адпаведны комплекс метадалагічных ведаў у спецыяльным курсе.

У сучасным постіндустрыяльным грамадстве ў навуковыя распрацоўкі і тэхналагічную дзейнасць прыцягнуты мільёны людзей. Праца іх значае лёс мільярдаў, таму без глыбокага засваення ідэй і метадаў сучаснай навукі немагчыма разумна кіраваць развіццём чалавечай цывілізацыі. Экалагічны крызіс, які паставіў чалавецтва на грань катастрофы, выкліканы не навукова-тэхнічным прагрэсам, а недастатковым распаўсюджаннем у грамадстве навуковых і культурных ведаў. Гэта адна з прычын прыняцця неабгрунтаваных рашэнняў, бескантрольнасці ў вытворчасці, зада-

вальнення патрэб далёка не вышэйшага парадку за кошт навакольнага асяроддзя.

Фізіка працягвае развівацца, і за апошнія дзесяцігоддзі ўзрос інтарэс да такіх яе новых галін, як сінергетыка, дынамічны беспарадак і самаарганізацыя [20]. У гэтых галінах фізікі часта выкарыстоўваецца арыгінальны матэматычны апарат, а ў спалучэнні з удасканаленнем камп'ютэраў і магчымасцямі «численного эксперимента» прадказальная сіла іх аказваецца на адным узроўні з традыцыйнымі фізічнымі тэорыямі. У той жа час узнікаюць пэўныя праблемы, якія ляжаць хутчэй не ў галіне матэматыкі, а філасофіі фізікі. Розныя фізічныя тэорыі – старыя і новыя – «не стыкуюцца» адна з другой у адносінах пэўных фундаментальных паняццяў і з'яў – у прыватнасці, дэтэрмінізму і незваротнасці часу [21–24].

Вывады. Гуманізацыя фізічнай навукі, як паказваюць даследаванні, можа і павінна ажыццяўляцца сродкамі спецыяльнага прадмета і рознымі элементамі вучэбнага працэсу. Аналіз гістарычных перыядаў развіцця фізікі дае магчымасць высветліць сувязь навуковых рэвалюцый з сацыяльна-эканамічным развіццём грамадства. Вялікае значэнне мае прыродазнаўства для асобнага развіцця чалавека, будучага спецыяліста.

Мэты і прынцыпы выкладання, як вядома, рэалізуюцца праз вучэбны працэс. Таму пры вывучэнні фізікі ён павінен быць пабудаваны такім чынам, каб прывесці да фарміравання ў навучэнцаў светаразумеання. Менавіта гэта задача – фарміраванне навуковага светапогляду – дазваляе рэалізаваць адну з першачарговых задач усёй ідэйна-выхаваўчай працы, што ажыццяўляецца ў нашым грамадстве.

ЛІТАРАТУРА

1. Философский словарь / под ред. М.М. Розенталя. – М., «Политическая литература», 1975. – С. 258.
2. Ломоносов, М.В. Проект переустройства Академии наук // Полн. собр. соч. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – Т. 10. – Докл. № 410.
3. Спасский, Б.И. Вопросы методологии и истоизма в курсе физики средней школы / Б.И. Спасский. – М., 1975.
4. Мощанский, В.Н. Формирование диалектико-материалистического мировоззрения на уроках физики / В.Н. Мощанский. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Штофф, В.А. Введение в методологию научного познания / В.А. Штофф. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1972.
6. Усова, А.В. Самостоятельная работа учащихся в процессе изучения физики / А.В. Усова, В.В. Завьялов. – М.: Высш. шк., 1984.
7. Основы методики преподавания физики в средней школе / под ред. А.В.Перышкина, В.Г. Разумовского, В.А.Фабриканта. – «Просвещение», 1984.
8. Мощанский, В.Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики / В.Н. Мощанский. – М.: Просвещение, 1989.

9. Формирование коммунистического мировоззрения школьников / под ред. Э.И. Монозона, Р. Правдина, Р.М. Роговой. – М., 1977.
10. Решетько, В.С. Идеологическое сопровождение учебно-воспитательного процесса в вузе / В.С. Решетько // Высшэйш. шк., 2005. – № 2. – С. 64–66.
11. Физический энциклопедический словарь. – М., 1966. – Т. 5.
12. Иванов, В.Г. Физика и мировоззрение / В.Г. Иванов. – Л., 1975.
13. Зорина, Л.Я. Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников / Л.Я. Зорина. – М.: «Педагогика», 1978.
14. Каргиева, З.К. Вводные и обобщающие занятия в школьном курсе физики / З.К. Каргиева. – Владикавказ, 1993.
15. Физический энциклопедический словарь. – М., 1966. – Т. 5.
16. Иванов, В.Г. Физика и мировоззрение / В.Г. Иванов. – Л., 1975. – С. 80–81.
17. Духов, В.М. Электрон / В.М. Духов. – М., 1966. – С. 6.
18. Эйнштейн, А. Собрание сочинений: в 4 т. Т. 3. Испускание и поглощение излучения по квантовой теории / А. Эйнштейн. – М.: Наука, 1966.
19. Захарова, С.Н. Содержательно-технологический аспект подготовки педагогов к гражданскому образованию / С.Н. Захарова // Высшэйш. шк. – 2003. – № 3. – С. 68–71.
20. Пригожин, И. Время, хаос, квант / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Прогресс, 1994.
21. Барвинский, А.О. Фундаментальные проблемы интерпретации квантовой механики. Современный подход / О.А. Барвинский, А.Ю. Каменщик, В.Н. Пономарев. – М.: Изд-во МГПИ, 1988.
22. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т. 1. Механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1988.
23. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1990.
24. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т. 5. Статистическая физика. Ч. 1 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1988.

SUMMARY

Different ways of humanization of physical education by means of special subjects and also the role of separate elements of educational process are regarded.

УДК 537(07)

У.М. Туняк

ЭЛЕМЕНТАРНАЯ СУПЕРПАЦИЦЫЯ ЭЛЕКТРАСТАТЫЧНЫХ НАПРУЖАНАСЦЕЙ

Уводзіны. Узмацненню прафесійна-педагагічнай накіраванасці курса электрадынамікі для будучых настаўнікаў фізікі садзейнічае разгляд элементарных «безынтэгральных» спосабаў рашэння фізічных задач. У нашай працы такое элементарнае прымяненне прынцыпу суперпаціцыі электрастатычных напружанасцей выкарыстоўваецца пры разліку палёў раўнамерна зараджаных цел найпрасцейшай формы (кальцо, дыск, плоскасць, прамы стрыжань, сфера, шар) у вакууме. Такі падыход больш просты, чым спосабы рашэння задач, якія звычайна выкарыстоўваюцца ў курсах агульнай фізікі [1–2].

Асноўныя вынікі. Разгледзім рашэнне наступных задач.

Поле на восі тонкага кальца. Тонкае кальцо L з радыусам b размяшчаецца ў плоскасці $z = 0$ (рысунак 1). Цэнтр кальца супадае з пачаткам каардынат O . На кальцы знаходзіцца лінейны зарад са шчыльнасцю $\rho_0 = \text{const}$. Поўны зарад кальца $Q = 2\pi b \rho_0$. Знойдзем поле зарадаў кальца ў пункце назірання P , які ляжыць на восі OZ на адлегласці z ад пачатку каардынат.

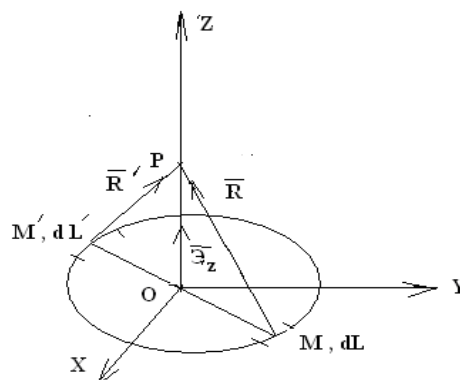
Падзелім кальцо на пары дыяметральна процілеглых бясконца малых участкаў dL і dL' . Уча-

стак dL знаходзіцца ў пункце M і яго злучае з пунктам назірання P вектар $\vec{R} = z\vec{e}_z + \vec{MO}$. Квазікулонаўская напружанасць поля зараду $dQ = \rho_0 dL$ у пункце P ёсць

$$\vec{dE} = \frac{\vec{R} dQ}{4\pi\epsilon_0 R^3} = \frac{\rho_0 dL}{4\pi\epsilon_0 R^3} \vec{R}, \quad (1)$$

дзе $R = |\vec{R}|$. Аналагічна ўчастак dL' , які таксама мае зарад dQ , стварае ў P поле з напружанасцю

$$\vec{dE}' = \frac{\rho_0 dL'}{4\pi\epsilon_0 R'^3} \vec{R}', \quad (2)$$



Рысунак 1.

дзе вектар $\vec{R}' = z\vec{e}_z - \vec{MO}$ злучае dL' і P . Адпаведная сума

$$d\vec{E} + d\vec{E}' = \frac{z\rho_0 dL}{2\pi\epsilon_0 R^3} \vec{e}_z \quad (3)$$

паказвае, што пры вызначэнні напружанасці поля кальца ў пункце P , ад кожнага ўчастка dL дастаткова ўзяць толькі эфектыўную частку напружанасці

$$d\vec{E}_{эф} = \frac{z\rho_0 dL}{4\pi\epsilon_0 R^3} \vec{e}_z \quad (4)$$

у напрамку восі OZ . Сума ўсіх напружанасцей (4) дае поўную напружанасць поля кальца ў пункце P ,

$$\begin{aligned} \vec{E} &= \sum d\vec{E}_{эф} = \frac{z\rho_0}{4\pi\epsilon_0 R^3} \vec{e}_z \sum dL = \\ &= \frac{zQ}{4\pi\epsilon_0 (b^2 + z^2)^{3/2}} \vec{e}_z. \end{aligned} \quad (5)$$

Поле на восі тонкага дыска. Тонкі дыск з радыусам b размяшчаецца ў плоскасці $z = 0$ (рысунак 2). Дыск мае паверхневы зарад са шчыльнасцю $\rho_0 = const$, поўны зарад дыска $Q = 2\pi b\rho_0$. Цэнтр дыска супадае з пачаткам каардынат O . Трэба знайсці напружанасць поля дыска ў пункце P на восі OZ .

Вылучым тонкае кальцо з радыусам $\rho = OB$ і шырынёй $d\rho = BC$. Плошча кальца $S_\kappa = 2\pi\rho d\rho$, яго зарад

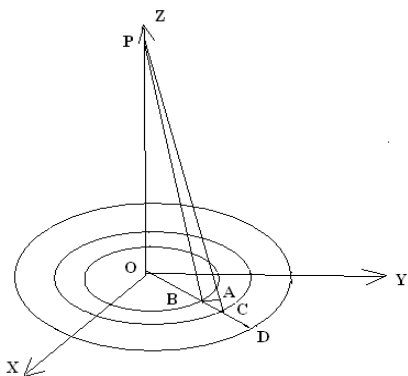
$$Q_\kappa = \rho_0 S_\kappa = 2Qb^{-2} \rho d\rho. \quad (6)$$

Паводле (5), напружанасць поля кальца ў пункце P ёсць

$$d\vec{E} = \frac{zQ\rho d\rho}{2\pi\epsilon_0 b^2 R^3} \vec{e}_z, \quad (7)$$

дзе $R = PB = AP$, $dR = AC$. Маём судачыненне

$$\begin{aligned} \frac{\rho d\rho}{R^3} &= \frac{(\rho + d\rho)d\rho}{R(R + dR)^2} = \\ &= \frac{d\rho}{(R + dR)R} \sin \angle PCB = \frac{dR}{R(R + dR)} = \\ &= \frac{PC - PB}{(R + dR)R} = \frac{1}{PB} - \frac{1}{PC}. \end{aligned} \quad (8)$$



Рысунак 2.

Такім чынам,

$$d\vec{E} = \frac{zQ}{2\pi\epsilon_0 b^2} \left(\frac{1}{PB} - \frac{1}{PC} \right) \vec{e}_z. \quad (9)$$

Сумарная напружанасць поля дыска ў пункце назірання P набывае выгляд

$$\vec{E} = \frac{zQ}{2\pi\epsilon_0 b^2} \vec{e}_z \sum \left(\frac{1}{PB} - \frac{1}{PC} \right). \quad (10)$$

У гэтай суме першы член роўны $1/PO = z^{-1}$, апошні ёсць $-1/PD = -1/\sqrt{z^2 + b^2}$, а ўсе іншыя ўзаемна скарачаюцца, што азначае

$$\vec{E} = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 b^2} \left(1 - \frac{z}{\sqrt{z^2 + b^2}} \right) \vec{e}_z. \quad (11)$$

Поле бясконцай плоскасці. Разгледзім лімітавы выпадак формулы (11) пры $b \gg z$, фармальна $b \rightarrow \infty$. Дыск расцягваецца ў бясконцую плоскасць са шчыльнасцю паверхневага зараду $\rho_0 = const$ і аднародным полем

$$\vec{E} = \frac{\rho_0}{2\epsilon_0} \vec{e}_z. \quad (12)$$

Поле бясконца доўгага прамога стрыжня. Стрыжань мае лінейны зарад са шчыльнасцю $\rho_0 = const$ (рысунак 3). Падзелім стрыжань на пары элементарных участкаў dL і dL' , якія сіметрычна размяшчаюцца паабал пункта A .

Участак dL злучае з пунктам назірання P вектар $\vec{R} = \vec{BA} + \rho\vec{e}_\rho$, дзе $\rho = AP$, $\vec{e}_\rho = AP/AP \perp \vec{e}_z$. Квазікулонаўская напружанасць поля зараду $dQ = \rho_0 dL$ у пункце P ёсць

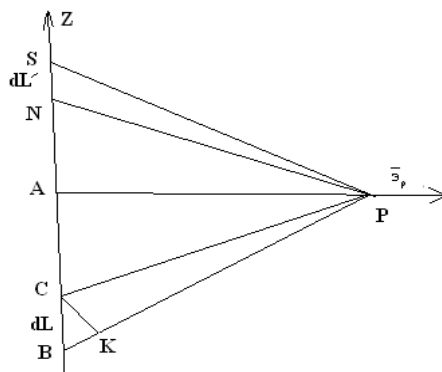
$$d\vec{E} = \frac{\vec{R} dQ}{4\pi\epsilon_0 R^3} = \frac{\rho_0 dL}{4\pi\epsilon_0 R^3} (\vec{BA} + \rho\vec{e}_\rho), \quad (13)$$

дзе $R = |\vec{R}| = BP$, $dL = BC$. Маём судачыненне

$$\begin{aligned} \frac{\rho dL}{R^3} &= \frac{dL \sin \angle ABP}{R^2} = \frac{KC}{R^2} = \\ &= \frac{PB - PC}{R(R + dR)} = \frac{1}{PC} - \frac{1}{PB}. \end{aligned} \quad (14)$$

Такім чынам,

$$d\vec{E} = \left(\frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^3} \right) \vec{BA} + \frac{\rho_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{PC} - \frac{1}{PB} \right) \vec{e}_\rho. \quad (15)$$



Рысунак 3.

Аналогічна поле участка dL' атримоўваецца ў выглядзе

$$\overline{dE}' = \left(\frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^3} \right) \overline{AB} + \frac{\rho_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{PC} - \frac{1}{PB} \right) \overline{\epsilon}_\rho, \quad (16)$$

дзе ўлічваецца, што $PN = PC$, $PB = PS$. Гэта прыводзіць да

$$\overline{dE} + \overline{dE}' = \frac{\rho_0}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{PC} - \frac{1}{PB} \right) \overline{\epsilon}_\rho. \quad (17)$$

Такім чынам, напружанасць поля ў пункце P набывае выгляд

$$\overline{E} = \frac{\rho_0}{2\pi\epsilon_0} \overline{\epsilon}_\rho \sum \left(\frac{1}{PC} - \frac{1}{PB} \right). \quad (18)$$

Першы член у суме (18) роўны $1/AP = \rho^{-1}$, апошні роўны нулю, а ўсе іншыя ўзаемна кампенсуюцца. Такім чынам, для поля бясконца доўгага прамога раўнамерна зараджанага стрыжня маем

$$\overline{E} = \frac{\rho_0}{2\pi\epsilon_0} \overline{\epsilon}_\rho. \quad (19)$$

Поле сферычнай абалонкі. Маем тонкую сферычную абалонку з радыусам b і цэнтрам у пачатку каардынат O (рысунак 4). На абалонцы размяшчаецца паверхневы зарад са шчыльнасцю $\rho_0 = const$. Поўны зарад абалонкі $Q = 4\pi b^2 \rho_0$. Пакажам спачатку адсутнасць поля ўнутры абалонкі. Вылучым на паверхні сферы тонкае кальцо шырынёй $BC = b d\theta$ і знойдзем яго поле ў пункце P, які ляжыць на восі OZ.

Плошча кальца

$$dS = b d\theta \cdot 2\pi b \sin\theta = 2\pi b^2 \sin\theta d\theta. \quad (20)$$

Яго зарад

$$dQ = \rho_0 dS = \frac{Q}{2} \sin\theta d\theta. \quad (21)$$

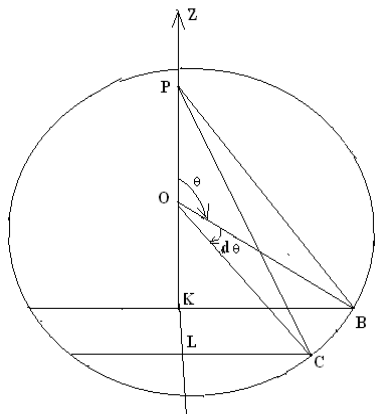
З трохвугольніка POB па тэарэме косінусаў $(PB)^2 = z^2 + b^2 - 2bz \cos\theta$

вынікае, што

$$d(PB) = PC - PB = bz \sin\theta (PB)^{-1} d\theta. \quad (23)$$

Такім чынам, зарад кальца набывае выгляд

$$dQ = Q(2bz)^{-1} \cdot PB \cdot (PC - PB). \quad (24)$$



Рысунак 4.

Паводле (5), маем поле кальца

$$\overline{dE} = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 z b} \cdot \frac{(PC - PB) \cdot PK}{(PB)^2} \overline{\epsilon}_z. \quad (25)$$

З улікам

$$PK = z - b \cos\theta = (2z)^{-1} [(PB)^2 + z^2 - b^2], \quad (26)$$

маем

$$\overline{dE} = \frac{Q}{16\pi\epsilon_0 z b^2} \times \left[PC - PB + (z^2 - b^2) \left(\frac{1}{PB} - \frac{1}{PC} \right) \right] \overline{\epsilon}_z. \quad (27)$$

Напружанасць у пункце P набывае выгляд

$$\overline{E} = \frac{Q}{16\pi\epsilon_0 z b^2} \overline{\epsilon}_z \sum (PC - PB) + \frac{Q(z^2 - b^2)}{16\pi\epsilon_0 z b^2} \overline{\epsilon}_z \sum \left(\frac{1}{PB} - \frac{1}{PC} \right). \quad (28)$$

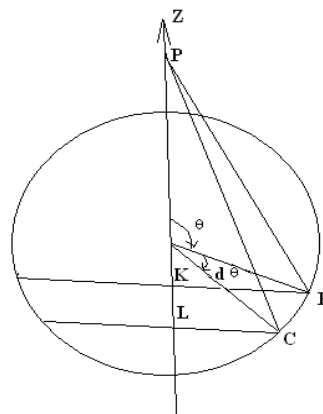
Першая сума роўная $2z$, другая ёсць $2z(b^2 - z^2)^{-1}$, што прыводзіць да $\overline{E}(P) = 0$. У дадзеным сферычна-сіметрычным полі няма прывіляваных напрамкаў. Таму напружанасць роўная нулю не толькі ў пункце P, які ляжыць на восі OZ, але і ва ўсякім іншым пункце ўнутры абалонкі.

Аналогічна вызначаецца поле абалонкі ў вонкавым пункце P (рысунак 5).

У гэтым выпадку першая сума ў формуле (28) роўная $2b$, другая ёсць $2b(z^2 - b^2)^{-1}$, і

$$\overline{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 z^2} \overline{\epsilon}_z. \quad (29)$$

Гэта азначае, што вонкавае поле абалонкі супадае з полем пунктавага зараду $Q = 4\pi b^2 \rho_0$, які знаходзіцца ў цэнтры сферы. З прычыны сферычнай сіметрыі задачы, такое супадзенне вонкавага поля абалонкі і поля пунктавага зараду мае месца не толькі для поля на восі OZ, а і для поля ў адвольным пункце па-за абалонкай.



Рысунак 5.

Поле раўнамерна зараджанага шара. Разгледзім раўнамерна зараджаны па аб'ёме шар з радыусам b і аб'ёмнай шчыльнасцю зараду $\rho_0 = \text{const}$. Цэнтр шара супадае з пачаткам каардынат O . Задача зводзіцца да папярэдняй, бо раўнамерна зараджаны шар можна разглядаць як сукупнасць тонкіх канцэнтрычных раўнамерна зараджаных абалонак. Калі складзём напружанасці палёў усіх гэтых слаёў, то знойдзем, што вонкавае поле шара супадае з полем пунктавага зараду $Q = (4\pi/3)\rho_0 b^3$, які размешчаны ў яго цэнтры,

$$\vec{E}_{\text{вонк}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^3} \vec{r} = \frac{\rho_0 b^3}{3\epsilon_0 r^3} \vec{r}, \quad (30)$$

дзе $\vec{r} = \overrightarrow{OP}$, $r = |\vec{r}|$. Пры вызначэнні поля ўнутры шара ўлічваем, што ўнутранае поле сферычнай абалонкі роўнае нулю. Таму абалонкі, радыус якіх большы за радыус пункта назірання P , ствараюць у гэтым пункце нулявое поле. Значыць, поле ва ўнутраным пункце

назірання $P(\vec{r})$ – гэта вонкавае поле на паверхні шара з радыусам r ,

$$\vec{E}_{\text{ун}} = \frac{\rho_0}{3\epsilon_0} \vec{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 b^3} \vec{r}. \quad (31)$$

Заклучэнне. У працы даецца элементарнае «безынтэгральнае» вызначэнне электростатычнага поля раўнамерна зараджаных цел найпрасцейшай формы ў вакууме. Атрыманыя вынікі мэтазгодна выкарыстоўваць на практычных занятках па электрадынаміцы.

ЛІТАРАТУРА

1. *Иродов, И.Е.* Основные законы электромагнетизма / И.Е. Иродов. – М., 1983. – 280 с.
2. *Беликов, Б.С.* Решение задач по физике. Общие методы / Б.С. Беликов. – М., 1986. – 256 с.

SUMMARY

The work gives an elementary definition of the electrostatic field of uniformly charged simplest form objects in vacuum.

АПРАКСІМАЦЫЯ СУМАТОРНЫМІ РАЦЫЯНАЛЬНЫМІ АПЕРАТАРАМІ ДЫФЕРЭНЦЫРАВАННЫХ ФУНКЦЫЙ АБМЕЖАВАНАЙ ВАРЫЯЦЫІ

У працы [1] былі пабудаваны інтэрпаляцыйныя рацыянальныя апэратары тыпу Вале Пусэна, дзеючыя з $C(R)$ у $C(R)$, і праведзена даследаванне такіх апэратараў з пункту гледжання апраксімацыі з фіксаванымі полюсамі. У прасторы $C[a_1, b_1]$, непарыўных на адрэзку $[a_1, b_1]$ функцый са звычайнай чэбышаўскай нормай, адзначым усечаныя інтэрпаляцыйныя рацыянальныя апэратары тыпу Вале Пусэна.

Няхай $\{z_k\}_{k=1}^n, \operatorname{Im} z_k > 0$ – сістэма камплексных лікаў,

$$\Phi_n(x) = \sum_{k=1}^n \arg(z_k - x),$$

$$K_{m,n}(x, y) = \sin^2(m(\Phi_n(x) - \Phi_n(y))) / (x - y)^2, \quad m=1, 2,$$

$$F_n(x, y) = (K_{2,n}(x, y) - K_{1,n}(x, y)) / \Phi_n(y),$$

$l_k(x) = F_n(x, x_k) / 3\Phi_n(x)$. Функцыя $\Phi_n(x)$ узрасце ад 0 да $n\pi$ на $(-\infty, \infty)$, таму $\sin 3\Phi_n(x)$ мае на рэчаіснай восі $3n$ нулёў і ўключае бясконца аддалены пункт: $\{x_k\}_{k=1}^{3n-1}, \sin 3\Phi_n(x_k) = 0, \Phi_n(x_k) = (\pi k) / 3, k = \overline{1, 3n-1}$. Інтэрпаляцыйныя рацыянальныя апэратары тыпу Вале Пусэна вызначым з дапамогай роўнасці

$$V_{4n-2}(x, f) = \sum_{a_1 \leq x_k \leq b_1} f(x_k) l_k(x).$$

Няхай $W^r V[a, b]$ – клас функцый, якія заданы на адрэзку $[a, b]$ і выяўляюцца інтэгралам

$$\text{Сцільцёса } f(x) = \frac{1}{\Gamma(r+1)} \int_a^x (x-t)^r dh(t), \quad x \in [a, b], \quad r > 0,$$

дзе $h(t)$ – функцыя абмежаванай варыяцыі на $[a, b], V_a^b[h] \leq 1, \Gamma(r+1)$ – гама-функцыя Эйлера.

Усякая функцыя $f(x) \in W^r V[a, b]$ можа быць працягнута з захаваннем уласцівасцей на больш шырокі адрэзак $[a_1, b_1] \supset [a, b], a_1 < a < b < b_1$. Для гэтага дастаткова адзначыць $h(x)$, палічыўшы, што $h(x) = 0$, калі $x \in [a_1, a]$, $h(x) = h(b)$ і $x \in [b, b_1]$.

Такія апэратары ўпершыню разглядаліся ў [2]. У гэтай жа працы для функцый з класа $W^r V[a, b], r > 1$. была даказана тэарэма, якая

ўстанаўлівае ацэнкі адхіленняў апэратараў тыпу Вале Пусэна пры прыдатным выбары полюсаў.

Тэарэма 1. Калі $f(x) \in W^r V[a, b]$, то існуе набор параметраў $\{z_k\}_{k=1}^n$, пры якім выконваецца ацэнка $\|f(x) - V_{4n-2}(x, f)\|_{C[a, b]} = O\left(\frac{\ln^2 n}{n^{r+1}}\right)$.

У дадзенай працы разглядаецца некалькі іншых падыход, які дазваляе распаўсюдзіць сцвярджэнне тэарэмы на выпадак $r > 0$. Для доказу нам патрэбіцца шэраг дапаможных сцвярджэнняў.

Лема 1. Нормы апэратараў $V_{4n-2}(x, f)$ абмежаваныя ў сукупнасці $\|V_{4n-2}\| = \sup_{x \in [a_1, b_1]} \sum_{a_1 \leq x_k \leq b_1} |l_k(x)| \leq 3$.

Лема 2. Няхай $\rho = e^{\frac{1}{\sqrt{N}}}, z_k = \alpha + i\rho^{k-1}, k = \overline{1, N}, |\alpha - \beta| \leq e^{\sqrt{N}}$. Тады, для $N \geq 5$ на адрэзку $z = \beta + iv, e^{-\sqrt{N}} \leq v \leq 1$ выконваецца няроўнасць

$$|\Pi(z)| = \left| \prod_{k=1}^N \frac{z - z_k}{z - \bar{z}_k} \right| \leq e^{-\frac{\sqrt{N}}{4}}.$$

Лема 3. Няхай на кожным з $m+1$ паралельных адрэзкаў $z = \tau_j + iv, e^{-\sqrt{N}} \leq v \leq 1, j = \overline{0, m}$ разме-

шчаны пункты z_k па правіле лемы 2 з $N \geq 5$,

$N \geq 5, m+3 = \left\lceil \frac{n}{2N} \right\rceil$, акрамя таго, на крайніх праменях

размешчаны $2N$ лікаў $\tau_0 + i\rho^{-(k-1)}, \tau_m + i\rho^{-(k-1)}, k = \overline{1, N}$, і астатнія $n - (m+3)N$ параметраў $z_k = i$. Тады, пры любых $x, a_1 \leq x \leq b_1$ выконваецца асімптатычная роўнасць

$$\Phi_n(x) \asymp n - (m+3)N + \sum_{j=0}^m \min \left\{ \frac{\sqrt{N}}{|x - \tau_j|}, \sqrt{N} \cdot e^{\sqrt{N}} \right\}. \quad (1)$$

Доказы лем 1–3 змешчаны ў працы [2].

Лема 4. Калі $x \in R, [t_1, t_2] \subset R, 0 < \alpha \leq 1$,

то $\sum_{t_1 \leq x_k \leq t_2} |x - x_k|^\alpha |F_n(x, x_k)| \leq C_1 (\Phi_n(x))^{1-\frac{\alpha}{2}}$.

Доказ. Паколькі $|K_{2,n}(x, x_k) - K_{1,n}(x, x_k)| = |\sin^2(2(\Phi_n(x) - \Phi_n(x_k))) - \sin^2(\Phi_n(x) - \Phi_n(x_k))| \leq 1$ пры $x, x_k \in R$, то па няроўнасці Гельдэра, лемах 1 і 3

$$\begin{aligned} & \sum_{t_1 \leq x_k \leq t_2} |x - x_k|^\alpha |F_n(x, x_k)| \leq \\ & \leq \sum_{t_1 \leq x_k \leq t_2} \left| \frac{K_{2n}(x, x_k) - K_n(x, x_k)}{\Phi_n(x_k)(x - x_k)^2} \right|^{\frac{2-\alpha}{2}} \frac{1}{\Phi_n(x_k)^{\frac{\alpha}{2}}} \leq \\ & \leq \left(\sum_{t_1 \leq x_k \leq t_2} |F_n(x, x_k)| \right)^{\frac{2-\alpha}{2}} \left(\sum_{t_1 \leq x_k \leq t_2} \frac{1}{\Phi_n(x_k)} \right)^{\frac{\alpha}{2}} \leq \\ & \leq (3\Phi_n(x))^{1-\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{3n}{C_2 n} \right)^{\frac{\alpha}{2}} \leq C_1 (\Phi_n(x))^{1-\frac{\alpha}{2}}. \end{aligned}$$

Лема 5. Няхай $|y - \tau_j| \leq \frac{e^{-\sqrt{N}}}{4\sqrt{N}}$, $\cos 3\Phi_n(y) = 0$, $y \in R$ і пункты разбіцця адрэзка $\{\tau_k\}_{k=0}^m$ задавальняюць умове $\tau_{j+1} - \tau_j \geq \frac{n}{e^{\sqrt{N}}}$. Тады для $v \in [-e^{-\sqrt{N}}, e^{-\sqrt{N}}]$ праўдзіцца няроўнасць $|\sin 3\Phi_n(y + iv)| \geq \frac{1}{4}$.

Доказ. Разгледзім толькі выпадак, калі $v \in [0, e^{-\sqrt{N}}]$, паколькі для $v \in [-e^{-\sqrt{N}}, 0]$ доказ аналагічны. Скарыстаем наступнае выяўленне функцыі $\sin 3\Phi_n(z)$

$$\sin 3\Phi_n(z) = \frac{1}{2i} (\pi(z)^{3/2} - \pi(z)^{-3/2}), \quad \pi(z) \stackrel{\text{def}}{=} \prod_{k=1}^n \frac{z - z_k}{z - \bar{z}_k}. \quad (2)$$

Разгледзім спачатку выпадак, калі $v \in \left[\frac{e^{-\sqrt{N}}}{\sqrt{N}}, e^{-\sqrt{N}} \right]$.

Для такіх v , пазначыўшы $\alpha = y - \tau_j$, атрымаем

$$\begin{aligned} |\pi(y + iv)| & \leq \left| \prod_{k=1}^N \frac{\alpha + i(v - \rho^{k-1})}{\alpha + i(v + \rho^{k-1})} \right| = \\ & = \prod_{k=1}^N \sqrt{\frac{\alpha^2 + (v - \rho^{k-1})^2}{\alpha^2 + (v + \rho^{k-1})^2}} = \prod_{k=1}^N \sqrt{\frac{1 - \frac{2v\rho^{k-1}}{\alpha^2 + v^2 + \rho^{2(k-1)}}}{1 + \frac{2v\rho^{k-1}}{\alpha^2 + v^2 + \rho^{2(k-1)}}}} \leq \\ & \leq \exp \left(- \sum_{k=1}^N \frac{2v\rho^{k-1}}{\alpha^2 + v^2 + \rho^{2(k-1)}} \right). \quad (3) \end{aligned}$$

Зробім ацэнку сумы, якая стаіць у показчыку, улічыўшы тое, што $\alpha \leq e^{-\sqrt{N}}$:

$$\begin{aligned} \sigma & = 2v \sum_{k=1}^N \frac{\rho^{k-1}}{\alpha^2 + v^2 + \rho^{2(k-1)}} \geq \frac{2}{3} v \sum_{k=1}^N \frac{\rho^{k-1}}{\rho^{2(k-1)}} = \\ & = \frac{2}{3} v \frac{\rho^{-N} - 1}{1 - \rho} = \frac{2}{3} v \frac{e^{-\sqrt{N}} - 1}{1 - e^{-\frac{1}{\sqrt{N}}}} e^{-\frac{1}{\sqrt{N}}} \geq \frac{1}{3} v \sqrt{N} e^{\sqrt{N}}. \quad (4) \end{aligned}$$

Пры падстаноўцы (4) у (3) атрымаем $|\pi(z)| \leq e^{-\frac{1}{3} v \sqrt{N} e^{\sqrt{N}}} \leq \frac{1}{\sqrt[3]{e}}$. З гэтай суадносіны і роўнасці (2) вынікае, што

$$\begin{aligned} |\sin 3\Phi_n(z)| & = \frac{|(\pi(z))^3 - 1|}{2|\pi(z)|^{3/2}} \geq \frac{1}{2} (1 - |\pi(z)|^3) \geq \\ & \geq \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt[3]{e^3}} \right) \geq \frac{1}{4}. \end{aligned}$$

Няхай $v \in \left[0, \frac{e^{-\sqrt{N}}}{\sqrt{N}} \right]$. Выкарыстаўшы (2) і роўнасць $|w - 1| = |w|^2 - 2\text{Re}w + 1$, атрымаем, што $|\sin 3\Phi_n(z)| = \frac{1}{2} |\pi(z)|^{-3/2} \sqrt{1 + |\pi(z)|^6 - 2\text{Re}(\pi(z))^3}$. З умовы $\cos 3\Phi_n(y) = 0$ лема вынікае

$$\begin{aligned} |\sin 3\Phi_n(z)| & = \\ & = \frac{|\pi(z)|^{-3/2}}{2} \sqrt{1 + |\pi(z)|^6 + 2|\pi(z)|^3 \cos \Theta_n}, \quad (5) \end{aligned}$$

дзе $\Theta_n = \arg(\pi(z))^3 - \arg(\pi(y))^3$. Можна паказаць, што $\Theta_n \rightarrow 0$ пры $n \rightarrow \infty$, а гэта разам з (5) даказвае лему.

Лема 6. Няхай $d_n = \frac{e^{-\sqrt{N}}}{4\sqrt{N}}$, тады для ўсякага пункта разбіцця $\tau_j, j = \overline{0, m}$ як яго левае, так і правае d_n -наваколле ўтрымліваюць пункты $y_k, k = \overline{1, 3n-1}$, для якіх $\cos 3\Phi(y_k) = 0$.

Доказ. Такім чынам, па-першае, заўважым, што выконваецца роўнасць $\Phi(y_{k+1}) - \Phi(y_k) = \frac{\pi}{3}, k = \overline{1, 3n-1}$. З іншага боку, з асімптотыкі (1)

$$\begin{aligned} \Phi_n(\tau_j) - \Phi_n(\tau_j - d_n) & = \int_{\tau_j - d_n}^{\tau_j} \Phi'_n(\xi) d\xi \asymp \\ & \asymp \int_{\tau_j - d_n}^{\tau_j} \sqrt{N} e^{\sqrt{N}} d\xi = \sqrt{N} e^{\sqrt{N}} \frac{e^{-\sqrt{N}}}{4\sqrt{N}} = \frac{1}{4}, \end{aligned}$$

што даказвае лему.

Будзем вызначаць

$$\Omega_{jv} \stackrel{\text{def}}{=} \{z \in \mathbb{C} : \tau_j < \text{Re} z < \tau_v, -1 \leq \text{Im} z \leq 1\}.$$

Лема 7. Няхай $|x - \tau_j| \geq n^{-\frac{2(r+1)^2}{r}}, |x - \tau_v| \geq n^{-\frac{2(r+1)^2}{r}}$, функцыя $\frac{g(z)}{z-x}$ аналітычная ў прамавугольніку Ω_{jv} , выконваецца няроўнасць $|g(z)| \leq M_g |z-x|^r$ пры $0 < r < 1$ і $|g(z)| \leq M_g |z-x|$ пры $r \geq 1$, $N = \left[\frac{144(r+1)^8}{r^4} \ln^2 n + 1 \right]$ і параметры z_k выбіраюцца так, як паказана ў леме 3, тады выконваецца няроўнасць

$$\begin{aligned} |\sigma_{jv}| & \stackrel{\text{def}}{=} \left| \sum_{\tau_j \leq x_k \leq \tau_v} g(x_k) \cdot (-1)^k \frac{\sin[\Phi_n(x) - \Phi_n(x_k)]}{(x - x_k)^2 \Phi_n(x_k)} \right| \leq \\ & \leq \frac{C_3 M_g}{n^{r+1}}. \quad (6) \end{aligned}$$

Доказ. Па-першае, з асімптотыкі (1) вынікае, што тыя складнікі сумы (6), якія адпавядаюць x_k , блізкім да τ_j і τ_v , маюць парадак $O\left(\frac{1}{n^{r+1}}\right)$.

Няхай y_{k_j} і y_{k_v} , адпаведна, найменшы і найбольшы з нулёў функцыі $\cos 3\Phi_n(x)$, прыналежных адрэзку $[\tau_j, \tau_v]$. Паколькі $(\sin(\Phi_n(x) - \Phi_n(t))) / \sin 3\Phi_n(t)$ – аналітычная функцыя зменнага t за выключэннем нулёў функцыі $\sin 3\Phi_n(t)$, у якіх яна мае простыя полюсы, то рэшты ў гэтых пунктах будуць роўныя адпаведным складнікам сумы σ_{jv} .

Такім чынам,

$$\sigma_{jv} = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} g(t) \frac{\sin(\Phi_n(x) - \Phi_n(t))}{(x-t)^2 \sin 3\Phi_n(t)} dt + O\left(\frac{1}{n^{r+1}}\right), \quad (7)$$

дзе Γ – мяжа прамавугольніка

$$\Omega_{jv}^* = \{z : y_{k_j} \leq \operatorname{Re} z \leq y_{k_v}, -1 \leq \operatorname{Im} z \leq 1\}.$$

З (7) знойдзем

$$|\sigma_{jv}| \leq \frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma} |g(t)| \left| \frac{\sin(\Phi_n(x) - \Phi_n(t))}{(x-t)^2 \sin 3\Phi_n(t)} \right| dt + O\left(\frac{1}{n^{r+1}}\right) = \frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma} |g(t)| G_n(x, t) dt + O\left(\frac{1}{n^{r+1}}\right). \quad (8)$$

Паколькі ў паўплоскасці $\operatorname{Im} t > 0$ выконваецца няроўнасць

$$G_n(x, t)(x-t)^2 \leq \frac{2|\pi(t)|}{1-|\pi(t)|^3}, \quad (9)$$

а на адрэзку $\Gamma_1 = \{t : t = u + i, y_{k_j} \leq u \leq y_{k_v}\}$

$$|\pi(t)| = \prod_{k=1}^n \left| \frac{t-z_k}{t-\bar{z}_k} \right| \leq \exp\left(-\frac{n}{2+\max\{a_1^2, b_1^2\}}\right) \leq \frac{C_4}{n^{r+1}} \quad \text{і} \quad |t-x| \geq 1, \text{ то}$$

для інтэграла па Γ_1 атрымаем

$$\frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma_1} |g(t)| G_n(x, t) dt \leq \frac{M_g C_5}{n^{r+1}}. \quad (10)$$

У сваю чаргу, для інтэграла па адрэзку $\Gamma_2 = \{t : t = y_{k_j} + iv, e^{-\sqrt{N}} \leq v \leq 1\}$ на падставе (9) і лемы 2 будзем мець

$$\frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma_2} |g(t)| G_n(x, t) dt \leq \frac{M_g C_6}{e^{\frac{\sqrt{N}}{4}} |x - \tau_j| e^{-\sqrt{N}}} \int_1^{e^{-\sqrt{N}}} v^{r-1} dv \leq \frac{M_g C_6}{n^{\frac{3(r+1)^2}{2}} n^{-\frac{2(r+1)^2}{r}}} \leq \frac{M_g C_6}{n^{r+1}}. \quad (11)$$

Для інтэграла па адрэзку $\Gamma_3 = \{t : t = y_{k_j} + iv, 0 \leq v \leq e^{\sqrt{N}}\}$

на падставе абмежаванасці падынтэгральнай функцыі, згодна з лемай 5 і маласці адрэзка інтэгравання, атрымаем

$$\frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma_3} |g(t)| G_n(x, t) dt \leq \frac{M_g C_7}{|x - \tau_j|} \int_0^{e^{-\sqrt{N}}} v^{r-1} dv \leq \frac{M_g C_7}{n^{-\frac{2(r+1)^2}{r}} n^{\frac{3(r+1)^2}{r}}} \leq \frac{M_g C_7}{n^{r+1}}. \quad (12)$$

Інтэграл па адрэзку $\Gamma_4 = \{t : t = y_{k_v} + iv, 0 \leq v \leq 1\}$

таксама мае парадак $O\left(\frac{1}{n^{r+1}}\right)$, у сваю чаргу, на частцы контуру Γ , якая знаходзіцца ў ніжняй

паўплоскасці, справядлівыя аналагічныя ацэнкі. Таму з (8) і (10–12) вынікае (6), і доказ лемы скончаны.

Лема 8. Калі функцыя $\frac{g(z)}{z-x}$ аналітычная ў паўплоскасці $\Omega = \{z : \operatorname{Re} z \leq \tau_0\}$, выконваецца няроўнасць $|g(z)| \leq M_g$, і параметры $\{z_k\}$ выбіраюцца так, як у леме 3, то праўдзіцца няроўнасць

$$|\sigma_0| = \left| \sum_{x_k \leq \tau_0} g(x_k) (-1)^k \frac{\sin(\Phi_n(x) - \Phi_n(x_k))}{(x-x_k)^2 \Phi_n(x_k)} \right| \leq \frac{M_g C_8}{n^{r+1}}. \quad (13)$$

Доказ. Як і пры доказе лемы 7, выконваецца роўнасць

$$\sigma_0 = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} g(t) \frac{\sin(\Phi_n(x) - \Phi_n(t))}{(x-t)^2 \sin 3\Phi_n(t)} dt + O\left(\frac{1}{n^{r+1}}\right), \quad (14)$$

дзе $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \Gamma_3 \cup \Gamma_4 \cup \Gamma_5$,

$$\Gamma_1 = \{t : t = y_{k_0} + iv, -1 \leq v \leq 1\},$$

$$\Gamma_2 = \{t : t = u + i, y_{k_0} \leq u \leq \tau_0\},$$

$$\Gamma_3 = \{t : t = \tau_0 + iv, 1 \leq v \leq \infty\},$$

$$\Gamma_4 = \{t : t = u - i, y_{k_0} \leq u \leq \tau_0\},$$

$$\Gamma_5 = \{t : t = \tau_0 - iv, 1 \leq v \leq \infty\}.$$

Разгледзім толькі тую частку контуру, якая знаходзіцца ў верхняй паўплоскасці, паколькі ацэнка для часткі контуру, размешчанай ніжэй чым сапраўдная вось, атрымліваецца аналагічна, прычым ацэнка інтэграла па $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_4$ поўнасцю ідэнтычная адпаведнай ацэнцы ў леме 7, калі ўлічыць, што $|x-t| \geq |a_1 - a|$. Ацэнка па промнях Γ_3 і Γ_5 атрымліваецца за кошт размяшчэння на іх пунктаў $\tau_0 + ip^{-(k-1)}, \tau_m + ip^{-(k-1)}, k = \overline{1, N}$.

Заўвага 1. Аналагічнае сцвярдженне правільнае і для сумы па тых x_k , для якіх $x_k \geq \tau_m$.

Лема 9. Калі функцыя $g(z)$ аналітычная ў прамавугольніку $\Omega_s = \{z : \tau_s \leq \operatorname{Re} z \leq \tau, |\operatorname{Im} z| \leq 1\}$, за выключэннем, магчыма, пункта $z = \tau$ і выканана няроўнасць $|g(z)| \leq M_g |z - \tau|^r$, то пры тым жа выбары z_k праўдзіцца ацэнка

$$\left| \sum_{\tau_s \leq x_k < \tau} g(x_k) (-1)^k \frac{\sin(\Phi_n(x) - \Phi_n(x_k))}{\Phi_n(x_k)} \right| \leq \frac{C_9 M_g}{n^{r+1}}. \quad (15)$$

Доказ. Як і пры доказе лемы 7, прыйдзем зноў да контурнага інтэграла:

$$\sum_{\tau_s \leq x_k < \tau} g(x_k) (-1)^k \frac{\sin(\Phi_n(x) - \Phi_n(x_k))}{\Phi_n(x_k)} = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} g(t) \frac{\sin(\Phi_n(x) - \Phi_n(t))}{\sin 3\Phi_n(t)} dt,$$

дзе $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \Gamma_3 \cup \Gamma_4 \cup \Gamma_5$,

$$\begin{aligned} \Gamma_1 &= \{t : t = u + i, y_{s_k} \leq u \leq \tau\}, \\ \Gamma_2 &= \{t : t = y_{s_k} + iv, -1 \leq v \leq 1\}, \\ \Gamma_3 &= \{t : t = \tau + iv, -1 \leq v \leq -\rho, \rho \leq v \leq 1\}, \\ \Gamma_4 &= \{t : t = u - i, y_{s_k} \leq u \leq \tau\}, \end{aligned}$$

$\Gamma_5 = \{t : t = \tau + \rho e^{i\varphi}, \frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \frac{3\pi}{2}\}$, ρ – досыць малы дадатны лік. Калі ўлічыць ацэнкі, атрыманая пры доказе лем 7–8, то застаецца толькі даць ацэнку інтэгралу

$$I = \int_{\Gamma_3} g(t) \frac{\sin(\Phi_n(x) - \Phi_n(t))}{\sin 3\Phi_n(t)} dt.$$

Такім чынам, адзначым, што необходимая ацэнка была атрымана за кошт параметраў $\{z_k\}$, роўных уяўнай адзінцы.

Доказ тэарэмы. Разаб'ём адрэзак $[a_1, b_1]$ пунктамі $\{\tau_j\}_{j=0}^m$, як паказана ў леме 3, так, каб $V_{\tau_{j-1}}^{\tau_j}[h] = m^{-1}$ і $\tau_j - \tau_{j-1} \geq \frac{n}{e\sqrt{n}}$, або $\tau_j - \tau_{j-1} = \frac{n}{e\sqrt{n}}$ і $V_{\tau_{j-1}}^{\tau_j}[h] > m^{-1}$.

Няхай $x \in [\tau_{s-1}, \tau_s]$. Паколькі $\sum_{k=1}^{3n} I_k(x) \equiv 1$, то для $V_{4n-2}(x, f) - f(x)$ дапушчальна,

$$\begin{aligned} V_{4n-2}(x, f) - f(x) &= \sum_{a_1 \leq x_k \leq b_1} f(x_k) I_k(x) - \sum_{k=1}^{3n} f(x) I_k(x) = \\ &= \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{a_1 \leq x_k \leq b_1} \left(\int_{a_1}^{x_k} (x_k - \tau)^r dh(\tau) I_k(x) - \int_{a_1}^x (x - \tau)^r dh(\tau) I_k(x) \right) - \\ &- \sum_{x_k \in [a_1, b_1]} f(x) I_k(x) = \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{j=0}^{m-1} \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} \left(\int_{a_1}^{\tau_j} (x_k - \tau)^r dh(\tau) + \right. \\ &+ \int_{\tau_j}^{x_k} (x_k - \tau)^r dh(\tau) \Big) I_k(x) - \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{j=0}^{s-2} \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} \left(\int_{a_1}^{\tau_j} (x - \tau)^r dh(\tau) + \right. \\ &+ \int_{\tau_j}^{\tau_{j+1}} (x - \tau)^r dh(\tau) + \int_{\tau_{j+1}}^x (x - \tau)^r dh(\tau) \Big) I_k(x) - \\ &- \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{\tau_{s-1} < x_k \leq \tau_s} \left(\int_{a_1}^{\tau_{s-1}} (x - \tau)^r dh(\tau) + \int_{\tau_{s-1}}^x (x - \tau)^r dh(\tau) \right) I_k(x) + \\ &+ \sum_{j=s}^{m-1} \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} \int_{a_1}^x (x - \tau)^r dh(\tau) I_k(x) - f(x) \sum_{x_k \in [a_1, b_1]} I_k(x). \quad (16) \end{aligned}$$

З роўнасці (16) вынікае, што $V_{4n-2}(x, f) - f(x)$ можна запісаць у выглядзе сумы $\Sigma_1 + \Sigma_2 + \Sigma_3 + \Sigma_4 + \Sigma_5$,

$$\begin{aligned} \text{дзе } \Sigma_1 &= \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{j=0}^{s-2} \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} \left(\int_{a_1}^{\tau_j} ((x_k - \tau)^r - (x - \tau)^r) dh(\tau) - \right. \\ &- \left. \int_{\tau_j}^{\tau_{j+1}} ((x - \tau)^r - (\tau_{j+1} - \tau)^r) dh(\tau) - \int_{\tau_{j+1}}^x (x - \tau)^r dh(\tau) \right) I_k(x), \quad (17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma_2 &= \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{\tau_{s-1} < x_k \leq \tau_s} \int_{a_1}^{\tau_{s-1}} ((x_k - \tau)^r - (x - \tau)^r) dh(\tau) I_k(x) + \\ &+ \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{j=s}^{m-1} \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} \int_{a_1}^x ((x_k - \tau)^r - (x - \tau)^r) dh(\tau) I_k(x) + \\ &+ \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{j=s}^{m-1} \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} \int_x^{\tau_j} (x_k - \tau)^r dh(\tau) I_k(x), \quad (18) \end{aligned}$$

$$\Sigma_3 = \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{j=0}^{m-1} \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} \int_{\tau_j}^{x_k} (x_k - \tau)^r dh(\tau) I_k(x), \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \Sigma_4 &= -\frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{j=0}^{s-2} \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} \int_{\tau_j}^{\tau_{j+1}} (\tau_{j+1} - \tau)^r dh(\tau) I_k(x) - \\ &- \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{\tau_{s-1} < x_k \leq \tau_s} \int_{\tau_{s-1}}^x (x - \tau)^r dh(\tau) I_k(x), \quad (20) \end{aligned}$$

$$\Sigma_5 = - \sum_{x_k \in [a_1, b_1]} f(x) I_k(x). \quad (21)$$

Парадак сумы Σ_5 устанаўліваецца з дапамогай лемы 8. Для ацэнкі сум выгляду $\sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} ((x_k - \tau)^r - (x - \tau)^r) I_k(x)$ і $\sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} (x_k - \tau)^r I_k(x)$, што ўваходзяць у Σ_1 і Σ_2 , трэба выкарыстаць

лему 7. У тым выпадку, калі $|x - \tau_j| \leq n^{\frac{2(r+1)^2}{r}}$, на падставе (1) атрымаем, што

$$\frac{1}{\Phi'_n(x)} \leq C_{10} \left/ \min \left\{ |x - \tau_j|^{-1}, n^{\frac{12(r+1)^4}{r^2}} \right\} \right. \leq C_{10} n^{-\frac{2(r+1)^2}{r}}.$$

Паколькі функцыі з класа $W'V[a, b]$ задавальняюць умове Ліра, дзе $\alpha = r$ пры $0 < r < 1$ і $\alpha = 1$ пры $r \geq 1$, то на падставе лемы 4 атрымаем

$$\begin{aligned} |f(x) - V_{4n-2}(x, f)| &\leq \frac{C_{11}}{3\Phi'_n(x)} \sum_{a_1 \leq x_k \leq b_1} |x - x_k|^\alpha F_n(x, x_k) + \\ &+ \frac{\|f\|}{3\Phi'_n(x)} \sum_{x_k \in [a_1, b_1]} F_n(x, x_k) \leq \frac{C_{12}}{\Phi'_n(x)} (\Phi'_n(x))^{1-\frac{\alpha}{2}} + \frac{C_{13}}{n^{r+1}} = \frac{C_{14}}{n^{r+1}}. \end{aligned}$$

Калі ж $|x - \tau_j| > n^{\frac{2(r+1)^2}{r}}$, выконваюцца ўмовы лемы 7 і, такім чынам,

$$\left| \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} ((x_k - \tau)^r - (x - \tau)^r) I_k(x) \right| \leq \frac{C_{15}}{n^{r+2}},$$

$$\left| \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} (x_k - \tau)^r I_k(x) \right| \leq \frac{C_{16}}{n^{r+2}}.$$

Тады,

$$\Sigma_1 \leq \frac{C_{17}}{n^{r+2}} \sum_{j=0}^{s-2} \int_{a_1}^x |dh(\tau)| \leq \frac{C_{17}}{n^{r+1}} \int_{a_1}^x |dh(\tau)| \leq \frac{C_{18}}{n^{r+1}}. \quad (22)$$

Аналагічную ацэнку атрымаем і для Σ_2 . Ацэнкім зараз Σ_3 .

$$\begin{aligned} \Sigma_3 &= \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{j=0}^{m-1} \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} \int_{\tau_j}^{x_k} (x_k - \tau)^r dh(\tau) I_k(x) = \\ &= \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{j=0}^{m-1} \sum_{\tau_j < x_k \leq \tau_{j+1}} \sum_{x_i < x_k \leq \tau_{j+1}} \int_{x_i}^{x_{j+1}} (x_k - \tau)^r dh(\tau) I_k(x), \end{aligned}$$

дзе знак «рыска» азначае, што ніжняя мяжа інтэгравання ў першым інтэграле супадае з τ_j .

Зменім парадак сумавання і атрымаем

$$\Sigma_3 = \frac{1}{\Gamma(r+1)} \sum_{j=0}^{m-1} \sum_{\tau_j < x_i \leq \tau_{j+1}} \int_{x_i}^{x_{j+1}} \sum_{x_j < x_k \leq \tau_{j+1}} (x_k - \tau)^r dh(\tau) I_k(x).$$

Пазначым праз Ω мноства індэксаў j , $0 \leq j \leq m-1$, такіх, што $\tau_{j+1} - \tau_j \geq \frac{1}{n}$, калі такія маюцца. Калі $\tau_s - \tau_{s-1} > \frac{1}{n}$, то праз x_h пазначым

такі індэкс сумавання, што выконваюцца няроўнасці $x - x_{h+1} < \frac{1}{n} \leq x - x_h, \tau_{s-1} \leq x_h < x$. Выканаўшы неабходныя выкладкі і ўлічыўшы лемы 1 і 9, а таксама тое, што $\Phi_n(x) \geq C_{19}n$, атрымаем

$$\begin{aligned} \Sigma_3 &\leq \frac{C_{20}}{n^r} \sum_{j=0}^{m-1} \int_{\tau_j}^{\tau_{j+1}} |dh(\tau)| \sum_{\tau_j \leq x_k \leq \tau_{j+1}} |l_k(x)| + \\ &+ \frac{C_{20}}{n^{r+2}} \left(\sum_{j \in \Omega} \frac{1}{(x - \tau_j)^2} \int_{\tau_j}^{\tau_{j+1}} |dh(\tau)| + \frac{1}{(x - x_h)^2} \int_{\tau_{s-1}}^x |dh(\tau)| \right) \leq \\ &\leq \frac{C_{21} \ln^2 n}{n^{r+1}} + \frac{C_{21}}{n^{r+2}} \frac{\ln^2 n}{n} \left(\sum_{j \in \Omega} \frac{1}{(x - \tau_j)^2} + \frac{1}{(x - x_h)^2} \right) \leq \\ &\leq \frac{C_{22} \ln^2 n}{n^{r+1}}. \end{aligned} \tag{23}$$

Для сумы Σ_4 дакладна такая ж ацэнка. Значыць, з суадносін (22) і (23) вынікае сцвярдженне тэарэмы.

Заўвага 2. Адзначым, што для найлепшых полінаміяльных набліжэнняў $E_n(f)$ функцый з класа $W^rV[a, b]$, можна толькі сцвярджаць спра-

вядлівасць суадносін $E_n(f) = O\left(\frac{1}{n^r}\right), r > 0$.

ЛІТАРАТУРА

1. Ровба, Е.А. Интерполяционные рациональные операторы типа Фейера и Валле Пуссена / Е.А. Ровба // Матем. заметки. – 1993. – № 2. – Т. 53 – С. 114–121.
2. Русак, В.Н. Об оценке уклонения интерполяционных рациональных операторов типа Валле Пуссена для дифференцируемых функций / В.Н. Русак, И.В. Рыбаченко // Труды Ин-та мат. НАН Беларуси. – 2001. – Т. 9. – С. 123–130.
3. Ровба, Е.А. Рациональная интерполяция дифференцируемых функций с r -ой производной ограниченной вариации / Е.А. Ровба // Весці НАН Беларусі. Серыя фіз.-мат. навук. – 1999. – № 2. – С. 8–13.

SUMMARY

The estimation of deviation of special rational summation operators in uniform metrics for functions with fraction derivatives of bounded variation was found.

УДК 517.9

М.Т. Стэльмашук, У.А. Шылінец, Т.Л. Струнеўская

ІНТЭГРАЛЬНАЕ ВЫЯЎЛЕННЕ РАШЭННЯЎ АДНОЙ СІСТЭМЫ ДЫФЕРЭНЦЫЯЛЬНЫХ РАЎНАННЯЎ У ЧАСТКОВЫХ ВЫТВОРНЫХ

Уводзіны. Прадметам даследавання з’яўляецца сістэма дыферэнцыяльных раўнанняў у частковых вытворных

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} = \frac{\partial f_2}{\partial x_2} = \frac{\partial f_3}{\partial x_3}, \quad \frac{\partial f_2}{\partial x_1} = -2 \frac{\partial f_1}{\partial x_2} = 2 \frac{\partial f_4}{\partial x_3}, \\ \frac{\partial f_3}{\partial x_1} = -2 \frac{\partial f_1}{\partial x_3} = 2 \frac{\partial f_4}{\partial x_2}, \quad \frac{\partial f_4}{\partial x_1} = -\frac{\partial f_2}{\partial x_3} = -\frac{\partial f_3}{\partial x_2}, \end{aligned} \tag{1}$$

якая выражае ўмову манагеннасці ў сэнсе У.С. Фэдарова (F-манагеннасці) [1] гіперкамплекснай функцыі выгляду

$$f(x') = f_1(x') + \theta f_2(x') + \tau f_3(x') + \eta f_4(x') \tag{2}$$

па функцыі

$$\zeta = x_1 + \theta x_2 + \tau x_3 + \eta \cdot 0$$

у некаторым адназвязным абсягу $D \subset R^3$.

Тут $x' = (x_1, x_2, x_3) \in D, \theta = \frac{i}{\sqrt{2}}, \tau = \frac{j}{\sqrt{2}}, \eta = ij = ji,$

$$i^2 = j^2 = -1, i \neq j.$$

У далейшым мяркуем, што функцыі $f_k(x)$ ($k = 1, 2, 3, 4$) належаць класу $C^1(D)$ і з’яўляюцца рэчаіснымі функцыямі.

Сістэму дыферэнцыяльных раўнанняў (1) будзем называць сістэмай Фэдарова.

Азначэнне. Гіперкамплексная функцыя f , вызначаная роўнасцю (2), называецца F-манагеннай па функцыі ζ у абсягу D , калі існуе такая функцыя ψ , што ў кожным пункце абсягу D маем:

$$df(x') = \psi(x') d\zeta(x'),$$

дзе

$$\begin{aligned} df(x') = \sum_{k=1}^3 \frac{\partial f}{\partial x_k} dx_k, \quad \frac{\partial f}{\partial x_k} = \frac{\partial f_1}{\partial x_k} + \\ + \theta \frac{\partial f_2}{\partial x_k} + \tau \frac{\partial f_3}{\partial x_k} + \eta \frac{\partial f_4}{\partial x_k} \end{aligned} \quad (k = 1, 2, 3).$$

Асноўная частка. Даследуем наступную краявую задачу.

Задача. Няхай V – трохмерны абмежаваны абсяг з граніцай $\sigma (\sigma \subset D, V \subset D)$. Лічым, што функцыя ζ і функцыя f , F-манагенная па функцыі ζ , вызначаны на замкнутай двухмернай паверхні σ , гамеаморфнай сферы канечнага дыяметра і дастаткова гладкай для магчымасці скарыстаць формулу Астраградскага. Патрабуецца знайсці ў любым унутраным пункце абсягу V

значэнне функцыі f , F-манагеннай па функцыі ζ , калі вядомы яе значэнні на паверхні σ .

Для гіперкамплекснай функцыі f і адвольнага пункта $M(x^0, y^0, z^0) \notin \sigma$ мяркуем [2]:

$$I_\sigma = \int_\sigma \left\{ \sum_{k=1}^3 \alpha_k \left(\frac{\partial \zeta}{\partial x_k} \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} + \frac{\partial \zeta}{\partial x_1} \frac{\partial \varphi}{\partial x_k} \right) - \alpha_1 \frac{\partial \zeta}{\partial x_k} \frac{\partial \varphi}{\partial x_k} \right\} f d\sigma, \quad (3)$$

дзе $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – кіроўныя косінусы вонкавай нармалі да паверхні σ у яе бягучым пункце $N(x, y, z)$,

$$r = \sqrt{(x - x^0)^2 + (y - y^0)^2 + (z - z^0)^2},$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x_i} = \frac{x_i - x_i^0}{r^3} \quad (i = 1, 2, 3),$$

$$x = x_1, y = x_2, z = x_3.$$

Няхай M – любы пункт абсягу $D, M \notin \bar{V}$.

Тэарэма 1. Калі гіперкамплексная функцыя $f(x') = f_1(x') + \theta f_2(x') + \tau f_3(x') + \eta f_4(x')$

з'яўляецца F-манагеннай па функцыі $\zeta = x_1 + \theta x_2 + \tau x_3 + \eta \cdot 0$ у абсягу D , то $I_\sigma = 0$, дзе I_σ вызначаецца роўнасцю (3).

Доказ. Пры дапамозе формулы Астраградскага атрымаем

$$\begin{aligned} I_\sigma &= \int_V \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left(\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) f \right) + \right. \\ &+ \frac{\partial}{\partial y} \left(\left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) f \right) + \left. \frac{\partial}{\partial z} \left(\left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) f \right) \right\} dV = \\ &= \int_V \left\{ \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} f - \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y \partial x} f - \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z \partial x} f \right) + \right. \\ &+ \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) \frac{\partial f}{\partial x} + \\ &+ \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} \right) f + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) \frac{\partial f}{\partial y} + \\ &+ \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial z} \right) f + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) \frac{\partial f}{\partial z} \left. \right\} dV = \\ &= \int_V \left\{ \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \right) f + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) \frac{\partial f}{\partial x} + \right. \\ &+ \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) \frac{\partial f}{\partial y} + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) \frac{\partial f}{\partial z} \left. \right\} dV. \end{aligned}$$

Адсюль і з умоў

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial \zeta}, \frac{\partial f}{\partial y} = \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial f}{\partial \zeta}, \frac{\partial f}{\partial z} = \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial f}{\partial \zeta}$$

F-манагеннасці функцыі f па функцыі ζ у абсягу D , паколькі $\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0$, атрымаем

$$I_\sigma = \int_V \left\{ \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) \frac{\partial f}{\partial \zeta} + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial f}{\partial \zeta} + \right.$$

$$\begin{aligned} &+ \left. \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial f}{\partial \zeta} \right\} dV = \\ &= \int_V \left\{ \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{i}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \right. \right. \\ &+ \left. \left. \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial z} - \frac{1}{2} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial z} - \frac{1}{2} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) \frac{\partial f}{\partial \zeta} \right\} dV = 0. \end{aligned}$$

Тэарэма 2. Калі гіперкамплексная функцыя f з'яўляецца F-манагеннай па гіперкамплекснай функцыі ζ у абсягу D , то для любога пункта M , які ляжыць унутры V , маем:

$$\begin{aligned} f(M) &= \frac{1}{4\pi} \int_\sigma \left\{ \alpha_1 \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \alpha_2 \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \alpha_3 \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \right. \\ &+ \left. i \left(\frac{\alpha_2}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{\alpha_1}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + j \left(\frac{\alpha_3}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{\alpha_1}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) \right\} f d\sigma. \end{aligned}$$

Доказ. Няхай σ_1 – сфера з цэнтрам у пункце $M(x^0, y^0, z^0)$, якая размяшчаецца ўнутры σ . Калі l – радыус сферы σ_1 , то маем

$$\begin{aligned} I_{\sigma_1} &= \int_{\sigma_1} \left\{ \left(\alpha_1 + \frac{i}{\sqrt{2}} \alpha_2 + \frac{j}{\sqrt{2}} \alpha_3 \right) \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \right. \\ &+ \left(\alpha_2 - \frac{i}{\sqrt{2}} \alpha_1 \right) \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \left(\alpha_3 - \frac{j}{\sqrt{2}} \alpha_1 \right) \frac{\partial \varphi}{\partial z} \left. \right\} f d\sigma_1 = \\ &= \int_{\sigma_1} \left\{ \left(\alpha_1 + \frac{i}{\sqrt{2}} \alpha_2 + \frac{j}{\sqrt{2}} \alpha_3 \right) \frac{x - x^0}{l^3} + \right. \\ &+ \left(\alpha_2 - \frac{i}{\sqrt{2}} \alpha_1 \right) \frac{y - y^0}{l^3} + \left(\alpha_3 - \frac{j}{\sqrt{2}} \alpha_1 \right) \frac{z - z^0}{l^3} \left. \right\} f d\sigma_1 = \\ &= \int_{\sigma_1} \left\{ \frac{1}{l^2} \left(\alpha_1^2 + \frac{i}{\sqrt{2}} \alpha_2 \alpha_1 + \frac{j}{\sqrt{2}} \alpha_3 \alpha_1 + \alpha_2^2 - \right. \right. \\ &- \left. \frac{i}{\sqrt{2}} \alpha_1 \alpha_2 + \alpha_3^2 - \frac{j}{\sqrt{2}} \alpha_1 \alpha_3 \right) \left. \right\} f d\sigma_1 = \\ &= \int_{\sigma_1} \left\{ \frac{1}{l^2} (\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2) \right\} f d\sigma_1. \quad (4) \end{aligned}$$

Вядома, што $\sum_{k=1}^3 \alpha_k^2 = 1$, $d\sigma_1 = l^2 d\omega$ ($d\omega$ – элемент адзінкавай сферы).

З роўнасці (4) атрымаем

$$f(M) = \frac{1}{4\pi} I_{\sigma_1}. \quad (5)$$

З тэарэмы 1 вынікае, што $I_{\sigma_1} = I_\sigma$. Тады з роўнасці (5) маем

$$\begin{aligned} f(M) &= \frac{1}{4\pi} I_\sigma = \frac{1}{4\pi} \int_\sigma \left\{ \left(\alpha_1 \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \alpha_2 \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \alpha_3 \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) + \right. \\ &+ \left. i \left(\frac{\alpha_2}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{\alpha_1}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + j \left(\frac{\alpha_3}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{\alpha_1}{\sqrt{2}} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) \right\} f d\sigma. \end{aligned}$$

Заклучэнне. Такім чынам, пры дапамозе тэарэмы 2 рашаецца сфармуляваная вышэй краёвая задача.

ЛІТАРАТУРА

1. Федоров, В.С. Основные свойства обобщенных моногенных функций / В.С. Федоров // Известия вузов. Математика. – 1958. – № 6. – С. 257–265.
2. Федоров, В.С. Об одном обобщении интеграла типа Коши в многомерном пространстве / В.С. Фе-

доров // Известия вузов. Математика. – 1957. – № 1. – С. 227–233.

SUMMARY

Using the class of F -monogenic functions, the integral representation for solutions of one system of differential equations has been obtained.

МЕТОДЫКА ВЫКЛАДАННЯ

УДК 51(07)

А.В. Ляховіч

ПЕРАЎТВАРЭННЕ МАТЭМАТЫЧНЫХ ЗАДАЧ ЯК СРОДАК РЭАЛІЗАЦЫІ ВУЧЭБНЫХ ЗАДАЧ ПРЫ НАВУЧАННІ МАТЭМАТЫЦЫ

Уводзіны. Эфектыўным спосабам метадычнай падрыхтоўкі студэнтаў у педагагічнай ВНУ з'яўляецца арганізацыя працы па рашэнні вучэбных задач. Яна карысна тым, што:

- па-першае, вучэбныя задачы прапануюцца для разбору, аналізу і вырашэння тыповых праблем, якія ўзнікаюць у прафесійнай дзейнасці настаўніка;
- па-другое, у выніку рашэння задачы студэнт павінен выкарыстоўваць пэўныя веды па методыцы, педагогіцы, псіхалогіі, што з'яўляецца матывацыяй неабходнасці валодання імі, а прымяненне да канкрэтнай сітуацыі, збіранне іх вакол адной праблемы забяспечвае больш дэталёвае вывучэнне адпаведнага тэарэтычнага матэрыялу і садзейнічае глыбокаму разуменню, трываламу засваенню ведаў;
- па-трэцяе, пры рашэнні вучэбных задач студэнт набывае неабходныя веды аб спосабах, прыёмах рашэння, авалодвае ўменнямі і навыкамі па іх прымяненні і ў далейшым гэта можа забяспечыць яму пэўную аснову для прафесійнай дзейнасці.

Неабходна адрозніваць вучэбную задачу ад прадметнай, паколькі аўтары па-рознаму вызначаюць сутнасць задачы і яе структуру [1–5]. Прадметам задачы становіцца ўсякі прадмет, для якога можна ўказаць зыходны стан, які не супадае адзін з адным, і стан, які патрабуецца знайсці. Зыходны стан задачы прадугледжвае наяўнасць у ёй некаторай праблемнасці, а канечны стан характарызуецца спосабамі яе лікві-

дацыі, высвятленнем усіх патрабуемых элементаў сістэмы, сувязей і стасункаў паміж імі.

Вучэбная дзейнасць складаецца з трох асноўных кампанентаў: вучэбнай задачы, вучэбных дзеянняў і аперацый, дзеянняў ацэнкі і кантролю [6–9]. *Вучэбная задача* – гэта мэта вучэбнай дзейнасці, сфармуляваная перад навучэнцамі ў выглядзе абагульненага задання па прадметнай галіне, напрыклад, «асэнсаваць і засвоіць спосаб дзеяння па рашэнні квадратных ураўненняў». «Основное отличие учебной задачи от всякой другой задачи состоит в том, что ее целью и результатом является самоизменение действующего субъекта, а не изменение предметов, с которыми субъект действует» [9]. У прадметнай задачы авалодванне спосабамі дзеянняў не з'яўляецца прамой і галоўнай мэтай, яны вылучаюцца толькі пры рашэнні сістэмы такіх задач. Структуру вучэбнай задачы вызначаюць два кампаненты: вучэбная мэта і змест вучэбнага матэрыялу. Прадметная задача супраджаецца серыяй вучэбных заданняў, якія з'яўляюцца неабходным сродкам актывізацыі пазнавальнай дзейнасці навучэнцаў.

Відавочна, што вучэбныя задачы, якія рашаюцца выкладчыкам у яго прафесійнай дзейнасці, настолькі шматлікія, што ўлічыць усе іх разнастайныя варыяцыі ў састаўленні вучэбных аналагаў наогул немагчыма. Таму ў вучэбных задачах мадэліруюцца тыповыя праблемныя сітуацыі, звязаныя з найбольш існуючымі і агульнымі цяжкасцямі ў арганізацыі вучэбнага працэсу.

Патрабаванні вучэбнай задачы заўсёды абумоўлены мэтамі навучання, прычым як агуль-

нымі мэтамі адукацыі, так і канкрэтнымі, якія прад'яўляюцца да ўзроўню ведаў і ўменняў навучэнцаў пры засваенні канкрэтнага прадмета. Звычайна знаходзіцца пэўны сродак, пры дапамозе якога можна было б выканаць патрабаванне ў дадзеных умовах. Такое знаходжанне, як правіла, прадугледжвае далейшую канкрэтызацыю мэт, удакладненне ўмоў і высвятленне ўсёй інфармацыі, неабходнай для рашэння, а таксама канструяванне аптымальнага зместу вучэбнага матэрыялу, выбар аптымальных метадаў навучання, форм арганізацыі працы (з улікам магчымасцей навучэнцаў). Адметным з'яўляецца выбар прыёмаў тлумачэння матэрыялу, якія будуць садзейнічаць яго разуменню і засваенню, прадбачанню магчымых цяжкасцей, памылак навучэнцаў і знаходжанню спосабаў іх папярэджання, выпраўлення, распрацоўцы неабходных вучэбных дапаможнікаў, выкарыстанню наглядных сродкаў і розных форм кантролю засваення матэрыялу.

Асаблівую актуальнасць набывае праблема авалодання ў працэсе навучання не толькі сістэмай ведаў, уменняў і навыкаў, але і вучэбнымі дзеяннямі па іх набыцці і прымяненні. Такім чынам, у цэнтр вучэбнага працэсу ставіцца асоба навучэнца. Ён – паўнапраўны суб'ект гэтага працэсу, што прадугледжвае змяненне прыярытэтаў у выбары метадаў навучання, пры якім на змену рэпрадуктыўным метадам прыходзяць прадуктыўныя.

Аналіз асноўных вынікаў даследавання.

Агульнапрызнанымі каштоўнасцямі матэматычнай адукацыі прызнаюцца асаблівасці кожнай з яе складальных: матэматычных ведаў, што ўваходзяць у фонд агульначалавечай культуры і з'яўляюцца магутным сродкам даследавання працэсаў рэчаіснасці; матэматычнай дзейнасці, якая садзейнічае інтэлектуальнаму развіццю навучэнцаў. Навучанне матэматыцы будзецца па схеме «задачы – тэорыя – задачы». Навучэнцы павінны валодаць глыбокімі ведамі, умець мысліць, самастойна папаўняць свае веды. Дасягненне гэтых мэт магчыма за кошт рэалізацыі дзейнаснага падыходу ў навучанні.

На занятках (часцей за ўсё) навучэнцы пад кіраўніцтвам выкладчыка (ці самастойна) вырацоўваюць навык рашэння стандартных задач. Прыёмы самастойнага састаўлення навучэнцамі задач у практыцы навучання выкарыстоўваюцца рэдка. Такім чынам, іх творчы патэнцыял задзейнічаны не ў поўнай меры. Гэта адмоўна адбіваецца на эфектыўнасці вучэбнага працэсу, удзеле ў вучэбнай дзейнасці.

Да прыёмаў і спосабаў арганізацыі, а таксама кіравання вучэбнай дзейнасцю адносяць наступныя: выкарыстанне выкладчыкам вучэбных заданняў у спалучэнні з пытаннямі для аналізу, аба-

гульнення, назірання; выкарыстанне заданняў у форме вучэбнага даследавання; уключэнне заданняў і пытанняў на састаўленне задачы, аналагічнай дадзенай, якая мае з зыходнай адзін і той жа пошук рашэння; сістэматычнае ўключэнне заданняў на састаўленне навучэнцамі аналагавых мадэлей; выкарыстанне заданняў і пытанняў на выяўленне розных спосабаў рашэння дадзенай задачы і супастаўленне іх рацыянальнасці; сістэматычнае выкарыстанне сукупнасці вучэбных заданняў на аналіз вынікаў выканання дзеянняў. Напрыклад, абгрунтаваць выбар тэарэтычных палажэнняў для рашэння задачы; праверыць, як выканана абгрунтаванне дадзенага спосабу рашэння; саставіць і рашыць задачу, адваротную дадзенай, з выкарыстаннем элементаў, што ўваходзяць у першасную задачу; сістэматычнае выкарыстанне заданняў і пытанняў, накіраваных на абагульненне і сістэматызацыю ведаў; складзі тэматычную граф-схему і паказаць на ёй тэарэтычныя заканамернасці, неабходныя для рашэння дадзенай задачы [11].

Часцей за ўсё тая ці іншая вучэбная мэта можа быць дасягнута рашэннем некалькіх прадметных задач (комплексаў) ці выкананнем сістэмы іншых вучэбных заданняў. Вялікае ўздзеянне на фарміраванне прыёмаў вучэбнай дзейнасці аказвае пераўтварэнне матэматычных задач з недастатковымі зыходнымі дадзенымі ў задачы з дастатковымі зыходнымі дадзенымі [10]. Такому працэсу пераўтварэння, як правіла, папярэднічаюць вучэбныя заданні: 1) рашыце матэматычную задачу (калі магчыма) рознымі спосабамі; 2) выявіце найбольш рацыянальны спосаб рашэння; 3) састаўце і рашыце задачу, аналагічную дадзенай па спосабе рашэння; 4) састаўце і рашыце задачу адваротную дадзенай; 5) састаўце і рашыце задачу, выкарыстоўваючы даныя, атрыманыя пры рашэнні папярэдніх задач. Пасля поўнага знаёмства навучэнцаў з прыёмамі рашэння вучэбных заданняў 1) – 5), можна праводзіць іх поўны цыкл на адной матэматычнай задачы (як дыдактычна адзінае цэлае).

Выкладчык пры дапамозе вучэбных заданняў пабуджае навучэнцаў да рашэння сукупнасці задач, атрыманых з прадметнай задачы шляхам змянення кампанентаў інфармацыйнай структуры. Ён паслядоўна пакідае невядомымі адзін, затым два і больш кампанентаў, пры гэтым арганізуе на адным і тым жа аб'екце дзейнасць навучэнцаў спачатку на рэпрадуктыўным, затым на часткова-пошукавым і даследчым узроўнях. Кожны наступны этап працы з прадметнай задачай з'яўляецца этапам канструявання новых сувязей. Працу навучэнцаў можна арганізаваць па-рознаму. Улічыўшы ўзровень падрыхтоўкі навучэнцаў, выкладчык дапамагае ім спачатку канструяваць новыя сувязі ў задачы пры дапамозе

асобных вучэбных заданняў. Паступова ён дае ім магчымасць рашэння задачы, у інфармацыйнай структуры якой адсутнічае некалькі кампанентаў. Пасля чаго прапануецца абагульніць даныя, атрыманыя ў выніку рашэння разгледжаных задач і самастойна саставіць і рашыць задачу. Паступова ў штодзённай вучэбнай дзейнасці навучэнцы авалодваюць прыёмамі рашэння задач, такім чынам адбываецца «узвольшванне» асобных элементаў дзеяння.

У вышэйшай школе вучэбныя задачы павінны ахопліваць і адлюстроўваць розныя формы і тыпы прафесійнай дзейнасці будучых спецыялістаў. Вопыт працы паказвае, што разрознае, ізаляванае іх прымяненне не можа садзейнічаць поўнай рэалізацыі прафесійнага навучання. Пры пабудове сістэмы вучэбных задач неабходна арыентавацца на асноўныя аспекты прафесійнай дзейнасці спецыяліста і пабудаваць ланцужок узаемазвязаных задач, якія канцэнтруюць вучэбны працэс, робяць яго цэласным і надаюць скразны характар. Істотнае значэнне для паступовага фарміравання ўстойлівых матэматычных ведаў мае стварэнне структуры комплексу вучэбных задач, якія адлюстроўваюць структуру тэарэтычнага вучэбнага матэрыялу.

Аналіз наяўных умоў і спосабаў дзейнасці з мэтай выяўлення прычын няўдач, знаходжання лепшага спосабу, сродку, які больш падыходзіць для дасягнення мэты, дае магчымасць у адпаведнасці з пастаўленымі вучэбнымі мэтамі фарміраваць вучэбныя задачы. Змяненне ўзроўню ведаў, уменняў і навыкаў навучэнца адлюстроўваецца ў змяненні цяжкасці рашаемых ім вучэбных задач, гэта значыць, фактычна і вынік, і дынаміка змянення якасці навучання павінны вымярацца пры дапамозе сістэмы вучэбных задач.

Пераўтварэнне матэматычных задач з'яўляецца інструментам кіравання фарміраваннем разумовых дзеянняў і аперацый у працэсе рашэння задач навучэнцамі. Яно можа выкарыстоўвацца пры праектаванні вучэбных задач па загадзя зададзеных параметрах, напрыклад, па складанасці, аперацыйным саставе, пры правядзенні дыягностыкі ведаў і ўзроўню сфарміраванасці вучэбных дзеянняў навучэнцаў. Пераўтварэнне задач з недастатковымі зыходнымі параметрамі ў задачы з дастатковымі зыходнымі параметрамі з'яўляецца эфектыўным сродкам актывізацыі вучэбна-пазнавальнай дзейнасці пры вывучэнні матэматыкі [10].

Часам лічаць, што найбольш істотнай прычынай неразумення навучэнцамі матэрыялу па матэматыцы з'яўляецца недастатковая распрацоўка канцэпцыі непарыўнага фарміравання цэласнага матэматычнага паняцця. Даволі каштоўным з'яўляецца выпрацоўка ў іх умення

паслядоўнага мыслення, менавіта яго можна разглядаць як паэтапнае вывучэнне зместу прадмета, калі мае месца паступовае развіццё паняцця на працягу вывучэння, а пераўтварэнне матэматычных задач дазваляе гэта рэалізаваць нават на працягу рашэння адной матэматычнай задачы.

Даволі часта якасць матэматычнай адукацыі ацэньваецца па ўменнях навучэнцаў рашаць задачы. Гэтай праблеме ў розныя гады прысвячалі свае даследаванні многія вучоныя-метадысты і матэматыкі. Аднак ні ў адной з прац намі не выяўлена апісанне матэматычных задач з дастатковымі зыходнымі параметрамі і метадыка працы з імі. Навучанне рашэнню такіх задач прадугледжвае таксама падрыхтоўку студэнтаў як будучых настаўнікаў матэматыкі, гэта значыць, рашэнне шэрага вучэбных задач. Арганізацыя працэсу рашэння задач можа дапамагчы высветліць яго асноўныя этапы і прадугледзець перашкоды, з якімі сутыкаецца навучэнец, калі спрабуе даць больш рацыянальнае рашэнне задачы.

Сярод патрабаванняў да падрыхтоўкі будучых настаўнікаў фізікі і матэматыкі, вылучаных адукацыйным стандартам Рэспублікі Беларусь, важнае месца займаюць тыя, што патрабуюць актывізацыі пазнавальнай дзейнасці студэнтаў:

- валоданне метадамі пошуку, аналізу і дыдактычнай адаптацыі навуковай інфармацыі пры дапамозе матэматычнага апарату ў адпаведнасці з выбраным узроўнем вывучэння матэрыялу;
- веданне сучасных інавацыйных тэхналогій развіццёвага навучання матэматыцы і фізіцы ў агульнаадукацыйных установах розных тыпаў;
- валоданне сістэмай ведаў аб структуры, асноўных этапах і метадах рашэння матэматычных задач;
- валоданне прыёмамі састаўлення, рашэння і навукова-метадычнага аналізу вынікаў рашэння матэматычных задач рознага ўзроўню складанасці.

Усім гэтым патрабаванням задавальняе метады пераўтварэння матэматычных задач. Анкета-ванне студэнтаў фізічнага факультэта I і III курсаў (усяго 110 студэнтаў) дало магчымасць вызначыць асноўныя фактары актывізацыі вучэбна-пазнавальнай дзейнасці студэнтаў пры вывучэнні матэматыкі, іх прыярытэтнасць (табліца).

Табліца – Фактары, якія пабуджаюць да актыўнай вучэбна-пазнавальнай дзейнасці

Пабуджальны фактар	Паказчык значнасці	
	I курс	III курс
Працэс пазнання ў ходзе рашэння складаных задач	1 (28,6%)	3 (30,8%)

Навізна «адкрыцця» пры вывучэнні таго ці іншага пытання фізікі, матэматыкі	1 (34,3%)	1 (34,6%)
Прафесійная накіраванасць дзейнасці, вучэбных заданняў, уменне тлумачэння іх неабходнасці	3 (34,3%)	1 (30,8%)
Рашэнне творчых задач праблемнага характару, розныя падыходы да рашэння	4 (28,6%)	4 (30,8%)
Самастойнае набывццё ведаў, уменняў і навыкаў у працэсе вучэбна-пазнавальнай дзейнасці	5 (22,9%)	5 (38,5%)
Рашэнне шматлікіх параўнальна простых задач	6 (42,9%)	6 (30,8%)

Аналіз атрыманых вынікаў паказвае, што сярод фактараў, якія пабуджаюць студэнтаў да актыўнай вучэбна-пазнавальнай дзейнасці, даволі часта сутракаюцца вучэбныя мэты, рэалізацыя якіх ажыццяўляецца пры пераўтварэнні матэматычных задач: вылучэнне асобных этапаў рашэння складаных задач, тлумачэнне іх неабходнасці, выкарыстанне розных падыходаў рашэння, абгрунтаванне паслядоўнасці асобных этапаў пераўтварэння задачы. Неабходна адзначыць, што студэнты III курса даволі высока ацэньваюць прафесійную накіраванасць вучэбна-пазнавальнай дзейнасці.

Адным з патрабаванняў да заняткаў з'яўляецца неабходнасць таго, каб яны былі лагічным працягам папярэдніх і ў той жа час арганічна звязанымі з наступнымі, як гэтага патрабуе праграма вывучэння прадмета. Заданні, у прыватнасці, задачы, якія прапануюцца навучэнцам пры навучанні матэматыцы, павінны адлюстроўваць вышэйадзначаную лагічную паслядоўнасць. Рэалізаваць гэта патрабаванне дазваляюць задачы з дастатковымі зыходнымі параметрамі, што атрымліваюцца ў выніку пераўтварэння задач з недастатковымі зыходнымі параметрамі. Яно заключаецца ў паступовым змяненні ўмовы задачы, яе патрабавання. Рашэнне задач, заснаваных на засваенні папярэдняга матэрыялу, дасць магчымасць падвесці да вывучэння новага, пры гэтым у навучэнцаў павінна ўзнікаць патрэбнасць да пазнання новага матэрыялу. Каб яго засвоіць ва ўсім аб'ёме, студэнту неабходна рашаць рознастайныя задачы, абапірацца на сукупнасць заканамерных сувязей канкрэтнай тэмы.

Варта адзначыць, што пры вывучэнні канкрэтнай тэмы ажыццяўляецца азнаямленне з тэорыяй, і ў той жа час дэманструецца рашэнне апорных базісных задач. Вывучэнне тэарэтычнага матэрыялу стварае ўмовы для рашэння задач з мэтай абагульнення вялікай колькасці заканамернасцей, што дае магчымасць фарміраваць уменні і навыкі на рознабаковай аснове. Такім чынам, гэты падыход дазваляе актывізаваць вучэбна-пазнавальную дзейнасць. Аднак неабходна ўлічваць якасць засваення матэрыялу, і пры дапамозе індывідуальных заданняў

ліквідаваць адпаведныя прабелы ў ведах. Планаваць і падбор прадметных задач павінны выконвацца з улікам арганічнай сувязі паміж асобнымі часткамі вывучаемага матэрыялу, а таксама не парушацца існуючая лагічная паслядоўнасць, якая можа быць рэалізавана шляхам пераўтварэння матэматычных задач.

Пераўтварэнне матэматычных задач праводзіцца з улікам узроўню якасці засваення тэарэтычнага матэрыялу і тых тыповых памылак, якія дапускаюць большасць навучэнцаў. Яно можа ўключаць некалькі этапаў. На адным з іх можна арганізаваць дыферэнцыраваную адпрацоўку пэўных практычных уменняў і навыкаў, а на некаторых – даць магчымасць навучэнцам карыстацца гатовымі тэматычнымі граф-схемамі [11], што дапаможа выявіць узровень засваення канкрэтных матэматычных заканамернасцей вывучаемай тэмы. На апошнім этапе (з мэтай сістэматызацыі і абагульнення ведаў) прапанаваць самастойныя заданні, якія прадугледжваюць пабудову тэматычных граф-схем і шэраг пераўтварэнняў базісных задач для адлюстравання матэматычных заканамернасцей тэмы.

Пераўтварэнне матэматычных задач дае магчымасць ажыццявіць якасны кантроль ведаў [12]. Таму варта прапанаваць заданні па пераўтварэнні задач рознага ўзроўню. Узровень якасці ведаў навучэнцаў можна ацэньваць пры пераўтварэнні задач па тым, наколькі яны могуць пабудаваць новую задачу на падставе ўжо вядомых, і ў якой ступені адчуваюць патрэбнасць у пашырэнні сваіх ведаў з мэтай выйсця з узніклай праблемнай сітуацыі. Павышэнне эфектыўнасці вучэбна-пазнавальнай дзейнасці навучэнцаў абумоўлена тым, што яны набываюць навыкі самастойна рашаць новыя задачы з пашыранымі патрабаваннямі, выкарыстоўваць рацыянальныя метады, асэнсавана абгрунтоўваць выбраны падыход да рашэння ў кожным выпадку. На наш погляд, карысным у плане навучання можа быць вызначэнне пры дапамозе тэматычных граф-схем рэсурсаў задачы, да якіх звычайна адносяць усе тыя заканамернасці, што неабходны для рашэння.

Вывады. Метад пераўтварэння матэматычных задач дазваляе навучэнцам набываць веды ў працэсе самастойнай пазнавальнай дзейнасці. Пры гэтым кожны раз узнікаюць пэўныя праблемныя сітуацыі, вырашэнне якіх дазваляе глыбока асэнсаваць веды, зрабіць адпаведныя абагульненні, зрабіць навучанне матэматыцы развіццёвым.

Неабходна адзначыць, што метады пераўтварэння матэматычных задач дазваляе ўносіць пэўныя карэктывы ў метадыку выкладання асобных тэм, калі выяўляюцца прабелы ў ведах навучэнцаў на пэўным этапе пераўтварэння, абумоў-

ленья адсутнасцю ўменняў устанавіваць канкрэтныя заканамерныя сувязі. У такіх выпадках можна зноў звярнуцца да тэматычных граф-схем, пры дапамозе якіх вызначыць магчымыя падыходы для рэалізацыі выяўлення адпаведных заканамерных сувязей з тлумачэннем іх рацыянальнасці. У выніку можна звярнуцца з пытаннем да навучэнцаў: «Ці існуюць яшчэ іншыя падыходы такой рэалізацыі?», «Калі так, то якія?».

Прапанаваны метады выкарыстання пераўтварэння матэматычных задач дазваляе паступова, на кожным этапе рашэння ўключаць у працэс новыя веды, што патрабуе наяўнасці іх сістэмнасці, самастойнасці, ініцыятывы студэнтаў неабмежавана паглыбляцца ў вывучэнне пастаўленай праблемы.

ЛІТАРАТУРА

1. Балл, Г.А. Теория учебных задач / Г.А. Балл. – М.: Педагогика, 1990.
2. Фридман, Л.М. Логико-психологический анализ школьных учебных задач / Л.М. Фридман. – М.: Педагогика, 1977.
3. Колягин, Ю.М. Задачи в обучении математике / Ю.М. Колягин. – М.: Просвещение, 1977.
4. Брушлинский, А.В. Психология мышления и кибернетика / А.В. Брушлинский. – М.: Мысль, 1970.
5. Кулюткин, Ю.Н. Педагогическая задача / Ю.Н. Кулюткин // Творческая направленность деятельности педагога / под. ред. Ю.Н. Кулюткина, Г.С. Сухобской. – Л., 1978.
6. Давыдов, В.В. Концепция учебной деятельности школьников / В.В. Давыдов, А.К. Маркова // Вопросы психологии. – 1981. – № 6. – С. 13–26.
7. Крупич, В.И. Теоретические основы обучения решению школьных математических задач / В.И. Крупич. – М.: Прометей, 1995. – 166 с.
8. Леонтьев, А.Н. Деятельность, сознание, личность / А.Н. Леонтьев. – М.: Политиздат, 1977. – 304 с.
9. Эльконин, Д.Б. Психология обучения младшего школьника / Д.Б. Эльконин. – М.: Знание, 1974. – 64 с.
10. Ляхович, Е.В. Математические задачи с недостаточными исходными параметрами как средство активизации учебно-познавательной деятельности студентов: автореф. ... дис. канд. пед. наук: 13.00.02 / Е.В. Ляхович / Бел. гос. пед. ун-т. – Минск, 2004. – 22 с.
11. Ляховіч, А.В. Тэматычныя граф-схемы як сродак пераўтварэння матэматычных задач / А.В. Ляховіч // Весті БДПУ. Серія 3. – 2007. – № 2. – С. 39–43.
12. Ляховіч, А.В. Рэалізацыя аб'ектыўнасці і паўнаты кантролю ведаў пры навучанні матэматыцы / А.В. Ляховіч // Весті БДПУ. – 2002. – № 1. – С. 30–35.

SUMMARY

The possibilities of realization of educational problems by means of conversion of mathematical problems are regarded.

УДК 51(07)

О.И. Мельников, А.Н. Семеняко

ФУНКЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАФОВ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ

В настоящее время теория графов стала очень популярной среди учителей, школьников, студентов. Это связано с тем, что при помощи указанной теории можно довольно просто решать большой круг самых разнообразных задач, причем не только математических. Человек практически любой профессии и любого возраста так или иначе сталкивается с графами в процессе своей деятельности, даже не догадываясь об этом. Будь то тренер, рисующий расстановку игроков на поле и схему их действий в атаке; химик, изображающий молекулы химических соединений и связи между ними; шофер, рисующий своему коллеге схему объезда аварийного участка пути. Все эти рисунки и есть графы. Даже ребенок знакомится с ними еще задолго до школы, когда пытается соединить точки между собой линиями. А это лишнее подтверждение

того, что язык графов очень прост и удобен в использовании.

Различные аспекты использования графов в начальной и средней школе рассмотрены в работах Ф. Папи, Ж. Папи, М.П. Барболина, Л.Ю. Березиной, О.О. Пронжилло, Н.А. Волковой, Р.Ю. Маханова, К.Я. Хабибуллина и других, а также в учебно-методических пособиях Т.М. Чеботаревской, В.В. Николаевой, Л.А. Бондаревой, А.А. Столяра, К.О. Ананченко и других, причем книга [1] посвящена знакомству детей с графами еще в детском саду. Работы вышеуказанных авторов в большинстве своем носят прикладной характер, т. е. посвящены внедрению и применению элементов теории графов в учебном процессе. Однако, по мнению авторов, практически отсутствуют работы сугубо теоретической направленности по упомянутой тематике. Поэтому первая часть данной статьи

посвящена теоретическому описанию функций использования графов. Во второй части рассматривается реализация данных функций на практике. Симбиоз теории и практики, как считают авторы, будет понятен, полезен и интересен не только учителям и учащимся, но и людям, не имеющим непосредственного отношения к математике.

Графовые модели находят широкое применение в любой области человеческой жизнедеятельности. В процессе использования графов можно выделить следующие функции: иллюстративную, моделирующую, наглядную, интегрирующую, предписывающую и перечислительную.

Наиболее общей и универсальной является *описательная* функция. Она дает возможность описывать различные объекты, ситуации, явления, процессы, а также связи между ними. При этом описание происходит на языке теории графов, то есть с помощью вершин и ребер.

Часто приходится сталкиваться с трудностями, которые возникают при словесном описании некоторого объекта. Именно графовый метод изображения информации позволит избежать возникающих сложностей и описать тот или иной процесс на понятном каждому языке. Причем не только отношения между предметами и процессами, но и отношения между людьми можно описать с помощью графов. Например, следующий граф обрисовывает отношение «знакомства» между детьми (рисунок 1).

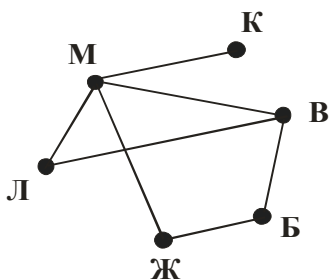


Рисунок 1 – Граф отношения «знакомства» между детьми.

Рисунок свидетельствует, что Миша знаком с Колей, Вовой, Женей и Леней; Вова – с Леней и Борей; Боря – с Женей.

Описательная функция объединяет и все остальные функции. В зависимости от целей

и задач описания ее можно дифференцировать на несколько более конкретных функций: иллюстративную, моделирующую, наглядную, интегрирующую, предписывающую и перечислительную (рисунок 2).

Иллюстративная функция применения графов заключается в возможности построения с помощью графов примеров, поясняющих различные положения, определения, тексты. Например, при изучении алгоритмов приводят разные блок-схемы алгоритмов; при введении понятия функции как отображения с помощью графов можно показать, при каких условиях введенные соответствия являются или не являются функциями, когда рассматриваемая функция не имеет обратной и т. д.

Благодаря иллюстративной функции значительно упрощается восприятие человеком того или иного объекта, процесса или явления. А это особенно важно для дошкольников и детей младшего школьного возраста.

Иллюстративная функция использования графов тесно связана с *наглядной* функцией, которая заключается в использовании того факта, что наиболее просто до обучаемого доходит информация, воспринимаемая с помощью органов чувств, в частности, зрения, и выражает степень доступности и понятности для познающего субъекта.

Простота и очевидность изображения объектов, отношений, ситуаций с помощью графов делает их доступными для понимания даже для младших школьников. Ведь нет ничего проще для восприятия, чем совокупность точек и соединяющих их линий. В качестве примера, поясняющего наглядную функцию графов, рассмотрим построение генеалогического дерева А.С. Пушкина до третьего колена (по мужской линии) [2, с. 13]: А.С. Пушкин; его сыновья – Александр и Григорий; сыновья Александра Александровича: Александр, Григорий (мл.), Петр, Сергей, Николай; сыновья Григория Александровича (мл.): Сергей, Григорий; сын Николая Александровича: Александр (рисунок 3).

Однако следует отметить, что само изобра-

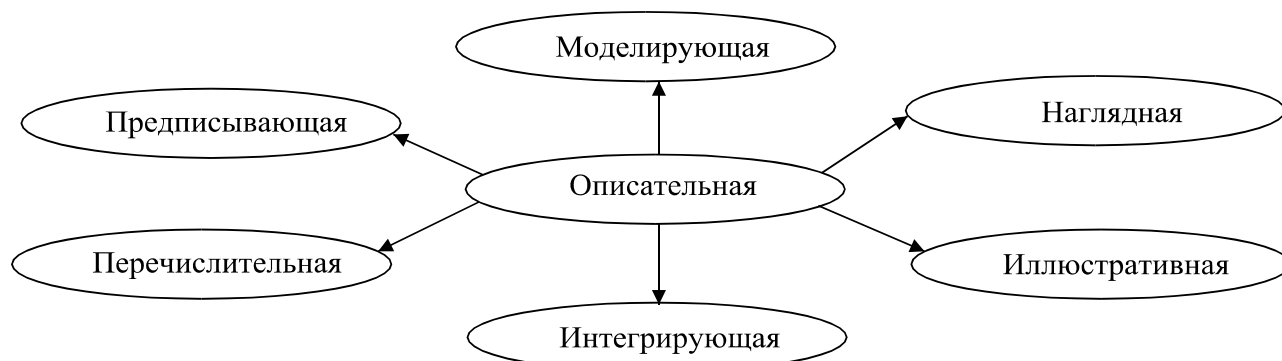


Рисунок 2 – Граф дифференцирования описательной функции.

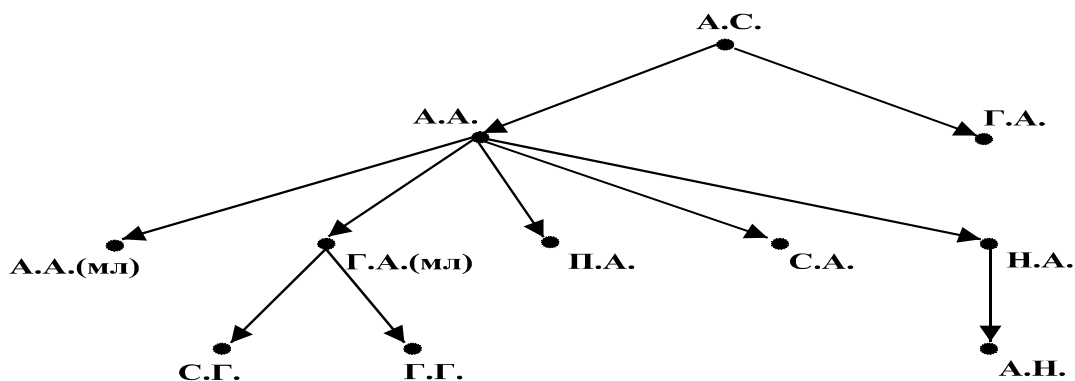


Рисунок 3 – Граф генеалогического дерева А.С. Пушкина.

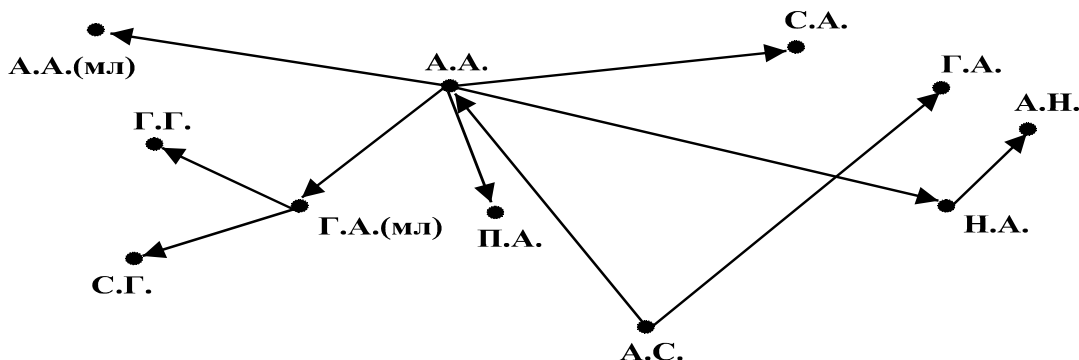


Рисунок 4 – Граф генеалогического дерева А.С. Пушкина (другой вариант).

жение чего-либо в виде графа не является гарантией наглядности. Для достижения этой цели граф должен быть изображен не сумбурно, а хорошо упорядочен, структурирован. Так, граф может реализовывать иллюстративную функцию, однако не обладать свойством наглядности. В качестве примера рассмотрим тот же граф, что и на рисунке 3, но изображенный несколько иначе (рисунок 4).

Перейдем к рассмотрению *моделирующей* функции. «Под моделью понимается такая мысленно представляемая или материально реализуемая система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте» [3, с. 19]. Суть данной функции заключается в упрощенном описании объекта на языке теории графов. Поэтому, изучая какое-то явление или объект М, мы заменяем его графовой моделью N, более простой для изучения. Затем, исследуя модель N, получаем сведения о ней и после этого интерпретируем их как сведения о явлении или объекте М.

Специфика данной функции заключается в том, что при построении графовой модели рассматриваются основные составляющие объекта, существенные связи между ними и отбрасываются несущественные параметры.

Отметим, что в зависимости от запросов исследователя, можно строить модели с различной степенью детализации. Если отдельные свойства частей изучаемого объекта или отношения между ними не существенны для решаемой

задачи, то их изображают одинаковыми вершинами или одинаковыми ребрами. В противном случае вершины или ребра могут окрашиваться в различные цвета. Для примера рассмотрим граф, описывающий речную систему Беларуси. Вершинам графа будут соответствовать истоки, устья и некоторые пункты на реках, а ребрам – непосредственно сами речные участки. Стрелки на ребрах будут показывать направление течения воды. Ребра графа раскрасим в синие и красные цвета в зависимости от того, является ли данный участок реки судоходным или нет. Каждому ребру поставим в соответствие число, обозначающее, например, скорость течения реки или ее среднюю глубину. Вершинам при необходимости также можно приписать числа, задающие, к примеру, количество проходящей через точку, соответствующую вершине, воды за единицу времени.

Из примера ясно, что один и тот же объект можно описать разными графовыми моделями. Все зависит от того, насколько точная должна быть модель и какие параметры выбираются в качестве ее существенных характеристик. В связи с этим выделим детализацию модели «вглубь» и «вширь». Под *детализацией «вглубь»* будем понимать увеличение различных сведений об отображаемых объектах с последующим нанесением этих сведений на граф. К примеру, граф, описывающий речную систему Беларуси, можно детализировать «вглубь» по следующим параметрам: скорость течения рек, судоходность, состояние берегов, температура воды, уровень за-

грязнения рек, участки для нереста рыб и т. д. Граф, описывающий автомобильные дороги Минской области, можно детализировать вглубь по следующим параметрам: автомагистрали, дороги с покрытием, грунтовые дороги, лесные и полевые дороги.

Детализация «вширь» позволяет выстроить такую цепочку графов, в которой каждый новый

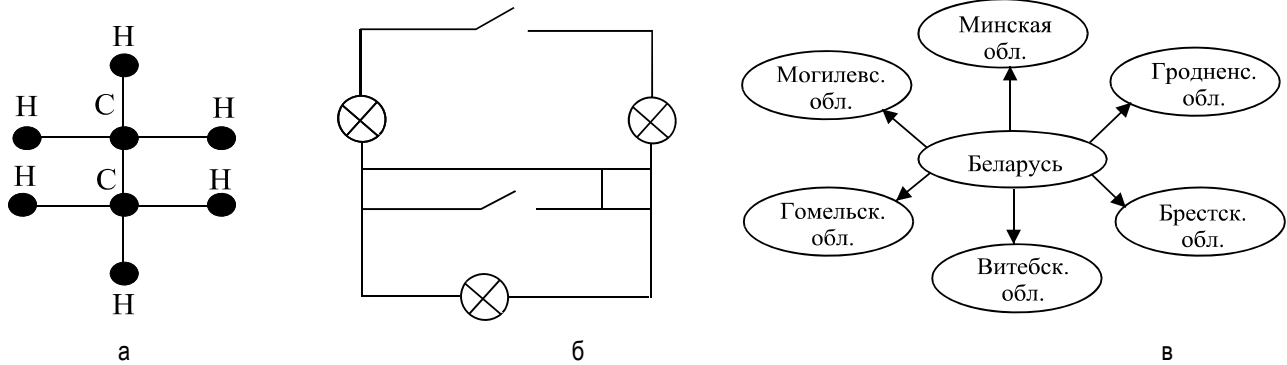


Рисунок 5 – Примеры интегрирующей функции графов: а – объединение атомов водорода и углерода в молекулу; б – объединение проводников, лампочек и переключателей в электрическую цепь; в – объединение отдельных областей в государство.

граф включает в себя старый, т. е. разрастается за счет увеличения числа его вершин и ребер. В качестве примеров приведем следующие последовательности графов: 1) крупные реки Беларуси → притоки этих рек → притоки притоков и т. д.; 2) автомобильные дороги Минской области → автомобильные дороги Беларуси → автомобильные дороги Европейской части бывшего СССР → автомобильные дороги Европы. Однако в процессе детализации на каждом шаге необходимо следить за тем, чтобы не происходило загромождение модели. Ибо в противном случае модель потеряет свою наглядность и привлекательность для использования.

Интегрирующая функция графов состоит в изображении отдельных частей и элементов некоторой системы как единого целого. Тем самым граф помогает нам взглянуть на весь объект целиком и разобраться во внутренних связях между его элементами. При этом вершины графа выступают в роли отдельных частей системы, а ребра являются связующими звеньями между различными элементами этой системы. Рассмотрим несколько примеров.

На рисунке 5а атомы водорода и углерода объединяются в молекулу; на рисунке 5б проводники, лампочки и переключатели – в электрическую цепь; на рисунке 5в отдельные области – в государство.

Таким образом, любой граф можно рассматривать как самостоятельную, независимую, замкнутую систему, внутри которой существует определенный порядок и взаимосвязи. Благодаря этим связям у нас создается единое, целостное и законченное представление о каком-либо объекте или

процессе. Но это не значит, что данное представление является окончательным и неизменным. Оно может быть уточнено и расширено. При этом старый граф станет частью нового. В качестве примера рассмотрим уже знакомую цепочку графов:

«Автомобильные дороги Минской области → автомобильные дороги Беларуси → автомобильные дороги Европейской части бывшего СССР →

автомобильные дороги Европы».

В данном примере каждый последующий граф является расширением предыдущего. При этом каждая из этих схем представляет собой законченную и целостную картину со своей внутренней структурой и связями. Именно в целостности системы и внутренних взаимосвязях ее элементов и видится главное значение интегрирующей функции графов.

Некоторые графы кроме описания того или иного процесса могут задавать также и план на его выполнение. Тем самым реализуется *предписывающая* функция применения графов. Напомним, что мы выделили описательную функцию в качестве наиболее общей. При этом предписывающая функция не столько из нее вытекает, сколько идет ей параллельно, то есть дает возможность взглянуть на граф под другим углом. В качестве примера рассмотрим схему-граф, описывающую алгоритм перехода улицы.

С одной стороны, рисунок 6 представляет собой блок-схему алгоритма или некую общую модель процесса перехода улицы. С другой стороны, для пешехода данный граф является непосредственно указанием к действию. Посмотрев на него, пешеход получает задание на переход перекрестка. Аналогично можно привести и множество других подобных примеров: действия водителя при обгоне автомобиля, действия тренера при определении тактики на матч, действия ученика при решении квадратного уравнения и т. д.

Таким образом, благодаря предписывающей функции граф предстает перед нами в несколько ином виде: не как статическая схема, а как свое-

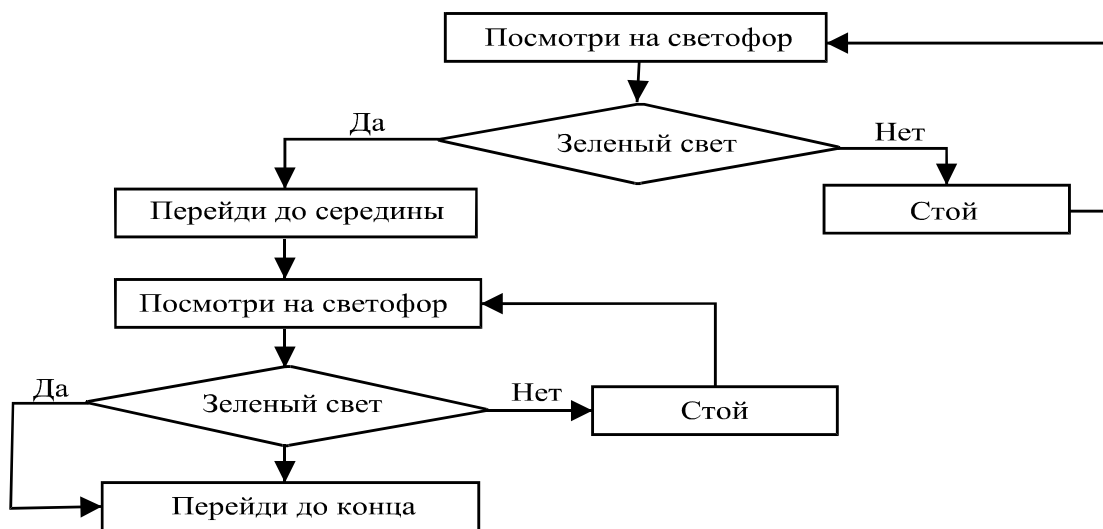


Рисунок 6 – Граф, описывающий алгоритм перехода улицы.

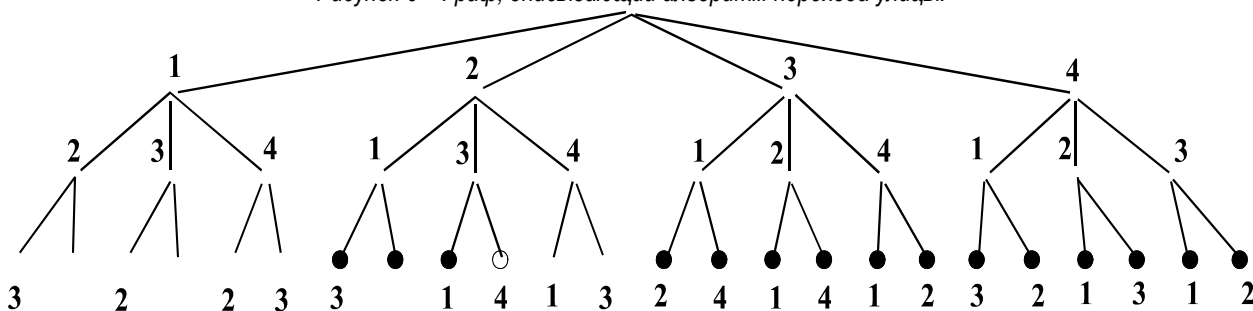


Рисунок 7 – Граф решения задачи.

го рода живая и подвижная система, имеющая направление и определенный порядок.

Перечислительная функция графов заключается в возможности с помощью графов осуществлять перечисление и перебор всевозможных вариантов, определение их количества, а также выбор из возможных вариантов лучшего по каким-то показателям. Перечислительные задачи всегда отличаются достаточной сложностью, поскольку часто трудно не пропустить какой-либо вариант, а какой-нибудь не описать дважды. Перечислительную функцию графов можно, например, проиллюстрировать решением задачи о поиске выхода из лабиринта. Также можно продемонстрировать перечислительную функцию на примере решения некоторых комбинаторных задач, связанных с перебором всех возможных вариантов; задач на определение оптимальных переливаний; задач на определение минимального числа взвешиваний на рычажных весах и других задач. В качестве примера рассмотрим следующую задачу: «Сколько различных трехзначных чисел можно составить, имея в распоряжении цифры 1, 2, 3, 4 так, чтобы цифры не повторялись».

Подсчитывая число вершин на последнем ярусе полученного на рисунке 7 графа, заключаем, что всего можно составить 24 трехзначных числа.

Как же реализуются данные функции в процессе обучения математике? Как показано выше, графический метод представления информации имеет ряд преимуществ перед другими методами, среди которых особенно выделяются доступность, наглядность и простота. В связи с этим постоянно увеличивается число учебных пособий, которые используют графы в качестве вспомогательного языка. А для того чтобы использование графов в учебном процессе нравилось учащимся и приносило им пользу, необходимо комплексное применение всех вышеперечисленных функций. При этом на каждом этапе обучения значимость тех или иных функций меняется. Например, для младших и средних школьников приоритетными являются иллюстративная и наглядная функции; для учащихся старших классов на первое место выходит моделирующая функция. И этому есть свое объяснение. В силу своего возраста младшие школьники легче воспринимают информацию, изображенную с помощью рисунков, схем, диаграмм. О значении наглядности в процессе обучения учащихся младших классов писал В.В. Давыдов: «Для использования возможностей нагляднообразного мышления младших школьников и для его совершенствования (управления) адекватным считался метод обучения, основанный на применении принципа наглядности» [4, с. 147]. В старших классах акценты смещаются в сторону умений,

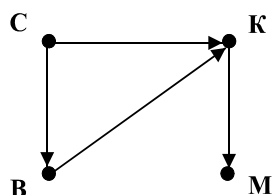


Рисунок 8 – Граф модели условия задачи.

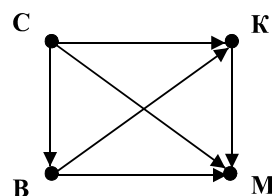


Рисунок 9 – Граф модели решения задачи.

связанных с грамотным построением и исследованием моделей. Однако отметим еще раз, что наибольший эффект при обучении математике дает именно комплексное сочетание всех функций. Рассмотрим следующую простую задачу.

«На соревнованиях по прыжкам в длину Саша прыгнул дальше Коли и Васи, Коля ближе Васи, но дальше Миши. Кто прыгнул дальше всех и ближе всех?» [5, с. 22].

Отметим точками детей (С, В, К, М). Будем соединять точки стрелкой, которая обозначает «прыгнул дальше». Исходя из условия задачи, можно построить граф (рисунок 8), который является моделью ситуации, описанной в задаче (реализуется моделирующая функция). Далее будем проводить исследование модели с целью получения нужного результата. Полученную схему дополним стрелками, учитывая свойство транзитивности отношения «дальше». Если Саша прыгнул дальше Коли, а Коля дальше Миши, то делаем вывод, что Саша прыгнул дальше Миши. Поэтому соединяем стрелкой точки С и М. Рассуждая аналогично, получим стрелку, следующую из В в М. Подсчитаем, сколько стрелок выходит из каждой вершины: из С – 3 стрелки, из В – 2, из К – 1, из М – ни одной (рисунок 9). Так как каждая выходящая стрелка обозначает «прыгнул дальше», делаем вывод, что дальше всех прыгнул Саша, а ближе всех – Миша. Глядя на рисунки 8 и 9 отметим, что эти графы обладают также иллюстративным и наглядным свойствами. Интегрирующая функция в данном случае заключается в том, что точки, обозначающие детей, по некоторому правилу связываются между собой, образуя при этом единую систему.

В заключение стоит отметить, что элемент новизны данной статьи состоит в том, что авто-

рам впервые удалось выделить, описать и разграничить функции использования графов. А это дает возможность более полно и ясно представить, каково назначение графов и какие задачи они решают. Кроме того, наряду с теоретическим описанием, в статье приводятся приемы практической реализации данных функций при обучении математике. Результаты исследования могут быть внедрены и использованы как в основном курсе математики, так и на внеклассных занятиях. Это привнесет в процесс обучения разнообразие и поспособствует ускорению и математического, и абстрактно-логического развития личности школьника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Папи, Ф. Дети и графы / Ф. Папи, Ж. Папи. – М.: Педагогика, 1974. – 192 с.
2. Болтянский, В.Г. Координатная прямая как средство наглядности / В.Г. Болтянский // Математика в школе. – 1978. – № 1. – С. 13–18.
3. Штофф, В.А. Моделирование и философия / В.А. Штофф. – М.; Л.: Наука, 1966. – 301 с.
4. Давыдов, В.В. Проблемы развивающего обучения / В.В. Давыдов. – М.: Педагогика, 1986. – 240 с.
5. Задачи со «звездочкой» / редкол.: Л.А. Бондарева [и др.]. – Минск: Бел. ассоц. «Конкурс», 2006. – 160 с.

SUMMARY

The article is devoted to some practical and theoretical aspects of the graphs theory. The first part includes the systematic description of new functions of using graphs. The authors make the comparison of these functions and show the similarities and differences in details. The second part contains the explanation of the essence of the functions through solving mathematical problems.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ ЗИПФА В ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЯХ

Известно, что во всех текстах, созданных человеком, присутствуют статистические закономерности, описываемые как законы Зипфа (George K. Zipf) [1]. Они справедливы для любых языков. Суть законов Зипфа заключается в следующем: «В каждом языке есть слова, которые встречаются чаще, чем остальные, но не имеют значения. Есть слова, которые встречаются реже, но имеют намного большее смысловое значение». Эти законы эмпирические и сформулированы Джорджем Кингсли Зипфом в 1949 г. Получены они не на основе математических выводов, а на основе анализа статистики частоты слов в текстах на многих языках.

С развитием компьютерной техники законы Зипфа нашли применение при поисковой оптимизации сайтов и при разработке алгоритмов работы поисковых систем.

Применительно к рейтингу сайтов из законов Зипфа следует, что в каждом сегменте Интернета есть небольшая часть сайтов, которые посещает наибольшая часть пользователей. Знание законов Зипфа позволяет лучше понять, почему нельзя дать 100%-ную гарантию занятия сайтом высокого рейтинга в поисковых системах.

На основе законов Зипфа поисковые системы разделяют все слова на группы:

➤ Некоторые слова, которые встречаются наиболее часто, например, междометия, предлоги, суффиксы и т. д., поисковые системы считают *шумовыми словами* и не учитывают при ранжировании сайтов.

➤ Другие слова поисковые системы считают важными. Их называют *ключевыми словами*.

▪ Часть ключевых слов, имеющих важное смысловое значение для конкретного сайта, учитывают при ранжировании.

▪ Остальные ключевые слова считают случайными для конкретного сайта, и их роль при ранжировании сайта невелика.

В работу алгоритма поисковой машины заложено отбрасывание, то есть исключение из индексирования определенных слов, называемых «шумовыми словами» (их также называют «стоп-слова»). Такими словами могут быть предлоги, суффиксы, причастия, междометия и частицы (а, без, более, бы, был, была, были, было, быть,

в, вам, вас, весь, во, вот, все, всего, всех, вы, где, да, даже, для, до, его, ее, если, есть, ещё, же, за, здесь, и, из, из-за, или, им, их, к, как, как-то, ко, когда, кто, ли, либо, мне, может, мы, на, надо, наш, не, него, неё, нет, ни, них, но, ну, о, об, однако, он, она, они, оно, от, очень, по, под, при, с, со, так, также, такой, там, те, тем, то, того, тоже, той, только, том, ты, у, уже, хотя, чего, чей, чем, что, чтобы, чьё, чья, эта, эти, это, я), а также целый ряд других слов. Их конкретный перечень может состоять от нескольких сот до нескольких тысяч слов и различен для разных поисковых машин [2].

Однако абсолютных шумовых слов, то есть тех, которые можно отбросить из текста без потери его смысла вне зависимости от контекста, не существует. Алгоритм работы поисковых систем постоянно дополняется, изменяется и совершенствуется. Те слова, которые некоторое время назад считались шумовыми и отбрасывались при индексации сайта, сейчас могут включаться в индексацию и учитываться. Единого списка русских шумовых слов не существует.

В каждом языке есть слова, которые встречаются чаще, чем остальные. Проведя анализ любого текста, можно выделить группу наиболее значимых слов, при помощи которых можно определить, к какой области относится текст и его основные термины.

Суть законов Зипфа состоит в том, что он эмпирически установил статистические закономерности распределения частоты слов.

В последующем были проведены многочисленные исследования, которые подтвердили и уточнили отмеченные закономерности. Их стали называть *законами Зипфа*.

Первый закон Зипфа связывает ранг и частоту. Если посчитать количество вхождений каждого слова в текст (*частоту вхождения слова*) и взять только одно значение из каждой группы слов, имеющей одинаковую частоту, расположить частоты по мере их убывания и пронумеровать (порядковый номер частоты называется *рангом частоты*), то наиболее часто встречающиеся слова будут иметь ранг 1, следующие за ними – 2 и т. д. Вероятность встретить произвольно выбранное слово будет равна отношению частоты вхождения слова к общему числу слов в тексте.

Вероятность обнаружения слова в тексте = частота вхождения слова / число слов в тексте.

Зипф нашел, что если умножить вероятность обнаружения слова в тексте на ранг частоты, то получившаяся величина приблизительно постоянна для всех текстов на одном языке:

$$C = (\text{частота вхождения слов} * \text{ранг частоты}) / \text{число слов}$$

Можно назвать ее *величиной Зипфа (постоянной Зипфа)*.

Значение константы C в разных языках различно, но внутри одной языковой группы остается неизменным, какой бы текст мы ни взяли.

Графиком функции зависимости ранга от частоты является равносторонняя гипербола.

Второй закон Зипфа устанавливает связь между частотой и количеством слов, входящих в текст с этой частотой. Если построить график, отложив по оси X частоту вхождения слова, а по оси Y – количество слов с данной частотой, то получившаяся кривая будет сохранять свои параметры для всех созданных человеком текстов. На каком бы языке текст ни был написан, форма кривой Зипфа останется неизменной – равносторонней гиперболой. На рисунке 1 приведены примеры кривых для французского, английского и русского текстов [3].

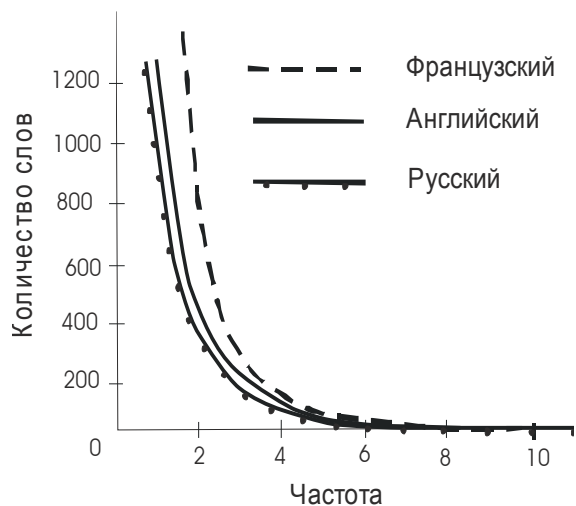


Рисунок 1 – Зависимость количества слов от частоты их вхождения в текст.

Зипф также установил, что наиболее часто употребляемые слова языка, существующего длительное время, короче остальных.

Для английских текстов постоянная Зипфа равна приблизительно 0,1 [3]. Для русского языка исследований проводилось немного. У ряда авторов при анализе русских текстов постоянная Зипфа получилась равной приблизительно 0,06–0,07 [3]. Нами для определения величины Зипфа для русского языка были исследованы тексты 7-ми электронных книг (таблица 1).

Таблица 1 – Определение величины Зипфа для русского языка

№	Текст	Объем книги (кол-во слов)
1	Гарри Гаррисон – Собрание сочинений	335731
2	Дж.Р.Р. Толкиен – Собрание сочинений	532441
3	Лоис Макмастер Буджолд – Собрание сочинений	1343013
4	Николай Лесков – Рассказы и повести	1221328
5	Роберт Джордан – «Колесо времени»	2422465
6	Современный толковый словарь, 1997	3505877
7	Фрэнк Херберт – «Дюна»	426583
Всего:		9803254

Для статистического анализа текстов была использована программа Wordstat, которая позволяет подсчитать, сколько раз то или иное слово встречается в выбранном тексте. Тексты загружались из простых текстовых файлов (с расширением .txt). В результате получили файл со статистическим материалом по данным книгам.

Рассматривались тексты каждой книги в отдельности, а также тексты всех книг, объединенных в один. Измерили частоту каждого слова текста, сгруппировали слова по частоте, взяв только одно значение из каждой группы с одинаковыми частотами. Расположили частоты по мере их убывания и пронумеровали. Получили ранги частот. Посчитали постоянные Зипфа для объединенного текста и для текста каждой книги в отдельности. Они получились приблизительно одинаковыми: 0,058–0,066. Таким образом, можно сделать вывод о том, что для русских текстов постоянная Зипфа приблизительно равна 0,06.

По имеющимся данным были построены графики зависимости ранга от частоты. Они являются равносторонними гиперболами. На рисунке 2 приведен график для объединенного текста.

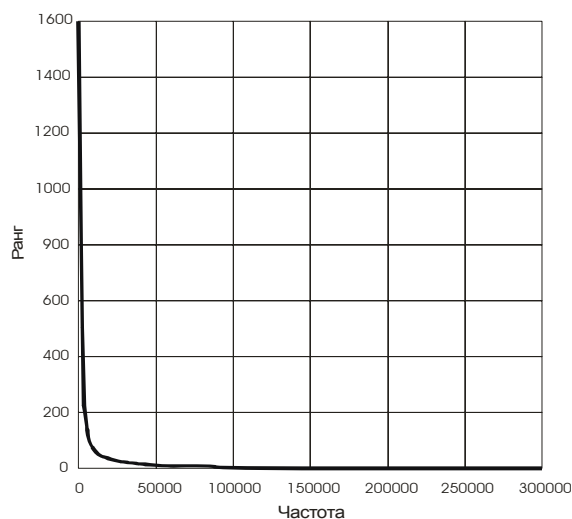


Рисунок 2 – Зависимость ранга от частоты для объединенного текста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минский, М. Фреймы для представления знаний / М. Минский. – М.: Энергия, 1979. – 151 с.
2. Левин, М.Д. Методы поиска информации в Интернет / М.Д. Левин. – М.: Солон-Пресс, 2003. – 224 с.
3. Макаров, О. Интернет. Серия «Энциклопедия XXI века» / О. Макаров. – М.: Эгмонт Россия Лтд., 2000. – 159 с.

SUMMARY

The application of empirical Zipf's law in modern Internet- technologies has been considered: under search optimization of sites and under elaboration of work algorithm of search systems. Zipf's constant for Russian text has been calculated.

УДК 004(07)

Л.В. Бочкарева, Е.Г. Барабаш

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТА В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ

Введение. В последние годы происходит быстрое внедрение информационных технологий в сферу образования. Все большую популярность набирает дистанционная форма обучения, которая посредством Internet-технологий связывает преподавателя, обучаемого и информационные ресурсы. Дистанционное обучение является формой получения образования, при которой в образовательном процессе используются лучшие традиционные и инновационные методы, средства и формы обучения, основанные на компьютерных и телекоммуникационных технологиях [1].

По определению дистанционное образование базируется на переписке его участников, а следовательно, на документообороте. В настоящее время все большее количество предприятий переходят на электронный документооборот, заменяя документы на бумажных носителях электронными.

Электронный документооборот (ЭДО) – это единый механизм по работе с документами, представленными в электронном виде. Широкое распространение ЭДО получил в банковской, финансовой, а также в сфере образования, то есть там, где циркулирует большое количество документов [1].

Использование современных технологий в сочетании с ЭДО при организации дистанционного обучения позволяет создать единый формат обмена данными, тем самым сократив время создания и пересылки сообщений.

В процессе дистанционного обучения выделяют следующих участников: слушатель – это дистанционно обучающийся; преподаватель или тьютор – контролирующей теоретический курс и выполняющий итоговую оценку знаний по нему; ассистент преподавателя – отвечающий за практическую часть курса; администратор – выполняющий всю административную и техническую рабо-

ту, связанную с организацией дистанционного обучения [2–3].

Данная работа посвящена созданию программного средства (ПС), предназначенного для организации документооборота в области дистанционного обучения. В статье рассматриваются вопросы выбора способа ведения электронного документооборота, а также определяются инструментальные средства, с помощью которых выполняется разработка.

Способы электронной коммуникации. Процесс обмена электронной корреспонденцией осуществляется через локальные и/или глобальные сети. Сегодня наиболее распространенными способами коммуникации на базе названных сетей являются следующие: на основе протоколов TCP/IP, FTP, с помощью WEB-сервисов и электронной почты. Для создаваемого ПС был выбран последний из указанных способов взаимодействия с использованием протоколов SMTP/POP3/IMAP. Это готовая транспортная система, отличающаяся рядом достоинств, важных для решения поставленной задачи:

- гибкой инфраструктурой;
- независимостью от платформы реализации;
- возможностью масштабирования системы;
- буферизацией и аутентификацией данных.

Таким образом, в результате выбора указанного способа передачи данных обеспечивается надежная доставка сообщений; осуществляется контроль доступа к передаваемым данным; сохраняется хронология поступления сообщений. Предложенный механизм пересылки электронных писем можно реализовать с помощью .NET приложения, используя стандартный класс Smtп Client для отправки писем и какую-либо из существующих библиотек для получения корреспонденции [4].

Однако в работе реализован способ пересылки и обработки сообщений на основе сред-

ства, называемого Microsoft BizTalk Server. Несмотря на то, что данный сервер выпускается с 2000 г., с ним знакома гораздо меньшая аудитория, чем с MS SQL Server. Это объясняется тем, что до недавнего времени BizTalk Server был ориентирован на узкий круг разработчиков в области интеграции бизнес-процессов.

Основные возможности Microsoft BizTalk Server 2006. Microsoft BizTalk Server – это программный продукт компании Microsoft, обеспечивающий возможность автоматизации и управления бизнес-процессами на внутрикорпоративном и межкорпоративном уровнях. Используя BizTalk Server, организации могут создавать распределенные бизнес-процессы, интегрирующие различные приложения внутри предприятия, а также реализующие надежное и безопасное взаимодействие с другими приложениями через Internet [5].

BizTalk построен на архитектуре издателей / подписчиков сообщений. Подписчики могут принимать только определенные сообщения, фильтруемые по их содержанию и свойствам, а также типу издателя. Сообщение в BizTalk в большинстве случаев имеет формат XML, что не является обязательным, однако XML-формат позволяет легко строить взаимодействие и выполнять трансформацию сообщений между различными интегрируемыми приложениями.

BizTalk-приложение снабжается логическим контейнером для хранения всех артефактов (событий) каждого проекта. Это позволяет администраторам работать с BizTalk-приложением как с единым целым, существенно облегчая управление, поиск неисправностей и развертывание бизнес-процессов [6].

В BizTalk Server 2006 появился мастер Flat File, позволяющий использовать «плоский файл» как основу создаваемой XML-схемы.

Поддерживается адаптер POP3, благодаря чему можно получать почтовые сообщения и прикрепленные к ним файлы от любого почтового сервера, работающего по протоколу POP3. Кроме того, в BizTalk Server 2006 имеется возможность отслеживать все некорректные сообщения. Сообщения, не прошедшие необходимые этапы обработки и пересылки, можно направить по заданному маршруту, иначе они попадают в очередь приостановленных сообщений, где их намного сложнее найти и проанализировать.

BizTalk-приложение может быть разнесено на несколько физических серверов, что будет незаметно для пользователя и позволит повысить надежность серверов с точки зрения сохранности данных и обеспечения работоспособности всей системы.

Структура, функции и особенности реализации ПС. В рамках создаваемой программной системы необходимо обеспечить возможность выполнения следующих действий:

1. Создание письма пользователем.
2. Отправка письма требуемому адресату.
3. Хранение информации о пересылаемых сообщениях и данных внутри сообщения, что позволяет оценить активность студента и проверить своевременность ответов преподавателя. Количество обработанных и направленных слушателям писем подсчитывается и является основой для определения нагрузки преподавателя за указанный период.
4. Учет оплаты за обучение, благодаря чему у слушателя есть возможность скачивать необходимые материалы по изучаемому курсу, а также становится доступным электронный адрес тьютора и ассистента.
5. Контроль и учет успеваемости студента: изученные курсы, выполненные лабораторные, практические и тестовые задания, оценки по пройденным дисциплинам.

Все пользователи, работающие с ПС, имеют определенные права доступа в систему, в соответствии с которыми им предоставляются те или иные из перечисленных функций.

Рассмотрим особенности аппаратной и программной реализации документооборота в дистанционном обучении на основе Microsoft BizTalk Server 2006. Он устанавливается только на серверную операционную систему, на которой уже установлена система управления базами данных (СУБД) Microsoft SQL Server 2005. Затем выполняется конфигурирование BizTalk Server. Для разработки ПС использовалась среда Microsoft Visual Studio 2005, куда после инсталляции интегрируются средства разработки проектов BizTalk. ПС предназначено как для использования в локальных сетях, так и в глобальной сети Internet.

Если слушатели находятся в одной локальной сети с сайтом, то электронный документооборот базируется на портах сервера BizTalk, которые физически являются папками на жестком диске. На компьютере каждого студента создаются специальные папки, служащие в процессе обучения входным и выходным портами. Администрируя BizTalk Server, можно создать двунаправленный порт, одновременно принимающий и отправляющий сообщения. Порты создаются при разработке BizTalk – приложения в Visual Studio, а их настройка может быть выполнена здесь или отложена до выполнения и запуска приложения на сервере в BizTalk Server Administration. Опыт показывает, что администрирование удобнее и быстрее выполнять на стороне сервера. Это связано с тем, что при разработке приложения сразу сложно определить

конфигурацию, настройки и месторасположения портов. В них записывается схема сообщения, с которой порт будет работать, маска имени сообщения, абсолютный адрес порта, а также указывается канал, выполняющий первую обработку формата сообщения [5–6].

Разработанное ПС состоит из трех частей: Web-приложения, реализующего пользовательский интерфейс; библиотеки Windows, позволяющей работать с директориями на локальных компьютерах; проекта BizTalk, выполняющего электронный документооборот.

ПС преобразует созданное на сайте электронное письмо в плоский файл (flat file), который получается путем последовательного слияния всех полей сообщения в единый текст с проставлением между ними специальных разделительных символов, в данном случае это символ перевода строки. Далее плоский файл проходит этапы преобразования и обработки механизмом BizTalk Server (рисунок 1). Прежде всего, сообщение попадает во входной канал (Receive pipeline) на входном порту. В данной реализации канал содержит компонент Flat File Disassembler, который преобразует плоский файл в XML файл заданной схемы. Затем сообщение попадает в блок Orchestrations, где над ним выполняются все заданные действия, также здесь задаются действия по работе с базой данных (БД).

В процессе разработки приложения определяется и конкретизируется формат писем. Тема сообщения должна содержать название изучаемого курса и вид активности: вопрос или выполненный тест. BizTalk контролирует соблюдение этих правил. Так, если тема сообщения содержит слово «тест», то в нем должны быть прикрепленные файлы. Их отсутствие свидетельствует об ошибочности сообщения, и оно возвращается отправителю с указанием причины возврата письма.

Если же слушатели разнесены в пределах глобальной сети, то воспользоваться их локальными папками не представляется возможным. В таком случае порты ассоциируются с электронным почтовым ящиком студента. BizTalk Server 2006 имеет возможность работать с электронными ящиками, пересылая между ними сообщения определенного формата. Схема сообщения создается вручную и полностью повторяет структуру электронного письма: получатель, отправитель, тема и тело письма, прикрепленные данные. Сообщение трансформируется в формат XML с соответствующими тегами. В таком виде с использованием механизмов BizTalk Server 2006 оно перемещается между портами.

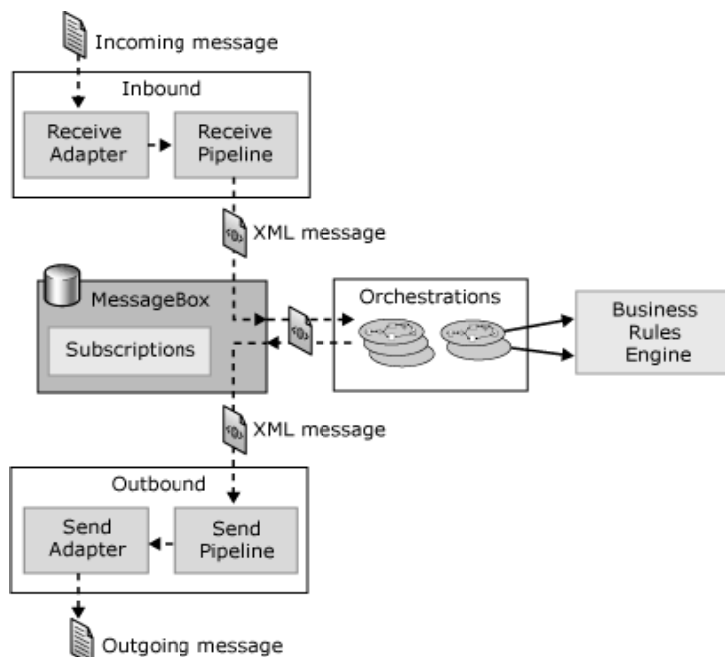


Рисунок 1 – Схема прохождения сообщения через BizTalk Server.

В ПС реализована возможность собирать в очередь сообщения, которые по той или иной причине были признаны некорректными, а затем пересылать их отправителю с пояснением ошибки и рекомендуемыми действиями по ее устранению.

Таким образом, к основным функциям программного средства, организующего процесс дистанционного обучения, относятся:

1. Электронная переписка слушателей с преподавателями или администрирующим персоналом.
2. Массовая рассылка слушателям информации, необходимой для организации учебного процесса: логин и пароль каждому зачисленному студенту, контактные данные администратора, новости, объявления, напоминания.
3. Доступ к электронным материалам курса с предварительной регистрацией и оплатой слушателем изучения данной дисциплины.
4. Прохождение слушателями тестов по каждому изученному курсу с последующим допуском к экзамену.

Модель базы данных ПС. БД является неотъемлемой частью создаваемого ПС. Модель БД сохраняется в СУБД SQL Server 2005. БД состоит из взаимосвязанных таблиц (рисунок 2), содержащих информацию об участниках дистанционного обучения, их действиях в системе, а также хранит процедуры, обеспечивающие выполнение различных операций с данными таблиц.

Главной в информационной модели ПС является таблица Users, хранящая информацию о пользователях системы. Таблица содержит логин, пароль пользователя, его специальность, роль в системе и другую служебную информа-

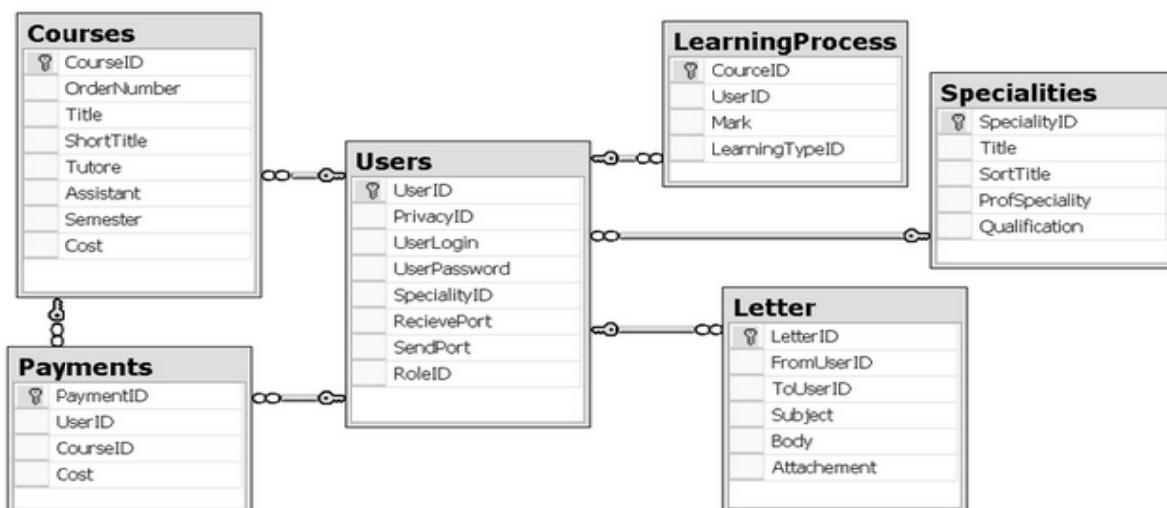


Рисунок 2 – Модель БД.

цию. Она связана с такими таблицами, как Privacy, содержащей личные данные пользователей; Roles, описывающей роли пользователей в системе; Specialties, предоставляющей информацию о специальностях. Кроме того, имеются таблицы Payments, содержащие данные о платежах за обучение каждым студентом; Courses, перечисляющая все курсы с указанием преподавателей и стоимости каждой дисциплины; LearningProcess, несущая информацию об успеваемости студента по каждому пройденному курсу.

Механизм использования хранимых процедур является наиболее удобным и простым способом работы с таблицами БД.

Заключение. Таким образом, в работе предложено решение проблемы программного обеспечения организации дистанционного обучения. Сделан обоснованный выбор способа коммуникации между участниками процесса обучения, предложены архитектурное решение ПС, а также инструментальная база для его создания. Учетные аппаратные и программные особенности документооборота, положенного в основу ПС. Выбран формат сообщений и процедура их обмена. Предложена информационная модель БД. В результате, на базе MS BizTalk Server 2006 спроектировано и реализовано ПС, автоматизирующее документооборот в дистанционном обучении.

Разработанное программное средство соответствует требованиям дистанционного обучения. Оно формализует электронный документо-

оборот, расширяет его возможности, а также упрощает выполнение требуемых действий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тавгень, И.А. Система дистанционного обучения в Беларуси: факторы и перспективы развития / И.А. Тавгень // Белорусский экономический журнал . – 2003. – № 2. – С. 27–32.
2. Глинских, А.В. Современные технологии дистанционного Интернет-обучения / А.В. Глинских // Компьютер-информ. – 2006. – № 21. – С. 22–23.
3. M. Moore, G. Kearsley Distance Education: A Systems View / M. Moore – Belmont, CA: Wadsworth. – 2005. – 200 p.
4. Нейгел К. С# 2005 для профессионалов / К. Нейгел, Б. Ивьен, Дж. Глин.; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс». – 2007. – 320 с.
5. What's new in BizTalk Server 2006 [Electronic resource] – Mode of access: <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/aa562161.aspx>.
6. The BizTalk Server 2006 Messaging Engine [Electronic resource] – Mode of access: <http://technet.microsoft.com/en-us/library/aa578449.aspx>.

SUMMARY

The choice of a communications way between the process participants of distance education is proved. The features of hardware and software of document circulation in distance education on a basis of Microsoft BizTalk Server 2006 are considered, and also the way of transferring and processing of the messages with its help is realized. The multifunctional software for organization of document circulation during distance education is developed. The database model of a software is offered.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦВЕТОВЫХ КЛЕЕВЫХ ЛОВУШЕК ПРОТИВ ОГУРЕЧНОГО КОМАРИКА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Введение. Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур требует эффективной защиты растений от насекомых-вредителей. При разработке и применении систем защиты растений первоочередное место занимает обследование сельскохозяйственных культур с целью определения целесообразности и сроков защитных мероприятий в зависимости от численности вредных и полезных насекомых и их фенологии. Однако традиционные методы учета путем непосредственного осмотра растений весьма трудоемки, нередко не дают оперативной достоверной информации для своевременного решения вопроса о целесообразности и сроках проведения защитных мероприятий.

Большинство вредителей характеризуется непредсказуемостью всплесков размножения. В связи с этим наиболее актуальная задача – наладить точный учет и прогноз вредоносности, определить границы очагов с пороговой численностью и установить оптимальные сроки защитных мероприятий.

В последние годы накоплен значительный опыт использования феромонных и цветочных клеевых ловушек в интегрированных системах защиты многих сельскохозяйственных культур от вредителей [2, 7–8, 10–11].

В феромонных ловушках для активного привлечения взрослых подвижных стадий насекомых применяются аналоги половых феромонов, выделяемых самками для привлечения самцов с целью спаривания. В настоящее время химическим путем получены половые феромоны для целого ряда насекомых-вредителей, однако еще для достаточно большого количества видов экономически значимых вредителей таковые отсутствуют.

Действие цветочных клеевых ловушек основано на зрительных реакциях насекомых. Насекомые взрослой (летающей) стадии привлекаются цветом ловушки и фиксируются ее клейким составом – энтомологическим невысыхающим клеем [2, 6, 10, 12].

Ловушки снижают в 3–4 раза трудоемкость обследований, повышают точность и надежность мониторинга за вредителями. Они прос-

ты в применении, могут быть размещены на любом участке и дают ритмичные сведения о состоянии популяции вредителя в течение всего вегетационного сезона. С помощью клеевых ловушек удается обнаружить появление в теплице единичных особей вредителей значительно раньше, чем путем традиционного обследования растений. Бесспорным преимуществом ловушек является то, что они дают информацию о численности вредителя во взрослой, невредящей стадии, а для подготовки к защитным мероприятиям, при их необходимости, имеется в этом случае 7–10 дней [9–10, 12].

Применение цветочных клеевых ловушек позволяет сдерживать нарастание численности насекомых-вредителей в условиях защищенного грунта [2, 7, 9]. Условием для выполнения этой задачи является своевременное вывешивание ловушек – в период обнаружения в теплицах первых особей, отлов которых предупреждает резкое нарастание численности насекомых. Нужно учитывать, что часто ловушками отлавливаются особи вредителей, еще не успевшие отложить яйца на растения. За счет использования ловушек можно отодвинуть дату первой обработки выращиваемых растений и в целом сократить кратность внесения пестицидов на единицу площади [6, 9, 12].

Цель наших исследований – изучение перспективности использования клеевых цветочных ловушек для выявления, мониторинга и контроля огуречного комарика в условиях защищенного грунта.

Материалы и методы. Исследования проводили на культуре огурца в стационарных теплицах стандартного образца унитарного предприятия «Агрокомбинат “Ждановичи”» на минеральной вате. Цветочные клеевые ловушки вывешивали в теплицах согласно методике, изложенной в пособии по применению феромонных и цветочных ловушек в интегрированных системах защиты сельскохозяйственных культур от вредителей [8].

Опыты по использованию желтых и голубых клеевых ловушек проводили в различные периоды вегетационного сезона в первом и втором культурооборотах огурца с февраля по ноябрь.

Ловушки вывешивали в теплицах в начале, середине и конце учетного ряда на высоте от 1 до 200 см от поверхности субстрата в зависимости от целей исследований.

Повторность опытов 12–18-кратная, ловушка – повторность. Замену ловушек осуществляли каждую декаду. Учет имаго проводили под бинокляром МБС-10, численность имаго огуречного комарика рассчитывали на 10 см² поверхности ловушки.

Полученные данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа [3].

Результаты и их обсуждение. Особый гидротермический режим, который создается в теплицах, способствует не только продуктивному росту растений огурца, но и быстрому размножению насекомых-вредителей. Особенно вредоносны такие виды фитофагов, которые за один вегетационный период дают несколько поколений. Обеспечение в таких условиях нормального фитосанитарного режима, благополучного в отношении защиты растений, должно выступать как единое целое в системе управления формированием урожая и предотвращения его потерь от вредителей. В настоящее время в овощеводческих хозяйствах республики, возделывающих сельскохозяйственные культуры в защищенном грунте, все шире применяется малообъемная технология, предусматривающая использование в качестве субстрата минеральную вату. Ряд вредителей успешно приспособились к подобным условиям и наносят существенный ущерб урожаю.

Среди комплекса насекомых-вредителей комарики-сциариды (Diptera: *Sciaridae*) причиняют значительный ущерб культурам открытого и, в особенности, защищенного грунта [4–5, 15–16], а также культивируемому шампиньону [1, 17]. В тепличных хозяйствах республики в последние годы ощутимый вред растениям огурца наносит огуречный комарик (*Bradysia* (= *Sciara*) *brunnipes* Mg.). Взрослые комарики длиной от 3 до 5 мм темно-серого цвета. Личинки длиной около 6 мм – полупрозрачные, с просвечивающим темным кишечником и черной головой. Зимуют личинки в коконах в почве. Взрослые насекомые вылетают в феврале-марте. Личинки сциарид повреждают корневую систему огурца, реже томата, вредят горшечным культурам в рассадный период [4–5]. Личинки внедряются в корень или основание стебля, проделывая в них ходы, могут также проникать в побеги, касающиеся почвы, и в семядольное колено у всходов. Растения, заселенные личинками комарика, внешне заметны по привяданию вершины стебля и верхушки листьев, особенно интенсивному в солнечную погоду. При большой численности (в кор-

нях одного растения больше 50 личинок) растения теряют тургор и увядают.

Комарики-сциариды помимо прямого вреда наносят еще и косвенный ущерб, являясь переносчиками возбудителей грибных болезней из родов *Pythium*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Phoma*, *Sclerotinia* [13–15]. Цикл развития одного поколения сциарид при температуре 18–20°C длится 26–30 дней. За вегетационный период в условиях защищенного грунта может развиваться 6–8 поколений вредителей.

Появление резистентности у комариков-сциарид к препаратам химического синтеза и требования к получению экологически чистой продукции вынуждают ученых искать альтернативные пути подавления численности вредителей [9, 12, 16]. Наряду с биологическим методом борьбы в интегрированных системах защиты растений применяются биотехнические приемы контроля численности популяций вредителей, в частности, практикуется использование цветных клеевых ловушек для выявления, мониторинга и контроля численности популяций фитофагов открытого и защищенного грунта [2, 7, 10–11].

Известно, что различные участки спектра неодинаково влияют на привлекаемость насекомых [6, 8, 11]. По данным М.О. Петровой, Т.Д. Черменской [6, 7], для имаго тепличной белокрылки наиболее аттрактивным являются ловушки желтого цвета. А для отлова табачного и калифорнийского трипсов более эффективны ловушки голубого цвета [2, 9–10].

Исследования по сравнению аттрактивности цветных клеевых ловушек желтого и голубого цвета в отношении имаго огуречного комарика были проведены в стационарных теплицах УП «Агрокомбинат “Ждановичи”» на минеральной вате. Опыты были осуществлены в первой-третьей декадах марта в период массового вылета вредителя на огурце сорта Вентура.

По данным ряда ученых известно, что огуречный комарик не относится к активно перемещающимся насекомым и держится вблизи корневой шейки растений [4–5]. Указанный факт послужил основанием для того, чтобы опыты по изучению сравнительной аттрактивности желтых и голубых ловушек заложить на высоте от 1 до 40 см от поверхности субстрата. Ловушки вывешивали по следующей схеме: в начале, середине и конце учетного ряда. Повторность опыта 12-кратная, ловушка – повторность. Замену ловушек осуществляли каждую декаду.

Рисунок 1 свидетельствует, что наиболее привлекательными для огуречного комарика оказались клеевые ловушки желтого цвета. Численность имаго огуречного комарика на ловушках желтого цвета была в 1,3–1,5 раза больше, чем на ловушках голубого цвета: в первую декаду –

на 50%, во вторую – на 33,3% и в третью – на 42,1%. Вместе с тем нами отмечена высокая привлекаемость имаго огуречного комарика ловушками не только желтого, но и голубого цвета, что позволяет рекомендовать их для использования в условиях защищенного грунта против огуречного комарика.

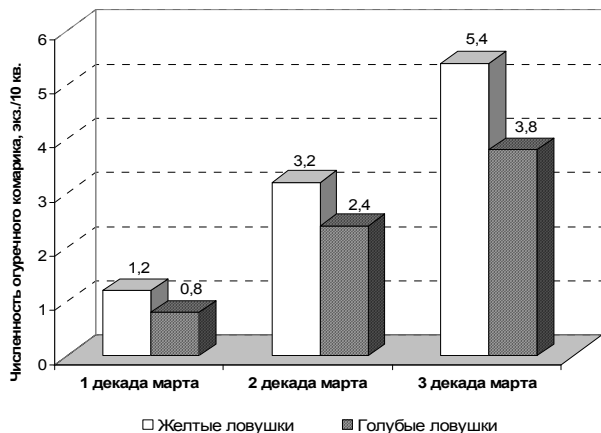


Рисунок 1 – Аттрактивность желтых и голубых клеевых ловушек для имаго огуречного комарика (средние многолетние данные).

Опыты по изучению сезонной динамики численности огуречного комарика в стандартных стационарных теплицах были заложены в УП «Агрокомбинат «Ждановичи»». Исследования проводили в первом и втором культуuroборотах огурца с февраля по ноябрь. Ловушки вывесили в феврале, когда растения огурца пересадили из рассадных отделений на постоянное место в теплицу, по схеме: в начале, середине и в конце учетного ряда на высоте от 1 до 40 см от поверхности субстрата. Повторность опыта 18-кратная, ловушка – повторность. Замену ло-

вушек осуществляли каждую декаду.

Результаты исследований по изучению сезонной динамики численности огуречного комарика показали, что лет вредителя в теплицах в первом культуuroбороте огурца начинался в первой декаде февраля (единичные особи), массовый вылет – в третьей декаде марта. В апреле численность сциарид на ловушках несколько снизилась. Максимальная численность огуречного комарика в первом культуuroбороте огурца отмечена нами во второй декаде мая – соответственно в среднем 5,4 и 4,3 экземпляра на 10 см² поверхности желтой и голубой ловушки (таблица).

Во втором культуuroбороте огурца лет огуречного комарика продолжался на протяжении всего периода вегетации. Численность вредителя возрастала на протяжении августа и к первой декаде сентября достигла своего пика – соответственно в среднем 5,7 и 4,5 экземпляра на 10 см² поверхности желтой и голубой ловушки. Далее наблюдался спад численности, который продолжался до конца вегетационного сезона (вторая декада ноября). Число генераций огуречного комарика, таким образом, достигло 8 поколений за вегетационный сезон.

Оценка сравнительной привлекаемости цветочных клеевых ловушек показала более высокую эффективность желтых ловушек по сравнению с голубыми. На протяжении двух культуuroборотов огурца численность имаго огуречного комарика на желтых ловушках была на 12–66% больше, чем на голубых (таблица).

Таким образом, цветочные клеевые ловушки желтого и голубого цвета могут выступать эффективным биотехническим средством выявления и установления первичных очагов огуреч-

Таблица – Сезонная динамика численности огуречного комарика в первом и втором культуuroборотах огурца в теплице (УП «Агрокомбинат «Ждановичи», средние многолетние данные)

Декада	1-й культуuroоборот огурца		Декада	2-й культуuroоборот огурца	
	Численность имаго огуречного комарика, в среднем экз./10 см ²			Численность имаго огуречного комарика, в среднем экз./10 см ²	
	желтые ловушки	голубые ловушки		желтые ловушки	голубые ловушки
1 декада февраля	0,5	0,3	1 декада августа	4,1	3,3
2 декада февраля	0,7	0,5	2 декада августа	4,3	3,8
3 декада февраля	1,0	0,8	3 декада августа	4,5	4,0
1 декада марта	1,2	0,8	1 декада сентября	5,7	4,5
2 декада марта	2,4	2,7	2 декада сентября	5,3	4,5
3 декада марта	4,3	3,5	3 декада сентября	5,0	3,7
1 декада апреля	4,1	3,3	1 декада октября	4,5	3,5
2 декада апреля	3,8	3,3	2 декада октября	3,8	2,8
3 декада апреля	4,0	3,7	3 декада октября	3,1	2,0
1 декада мая	4,5	3,8	1 декада ноября	3,0	1,8
2 декада мая	5,4	4,3	2 декада ноября	2,3	1,3
3 декада мая	5,2	4,0			
1 декада июня	4,7	3,8			
2 декада июня	4,5	4,0			
3 декада июня	4,5	3,8			

ного комарика, мониторинга его численности на протяжении вегетационного сезона и массового отлова, особенно эффективного при невысокой численности вредителя в начальный период вегетации.

Результаты исследований свидетельствуют о целесообразности включения биотехнических средств в виде цветочных клеевых ловушек в качестве неотъемлемого элемента технологии защиты огурца от вредителей.

Из литературных данных известно, что на эффективность отлова насекомых существенное влияние оказывает высота расположения клеевых ловушек [2, 8, 11]. По данным Г.Л. Харченко [11], оптимальной высотой, при которой происходит наибольший отлов злаковых мух, является высота на уровне верхних листьев зерновых, что вызывает необходимость перемещения ловушек по мере роста растений. Оптимальной высотой для отлова табачного и калифорнийского трипса также является высота на уровне верхних листьев огурца в теплице [2, 9–10].

Перед нами стояла задача – определить оптимальную высоту размещения цветочных ловушек в теплице, на которой происходил бы максимальный отлов вредителя. Исследования по определению оптимальной высоты размещения клеевых ловушек желтого и голубого цвета над поверхностью субстрата и двигательной активности имаго огуречного комарика были проведены в стационарных теплицах УП «Агрокомбинат «Ждановичи»» на минеральной вате. Опыты были заложены в третьей декаде марта в период массового вылета вредителя на огурце сорта Вентура. Ловушки были вывешены по схеме: в начале, середине и конце учетного ряда на высоте от 0 (поверхность субстрата) до 200 см. Повторность опыта 12-кратная, ловушка – повторность. Исследования проводили в течение одной декады. Учет имаго осуществляли под биноклем МБС-10, численность имаго огуречного комарика рассчитывали на 10 см² поверхности ловушки.

В ходе проведения исследований установлено, что имаго огуречного комарика привлекаются ловушками по всей высоте растений огурца, однако максимальное их количество (5–6 особей на 10 см² поверхности ловушки) улавливается на расстоянии до 10 см от поверхности субстрата – 24% от общего количества выловленных насекомых (рисунок 2). Достаточно большое количество вредителей привлекается ловушками до 40 см от поверхности субстрата – от 11 до 16% от общего количества вредителя. На высоте от 0 до 40 см на желтые клеевые ловушки в среднем привлекается на 12,3% больше огуречного комарика, чем на голубые, и, наоборот, на высоте 40–120 см на голубые ловушки в сред-

нем привлекается на 8,5% больше вредителя, чем на желтые. Выше 120 см достоверной разности в аттрактивности между ловушками не отмечено.

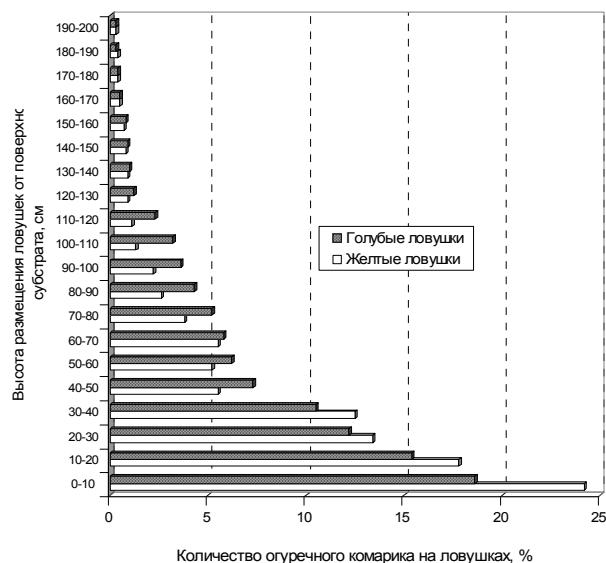


Рисунок 2 – Уловистость клеевых цветочных ловушек в зависимости от высоты размещения (средние многолетние данные).

Таким образом, в отличие от тепличной белокрылки, табачного и калифорнийского трипса, имаго огуречного комарика привлекаются ловушками в теплице главным образом в нижней части растений, что обусловлено особенностями биологии вредителя, наносящего ущерб непосредственно корневой системе растений.

Выводы. Проведенные исследования показали перспективность использования цветочных клеевых ловушек для выявления и установления первичных очагов распространения огуречного комарика в защищенном грунте, мониторинга его численности на протяжении вегетационного сезона.

Результаты опытов свидетельствуют о целесообразности использования цветочных клеевых ловушек для сигнализации о сроках проведения защитных мероприятий, оценки эффективности обработок и массового отлова, особенно эффективного при невысокой численности вредителя в начальный период вегетации. В теплицах со средней и высокой численностью вредителя можно сократить число плановых инсектицидных обработок за счет частичной их замены массовым отловом цветочными клеевыми ловушками.

Экспериментально установлено, что для имаго огуречного комарика наиболее привлекательными являются клеевые ловушки желтого цвета, а оптимальная высота размещения ловушек находится на расстоянии до 40 см от поверхности субстрата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева, К.Л. Грибные комарики – вредители культивируемого шампиньона / К.Л. Алексеева, Е.А. Соколова // Защита и карантин растений. – 1996. – № 4. – С. 42.
2. Борисевич, Л.Н. Использование клеевых ловушек для контроля отряда Thysanoptera // Актуальные проблемы биологической защиты растений: материалы науч.-практ. конф. – г. Минск, 1998. – С. 34–35.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Колос, 1973. — 336 с.
4. Защита тепличных и оранжерейных растений от вредителей: справочник / под ред. С.С. Ижевского, А.К. Ахатова. — М., 1999. — С. 236–239.
5. Кубышина, Н.П. К вопросу биоэкологии огуречного комарика – вредителя огурцов в защищенном грунте / Н.П. Кубышина; Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1992. – Вып. 93. – С. 29.
6. Петрова, М.О. Массовый отлов оранжерейной белокрылки / М.О. Петрова, Т.Д. Черменская // Защита и карантин растений. – 2005. – № 1. – С. 44–45.
7. Петрова, М.О. Эффективность клеевых ловушек при защите тепличных растений / М.О. Петрова, Т.Д. Черменская, В.Н. Буров // Главный агроном. – 2004. – № 4. – С. 26–27.
8. Пособие по применению феромонных и цветных ловушек в интегрированных системах защиты сельскохозяйственных культур от вредителей / ВНИИ защиты растений, ВНИИ карантина растений; сост. Колесова Д.А. и др. – Воронеж: Обл. тип., 1991. – 70 с.
9. Система защиты огурцов от калифорнийского трипса / Е.А. Степаньчева, О.Г. Селицкая, В.Н. Буров, И.В. Шамшев [и др.] // Агрохимия. – 2004. – № 5. – С. 72–77.
10. Степаньчева, Е.А. Цветовые ловушки для выявления и мониторинга калифорнийского трипса // Агро XXI. – 1998. – № 2. – С. 22.
11. Харченко, Г.Д. Оценка цветковых ловушек для выявления вредителей на посевах ячменя // Интегрированная защита растений в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / ВНИИЗР. – Воронеж. – 1991. – С. 35–40.
12. Черменская, Т.Д. Экологичный способ борьбы с оранжерейной белокрылкой / Т.Д. Черменская, М.О. Петрова // Защита и карантин растений. – 2005. – № 7. – С. 42.
13. Gracia-Garza, J.A. Degradation of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* by fungus gnats (*Bradysia coprophila*) and the biocontrol fungi *Trichoderma* spp. / J.A. Gracia-Garza, R.D. Reeleder, T.C. Paulitz // Soil Biol. Biochem. – 1997. – Vol. 29. – P. 123–129.
14. James, R.L. Botrytis cinerea carried by adult fungus gnats (Diptera: Sciaridae) in container nurseries Tree Planters Notes / R.L. James, R.K. Dumroese, D.L. Wenny // Washington. – 1995. – Vol. 46, № 2. – P. 48–53.
15. Jarvis, W.R. Transmission of *Pythium aphanidermatum* to greenhouse cucumber by the fungus gnat *Bradysia impatiens* (Diptera, Sciaridae) / W.R. Jarvis, J.L. Shipp, R.B. Gardiner // Ann. Appl. Biol. – 1993. – Vol. 122. – P. 23–29.
16. Jaworska, M. Porownanie efektywnosci ochrony pieczarek metoda biologiczna i chemiczna // Progress in plant protection. – 1999. – Vol. 39, № 1. – P. 180–186.
17. White, P.F. The effect of sciarid larvae (*Lycoriella auripila*) on mushroom cropping // Mushroom. – 1988. – Vol. 184. – P. 525–52.

SUMMARY

In the article the data on colour sticky traps for cucumber midge control in the protected ground are presented.

For cucumber midge imago the most attractive are yellow colour sticky traps: the pest number in yellow colour traps is 1,3-1,5 times higher than in blue colour traps. Cucumber midge imago are attracted by traps along the whole height of a plant, but their maximum number becomes sticky at a distance of 40 cm from soil and subsoil surface.

УДК 581.4

И.Э. Бученков

МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДАЛЕННЫХ ГИБРИДОВ RIBES И GLOSSULARIA С УДВОЕННЫМ ЧИСЛОМ ХРОМОСОМ

Введение. Первые спонтанные амфидиплоидные формы в роде *Ribes* получены А.Я. Кузьминым в 1938 году [1]. Несколько позже амфидиплоиды были выделены в Нидерландах [2]. Начало искусственной аллополиплоидии у смородины было положено в Швеции [3–4]. Позже амфидиплоидные формы смородины и крыжовника нашли широкое применение в работах зарубеж-

ных ученых [5–7]. В 1960–1961 гг. обработкой прорастающих семян 0,5%-ным водным раствором колхицина И.М. Жиронкин [8] получил амфидиплоиды гибридов *R. altissimum* x *R. nigrum* и *R. altissimum* x *R. rubrum*. Амфидиплоидные формы гибридов *R. nigrum* x *Cr. reclinata* созданы скрещиванием тетраплоидных форм исходных видов Л.С. Санкиным [9], обработкой колхицином семян, завязавшихся от скрещивания смородины

и крыжовника В.В. Лиферовой [10], колхицинированием стерильных смородинно-крыжовниковых гибридов Г.А. Бавтуто [11].

Материалы и методы исследований.

С целью установления степени эффективности метода удвоения хромосом для преодоления стерильности отдаленных гибридов *Ribes* и *Glossularia*, а также для выяснения цитологической основы процессов, обуславливающих восстановление фертильности, изучены амфидиплоиды *R. nigrum* x *Cr. reclinata*, *Cr. reclinata* x *R. nigrum*, *R. nigrum* x *R. rubrum*, *R. rubrum* x *R. nigrum*, полученные в результате обработки колхицином следующих амфигаплоидов нашей селекции [12]: *R. nigrum* x *Cr. reclinata*, *Cr. reclinata* x *R. nigrum*, *R. nigrum* x *R. rubrum*, *R. rubrum* x *R. nigrum*.

Результаты исследований и их обсуждение. Изучение биологических особенностей полученных нами амфигаплоидов показало следующее:

– У гибридов *R. nigrum* x *R. rubrum* большинство признаков носят промежуточный характер. От смородины черной гибрид унаследовал гладкую поверхность побегов, белые кончики на краях зубчиков листа. Доминантным проявляет себя такой признак смородины красной, как отсутствие ароматических железок. Новообразования: увеличение длины цветковой кисти, 2 почки в пазухе одного листа, 2 кисти на одну плодушку. Растения стерильны.

– Гибрид *R. rubrum* x *R. nigrum* от смородины красной унаследовал устойчивость к мучнистой росе и отсутствие ароматических железок. Большинство остальных признаков носят промежуточный характер. Новообразования: мощный высокорослый куст с длинными многоцветковыми кистями, соцветия типа кисте-зонтика. Растения стерильны.

– Гибрид *R. nigrum* x *Cr. reclinata* от смородины черной унаследовал наличие цветка при основании кисти, белые кончики по краям зубчиков листа, отсутствие шипов. От крыжовника гибрид унаследовал отсутствие ароматических железок, узкий гипантий, крупную ребристую завязь. К новообразованиям следует отнести своеобразную форму куста, горизонтальное положение цветочных кистей. Растения стерильны.

– Гибрид *Cr. reclinata* x *R. nigrum* от смородины черной унаследовал частичное опушение оси цветочной кисти, матовую поверхность листовых пластинок, гладкую завязь. От крыжовника гибрид унаследовал цилиндрическую форму гипантия, опушение на столбике пестика. Среди новообразований следует отметить резко направленные вверх, а затем поникающие цветочные кисти. Растения стерильны.

Несмотря на наличие у отобранных форм хозяйственно ценных признаков, устойчивая сте-

рильность не позволяет использовать их непосредственно в практических целях. В связи с этим в качестве метода преодоления стерильности отдаленных гибридов использовали аллополиплоидию. При этом верхушечные почки стерильных амфигаплоидов в стадии набухания обрабатывали 1%-ным раствором колхицина в воде методом наложения желатиновых капсул при экспозиции 36 ч. После обработки почки промывали в воде и проводили стимуляцию 0,001%-ным раствором гетероауксина.

По всем комбинациям скрещиваний обработаны 224 почки. Первоначальный отбор тетраплоидных форм проводили по морфологическим признакам (размеры листьев, характер роста побегов). После колхицинирования стерильных амфигаплоидов многие побеги развивают укороченные междоузлия с листьями полиплоидного типа – крупные, темно-зеленые, кожистые, с неровной поверхностью (рисунок 1). Такие побеги отчеренковывали и укореняли в условиях искусственного тумана. На следующий год отбор амфидиплоидов проводили по результатам цитологического анализа – подсчета числа хромосом в ядрах соматических клеток (рисунок 2). В результате были отобраны амфидиплоидные формы, объединяющие в своем геноме два полных набора хромосом от каждой из родительских форм (таблица 1).

Колхицинирование стерильных амфигаплоидов позволило получить 60 амфидиплоидов. Сравнение характера проявления признаков при удвоении числа хромосом каждого родителя показало, что полученные амфидиплоиды – новые формы ягодного растения. Они нормально плодовые. Их генетическая система устойчива и дает константное тетраплоидное потомство. Вместе с тем анализ морфоанатомических и биологических особенностей амфидиплоидов позволяет выделить признаки, которые отличают их от соответствующих амфигаплоидов (таблицы 2–3).

Амфидиплоид *R. nigrum* x *Cr. reclinata*. Кусты гетерозисные, без шипов. Амфидиплоиды отличаются от амфигаплоидов по характеру поверхности и окраске побегов, плотностью прилегания почечных чешуй, размерами листьев и цветочных кистей. Растения образуют поздно созревающие ягоды массой до 1,4 г, промежуточного типа с ароматной мякотью и матовой кожицей почти черного цвета. Ягоды в кистях по 6–8 штук. Количество семян на один плод – до 10. Завязываемость плодов при свободном опылении – до 53,42%. Содержание нормально сформированных пыльцевых зерен – 68,51–71,74%.

Амфидиплоид *Cr. reclinata* x *R. nigrum*. Кусты гетерозисные с редкими шипами в узлах побегов. Амфидиплоиды отличаются от амфигаплоид-

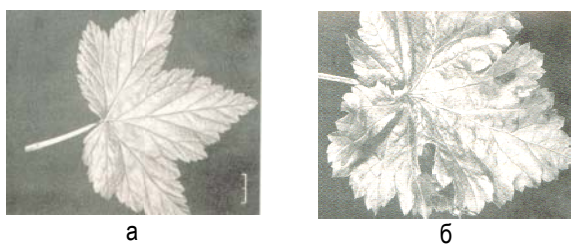


Рисунок 1 – Листья амфигаплоида (а) и амфигаплоида (б) *R. nigrum* x *R. rubrum*.

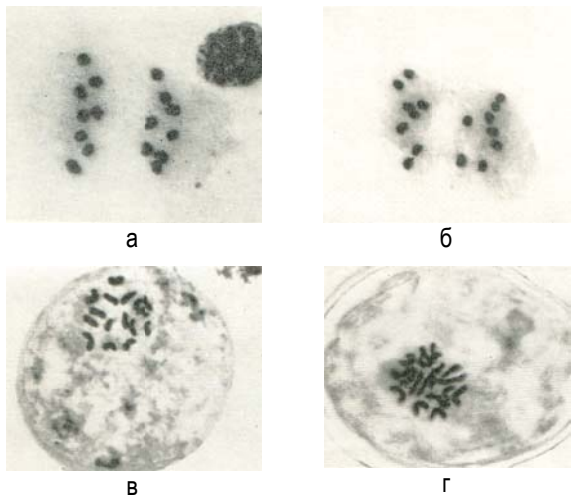


Рисунок 2 – Хромосомы амфидиплоидов и амфигаплоидов смородины и крыжовника:

- а – амфигаплоид *R. nigrum* x *R. rubrum* ($2n=16$, анафаза I мейоза);
- б – амфигаплоид *R. nigrum* x *Gr. reclinata* ($2n=16$, анафаза I мейоза);
- в – амфидиплоид *R. nigrum* x *R. rubrum* ($2n=32$, метафаза I мейоза);
- г – амфидиплоид *R. nigrum* x *Gr. reclinata* ($2n=32$, метафаза I мейоза).

дов по характеру поверхности и окраске побегов, форме почек, степени прилегания почечных чешуй, размерами листьев, соцветий, цветков. Большинство цветков образуют крупные, до 2,4 г ягоды. Ягоды овальные, слегка сплюснутые на полюсах, расположены по 3–6 штук на общей длинной оси. Содержание семян в ягодах – 11–16. Кожица плодов толстая, мякоть – ароматная. Ягоды созревают в середине августа. Завязываемость плодов при свободном опыле-

нии – от 39,83 до 47,58%. Содержание нормально сформированных пыльцевых зерен – до 70,22%.

Таблица 1 – Результаты полиплоидизации стерильных амфигаплоидов смородины и крыжовника

Амфигаплоид	Обработано почек, шт.	Отобрано побегов тетраплоидного типа на основе морфологического анализа		Укоренилось побегов		Отобрано амфидиплоидов на основе цитологического анализа	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%
<i>nigrum</i> x <i>Gr. reclinata</i>	67	36	57,73	23	34,33	18	26,87
<i>nigrum</i> x <i>R. rubrum</i>	72	57	79,17	39	47,22	22	30,55
<i>rubrum</i> x <i>R. nigrum</i>	46	32	69,57	27	58,69	11	23,91
<i>Gr. reclinata</i> x <i>R. nigrum</i>	39	28	71,79	21	53,85	9	23,08

Амфидиплоид *R. nigrum* x *R. rubrum*. Кусты гетерозисные, слабораскидистые с гладкими бурыми побегами. Характерными особенностями являются: плотное прилегание почечных чешуй, увеличенные в сравнении с амфигаплоидами размеры листа, черешка, соцветий и цветков. Положение соцветий на побеге почти горизонтальное. Растения образуют поздно созревающие ягоды, средней массой 1,0 г. Плоды округлые, черные, с 14–18 мелкими семенами. Завязываемость плодов при свободном опылении – 51,37–57,64%. Содержание нормально сформированных пыльцевых зерен – до 74,87%.

Амфидиплоид *R. rubrum* x *R. nigrum*. Растения с компактными кустами гетерозисного типа. Побеги светло-коричневые, почти гладкие. Почки отличаются от амфигаплоидов округло-конической формой и плотным прилеганием почечных чешуй. Размеры листьев, соцветий, цветков более крупные, чем у амфигаплоидов. В конце июля созревают округлые, темно-красные ягоды массой до 0,9 г. Количество семян в плодах – 12–15. Завязываемость плодов при свободном опылении до 59,51%. Содержание нормально сформированных пыльцевых зерен 52,04–68,10%.

Таблица 2 – Сравнительный анализ амфигаплоидов и амфидиплоидов *R. nigrum* x *Gr. reclinata*, *Gr. reclinata* x *R. nigrum*

Признак	<i>R. nigrum</i> x <i>Gr. reclinata</i>		<i>Gr. reclinata</i> x <i>R. nigrum</i>	
	амфигаплоид $2n = 16$	амфидиплоид $2n = 32$	амфигаплоид $2n = 16$	амфидиплоид $2n = 32$
Куст	гетерозисный раскидистый	гетерозисный раскидистый	гетерозисный раскидистый	гетерозисный раскидистый
Побег				
окраска	буровато-коричневая	коричневая	буро-серая	серая
поверхность	сильно шелушащаяся, без шипов	слабо шелушащаяся, без шипов	слабо шелушащаяся, с редкими шипами в узлах	почти гладкая с редкими шипами в узлах
Почки				
форма	удлиненно-коническая	округло-коническая	удлиненно-заостренная	удлиненная с тупой верхушкой
окраска	буро-коричневая	бурая	зеленовато-коричневая	серая
прилегание чешуй	рыхлое	плотное	рыхлое	плотное

Признак	R. nigrum x Gr. reclinata		Gr. reclinata x R. nigrum	
	амфигаплоид 2n = 16	амфидиплоид 2n = 32	амфигаплоид 2n = 16	амфидиплоид 2n = 32
Куст	гетерозисный раскидистый	гетерозисный раскидистый	гетерозисный раскидистый	гетерозисный раскидистый
Лист длина, см ширина, см форма окраска край основание эфирные железки	4,26±0,32 4,38±0,22 3–5-лопастная темно-зеленая крупно-зубчатый деформированное отсутствуют	6,03±0,71 6,27±0,92 3–5-лопастная темно-зеленая городчато-зубчатый усеченное отсутствуют	5,64±0,71 5,12±0,08 3–5 лопастная темно-зеленая двойко-зубчатый деформированное отсутствуют	7,64±0,34 7,03±0,27 3–5-лопастная темно-зеленая городчатый усеченное отсутствуют
Черешок длина, см	2,27±0,38	3,71±0,22	2,67±0,41	4,02±0,59
Соцветие тип длина, см положение	3–8-цветковая кисть 3,97±0,87 почти горизонтальное	6–8-цветковая кисть 5,17±0,24 слегка изогнутое вверх	1–5-цветковая кисть 3,81±0,46 резко направленное вверх, затем поникающее	3–6-цветковая кисть 6,37±0,62 распростертое
Цветок длина, мм диаметр, мм	7,22±0,51 9,21±0,72	9,36±0,21 12,49±0,17	8,32±0,37 12,40±0,11	10,67±0,25 13,81±0,19
Нормально сформированных пыльцевых зерен, %	0	68,51–71,74	0	59,63–70,22
Ягоды средний вес, г форма окраска время созревания	– – – –	1,4 овальная, суженная к основанию черная конец августа	– – – –	2,4 овальная, сплюснутая у полюсов темно-бордовая середина августа
Количество семян, шт./плод	–	7–10	–	11–16
Завязываемость плодов при свободном опылении, %	–	48,61–53,42	–	39,83–47,58
Плодовитость	стерильны	хорошая	стерильны	хорошая
Иммунность	высокая	высокая	высокая	высокая
	высокая	высокая	высокая	высокая

Таблица 3 – Сравнительный анализ амфигаплоидов и амфидиплоидов R. nigrum x R. rubrum и R. rubrum x R. nigrum

Признак	R. nigrum x R. rubrum		R. rubrum x R. nigrum	
	амфигаплоид 2n = 16	амфидиплоид 4n = 32	амфигаплоид 2n = 16	амфидиплоид 4n = 32
Куст	гетерозисный слабораскидистый	гетерозисный слабораскидистый	гетерозисный слабораскидистый	гетерозисный слабораскидистый
Побег окраска поверхность	темно-коричневая гладкая	бурая гладкая	серо-коричневая слабо шелушащаяся	светло-коричневая почти гладкая
Почки форма окраска прилегание чешуй	узкозаостренная светло-коричневая рыхлое	узкояйцевидная светло-коричневая плотное	узкозаостренная светло-коричневая рыхлое	округло-коническая светло-коричневая плотное
Лист длина, см ширина, см форма окраска край эфирные железки	6,98±0,19 7,25±0,09 3–5-лопастная темно-зеленая мелкозубчатый с белыми кончиками отсутствуют	7,34±0,21 7,96±0,18 5-лопастная темно-зеленая крупнозубчатый с белыми кончиками отсутствуют	9,06±0,02 8,97±0,73 5-лопастная светло-зеленая крупнозубчатый с белыми кончиками отсутствуют	10,11±0,60 9,85±0,42 5-лопастная темно-зеленая крупнозубчатый с белыми кончиками отсутствуют

Признак	R. nigrum x R. rubrum		R. rubrum x R. nigrum	
	амфигаплоид 2n = 16	амфидиплоид 4n = 32	амфигаплоид 2n = 16	амфидиплоид 4n = 32
Черешок длина, см	3,92±0,98	4,17±0,19	5,12±0,18	5,95±0,38
Соцветие				
тип	14–16-цветковая кисть	15–18-цветковая кисть	12–16-цветковая кисть	16–20-цветковая кисть
длина, см	7,02±0,18	8,16±0,22	8,41±0,25	9,27±0,16
положение	понижающееся	почти горизонтальное	распростертое	распростертое
Цветок				
длина, мм	6,02±0,13	6,97±0,18	4,11±0,17	4,81±0,14
диаметр, мм	7,18±0,56	7,39±0,12	5,63±0,18	6,13±0,25
Нормально сформированных пыльцевых зерен, %	0	59,21–74,87	0	52,04–68,10
Ягоды				
средний вес, г	–	1,0	–	0,9
форма	–	округлая	–	округлая
окраска	–	черная	–	темно-красная
время созревания	–	начало августа	–	в конце июля
Количество семян, шт. / плод	–	14–18	–	12–15
Завязываемость плодов при свободном опылении, %	–	51,37–57,64	–	53,28–59,51
Плодовитость	стерильны	хорошая	стерильны	хорошая
Иммунность	высокая	высокая	высокая	высокая
Зимостойкость	высокая	высокая	высокая	высокая

Выводы. 1. Колхицинированием стерильных межвидовых и межродовых гибридов смородины и крыжовника получено 60 нормально плодовых амфидиплоидов.

2. Для всех амфидиплоидных растений характерен комплексный иммунитет, высокая зимостойкость, высокий процент нормально сформированных пыльцевых зерен.

3. Амфидиплоиды отличаются от амфигаплоидов по характеру роста и окраске побегов, плотностью прилегания почечных чешуй, формой почек, размерами листьев, соцветий, цветков, количеством плодов в цветочных кистях.

ЛИТЕРАТУРА

- Кузьмин, А.Я. О некоторых результатах межвидовой гибридизации у *Ribes*, *Rubus* и *Fragaria* / А.Я. Кузьмин // Изв. АН СССР. – 1938. – № 3. – Серия биол. – С. 10–15.
- Rietsema, I. Interspecific hybrids in the genera *Ribes* and *Rubus* / I. Rietsema // Rep. 14th Int. Hort. Congr. – 1955. – P. 26–32.
- Nilsson, F. Interspecific hybrids and tetraploids within the genus *Ribes*. / F. Nilsson // Nord. Jordbr. Forskn. – 1951. – P. 31–32.
- Goldschmidt, E. Cytologische Untersuchungen an tetraploiden Pflanzen der Gattung *Ribes* L. / E. Goldschmidt // Hereditas. – 1964. – № 2. – Bd. 52. – S. 52–56.
- Bauer, R. Resistance problems in the genus *Ribes* and possibilities of their solution by making intra- and

intersectional crosses / R. Bauer // Rep. 14th Int. Hort. Congr. – 1955. – S. 18–21.

- Keep, E. Fertile black currant-gooseberry hybrids / E. Keep // Ann. Rep. East Malling Res. Sta. – 1957. – P. 44–52.
- Knight, R. Fruit breeding. / R. Knight. – London, 1962. – 87 p.
- Жиронкин, И.М. Полиплоидия в подсемействе смородинных / И.М. Жиронкин // Докл. сов. ученых к XVI Междунар. конгр. по садоводству. – 1962. – С. 88–92.
- Санкин, Л.С. Экспериментальная полиплоидия и отдаленная гибридизация у ягодных культур / Л.С. Санкин // Тезисы докл. III Всесоюзн. совещ. по полиплоидии. – 1970. – С. 64–68.
- Лиферова, В.В. Получение колхиплоидов и индуцированный мутагенез в селекции садовых растений / В.В. Лиферова. – М., 1974. – 45 с.
- Бавтуто, Г.А. Биологические особенности гибридов от скрещивания черной смородины с крыжовником / Г.А. Бавтуто // Цитогенетические и цитозембриологические методы в селекции плодовых и ягодных культур. – 1974. – С. 12–16.
- Бученков, И.Э. Создание исходного и селекционного материала смородины и крыжовника на основе отдаленной гибридизации и автополиплоидии: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук / И.Э. Бученков. – Жодино, 1998. – 20 с.

SUMMARY

Morphological and biological features of the remote hybrids of a currant black, currants red and a gooseberry with the doubled number of chromosomes are considered.

УДК 582.711.714

А.В. Деревинский, А.Н. Чопчиц

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНОСТИ ИСХОДНЫХ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ФОРМ ЯБЛОНИ

В настоящее время плодоводство стоит перед необходимостью закладки садов интенсивного типа, в которых насаждения яблони вступают в период плодоношения в наиболее короткие сроки и обладают высокой продуктивностью. В системе мероприятий, направленных на решение этой задачи, важное место отводится селекционному улучшению ныне существующего сортимента яблони.

В республике яблоня является ведущей плодовой культурой. Ее плоды – ценный поливитаминный продукт питания для человека и сырье для консервной промышленности. Вместе с тем по результатам проведенной в 1998 г. инвентаризации плодово-ягодных насаждений, около 60% площадей, занятых в том числе яблоней, относятся по качеству к низкому и очень низкому бонитету. Во многом подобная ситуация в сельском хозяйстве сложилась в связи с тем, что в 85% насаждений яблони достигли возраста свыше 20 лет [1]. Широкое внедрение в производство новых сортов во многом зависит от результатов работы селекционеров.

В процессе получения сортов, отвечающих современным требованиям плодоводства, селекционеры сталкиваются с необходимостью создания большого гибридного фонда, занимающего значительные площади в питомниках на протяжении 25–30 лет. Продуктивность растений при этом определяется только с наступлением плодоношения, что значительно затягивает селекционную работу.

В связи с этим особую значимость приобретают проводимые во всем мире исследования, направленные на поиск путей управления продукционным процессом растений и разработку способов диагностики наиболее важных свойств плодовых культур.

Необходимым условием объективности оценки потенциала продуктивности плодовых культур является изучение совокупности показателей, отражающих формирование продуктивности в целом в процессе развития растительного организма.

Основным критерием продуктивности яблони в нашей работе являлось количество плодовых почек в кроне дерева – потенциально возможных пунктов плодоношения, определяющихся уже на II этапе органогенеза [2–3].

Цель исследований – выявление форм яблони с наибольшим потенциалом продуктивно-

сти для последующего использования в селекции.

Объекты исследования: сорт яблони Антей (контроль), полученный в РУП «Институт плодоводства НАН Беларуси» от скрещивания Белорусское малиновое х 59-13/9, позднеосеннего срока созревания; сорт яблони Вербное, полученный в РУП «Институт плодоводства НАН Беларуси» путем искусственного скрещивания гибридов 59-13/24 (Джойс х Уэлси) х 59-13/9 (Бабушкино х Ньютош), позднезимнего срока созревания; сорт яблони Орловская гирлянда, полученный в результате скрещивания Мекинтош х Антоновка обыкновенная, зимнего срока созревания; гибрид яблони ВМ 41497, полученный в Швеции в результате скрещивания Лобо х Dq 23–25, позднеосеннего срока созревания.

Указанные формы были предоставлены нам сотрудниками отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства НАН Беларуси» (пос. Самохваловичи Минского района Минской области). Схема посадки деревьев в селекционном саду – 4 х 2 м. Междурядья на опытных участках содержались под черным паром, защита от вредителей и болезней соответствовала таковой для производственных садов. Проводилась обрезка деревьев.

Материалы и методы исследования. Для проведения биометрических наблюдений выбирали по 3 модельных дерева по общепринятым методикам [4]. На деревьях каждого образца было выбрано по две сходные по силе развития ориентации, расположенные в среднем ярусе кроны, скелетные ветви по общепринятым методикам [4]. На таких ветвях в течение I–IX этапов органогенеза определяли количество плодовых почек, цветков с последующим перерасчетом на все дерево.

Количественный учет опавших завязей проводили в период, когда они достигали величины грецкого ореха по методике [4] – XI этап органогенеза, опавших и оставшихся на дереве плодов – в стадии съемной спелости на XII этапе органогенеза.

Для определения массы плода отбирали по 50 яблок каждого растения, взвешивали их и находили среднюю массу плода по методике [4].

Нахождение индекса закладки плодовых почек, индекса цветения, величины процента опадения завязей на IX этапе органогенеза, процен-

та опадения плодов на XII этапе органогенеза, процента полезной завязываемости проводили по разработанным нами формулам [5].

Оценку достоверности результатов проводили по Б.А. Доспехову [6].

Результаты и обсуждение. В период начала вегетации в кронах деревьев сортов Антей, Вербное, Орловская гирлянда, гибрида ВМ 41497 был произведен учет количества формирующихся плодовых почек, вегетативных почек и их суммарного количества. Данные показали, что в кронах исходных форм закладывалось следующее количество плодовых почек (штук): сорт Антей – 1094±122,5, сорт Вербное – 5413±611,7, сорт Орловская гирлянда – 2398±287,8, гибрид ВМ 41497 – 488±55,1.

Определение количества вегетативных почек, формирующихся в кронах родительских форм, показало, что наибольшими значениями этого показателя характеризовался сорт Вербное – 9920±1102,1 штук. В этом отношении сорт Орловская гирлянда уступил сорту Вербное, так как в его кроне формировалось почти в 2 раза меньше вегетативных почек – 4774±534,7 штук. В кронах деревьев сорта Антей и гибрида ВМ 41497 выявлено приблизительно одинаковое количество вегетативных почек: 2214±243,5 штук и 2348±263,0 штук соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о том, что растения сорта Антей и гибрида ВМ 41497 уступили сорту Вербное по количеству вегетативных почек в кроне в среднем в 4, 3 раза (таблица 1).

Таблица 1 – Данные о количестве почек в кроне деревьев

Вариант	Количество вегетативных почек, шт. на дереве		Количество генеративных почек, шт. на дереве		Суммарное количество почек, шт. на дереве		Индекс закладки плодовых почек, % на дереве	
	Хср.	Sx	Хср.	Sx	Хср.	Sx	Хср.	Sx
Антей	2214	243,5	1094	122,5	3308	366,0	32,07	0,074
Вербное	9920	1102,1	5413	611,7	15333	1713,8	35,30	0,079
Орловская гирлянда	4774	534,7	2398	287,8	7172	822,5	33,44	0,078
ВМ 41497	2348	263,0	488	55,1	2836	318,1	17,21	0,039

Примечание: Хср. – средняя арифметическая, Sx – ошибка средней арифметической.

Анализ данных о суммарном количестве плодовых и вегетативных почек, сформировавшихся в кронах исходных форм яблони, позволил выявить такую же закономерность по данному признаку, как и по количеству вегетативных почек. Наибольшее суммарное количество почек 2 видов было выявлено у сорта Вербное – 15333±1713,8 штук. У растений сорта Орловская гирлянда этот показатель был приблизительно в 2 раза меньше, чем у сорта Вербное – 7172±822,5 штук. Наименьшие значения суммы пло-

вых и вегетативных почек были отмечены в кронах деревьев сорта Антей и гибрида ВМ 41497: 3308±366 штук и 2836±318,1 штук соответственно.

Изучение индекса закладки плодовых почек в кронах деревьев показало, что различия между сортами Антей, Вербное, Орловская гирлянда выражены в меньшей степени, чем по количеству плодовых, вегетативных почек и их сумме. Величина данного показателя принимала следующие значения (%): сорт Антей – 32,07±0,074, сорт Вербное – 35,3±0,079, сорт Орловская гирлянда – 33,44±0,074. Исключение составил гибрид ВМ 41497, у которого индекс закладки плодовых почек был равен 17,21±0,039. Такая особенность этого гибрида является следствием наименьшего количества плодовых почек, сформировавшихся в кроне, по сравнению с изученными сортами (таблица 1).

На IX этапе органогенеза, характеризующимся массовым цветением деревьев, был произведен учет количества образовавшихся на них цветков. Значения данного признака распределились в основном таким же образом, как и по количеству плодовых почек, заложившихся в кроне деревьев. Наибольшее количество цветков в кроне отмечено у сорта Вербное – 16681±1834,9 штук. Данный показатель был приблизительно в 2 раза меньше у сорта Орловская гирлянда – 7799±935,9 штук. Сорт Антей уступил сорту Вербное по количеству цветков на дереве приблизительно в 5 раз, что означало формирование 3410±375,1 цветков. Среди всех исходных форм у гибрида ВМ 41497 в кроне образовалось наименьшее количество цветков – 1248±139,8 штук, что было в 13,4 раза меньше, чем у сорта Вербное.

Исследование индекса цветения показало, что различия между сортами Антей, Вербное, Орловская гирлянда выражены в меньшей степени, чем по количеству цветков на дереве. Данный признак принимал следующие значения (%): сорт Антей – 311,7±0,692, сорт Вербное – 308,17±0,687, сорт Орловская гирлянда – 325,23±0,781. Гибрид ВМ 41497 уступил по данному показателю всем сортам: его значение составило 255,74 ± 0,575%, что является следствием закладки наименьшего количества плодовых почек по сравнению с сортами.

Массовая редукция цветков и завязей сразу после цветения, соответствующая X этапу органогенеза, а затем июньское опадение плодов в ходе XI этапа органогенеза – результат отсутствия у деревьев достаточного количества ассимилятов, необходимых для формирования плодов из всего количества заложившихся цветков [2]. В ходе XI этапа органогенеза нами был проведен учет количества завязей, достигших величины грецкого ореха.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в кронах сортов Вербное и Орловская гирлянда формировалось наибольшее количество завязей указанной величины (штук): $494 \pm 66,7$ и $414 \pm 50,1$ соответственно. Величины грецкого ореха у гибрида ВМ 41497 достигли $228 \pm 27,4$ завязей, что было в 2,17 раза меньше, чем у сорта Вербное, и в 1,82 раза меньше, чем у сорта Орловская гирлянда. Самое низкое значение исследуемого показателя было отмечено у сорта Антей. Количество завязей, достигших величины грецкого ореха, у сорта Антей составило $120 \pm 14,4$ штук, что было в 4,12 раза меньше, чем у сорта Вербное, и в 1,9 раза меньше, чем у гибрида ВМ 41497.

В ходе анализа полученных данных было выявлено, что родительские сорта Антей, Вербное, Орловская гирлянда незначительно отличались по величине процента опадения завязей. Данный показатель варьировал у этих сортов в узких пределах: $94,69 \pm 0,013$ – $97,04 \pm 0,051$ (%). Гибрид ВМ 41497 характеризовался наиболее низким процентом опадения завязей – $81,73 \pm 0,042$ (таблица 2).

Наибольшее количество плодов достигло стадии съёмной спелости у сортов Вербное и Орловская гирлянда: $494 \pm 66,7$ штук и $413 \pm 50,2$ штук соответственно. У гибрида ВМ 41497 этот показатель составил $228 \pm 27,4$ штук, что было в среднем в 2 раза меньше, чем у сортов Вербное и Орловская гирлянда. В кроне деревьев сорта Антей было отмечено $120 \pm 14,4$ плодов, достигших стадии съёмной спелости, что было в 4,12 раза меньше, чем у сорта Вербное, и в 1,9 раза меньше, чем у гибрида ВМ 41497. Аналогичная закономерность была выявлена ранее при сравнении родительских форм по количеству завязи в стадии грецкого ореха (таблица 2).

Процент полезной завязываемости находился у родительских сортов в пределах $2,96 \pm 0,07\%$ – $5,3 \pm 0,013\%$. Гибрид ВМ 41497 характеризовался наибольшим значением этого показателя – $18,27 \pm 0,042\%$ (таблица 2). Принимая во внимание полученные экспериментальным путем данные и сравнивая их с результатами других исследователей [2, 7], можно предположить, что у растений сортов Антей, Вербное, Орловская гирлянда

Таблица 2 – Эффективность реализации потенциала продуктивности сортов и гибридов яблони

Вариант	Количество завязей в стадии грецкого ореха, шт.		Количество плодов в стадии съёмной спелости, шт.		Процент опадения, %				Процент полезной завязываемости, %		Средняя масса плода, г		Средний урожай, кг/дерево	
	Хср.	Сх.	Хср.	Сх.	завязей		плодов		Хср.	Сх.	Хср.	Сх.	Хср.	Сх.
Антей	120	14,4	120	14,4	96,48	0,008	–	–	3,52	0,008	98,4	6,05	11,8	0,73
Вербное	494	66,7	494	66,7	97,4	0,051	–	–	2,96	0,007	79,6	4,86	39,3	2,48
Орловская гирлянда	414	50,1	413	50,2	94,69	0,013	0,24	0,2	5,30	0,013	51,6	2,72	21,3	1,12
ВМ 41497	228	27,4	228	27,4	81,73	0,042	–	–	18,3	0,042	76,1	3,23	17,3	0,74

Примечание: Хср. – средняя арифметическая, Сх – ошибка средней арифметической.

Предуборочное опадение завязей соответствует XII этапу органогенеза. По оценкам специалистов, высокий урожай может быть получен в тех случаях, когда в зависимости от сорта и силы цветения в плоды реализуется 3–10% исходного количества цветков [2, 7]. Вместе с тем коэффициент корреляции между урожайностью сорта и процентом полезной завязываемости принимает у саженцев низкие значения – $g = 0,32 \pm 0,03$ [4].

Полученные нами данные о процессах эффективности реализации потенциала продуктивности на XII этапе органогенеза показали, что процент предуборочного опадения плодов у сорта Орловская гирлянда составил 0,24%. Вместе с тем у сортов Антей, Вербное, гибрида ВМ 41497 опадения плодов выявлено не было (таблица 2).

должен быть получен более высокий урожай по сравнению с растениями гибрида ВМ 41497.

Выдвинутое нами предположение во многом подтвердилось (таблица 2). При массе плода $79,6 \pm 4,86$ г у растений сорта Вербное был получен наиболее высокий урожай – $39,3 \pm 2,48$ кг. Сорт Орловская гирлянда уступает по урожаю сорту Вербное в 1,85 раза – $21,3 \pm 1,12$ кг, что является следствием формирования плодов меньшей массы – $51,6 \pm 2,72$ г.

У гибрида ВМ 41497 урожай составил $17,3 \pm 0,74$ кг, что в 2,3 раза меньше, чем у сорта Вербное. При этом различия в массе плода у сорта Вербное и гибрида ВМ 41497 были незначительными: у гибрида ВМ 41497 масса плода равна $76,1 \pm 3,23$ г. Исключение составил сорт Антей. Несмотря на то что процент полезной завязываемости у данного сорта составлял оптимальную

величину $3,52 \pm 0,008\%$, урожай с одного дерева в среднем был равен $11,8 \pm 0,73$ кг. При этом масса плода у сорта Антей составила $98,4 \pm 6,05$ г, что в 1,24 раза больше, чем у сорта Вербное. Данный факт можно объяснить тем, что в кроне деревьев сорта Вербное в стадии съемной спелости находилось в 4,12 раза больше плодов, чем у деревьев сорта Антей.

Заключение. На основании полученных данных можно сделать вывод, что сорта яблони Вербное и Орловская гирлянда характеризуются наибольшим потенциалом продуктивности и более эффективной его реализацией в процессе вегетации по сравнению с сортом Антей и гибридом VM 41497. В связи с этим сорта Вербное и Орловская гирлянда отличаются более высокими значениями массы урожая, полученных с дерева по сравнению с сортом Антей и гибридом VM 41497. Наиболее крупные плоды характерны сортам Антей, Вербное и гибриду VM 41497 по сравнению с сортом Орловская гирлянда.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Леонович, И.С.* Производственно-биологическая характеристика конструкций яблоневых садов на клоновых подвоях: автореф. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07 / РУП «Институт плодоводства НАН Беларуси». – Самохваловичи, 2002. – 22 с.
2. *Исаева, И.С.* Продуктивность яблони (процесс формирования) / И.С. Исаева. – М.: Изд-во БГУ, 1989. – 149 с.

3. *Самусь, В.А.* История развития и основные итоги деятельности Белорусского научно-исследовательского института плодоводства / В.А. Самусь, А.М. Криворот, Л.И. Носевич // Плодоводство: науч. тр. / Бел. науч.-исслед. ин-т плодоводства. – Самохваловичи, 2000. – Т. 13. – С. 13–18.
4. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1973. – 495 с.
5. *Деревинский, А.В.* Морфофизиологические критерии ранней диагностики яблони на продуктивность: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. – Минск, 2005. – 259 с.
6. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. *Переяслова, Л.Б.* Морфофизиологические особенности формирования и реализации потенциала продуктивности яблони сортов Апорт и Заря Алатау / Л.Б. Переяслова / Всесоюзный НИИ садоводства им. И.В. Мичурина. – Мичуринск, 1986. – Вып. 46. – С. 34–38.

SUMMARY

The comparative analysis of processes of formation and realization of potential of efficiency of grades of an apple-tree of the Belarus and Swedish selection at the basic stages of the vegetative period is made. The forms which are differed by the greatest values of the studied parameters are found. The purpose of their further use in selection is revealed.

УДК 582.548.21:[58:069.029]

Е.В. Жудрик, И.Э. Бученков

МОРФОАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРЕЛИТЦИИ КОРОЛЕВСКОЙ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА ЦБС НАН БЕЛАРУСИ

Введение. Стрелитция королевская (*Strelitzia reginae* Banks.) – перспективная декоративная культура для промышленного выращивания в условиях закрытого грунта Республики Беларусь. Она позволяет пополнить ассортимент цветочных срезочных культур благодаря высокой декоративности своих соцветий, продолжительности цветения и сохранения в срезке, а также устойчивости к заболеваниям и относительной неприхотливости к условиям выращивания.

Несмотря на хозяйственное значение и давние сроки введения в культуру, анатомо-морфологические особенности органов стрелитции в процессе их роста и развития до последнего времени остаются малоизученными. Интродукция растений в новые условия обитания привно-

сит определенные изменения в процесс взаимодействия культуры с внешней средой, меняются сроки прохождения этапов онтогенеза, особенности размножения и развития растения.

Известно, что взаимодействие растений с внешней средой особенно ярко проявляется на внутренней структуре органов. В этом отношении изучение анатомической структуры стрелитции в онтогенезе важно с точки зрения современных проблем интродукции, акклиматизации и экологии. Кроме того, исследование анатомических особенностей стрелитции королевской позволяет расширить область исследования данной культуры в целях ее комплексной оценки.

Единичные анатомические исследования стрелитции королевской проводились в 1974 г.

австралийскими учеными – Д. Симпсоном (D.J. Simpson), М. Бэйкаром (M.R. Baqar) и Т. Ли (T.H. Lee) [3]. Изучался пигментный состав и ультраструктура хромопластов чашелистиков стрелитции. Шведскими учеными Е. Кронштедт и Б. Уоллесом (E. Kronstedt, B. Wallis) исследован морфогенез пыльцевых трубок, особенности строения пыльника стрелитции королевской [1–2]. Комплексных данных по анатомии данной культуры, изменению анатомо-морфологических показателей в процессе онтогенеза в литературе не встречается. Подобные исследования в условиях Беларуси также не проводились. Это определило **цель нашего исследования** – изучить анатомо-морфологические особенности стрелитции королевской в процессе роста и развития ее органов.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в рамках государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Ресурсы растительного и животного мира» (2006–2010 гг.). Изучение морфо-анатомических особенностей стрелитции королевской проводили на опытном участке карантинного питомника ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» и в исследовательской лаборатории УО «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка». Анатомические срезы проводили по общепринятым методикам [4, 6]. Описание анатомических признаков велось в динамике роста и развития растений. Микроскопические измерения проводили при помощи окуляр-микрометра, при этом измеряли толщину листа (в средней его части), эпидермис, высоту палисадных клеток, толщину губчатой паренхимы на 30 препаратах. Кроме того, исследовали анатомические особенности корня, листовой пластинки, черешка листа растений разного возраста, семени, пыльцы. В процессе исследования объектов использовали микроскоп Axioskop 2 Plus с фотонасадкой и фотокамерой Canon. Статистическая обработка данных проведена по методике Г.Н. Зайцева [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Семя является конечным этапом полового воспроизведения растения и представляет собой оплодотворенный видоизмененный семязачаток. Семена стрелитции королевской заключены в плод – локулицидную коробочку. Коробочка этой культуры имеет жесткие древеснистые стенки. Семя стрелитции королевской имеет эндосперм, зародыш с одной семядолей и семенную кожуру с ариллузом ярко-оранжевого цвета (рисунок 1). Зародыш стрелитции хорошо дифференцирован, прямой, линейный, беловатого оттенка (рисунок 2). Эндосперм белый, пенопластообразный. Семенная кожура черного цвета, очень плотная, пропитана су-

бериноподобным компонентом, имеет ариллуз ярко-оранжевого цвета, который играет важную роль в распространении семян. Семя стрелитции округлой формы, черное с маслянистым отливом, поверхность семенной кожуры гладкая.

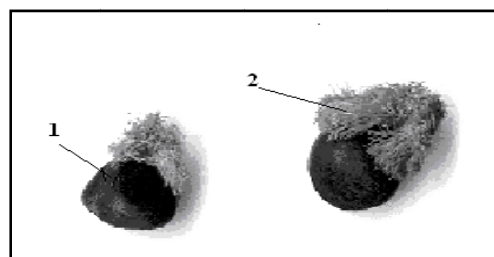


Рисунок 1 – Внешний вид семян стрелитции королевской: 1 – семя стрелитции королевской; 2 – ариллуз.

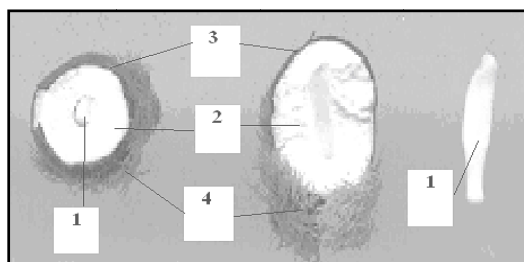


Рисунок 2 – Строение семени стрелитции королевской: 1 – зародыш семени; 2 – эндосперм; 3 – семенная кожура; 4 – ариллуз.

Прорастание семян стрелитции – подземное с семядолей, остающейся под землей (гипогеальное). Семядоля гиперфильная компактная, не ассимиляционная, остается в эндосперме и функционирует в качестве гаустории. Щиток оболочковый. Подсемядольное колено разрастается, образуя подобие протокорня, на котором образуется точка роста. Впоследствии из нее формируется почка с зачатком первого низового чешуевидного листа. В фазе первого настоящего листа наряду с корневым питанием продолжается частичное гетеротрофное питание за счет семядоли.

Проросток имеет заметную муфточку. Междоузлия гипокотилля (корневой оси) отсутствуют. Мезокотиль отсутствует. Имеется колеоптиль (первый листовой примордий). Отмечены кроющие листья проростка. Первый настоящий лист дорсивентральный. Первичный корень постоянный (рисунок 3).

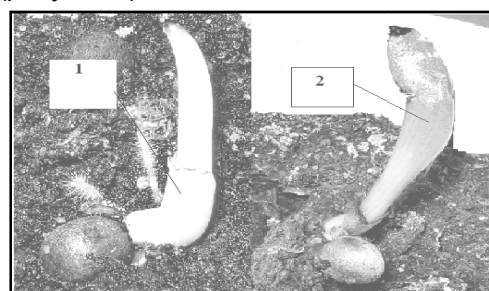


Рисунок 3 – Проросток стрелитции королевской на разных стадиях развития.

1 – муфточка проростка, 2 – первый настоящий лист.

Анатомические особенности корня стрелитции были исследованы на срезах боковых корней однолетних и двулетних саженцев этой культуры. Корень стрелитции имеет типичное для однодольных растений строение. Снаружи располагается эпидермис, далее следует кортекс. Центральный цилиндр отделен от кортекса эндодермой и перициклом. В центральном цилиндре четко видны сосуды ксилемы, расположенные в паренхиме (рисунок 4). С возрастом количество слоев структурных элементов корня и соответственно его размеры увеличиваются (таблица 1), а новообразования не наблюдаются. Так, диаметр корня в течение одного года увеличивается на 35,0%, в том числе диаметр центрального цилиндра – на 36,2%, размеры кортекса – на 34,2%, размеры эпидермиса – на 50%.

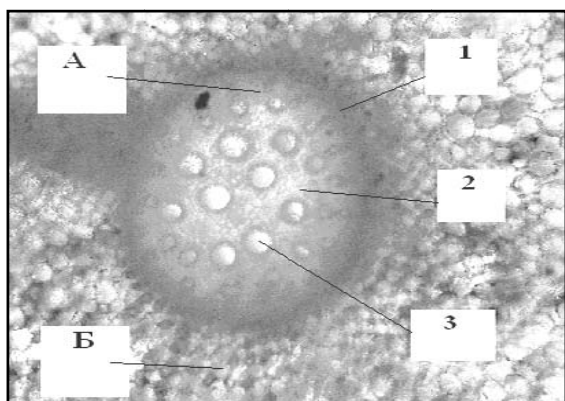


Рисунок 4 – Поперечный срез корня стрелитции королевской в области центрального цилиндра (увеличение $\times 10 \times 0,25 \times K7$):

А – центральный цилиндр; Б – кортекс; 1 – эндодерма; 2 – тонкостенная паренхима; 3 – ксилема.

Таблица 1 – Особенности анатомического строения корня стрелитции королевской в зависимости от возраста растений

Возраст растения, в годах	Диаметр корня, мкм ($\pm \sigma^1$)	Диаметр центрального цилиндра, мкм ($\pm \sigma$)	Размер кортекса (расстояние от центр. цилиндра до эпидермиса), мкм ($\pm \sigma$)	Размер эпидермиса, мкм ($\pm \sigma$)
1	6212,7 \pm 2,2	811,9 \pm 0,8	2647,5 \pm 0,4	52,9 \pm 0,3
2	9531,0 \pm 6,7	1270,8 \pm 6,6	4024,2 \pm 0,8	105,9 \pm 0,7

Анатомические особенности листа изучали у растений разного возраста (однолетних, двулетних, четырехлетних, шестилетних). Поперечные срезы проводили в области главной и боковых жилок. Отмечали особенности анатомической

структуры, размеры верхнего и нижнего эпидермиса, столбчатой и губчатой паренхимы, размеры жилок и воздухоносных полостей, их изменения в процессе роста и развития (таблицы 2–3).

Анализ данных анатомических исследований листа стрелитции королевской показал, что в процессе онтогенеза данной культуры происходит рост органа за счет увеличения количества слоев тканей листа либо за счет увеличения размеров клеток. Эпидермис листа представлен 2–3 слоями на протяжении всей жизни растения, рост происходит за счет растяжения и увеличения клеток: от 11,2 до 105,9 мкм в области главной жилки и от 11,2 до 67,1 мкм в области боковой жилки (таблицы 2–3).

На первом году жизни растения верхний и нижний эпидермис представлены одним слоем, их размеры идентичны. Со второго года наблюдается увеличение размеров верхнего эпидермиса по сравнению с нижним в области главной жилки в среднем на 64,1%, затем, с возрастом, эта цифра незначительно уменьшается. На четвертом году она снижается до 53,9%, на шестом – до 43,1%. В области же боковой жилки процентное соотношение размеров верхнего и нижнего эпидермиса растет по мере взросления культуры. Так, на втором году жизни верхний эпидермис увеличивается на 33,2% больше, чем нижний, на четвертом году – на 40%, а к шестому году разница составляет 47,4%.

Таким образом, следует отметить, что более интенсивное увеличение слоев и размеров покровной ткани происходит в верхнем эпидермисе по сравнению с нижним, по мере роста и развития растения. Максимальный рост клеток верхнего эпидермиса в сравнении с нижним в области главной жилки происходит на втором году жизни, а затем постепенно уменьшается, в то время как в области боковой жилки наблюдается поступательное увеличение размеров эпидермиса по мере взросления культуры.

Размеры и количество слоев ассимиляционной ткани увеличиваются с возрастом (с 183,3 до 2372,1 мкм в области главной жилки, с 56 до 511,9 мкм в области боковой жилки). Увеличение ассимиляционной ткани особенно выражено в период интенсивного роста растений (2–4 год). С четвертого года жизни отмечается появление в области главной жилки воздухоносных полостей, которые увеличиваются по мере роста растения. Наличие этих полостей обусловлено особенностями места естественного произрастания культуры. Стрелитции обитают в болотистой местности. В связи с дефицитом кислорода в почве у растений возникает анатомическая адаптация – воздухоносная ткань – аэренхима. Наличие воздухоносных полостей позволяет

¹ σ – стандартное отклонение.

Таблица 2 – Особенности анатомического строения листа стрелитции королевской в области главной жилки в зависимости от возраста растений

Возраст растения, в годах	Верхний эпидермис		Нижний эпидермис		Мезофилл листа				Диаметр жилок, мкм, ($\pm \sigma$)	Диаметр воздухоносных полостей, мкм, ($\pm \sigma$)
	мкм, ($\pm \sigma$)	Количество слоев	мкм, ($\pm \sigma$)	Количество слоев	столбчатый		губчатый			
					мкм, ($\pm \sigma$)	Количество слоев	мкм, ($\pm \sigma$)	Количество слоев		
1	11,2 \pm 0,1	1	11,2 \pm 0,1	1	92,8 \pm 0,2	4	90,5 \pm 0,3	2	78,4 \pm 0,3	нет
2	40,3 \pm 3,0	3	14,5 \pm 3,2	1	342,7 \pm 4,1	12	311,4 \pm 3,2	5	105,3 \pm 0,4	нет
4	34,0 \pm 0,5	3	17,9 \pm 3,2	1	385,3 \pm 5,1	11	817,6 \pm 4,7	14	201,6 \pm 0,1	515,2 \times 750,4 \pm 0,3
6	105,9 \pm 0,1	2	60,1 \pm 9,5	2	1503,8 \pm 9,5	23	868,3 \pm 6,1	14	331,8 \pm 0,4	635,4 \pm 0,1

увеличить запас кислорода, необходимого для дыхания.

Черешок листа уже на ранних стадиях онтогенеза имеет воздухоносные полости, расположенные симметрично. На первом году закладывается 6 полостей, расположенных вокруг центрального цилиндра (рисунок 5), затем количество полостей увеличивается (рисунок 6).

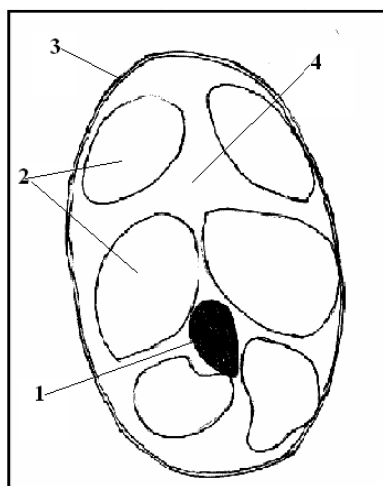


Рисунок 5 – Схема поперечного среза черешка стрелитции королевской (1 год):

1 – центральный цилиндр; 2 – воздухоносные полости; 3 – эпидермис; 4 – основная паренхима.

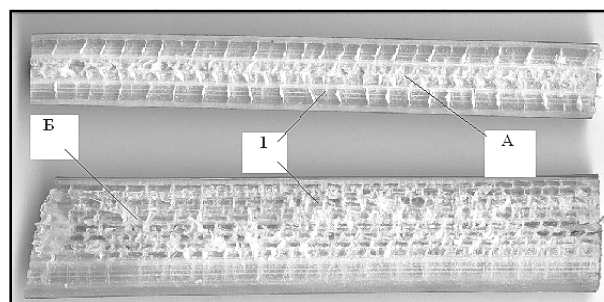


Рисунок 6 – Продольный срез черешка стрелитции королевской:

А – четырехлетнее растение; Б – шестилетнее растение; 1 – воздухоносные полости.

Наличие воздухоносных полостей в черешке растения доказывает предположение о развитии аэренхимы как адаптации к экологическим условиям произрастания.

Устьица у стрелитции королевской слабо циклотированные, располагаются на нижнем эпидермисе группами (рисунки 7–8). Группы устьиц имеют прямоугольную или трапециевидную форму. Количество устьиц в группе варьирует от 12 до 26. Количество устьиц в поле зрения микроскопа при увеличении 10 \times 0,25 \times 10 \times /23 составляет от 232 до 250 штук, при увеличении 20 \times 0,25 \times 10 \times /23 – от 84 до 97 штук.

Таблица 3 – Особенности анатомического строения листа стрелитции королевской в области боковой жилки в зависимости от возраста растений

Возраст растения, в годах	Верхний эпидермис		Нижний эпидермис		Мезофилл листа				Диаметр жилок, мкм, ($\pm \sigma$)
	мкм, ($\pm \sigma$)	Количество слоев	мкм, ($\pm \sigma$)	Количество слоев	столбчатый		губчатый		
					мкм, ($\pm \sigma$)	Количество слоев	мкм, ($\pm \sigma$)	Количество слоев	
1	11,2 \pm 0,1	1	11,2 \pm 0,1	1	33,6 \pm 0,1	3	22,4 \pm 0,1	1	67,2 \pm 0,3
2	23,5 \pm 2,5	2	15,7 \pm 4,2	1	170,2 \pm 3,2	6	109,7 \pm 3,4	3	112,0 \pm 0,4
4	28,0 \pm 5,6	3	16,8 \pm 4,3	1	311,4 \pm 4,1	7	250,8 \pm 5,1	4	98,6 \pm 0,4
6	67,1 \pm 1,3	3	35,3 \pm 0,1	2	282,4 \pm 2,7	12	229,5 \pm 4,2	7	127,1 \pm 0,7

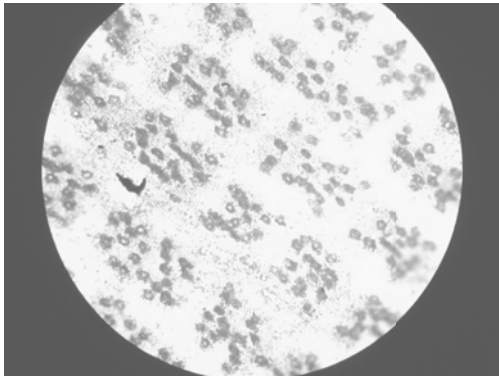


Рисунок 7 – Нижний эпидермис листа стрелитции королевской с устьицами (увеличение $10 \times 0,25 \times 10 \times / 23$).

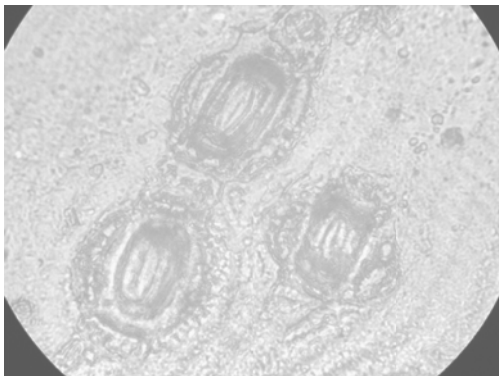


Рисунок 8 – Устьица стрелитции королевской (увеличение 1200).

Стадия генеративного развития стрелитции начинается на 4–6 год культуры. Соцветия образуются в пазухах листьев. Парциальные соцветия – завитки, в которых цветки обращены только кверху. Цветение начинается с нижних завитков. Сегменты околоцветника располагаются по 3 в 2 круга, окраска и функции сегментов наружного и внутреннего кругов дифференцированы (рисунок 9).

У открывающегося цветка стрелитции два ланцетных чашелистика, обращенных к главной оси соцветия, стоят почти вертикально над горизонтально расположенным кроющим листом. Под чашелистиком тоже почти вертикально поднят небольшой лепесток. Два других, значительно более крупных, срастаются вместе с третьим чашелистиком и все вместе зажаты кроющим листом. Эти парные лепестки срастаются в единый стреловидный заостренный орган с продольным килем. Сложенные края этого органа держат упругий столбик и пять длинных тычинок. Ярко-синий или фиолетовый цвет лепестков контрастирует с оранжевым цветом чашелистиков, что служит для привлечения птиц – опылителей.

Гинецей синкарпный, из трех плодолистиков, завязь трехгнездная, нижняя с многочисленными анатропными семязачатками; столбик с трехлопастным рыльцем (лопасти линейные), намного длиннее завязи, нитевидный. Плацентация

пазушная. Яйцеклетки по 20–50 в гнезде (множественные), присемянные, анатропные, двуболочковые, плоскочеточные. Зародышевый мешок развивается по Polygonum-типу [7]. Формируются 3 антиподные клетки, не увеличивающиеся, кратковременные. Синергиды грушевидные. Формирование эндосперма – нуклеарное.

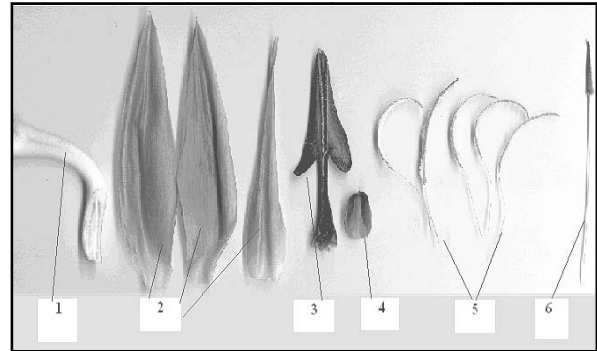


Рисунок 9 – Части цветка стрелитции королевской: 1 – цветоножка; 2 – чашелистики; 3 – стреловидный орган из сросшихся лепестков; 4 – вертикальный лепесток; 5 – тычинки; 6 – пестик.

Тычинки с двухгнездными линейными пыльниками, имеют упругие и прочные нити. Пыльцевые зерна крупные, с безапертурной оболочкой, слипаются хлопьями благодаря нитевидным образованиям, окружающим их в пыльнике. Размер пыльцевых зерен 88,3 мкм, форма округлая, гладкая (рисунок 10). Зерна двуклеточные, почти лишены экзины, но имеют толстую энтину. Пыльники закреплены у основания и растрескиваются через продольные щели.

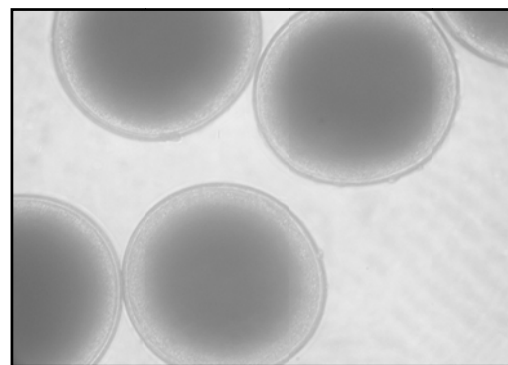


Рисунок 10 – Пыльцевые зерна стрелитции королевской (увеличение 1200).

Выводы. На основании проведенных исследований установлено, что:

1. Анатомическое строение стрелитции королевской отражает приуроченность данной культуры к определенным экологическим условиям района произрастания (болотистые места обитания и берега рек Южной Африки). Дефицит кислорода в почве, излишняя увлажненность привели к образованию азренхимы в листьях и черешках стрелитции как адаптации к внешним условиям.

2. Особенности анатомии вегетативных органов культуры соответствуют таковым у однодольных растений. В процессе онтогенеза, в период активного роста и развития стрелитции (2–5 год), отмечается интенсивное формирование ассимиляционной ткани и аэренхимы.

3. Семя стрелитции королевской имеет белый, пенопластообразный эндосперм, прямой зародыш с одной семядолей и семенную кожуру с ариллузом ярко-оранжевого цвета. Семядоля гиперфильная компактная, не ассимиляционная, щиток оболочковый.

4. Прорастание семян стрелитции гипогейальное. Проросток имеет заметную муфточку. Междоузлия гипокотыля и мезокотиль отсутствуют. Имеется колеоптиль.

5. Корень стрелитции имеет типичное для однодольных растений строение.

6. Устьица у стрелитции королевской слабо циклотированные, располагаются на нижнем эпидермисе листа группами по 16–26 штук.

7. Тычинки с двухгнездными линейными пыльниками, имеют упругие и прочные нити. Пыльцевые зерна крупные, с безапертурной оболочкой, форма округлая, гладкая. Зерна двуклеточные, почти лишены экзины, но имеют толстую интину. Гинецей синкарпный. Семязачатки анатропные. Столбик с трехлопастным рыльцем (лопасти линейные), нитевидный. Плacentация пазушная. Яйцеклетки множественные, присемянные, анатропные, двуболоч-

ковые, плоскоклеточные. Зародышевый мешок развивается по Polygonum-типу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kronstedt-Robards, E.* Formation of the pollen – aggregating threads in *Strelitzia reginae* / E. Kronstedt-Robards // *Annals of Botany*. – 1996. – Vol. 77, № 3. – P. 243–250.
2. *Kronstedt, E.* Wall growth and separation of thread – forming cells in *Strelitzia reginae* / E. Kronstedt, B. Walles // *Journal of Ultrastructure research*. – 1983. – Vol. 85, № 1. – P. 110.
3. *Simpson, D.J.* Ultrastructure and carotenoid composition of chromoplasts of the Sepals of *Strelitzia reginae* Aiton during floral development / D.J. Simpson [et al.] // *Annals of Botany*. – 1975. – Vol. 39, № 160. – P. 175–183.
4. *Бавтуто, Г.А.* Практикум по анатомии и морфологии растений: учеб. пособие / Г.А. Бавтуто, Л.М. Ерей. – Минск: Новое знание, 2002. – 464 с.
5. *Зайцев, Г.Н.* Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
6. *Фурст, Г.Г.* Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей / Г.Г. Фурст. – М.: Наука, 1979. – 155 с.
7. *Эзау, К.* Анатомия семенных растений: в 2 т. / К. Эзау. – Москва: Мир, 1980. – Т. 2. – 558 с.

SUMMARY

The interrelation of morphoanatomic structure of strelitzia reginae with conditions of growth, development of bodies and fabrics during ontogenesis is considered. Features of an anatomic structure vegetative and generative bodies are noted.

УДК 504.5:556(476.2)

Е.Г. Тюлькова

БИОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ВОДОЕМОВ ГОРОДА ГОМЕЛЯ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Введение. Тяжелые металлы присутствуют в природных водах всегда в той или иной концентрации, и источники их поступления связаны либо с природными процессами, либо с деятельностью человека [1–2]. Антропогенные источники поступления тяжелых металлов в поверхностные воды обусловлены главным образом промышленными и коммунальными сточными водами. Для живых организмов опасность химического загрязнения среды заключается в том, что проникшие в ткани тяжелые металлы способны активно влиять на метаболические процессы.

Большинство тяжелых металлов не могут находиться в поверхностных водах в ионной

форме в течение длительного времени и присутствуют главным образом в виде коллоидных взвесей или «захвачены» различными гидробионтами.

Водные растения накапливают тяжелые металлы в тканях или на их поверхности вследствие больших возможностей адаптации к изменениям химических свойств окружающей среды [3–4]. Поэтому растения являются своеобразным промежуточным звеном, через которое тяжелые металлы переходят из воздуха, частично из воды и донных отложений в ткани и органы водных гидробионтов и обратно в окружающую среду при отмирании растений. В любом случае химический состав растений меня-

ется без появления явно видимых внешних повреждений.

В целом, действие гидробиологических факторов направлено на частичное выведение поступивших в водную экосистему металлов из биогеохимического цикла путем захоронения их в донных отложениях. В этой связи актуально исследование двух процессов – во-первых, закономерностей накопления поступивших в экосистему тяжелых металлов в донных отложениях и вследствие этого снижения их токсичности; во-вторых, изучение степени аккумуляции металлов гидробионтами.

Методы исследования. Работа по определению содержания тяжелых металлов в прибрежных водных растениях (сусак, стрелолист, частуха, рдест, роголистник, горец) и пробах донных отложений из водоемов произрастания этих растений проводилась на территории города Гомеля по договору с Гомельским областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды в рамках бюджетной тематики «Оценка экотоксикологического состояния природных сред в пойме реки Сож и разработка схемы, направленной на повышение биоразнообразия как гаранта стабильности и продуктивности биоценозов» (№ ГР 2002934; 2001–2002 гг.).

Определение содержания тяжелых металлов в исследуемых пробах проводилось методом атомной абсорбции. Для проведения испытаний использовалась методика, которая позволила эффективно подготовить пробы к определению в них тяжелых металлов [5].

В прибрежных растениях количественно оценивали содержание следующих металлов: свинец, никель, кобальт, хром, марганец, медь, бор, ванадий, титан, цирконий, барий; в пробах донных отложений дополнительно к указанным элементам определяли содержание цинка и бериллия с целью получения более полной информации о состоянии водоемов и их степени загрязнения химическими токсикантами. Такой выбор обусловлен тем, что эти элементы, с одной стороны, относятся к основным компонентам загрязнения окружающей среды, а с другой – играют важную роль в процессах жизнедеятельности человека и животных.

Место исследования. Сбор данных для оценки состояния водоемов проводили на территории трех промышленных зон города Гомеля: западной, южной и северной.

Западная промышленная зона – зона высокого загрязнения атмосферы. Район отличается повышенной запыленностью; в целом на него

приходится 885,6 т в год загрязняющих веществ*, что составляет 19,7% общего объема выбросов.

Южная промышленная зона, которая компактно располагается на крайнем юге города в Новобелицком районе. На южную промышленную зону приходится 1505,5 т в год загрязняющих веществ, что составляет 33,5% общего объема выбросов по городу Гомелю.

Северная промышленная зона характеризуется также довольно высоким потенциалом объемного загрязнения (до 1600 км³ в год) и неблагоприятным расположением относительно районов города при воздействии летних северо-западных ветров. На северную промышленную зону приходится 2107,4 т в год загрязняющих веществ, или 46,8% общего объема выбросов.

Для оценки степени загрязнения водоемов и проведения анализа содержания тяжелых металлов осуществлялся сбор растительности и отбирались пробы донных отложений из озер Любенское (западная зона), Шапор (южная зона), Круглое, Дедно, Волотовское, У-образное, Крайнее, Малое, расположенных на территории северной промышленной зоны города Гомеля.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты атомно-абсорбционного анализа показали, что накопление тяжелых металлов в прибрежных растениях водоемов, расположенных в различных промышленных зонах города Гомеля, происходит избирательно (таблица 1).

Следует отметить, что среди всех рассматриваемых элементов в преобладающем количестве в растительных пробах отмечены марганец, титан и барий, причем эта тенденция характерна для всех промышленных зон города Гомеля.

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в прибрежной растительности

Тяжелые металлы	Промышленные зоны		
	северная	южная	западная
	содержание тяжелых металлов, мг/100 г сухой массы		
свинец	2,2±0,04	1,7±0,01	1,5±0,005
никель	5,3±0,26	3,3±0,09	1,4±0,002
кобальт	2,1±0,05	0,7±0,01	1,3±0,006
хром	2,1±0,04	1,7±0,06	1,2±0,004
марганец	493,6±7,77	400,0±6,27	400,0±5,2
медь	41,8±0,09	4,0±0,11	1,3±0,007
бор	6,2±0,05	5,0±0,04	3,2±0,07
ванадий	1,4±0,01	1,5±0,03	1,5±0,008
титан	112,4±1,91	126,7±3,02	120,0±3,04
цирконий	18,1±0,33	39,0±1,29	28,0±1,1
барий	45,9±0,53	44,0±0,19	38,0±1,2

* Здесь и далее имеются в виду выбросы загрязняющих веществ без очистки.

Так, содержание марганца, например, в водной растительности на территории западной промышленной зоны составило $400,0 \pm 5,2$ мг/100 г сухой массы; в северной зоне – $493,6 \pm 7,77$ мг/100 г сухой массы. Титан накапливался в прибрежных растениях на территории западной промышленной зоны в количестве $120,0 \pm 3,04$ мг/100 г сухой массы; в северной зоне – $112,4 \pm 1,91$ мг/100 г сухой массы.

В незначительном количестве по сравнению с марганцем, титаном и барием в водных растениях накапливались свинец, кобальт, хром и ванадий. Так, свинец в водных растениях на территории западной промышленной зоны концентрировался в количестве $1,5 \pm 0,005$ мг/100 г сухой массы; северной – $2,2 \pm 0,04$ мг/100 г сухой массы; ванадий – $1,5 \pm 0,008$ мг/100 г сухой массы и $1,4 \pm 0,01$ мг/100 г сухой массы соответственно для этих зон.

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что все исследуемые элементы содержались в прибрежных растениях водоемов на территории северной промышленной зоны, которая является самой загрязненной выбросами промышленных предприятий по сравнению с южной и западной зонами. Исключение составили титан, цирконий, а также ванадий, концентрация которого различалась незначительно в трех промышленных зонах.

Так, например, никель в растениях водоема западной зоны накапливался в количестве $1,4 \pm 0,002$ мг/100 г сухой массы, а в северной – $5,3 \pm 0,26$ мг/100 г сухой массы; для марганца концентрации составили соответственно $400,0 \pm 5,2$ мг/100 г сухой массы и $493,6 \pm 7,77$ мг/100 г сухой массы и т. д. Повышенное количество тяжелых металлов в прибрежных растениях водоемов северной промышленной зоны города, возможно, является следствием более напряженной экологической обстановки на этой территории и требует повышения эффективности мероприятий контроля качества окружающей среды города.

Таблица 2 показывает, что содержание всех исследуемых тяжелых металлов в прибрежных растениях водоемов северной промышленной зоны достоверно отличается от западной и южной промышленных зон.

Так, для свинца $t = 17,5$ при $P < 0,05$ и $t = 12,5$ при $P < 0,05$ соответственно для указанных зон; для никеля – $t = 15,0$ при $P < 0,05$ и $t = 7,1$ при $P < 0,05$; для кобальта – $t = 16,0$ при $P < 0,05$ и $t = 28,8$ при $P < 0,05$ и т. д.

Достоверные отличия по содержанию тяжелых металлов в прибрежных водных растениях отмечены также между западной и южной промышленными зонами. Так, для свинца $t = 20,0$ при $P < 0,05$ соответственно для указанных зон; для

никеля – $t = 63,3$ при $P < 0,05$; для кобальта – $t = 60,0$ при $P < 0,05$ и т. д. Исключение в этом отношении составил титан.

Таблица 2 – Критерий Стьюдента для промышленных зон города Гомеля по содержанию тяжелых металлов в прибрежных водных растениях

Тяжелые металлы / промышленные зоны	Промышленные зоны	
	южная	западная
<i>свинец</i>		
северная	12,5*	17,5*
южная	–	20,0*
<i>никель</i>		
северная	7,1*	15,0*
южная	–	63,3*
<i>кобальт</i>		
северная	28,8*	16,0*
южная	–	60,0*
<i>хром</i>		
северная	5,7*	22,5*
южная	–	8,3*
<i>марганец</i>		
северная	9,4*	9,9*
южная	–	–
<i>медь</i>		
северная	270,0*	450,0*
южная	–	24,5*
<i>бор</i>		
северная	20,0*	37,5*
южная	–	22,5*
<i>ванадий</i>		
северная	3,3*	10,0*
южная	–	–
<i>титан</i>		
северная	3,9*	2,1*
южная	–	1,6
<i>цирконий</i>		
северная	16,1*	9,0*
южная	–	6,5*
<i>барий</i>		
северная	3,4*	6,1*
южная	–	5,0*

* Примечание. Достоверные отличия обозначены.

Необходимо подчеркнуть, что для большинства исследуемых элементов (хрома, марганца, меди, бора, ванадия и бария) критерий Стьюдента максимален между западной и северной промышленными зонами; для циркония и титана – между южной и северной зонами. Эти результаты также свидетельствуют о том, что северная промышленная зона города Гомеля испытывает несколько большую антропогенную нагрузку по сравнению с другими зонами.

С целью более детального изучения особенностей накопления тяжелых металлов водной растительностью водоемов северной промышленной зоны были проведены анализы содержания тяжелых металлов (таблица 3) в пробах

погруженных растений (элодея, водяной орех) и растений с плавающими листьями (кубышка, ряска), которые по сравнению с прибрежными растениями произрастают в несколько иных экологических условиях.

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в водной растительности водоемов на территории северной промышленной зоны

Тяжелые металлы	Содержание тяжелых металлов, мг/100 г сухой массы		
	прибрежные растения	растения с плавающими листьями	погруженные растения
свинец	2,2±0,04	2,0±0,03	2,7±0,04
никель	5,3±0,26	1,8±0,06	4,3±0,11
кобальт	2,1±0,05	1,2±0,009	1,2±0,02
хром	2,1±0,04	0,8±0,01	2,3±0,04
марганец	493,6±7,77	738,0±5,3	335,0±10,46
медь	41,8±0,09	3,2±0,06	3,0±0,05
бор	6,2±0,05	27,0±0,54	5,1±0,09
ванадий	1,4±0,01	1,1±0,004	1,3±0,009
титан	112,4±1,91	63,4±1,15	127,5±1,85
цирконий	18,1±0,33	9,3±0,21	21,8±0,27
барий	45,9±0,53	54,2±0,35	44,5±0,05

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что прибрежные растения в больших количествах накапливали никель, кобальт, медь и ванадий; растения с плавающими листьями – марганец, бор и барий; погруженные растения – свинец, хром, титан и цирконий. При этом содержание одних элементов (титан, цирконий) в погруженных растениях значительно превышало их концентрации в растениях других групп; марганец и барий в значительной степени концентрируются растениями с плавающими листьями; медь – прибрежными растениями, то есть водные растения различных экологических групп на территории водоемов одной и той же промышленной зоны по-разному накапливали изучаемые элементы.

Результаты атомно-абсорбционного анализа донных отложений водоемов показали, что накопление тяжелых металлов в пробах озер, расположенных в различных промышленных зонах города Гомеля, происходит неравномерно (таблица 4).

Следует отметить, что среди всех рассматриваемых элементов в преобладающем количестве в донных отложениях отмечены марганец, титан, барий, причем эта тенденция характерна для всех промышленных зон города Гомеля. Так, содержание марганца, например, в донных отложениях на территории западной промышленной зоны составило 69,5±1,36 мг/100 г сухой массы; в северной зоне – 55,12±0,29 мг/100 г сухой массы; для титана эти показатели составили 168,0±3,7 мг/100 г сухой массы и 214,02±0,98 мг/100 г сухой массы соответственно.

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов в донных отложениях

Тяжелые металлы	Промышленные зоны		
	северная	южная	западная
содержание металла, мг/100 г сухой массы			
свинец	10,64±0,28	1,57±0,02	1,72±0,03
бор	4,04±0,02	3,47±0,02	2,78±0,02
никель	3,30±0,05	2,13±0,03	1,72±0,013
кобальт	1,24±0,01	0,80±0,00	0,93±0,061
хром	7,98±0,06	2,65±0,02	3,08±0,036
ванадий	3,40±0,02	3,43±0,02	3,50±0,03
марганец	55,12±0,29	47,83±0,52	69,50±1,36
титан	214,02±0,98	171,67±1,85	168,00±3,7
цирконий	39,10±0,15	30,00±0,26	25,33±0,44
медь	9,33±0,14	1,53±0,04	1,72±0,03
барий	49,40±0,15	44,67±0,24	39,50±0,37
цинк	36,50±0,18	22,50±0,16	20,00±0,04
бериллий	0,12±0,0003	0,11±0,0002	0,12±0,0009

В незначительном количестве по сравнению с марганцем, титаном и барием обнаружены кобальт и бериллий. Так, например, кобальт в донных отложениях на территории западной промышленной зоны концентрировался в количестве 0,93±0,061 мг/100 г сухой массы; северной – 1,24±0,01 мг/100 г сухой массы.

Данные таблицы 4 свидетельствуют, что все изучаемые элементы содержались в донных отложениях водоемов на территории северной промышленной зоны, которая является самой загрязненной выбросами промышленных предприятий по сравнению с южной и западной зонами. Исключение составили ванадий, марганец, бериллий. Так, например, свинец в водоеме западной зоны накапливался в количестве 1,72±0,03 мг/100 г сухой массы, а в северной – 10,64±0,28 мг/100 г сухой массы; для бора концентрации составили соответственно 2,78±0,02 мг/100 г сухой массы и 4,04±0,02 мг/100 г сухой массы и т. д. Повышенное количество тяжелых металлов в донных отложениях водоемов северной промышленной зоны города, возможно, является следствием влияния более сильной антропогенной нагрузки на этой территории.

Результаты проведения корреляционного анализа с целью установления наличия связи и ее степени между содержанием тяжелых металлов в пробах донных отложений и водной растительности показали, что концентрации некоторых элементов в донных отложениях напрямую зависят от их концентрации в растительности и наоборот; отмечены случаи обратной связи между указанными показателями, а также отсутствие корреляционной зависимости между величинами (таблица 5).

Так, содержание в донных отложениях свинца, марганца, титана и циркония напрямую связано с количеством указанных элементов в прибреж-

ных растениях; по бору и кобальту отмечена обратная зависимость.

Таблица 5 – Коэффициент корреляции по содержанию тяжелых металлов в донных отложениях и прибрежной водной растительности

Тяжелые металлы	Промышленные зоны		
	северная	южная	западная
свинец	0,23	0,53	0,93
никель	-0,12	-1,0	1,0
кобальт	-0,86	0	-0,91
хром	0,27	-0,83	-0,94
марганец	0,16	0,29	1,0
медь	-0,17	-0,96	0,99
бор	-0,22	-0,55	-0,58
ванадий	-0,25	0,16	0,6
титан	0,05	0,26	0,99
цирконий	0,13	0,88	0,44
барий	0,47	0,97	-0,99

Для остальных элементов (никеля, хрома, меди, ванадия и бария) такой четкой тенденции не наблюдалось, что связано с влиянием комплекса других факторов на накопление тяжелых металлов в рассматриваемых объектах. Так, содержание никеля (в западной зоне), хрома (в северной зоне), меди (в западной зоне), ванадия (в южной и западной зонах) и бария (в северной и южной зонах) в донных отложениях напрямую связано с количеством указанных элементов в прибрежных растениях, а по никелю (в северной и южной зонах), хрому (в южной и западной зонах), меди (в северной и южной зонах), ванадию (в северной зоне) и барию (в западной зоне) в донных отложениях и прибрежной растительности отмечена обратная зависимость.

Выводы. Таким образом, прибрежные водные растения и донные отложения селективно концентрируют тяжелые металлы. Вследствие этой селективности концентрации одних тяжелых металлов в пробах донных отложений могут несколько понижаться, тогда как другие элементы накапливаются водными растениями в значительных количествах и способны переходить в окружающий их раствор при отмирании растений, что в конечном итоге приводит к повышению концентрации тяжелых металлов в донных отложениях в процессе круговорота веществ.

На основании результатов проведенных исследований установлено, что:

– в растительных пробах и пробах донных отложений в преобладающем количестве накапливались марганец, титан и барий;

– прибрежные растения и донные отложения водоемов северной промышленной зоны города Гомеля в больших количествах концентрировали

исследуемые элементы по сравнению с южной и западной зонами, за исключением ванадия и марганца (для донных отложений) и титана и циркония (для растений);

– титан и цирконий значительно накапливались в погруженных растениях водоемов северной промышленной зоны; марганец и барий – в растениях с плавающими листьями; медь – в прибрежных растениях;

– содержание в донных отложениях свинца, марганца, титана и циркония напрямую связано с количеством указанных элементов в прибрежных растениях; по бору и кобальту отмечена обратная зависимость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мур, Дж. Тяжелые металлы в природных водах / Дж. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 285 с.
2. Макаренко, Т.В. Содержание меди в высших водных растениях водоемов города Гомеля и прилегающих территорий / Т.В. Макаренко // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., г. Гомель, окт. 2003 г. / Гом. гос. ун-т; редкол.: А.Н. Кусенков (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2003. – С. 127–128.
3. Сапегин, Л.М. Состояние прибрежно-водной растительности озер города Гомеля / Л.М. Сапегин, Н.М. Дайнеко, С.С. Шейко // Проблемы геоэкологии и экологическая безопасность городских агломераций: материалы I Междунар. науч.-практ. конф., г. Гомель, 23–25 окт. 1998 г. / Гом. гос. ун-т; редкол.: А.Н. Кусенков (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 1998. – С. 103–107.
4. Макаренко, Т.В. Содержание тяжелых металлов в высшей водной растительности водоемов города Гомеля и его окрестностей / Т.В. Макаренко // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., г. Гомель, окт. 2002 г. / Гом. гос. ун-т; редкол.: А.Н. Кусенков (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2002. – С. 152–153.
5. Свириденко, В.Г. Физико-химические методы в экологии: практическое руководство для выполнения курсовых и дипломных работ студентами специальностей Н.06.01 «Экология» и Н.04.01. «Биология» / В.Г. Свириденко [и др.]. – Гомель: ГомГУ им. Ф. Скорины, 2002. – 122 с.

SUMMARY

The maintenance of heavy metals in water vegetation and tests of ground adjournment of the reservoirs located on the territory of three industrial zones Gomel is investigated.

It is established that northern industrial zone of the city tests the greatest anthropogenous loading. The character of interrelation between the maintenance of investigated heavy metals in plants and ground adjournment is defined. Heavy metals which are collected in studied tests in maximum quantities are specified.

УДК 582.572.226

М.А. Левая

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ТЮЛЬПАНОВ КЛАССОВ КАУФМАНА И ГРЕЙГА К СЕРОЙ ГНИЛИ

Введение. Тюльпаны занимают ведущее место в промышленном цветоводстве благодаря своей декоративности, ранневесеннему цветению, высокой биологической пластичности. Однако их декоративные качества снижаются в результате поражения различными болезнями. Особенно опасны фитопатогенные микроорганизмы в городских зеленых насаждениях, где растения ослаблены специфическими условиями произрастания и поэтому в большей мере подвержены болезням [1].

На тюльпанах паразитирует около 60 видов возбудителей грибных, бактериальных и вирусных болезней, свыше 30 из них зарегистрировано в СНГ. Но не все они имеют одинаковое экономическое значение. Наибольший ущерб причиняют серая гниль, фузариоз, склероциальные гнили и вирусная пестролепестность тюльпана [2–3].

Снижение уровня потерь, то есть увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и повышение его качества достигается грамотной и хорошо организованной защитой растений от вредных насекомых, болезней и сорняков [4]. Большая роль в повышении продуктивности и качества цветочной продукции тюльпанов отводится устойчивости сортов к болезням и вредителям [5].

Достаточно перспективным направлением среди различных методов защиты растений является приобретенная, или индуцированная устойчивость – это повышение болезнеустойчивости растений под влиянием внешних факторов (без изменения генома), она, как правило, неспецифична [6–7]. Факторы могут быть биотической (грибы, бактерии, вирусы и их продуценты) и абиотической природы, к последним относятся химические вещества (биорегуляторы) и физические средства.

Одним из способов стимуляции роста и развития растений, повышения урожайности, а также устойчивости к вредителям и болезням является применение регуляторов роста [8]. Обладая антистрессовыми свойствами, регуляторы роста повышают устойчивость растений к низким и высоким температурам, избытку и недостатку воды, засухе и заморозкам [9–12]. Биологически активные вещества в низких дозах оптимизируют питание, повышают продуктивность и улучшают качество культур [13].

Биорегуляторы представляют большой интерес для создания экологических систем защиты растений, поскольку они не обладают биоцидным действием, и их применение не отражается на биоценозе [8]. При применении биорегуляторов методом обработки луковиц существенно снижается сфера воздействия на экосистемы, загрязнение почв и водоемов, а также на обслуживающий персонал. Их производство хорошо обеспечено сырьем и не требует больших затрат. Такие препараты и их ближайшие структурные аналоги в очень низких концентрациях способны стимулировать рост и развитие растений [14].

Несмотря на большое число работ по влиянию биологически активных веществ (БАВ) на устойчивость растений к различным заболеваниям, влияние используемых в данной работе веществ на устойчивость тюльпанов классов Кауфмана и Грейга в условиях Беларуси не изучено. Поэтому изучение защитного действия как одного из аспектов применения БАВ на тюльпанах весьма актуально. Применение регуляторов роста растений является важным фактором эффективности технологии возделывания тюльпанов. Актуален в настоящее время комплексный подход к применению регуляторов роста, обладающих регулирующим, антистрессовым и иммуностимулирующим действием в системе других элементов технологии возделывания тюльпанов.

Применение БАВ, которые обладают разно-сторонним спектром действия, может способствовать снижению объемов применения средств защиты растений от вредителей и болезней. Учитывая, что некоторые препараты обладают значительным иммуностимулирующим действием, комплексное их применение совместно с фунгицидами поможет снизить нормы расхода последних, что позволит получать экологически безопасную и более дешевую продукцию [15–16].

Цель исследований – изучение иммуностимулирующего влияния биологически активных веществ на устойчивость тюльпанов классов Кауфмана и Грейга к серой гнили.

Объекты и методы исследования. Опыты по изучению влияния БАВ на устойчивость сортов тюльпанов классов Кауфмана и Грейга к серой гнили проводились в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси на коллекционных участках в 2003–2006 годах. В течение 3-х лет нами было изучено защитное действие регуля-

торов роста на различных частях растений в период вегетации и хранения.

Исследования влияния регуляторов роста растений проводили по следующей схеме: контроль (без обработки) и варианты обработок БАВ. БАВ служили: брассиностероиды – эпибрасинолид (ЭБ) и гомобрасинолид (ГБ) в концентрациях: 0,1 мг/л, 0,05 мг/л, 0,01 мг/л (предоставленные Институтом биоорганической химии НАН Беларуси); вещества различного растительного происхождения – гидрогумат в концентрации 2 г/л; мальтамин, гарант, сфагнин, таболин в концентрациях 0,5 г/л (полученные Институтом проблем использования природных ресурсов НАН Беларуси); и сочетания эпибрасинолида в концентрации 0,05 мг/л с гидрогуматом, мальтамином, гарантом, сфагнином, таболином.

Обработку растений биологически активными веществами осуществляли комплексно: замачивали луковицы тюльпанов непосредственно перед посадкой на 2 ч в растворах с указанной концентрацией и трехкратно обрабатывали растения в период вегетации методом опрыскивания наземных вегетативных органов до полного смачивания листовой поверхности в период отрастания, бутонизации и цветения. Повторность опытов трехкратная.

Объектами исследования служили 42 перспективных сорта тюльпанов, относящихся к двум классам: Грейга и Кауфмана. Сорта тюльпанов класса Кауфмана: Berlioz, Brilliant, Coccinea, Corona, Daylight, Duplosa, Gluck, Giuseppe Verdi, Fair Lady, Fashion, Lady Rose, Scarlet Baby, Stresa, Shakespeare, Showwinner, The First, Vivaldi, Whisper, Zoy Bells, Аистенок. Сорта тюльпанов класса Грейга: Addis, Ali Baba, Echo, Grand Prestige, Mary Ann, Odessa, Oriental Beauty, Oriental Splendour, Pandour, Perlina, Plaisir, Princesse Charmante, Red Riding Hood, Toronto, Tschaikovsky, Miscodeed, Segwin, Zampa, March of Time, Queen Ingrid, Rosanna. Исходный материал получен из различных, преимущественно европейских, стран.

Выбор участка, подготовка почвы и посадка луковиц тюльпанов проведены в соответствии с требованиями агротехники [5]. Балловую оценку поражения тюльпанов серой гнилью проводили по шкале, разработанной в ВИЗР [17]. Метеорологический анализ проведен на основе данных Минской метеостанции (2003–2006 гг.). Достоверность средних многолетних показателей полевых опытов при обработке результатов исследования определена методом дисперсионного анализа с помощью пакета Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение. Серая гниль, возбудителем которой является гриб *Botrytis tulipae*, известна везде, где выращиваются тюльпаны, но наиболее опасна в районах

с прохладным и влажным климатом. Значительный вред она причиняет в Беларуси [2].

Поражаются все надземные части растения и луковицы, на которых болезнь может развиваться в период вегетации тюльпана и во время хранения. На листьях пятна сначала мелкие, желтоватые или бурые, округлые, позднее расплывчатые, серовато-бурые с темным водянистым краем. При влажной и холодной погоде они быстро увеличиваются в размере, охватывая лист мягкой гнилью. На их поверхности часто появляется серый налет спороношения гриба. Аналогичные пятна образуются на стеблях и цветоносах. Пораженные части растений искривляются и нередко обламываются. При поражении основания стебля растение увядает и гибнет.

Очень восприимчивы к заражению цветки. Они покрываются мелкими, белыми, подсыхающими пятнышками, окруженными водянистым или интенсивно окрашенным ореолом. Наиболее опасно поражение бутонов, которые при сильном развитии болезни не раскрываются, а распустившиеся цветки деформируются и теряют свою декоративность. Заболевание приводит к преждевременному отмиранию надземных частей растений, в результате чего луковицы мельчают.

Характерный признак поражения луковиц – образование на наружных мясистых чешуйках слегка вдавленных, желтоватых или буроватых пятен с приподнятым красновато-бурым краем. Пораженные ткани темнеют и размягчаются, луковица сморщивается, на ее поверхности в большом количестве формируются мелкие, плотные, черные склероции гриба. Склероции могут образовываться и на других пораженных частях растений. У больных луковиц иногда наблюдается растрескивание донца в направлении от его центра к периферии [18]. Сильнопораженные луковицы сгнивают при хранении, слабопораженные попадают в поле и весной дают ослабленные, искривленные ростки. Развитие их задерживается, они буреют, покрываются серым налетом спороношения гриба и вскоре гибнут. Зараженные луковицы и склероции – основной источник инфекции весной.

В борьбе с серой гнилью тюльпанов чрезвычайно важно своевременно и качественно проводить профилактические опрыскивания фунгицидами (эупарен, каптан, бенлат). Заболевание можно уменьшить путем посадки растений на хорошо проветриваемых участках, не затененных лесом, возделыванием устойчивых сортов, регулированием площади питания, своевременным удалением с плантации сорной растительности, правильной системой удобрения, выращиванием только в системе ежегодного севооборота. Снижают поражение растений серой

гнилью повышенные дозы калия и магния, при этом урожай и качество луковиц тюльпанов увеличивается. Преобладание в почве азотных удобрений увеличивает поражение тюльпанов за вегетацию на 9,5% [3].

По данным ряда исследователей [2, 19–20], абсолютно устойчивых сортов тюльпана к серой гнили не выявлено, но степень поражения их значительно варьирует. Изучаемые сорта отличаются относительной устойчивостью, так как они заканчивают цветение до максимального развития болезни. Заболевание не вызывает гибели растений, интенсивность развития болезни на них не превышает 8–20%.

Действие БАВ на устойчивость растений тюльпанов к серой гнили определяли в течение всего периода вегетации по 4-балльной шкале [17], где 1 балл – поражено до 10% поверхности растения, 2 балла – 11–25%, 3 балла – до 50%, 4 балла – поражено свыше 50% поверхности растения. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица – Степень поражения серой гнилью растений тюльпанов классов Кауфмана и Грейга, 2004–2006 гг.

Вариант обработки	Степень поражения растений, балл			
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	среднее за 2004–2006 гг.
Контроль	0,9	2,3	0,9	1,4
Гарант	0,6	2,2	0,4	1,1
Гидрогумат	0,5	1,5	0,5	0,8
Мальтамин	0,8	1,3	0,5	0,8
Сфагнин	0,6	1,6	0,4	0,9
Таболин	0,3	1,0	0,5	0,6
Гарант и эпибрасинолид	0,8	1,6	0,8	1,1
Гидрогумат и эпибрасинолид	1,0	1,8	0,8	1,2
Мальтамин и эпибрасинолид	0,7	1,7	1,0	1,1
Сфагнин и эпибрасинолид	0,7	1,7	0,7	1,0
Таболин и эпибрасинолид	1,0	1,7	1,0	1,2
Гомобрасинолид 0,01 мг/л	0,7	1,0	0,3	0,7
Гомобрасинолид 0,05 мг/л	0,8	2,0	1,0	1,3
Гомобрасинолид 0,1 мг/л	0,7	1,7	0,7	1,0
Эпибрасинолид 0,01 мг/л	0,5	1,0	0,5	0,7
Эпибрасинолид 0,05 мг/л	0,5	0,8	0,3	0,5
Эпибрасинолид 0,1 мг/л	1,0	2,2	1,0	1,4

Эффект влияния БАВ зависел от условий года. Наиболее сильно данное заболевание

тюльпанов проявилось в 2005 г., когда прохладная температура и исключительно большое количество осадков (116 мм – 200% нормы) создали благоприятные условия для распространения и быстрого развития болезни. В условиях данного года биологически активные вещества показали заметную эффективность против серой гнили. В вариантах с обработкой эпибрасинолидом с концентрацией 0,05 мг/л, таболином, эпибрасинолидом с концентрацией 0,01 мг/л, гомобрасинолидом с концентрацией 0,01 мг/л отмечалось повышение устойчивости растений к патогену на 1,5–1,3 балла. Обработка мальтамином, гидрогуматом, сфагнином повышала устойчивость растений к патогену на 1–0,7 балла.

Под влиянием погодных условий 2004 и 2006 гг., когда количество осадков не превышало норму, складывались более благоприятные фитосанитарные ситуации. В условиях слабого развития серой гнили биологически активные вещества проявили меньшую эффективность.

На протяжении трех лет исследования стабильный положительный эффект наблюдался при обработке эпибрасинолидом в концентрациях 0,01 и 0,05 мг/л, таболином, гомобрасинолидом с концентрацией 0,01 мг/л, мальтамином, гидрогуматом, сфагнином. В среднем они повышали устойчивость растений к серой гнили на 0,9–0,5 балла (64–36%). Сортов стабильно устойчивых к поражению серой гнилью не выявлено.

Заключение. В результате проведения систематических исследований экологически безопасных синтетических регуляторов роста растений и гуминовых препаратов различной природы дана сравнительная оценка их эффективности. Установлено, что обработка луковиц и растений тюльпанов классов Кауфмана и Грейга испытуемыми регуляторами роста повышает индуцированную болезнеустойчивость растений. Данные вещества позволяют более «экологично» повысить устойчивость растений к серой гнили в период вегетации, получить более качественный урожай луковиц. Получена сравнительная оценка эффективности препаратов при исследовании их в течение трех лет. Лучшие результаты получены при обработке луковиц и вегетативных органов растений эпибрасинолидом с концентрацией 0,05 и 0,01 мг/л, таболином, гомобрасинолидом с концентрацией 0,01 мг/л, мальтамином, гидрогуматом, сфагнином. Они достоверно повышали устойчивость растений к серой гнили на 0,9–0,5 балла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савенкова, Н.С. Важнейшие вирусные болезни тюльпана в БССР: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.1.11 / Н.С. Савенкова. – Минск, 1986. – 131 л.
2. Горленко, С.В. Защита луковичных и клубнелуковичных культур от болезней и вредителей /

- С.В. Горленко, Н.А. Панько. – Минск: Наука и техника, 1977. – 204 с.
3. Кулибаба, Ю.Ф. Система защитных мероприятий от болезней при выращивании луковичных цветочных растений / Ю.Ф. Кулибаба // Выращивание посадочного материала луковичных цветочных культур. – Сочи, 1974. – С. 53–63.
 4. Химическая защита растений / Н.К. Латышев [и др.]. – Краснодар: КГАУ, 1997. – 79 с.
 5. Методика первичного сортоизучения тюльпанов / М-во с.-х. СССР, НИИ горного садоводства и цветоводства; сост.: В.И. Болгов, Ю.Ф. Кулибаба. – Сочи, 1983. – 15 с.
 6. Индуцированная устойчивость к облигатным биотрофным патогенам листьев / Ф. Штейнбек [и др.] // Аграрная наука. – 1993. – П. 6. – С. 22–24.
 7. Озерецковская, О.Л. Механизмы индуцирования элиситорами системной устойчивости растений к болезням / О.Л. Озерецковская, Л.И. Ильинская, Н.И. Васюкова // Физиология растений. – 1994. – № 4. – Т. 41. – С. 626–633.
 8. Шаповал, О.А. Биологическое обоснование использования регуляторов роста растений в технологии выращивания озимой пшеницы: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / О.А. Шаповал. – М., 2005. – 422 л.
 9. Хрипач, В.А. Брассиностероиды / В.А. Хрипач, Ф.А. Лахвич, В.Н. Жабинский. – М.: Наука и техника, 1993. – 286 с.
 10. Пустовойтова, Т.Н. Антистрессовое действие эпибрасинолида на растения при почвенной засухе / Т.Н. Пустовойтова, Н.Е. Жданова, В.Н. Жолкевич // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы IV Междунар. науч. конф., г. Минск, 26–28 окт. 2005 г. / НАНБ, Ин-т эксперим. бот., Бел. общественное объедин. физиол. раст.; редкол.: Н.А. Ламан [и др.]. – Минск, 2005. – С. 174.
 11. Санько, Н.В. Действие фиторегуляторов на водный обмен и устойчивость к недостаточной обеспеченности растений ячменя / Н.В. Санько, В.П. Деева // Вес. НАН Беларусі. Серыя біял. навук. – 2005. – № 4. – С. 24–29.
 12. Овчинникова, Т.Ф. Обоснование и разработка технологических приемов гидролитической деструкции торфа с получением регуляторов роста: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.17.07 / Т.Ф. Овчинникова; Ин-т проблем использования природных ресурсов и экологии АНБ. – Минск, 1996. – 19 с.
 13. Sytie, P. Effect of very small amounts highly active biological substances on plant growth / P. Sytie // Biol. Agr. Hort. – 1985. – Vol. 2. № 3. – P. 245–269.
 14. Maugh, T.H. // Science. – 1981. – Vol. 212. № 4490.
 15. Вакуленко, В.В. Регуляторы роста растений / В.В. Вакуленко, О.А. Шаповал // АГРО XXI. – 1999. – № 3. – С. 2–4.
 16. Вакуленко, В.В. Регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве / В.В. Вакуленко, О.А. Шаповал // Плодородие. – 2001. – № 2. – С. 27–29.
 17. Указатель возбудителей болезней цветочно-декоративных растений / Всесоюзная ордена Ленина и ордена трудового красного знамени академия сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина, ВИЗР; под ред. М.К. Хохлакова. – Ленинград, 1980. – Вып. 7. – 8 с.
 18. Селочник, Н.Н. Болезни тюльпанов и меры борьбы с ними / Н.Н. Селочник // Защита растений от вредителей и болезней. – 1972. – Т. 1. – С. 54–61.
 19. Малова, Н.Б. Тюльпаны / Н.Б. Малова. – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2001. – 96 с.
 20. Рыженкова, Ю.И. Тюльпаны / Ю.И. Рыженкова. – М.: Издательский Дом МСП, 2003. – 80 с.

SUMMARY

The results of learning investigation of bioactive substance influence are observed: epibrassinosteroides, gomobrassinosteroides, garant, hidrogumat, maltamin, sfagnin, tabolin and their combination on instable *Tulips kaufmanniana* and *greigii* *Botrytis tulipae*. *Botrytis tulipae* safeguard of tulips is based on the "ecological" method.

ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОДТОПЛЕНИЕ ПОБЕРЕЖИЙ ВОДОХРАНИЛИЩ ПОЛЕССКОГО ТИПА

Введение. Водохранилища и пруды создаются по мере необходимости в любом природном ландшафте, отличаясь тем самым от естественных водоемов, которые являются результатом развития природных комплексов. Согласно принятой классификации, к водохранилищам относят искусственные водоемы, созданные с целью хранения воды и регулирования стока, имеющие объем водной массы более 1 млн м³. Малые водохранилища объемом менее 1 млн м³ относят к прудам. Главное различие между ними заключается в том, что сброс воды из водохранилищ регулируется, а из прудов сброс происходит автоматически после достижения отметки водосброса. На территории Республики Беларусь расположено 153 водохранилища и 1306 прудов с общей площадью зеркала 822,7 км² и 156 км², общим объемом 3133 млн м³, 266 млн м³ соответственно [1, с. 31]. Размещение водохранилищ по территории республики обусловлено природно-экономическими факторами. Основные искусственные водоемы находятся в районе Белорусского Полесья и принадлежат бассейнам рек Припяти и Днепра. Наименьшее их количество приходится на бассейны Западного Буга и Вили, а также Западной Двины и Немана.

Благодаря сооружению искусственных водоемов удалось решить ряд задач: обеспечить бесперебойное водоснабжение многих предприятий, провести осушение заболоченных территорий, создать предпосылки для развития рыбного хозяйства, провести орошение сельскохозяйственных угодий в засушливые периоды. Вместе с тем возведение подпорных сооружений привело к ряду отрицательных явлений. К таким последствиям относится подтопление земель, под которым следует понимать подъем уровня грунтовых вод до 1 м от поверхности и выше в случае подпора грунтов, насыщение ранее безводных грунтов при фильтрации воды из водоема. В процессе уравнивания воздействия искусственных водоемов на окружающую территорию происходит стабилизация их

влияния на прилегающие ландшафты. При этом площадь подтапливаемых территорий непостоянна. В зоне подтопления гидрологические, почвенные, биологические процессы динамичны, соответственно изменяется и урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому сведения о зонах подтопления имеют важное народнохозяйственное значение.

Одной из проблем повышения хозяйственного использования прилегающих к водохранилищам территорий является неперемный учет тех негативных природных, экономических и социальных изменений, которые возникают при эксплуатации водохранилищ. Особенно это актуально, когда в зоне подтопления оказываются населенные пункты, промышленные, сельскохозяйственные и другие производственные предприятия.

Результаты исследования и их обсуждение. Выбранное объектом исследования водохранилище «Красная Слобода» построено на правобережном притоке р. Случь – р. Морочь. Водохранилище руслового типа, осуществляет частично многолетнее регулирование стока. Площадь водосбора 668 км², рельеф равнинный, длина береговой линии 22,6 км. Площадь зеркала воды при НПУ составляет 23,7 км² [2, с. 151]. На мелководья глубиной до 1 м приходится 6,94 км², что составляет 29,4% всей площади водохранилища. Водоем служит для снабжения водой одноименного рыбхоза, обводнения сельскохозяйственных угодий, регулирования стока р. Морочь. В соответствии с почвенно-географическим районированием территории Беларуси водохранилище Красная Слобода находится в Западном почвенно-климатическом округе Центральной провинции. Ложе водохранилища представлено флювиогляциальными и аллювиальными отложениями, а также торфяной залежью. Заторфованная площадь достигает 500 га, или более 21% всей площади водохранилища при НПУ. Мощность торфяной залежи колеблется в пределах 0,3–3,5 м. Побережье водоема сложено песками различного гранулометрического состава (среднезернистыми, мелкозернистыми, разнозернистыми) и супесями рыхлыми, подсти-

лаемыми с глубины 1,2 м супесями связанными. Коэффициенты фильтрации (K_f) грунтов, принятые на основе опытных откачек и лабораторных данных, следующие: пески среднезернистые $K_f = 11,2$ м/сут.; пески мелкозернистые $K_f = 7,4$ м/сут.; супеси $K_f = 0,07$ м/сут.

Важнейшими факторами, определяющими интенсивность подтопления, являются: подпор грунтовых вод, расчлененность, крутизна склонов побережья, уровенный режим водохранилища и механический состав почвогрунтов, климатические условия прилегающей территории. Подтопление земель, прилегающих к водохранилищам, наиболее ярко выражено на участках с малым уклоном. Так, в нижнем бьефе водохранилища «Красная Слобода» произошло заболачивание территории на площади около 340 га. Водохранилище эксплуатируется с 1973 года, поэтому зоны подтопления берегов давно сформировались [3, с. 112].

Для наблюдения за уровнем грунтовых вод (УГВ) водохранилища «Красная Слобода» на опытном участке Белорусского научно-исследовательского института мелиорации и водного хозяйства был заложен створ перпендикулярно урезу воды с тремя скважинами, расположенными равномерно по длине (рисунок 1). Первая – на расстоянии 50 м от уреза воды в водохранилище, вторая и третья – в 100 и 150 м соответственно [4, с. 32].

Водохранилище «Красная Слобода» осуществляет годовое регулирование стока, и, согласно правилам управления, его работа переведена в нижнюю область диспетчерского графика, поэтому максимальные значения уровней могут не достигать НПУ. Основным в приходной части водного баланса водохранилища является приток с водосбора (в среднем 68,3%). Подача возвратных вод производится насосными станциями путем перекачки излишков воды из прудов в водохранилище и составляет около 20,1% суммарного прихода. Фильтрация составила 18,5%, водопотребление сельского хозяйства – около 12%, санитарные пуски – 5–9%. Объемы осадков на водную поверхность и испарения с нее приблизительно равны и компенсируют друг друга (7–9% составляющих частей водного баланса водоема).

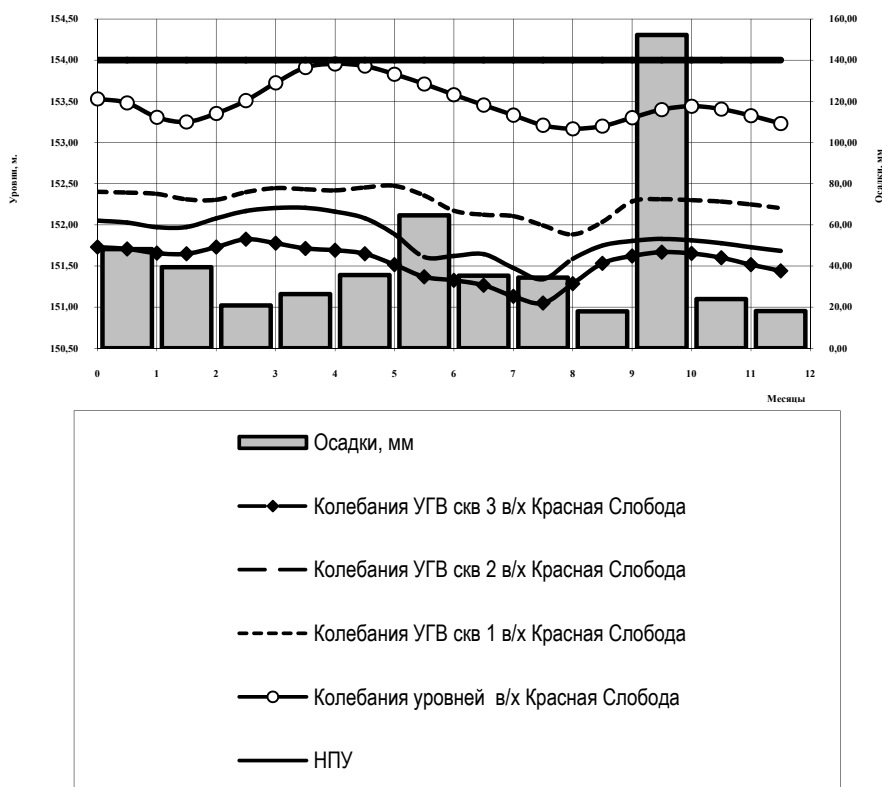


Рисунок – Колебания уровней грунтовых вод в зоне подтопления.

В самом начале 2002 г., как наиболее близкого к среднему многолетнему по количеству осадков, водохранилище было не заполнено на 0,6–0,7 м до НПУ и находилось на отметке 153,3–153,4 м. Предвесенняя сумма осадков составила 110 мм. В случае наполнения водохранилища, как в апреле, обычно производят холостые сбросы. При работе водохранилища в вегетационный период для достижения большей водоотдачи уровень воды может достигать минимально возможного (УМО), последовавший подъем воды связан с сезонным половодьем. Зимняя сработка водохранилища обусловлена необходимостью подготовки водоема к приему весенних вод.

На территории, прилегающей к водохранилищу, уровень грунтовых вод колеблется в течение года, повышаясь при его заполнении и снижаясь при сработке, что хорошо прослеживается на графиках (рисунок). Наиболее близкое залегание УГВ от поверхности почвы отмечается в скважине № 1, расположенной на расстоянии 50 м от уреза воды. Глубина УГВ здесь колеблется в пределах 17–56 см.

Колебания УГВ в скважине № 1 имеют три пика: два весной – в марте 152,45 см и в мае, на который приходится максимальное значение – 152,47 см; в сентябре, когда УГВ составляет 152,31 см. Минимальные значения грунтовых вод в этой скважине наблюдались в феврале – 152,30 см, в июне – 152,17 см, наименьший уровень был отмечен в августе – 152,03 см. Падение грунтовых вод происходило с максималь-

ного значения в мае по август, но в течение июня до первой половины июля отмечалась непродолжительная стабилизация УГВ $-151,3$ см, обусловленная накоплением майских осадков в грунте. Наивысшие значения были отмечены в весенние месяцы и осенью, в период половодья, когда осадки в основном расходуются на инфильтрацию. Также четко прослеживается летняя межень. Динамика движения грунтовых вод в скважине № 2 дублирует движение уровней воды в скважине № 1, уровни при этом расположены несколько ниже. Максимум УГВ отмечен в апреле $-152,21$ см и связан с половодьем. Летняя межень с наименьшим значением уровня наблюдалась в августе и составила $151,34$ см. Переход от летней межени к осеннему половодью не имеет заметных колебаний и составляет от 16 до 91 см от поверхности. УГВ скважины № 3 отличается от предыдущих более сглаженным ходом кривой при переходе от весеннего половодья к летней межени, также он имеет два пика значений: первой – в марте $-151,83$ см, второй, в отличие от ранее рассматривавшихся скважин, приходится на октябрь $-151,67$ см. Понижение отмечено в феврале $-151,65$ см и в августе $-151,05$ см. Колебания УГВ в этой скважине составляют $23-82$ см от поверхности.

Получены достаточно высокие достоверные связи значений уровней воды по скважинам. Коэффициент корреляции r между скважинами № 1 и № 2 – $0,95$, между № 1 и № 3 – $0,98$, между № 2 и № 3 – $0,92$. При сравнении УГВ скважин и уровня водохранилища коэффициент корреляции r имеет меньшие значения. Отмечена слабая корреляционная связь между скважиной № 1 и уровнем водоема ($r = 0,57$), близок к нему показатель коэффициента корреляции скважины № 2 ($r = 0,55$). Малую корреляционную зависимость скважины № 3 и уровня водохранилища ($r = 0,34$) можно объяснить тем, что данная скважина наиболее удалена от уреза воды водохранилища, следовательно, влияние водоема будет сказываться меньше, и главную роль играют здесь осадки.

Кроме подпора грунтовых вод на формирование зоны подтопления оказывают влияние атмосферные осадки. Нами были использованы данные по метеопосту «Новый Рожан», находящемуся в нижнем бьефе гидроузла. Годовой ход осадков имеет два пика: в июне ($64,6$ мм) и максимальный в октябре ($152,2$ мм). Количество осадков, приходящихся на вегетационный период, составляет $187,7$ мм, или $36,3\%$ годовой суммы. Спад уровней в летний период связан со сработкой водохранилища и увеличением испарения (коэффициент корреляции r между осадками и УГВ за летний период $0,77-0,79$). Осадки за октябрь $-152,2$ мм ($29,46\%$ годовой суммы) – привели к зна-

чительному подъему УГВ на прилегающих территориях (в скважине № 1 $r = 0,99$ между осадками и УГВ и $0,89$ в скважине № 2). Подъем уровней в зоне подтопления зависит от суммы осадков в зимний период и нормы осадков за период снеготаяния с учетом характеристики впитывающей способности почвы и глубины ее промерзания.

Изменения УГВ зависят от колебаний уровней водохранилища, поэтому не могут служить четким признаком подтопления. Общую картину осложняет развитый мезо- и микрорельеф. Подтопление носит мозаичный (пятнистый) характер, участки сильного подтопления чередуются с участками умеренного и слабого. Наиболее надежный показатель – естественная растительность, позволяющая выделить пояса интенсивности подтопления [1, с. 181]. По степени изменения природной среды зону подтопления можно подразделить на подзону сильного, умеренного и слабого подтопления.

1. Сильно подтопленные берега. Здесь ширина подзоны равна $50-200$ м, а иногда и более, что составляет $10-30\%$ подтопленной территории. Вблизи уреза воды образуются небольшие болота низинного типа. Эта подзона характеризуется формированием торфянисто-подзолистоглеевых и сильно оглеенных почв и прогрессированием на лугах осоковых и осоково-злаковых травостоев. Среди трав распространены: хвощ приречный (*Equisetum fluviatile* L.), лютик длиннолистный (*Ranunculus lingua* L.), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), ситняг болотный (*Eleocharis palustris* (L) R. Br.), лисохвост ровный (*Glyceria fluitans* (L) R. Br.), манник наплывающий (*G. Plicata* Fries), тростник обыкновенный (*Phragmites communis* Trin), осока острая (*Carex acuta* L.), осока черная (*Carex nigra* L.).

2. Умеренно подтопленные берега ($50-60\%$ общей ширины подтопленного побережья). Здесь проявляется частичное изменение водного режима и возможно формирование нового подтипа почв. В травостое появляются влаголюбивые виды трав: хвощ болотный (*Equisetum palustre* L.), щавель прибрежный (*Rumex hydrolypathum* Huds.), звездчатка болотная (*Stellaris palustris* Retz.), сердечник луговой (*Cardamine pratensis*), незабудка болотная (*Myosotis palustris* Lam.), мята полевая (*Montha arvensis* L.), шлемник обыкновенный (*Scutellaria getericulata* L.), чистец болотный (*Stachys palustris* L.), подмаренник болотный (*Callium palustre* L.), белокрыльник болотный (*Calla palustris* L.), череда трехраздельная (*Bidens tripartita* L.), осока острая (*Carex acuta* L.), осока бутылчатая (*Carex rostrata* L.), осока ложная (*Carex pseudocyperus* L.), осока черная (*Carex nigra* L.).

3. Слабо подтопленные берега занимают $10-40\%$ зоны подтопления. Отмечается лишь не-

большая трансформация почв (оглеение нижних горизонтов, формирование дерново-подзолистых слабо оглеенных почв) и растительности. В травостое преобладают лисохвост коленчатый (*Alopecurus geniculatus* L.), тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.), клевер белый (*Trifolium repens* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), щучка дернистая (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. B.).

Выводы. Необходимо резервировать в течение всего года достаточный для бесперебойной работы водохранилища запас воды, поскольку неизвестно, какой будет межень – маловодной или многоводной. Это приводит к тому, что в зоне, прилегающей к водохранилищу «Красная Слобода», наблюдается подтопление. Колебания УГВ в этой зоне значительны, их амплитуда за вегетационный период достигает 70 см. Сопоставление уровней водохранилища и грунтовых вод по скважинам проявило достаточно тесную корреляционную связь. Это позволит дать прогноз УГВ по использованию земель сельским и лесным хозяйствами. На ближайших к водохранилищу участках основным элементом баланса грунтовых вод в приходной части является фильтрация из водохранилищ. На удаленных участках инфильтрация атмосферных осадков преобладает над фильтрационным питанием. Годовой режим УГВ на рассматриваемых территориях характеризуется четко выраженным весенним

подъемом, продолжительным летним спадом, осенним повышением УГВ при наличии интенсивных осадков и зимним спадом уровней. Все эти фазы четко прослеживаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирвель, И.И. Пруды Беларуси как антропогенные водные объекты, их особенности и режим / И.И. Кирвель. — Минск: БГПУ, 2005. — 234 с.
2. Водохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействия с окружающей средой. — Минск: Университетское, 1991. — 207 с.
3. Широков, В.М. Формирование берегов малых водохранилищ лесной зоны / В.М. Широков, П.С. Лопух, В.Е. Левкевич. — СПб.: Гидрометеоздат, 1992. — 161 с.
4. Прыткова, М.Я. Методика комплексного изучения осадконакопления в малых водохранилищах / М.Я. Прыткова, И.В. Семенцов. — Ростов н/Д: Изд-во Ростовского ун-та, 1989. — 88 с.

SUMMARY

The anthropogenous and natural factors promoting formation of zones of flooding of a water basin «The Red Large village» are considered. Correlation dependence between levels of a water basin is established, subsoil waters and deposits on seasons for 2002 laws of fluctuations of levels of subsoil waters are revealed. The transition from moisture-loving kinds of grasses of a zone of strong flooding to cereals in a zone of weak flooding is noted.

УДК 911(476)

Е.А. Антипова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГЕОДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ТИПОЛОГИИ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ БЕЛАРУСИ

Введение. В настоящее время вопросы, связанные с демографической ситуацией в сельской местности Беларуси, являются весьма актуальными, носят проблемный характер и охватывают интересы многих научных дисциплин, в том числе и географии. В современной геодемографии все больший интерес начинают приобретать исследования, посвященные систематизации и типизации изучаемых объектов, что обусловлено возможностью получения однородных по своим характеристикам групп административных районов с дальнейшим выявлением основных региональных проблем и путей их решения. Для формирования комплексной картины геодемографической ситуации необходим анализ значительного объема статистической информации,

для обработки которой целесообразно использование специальных программных продуктов. В данной работе представлена комплексная геодемографическая типология сельской местности Беларуси, выполненная впервые на основе программы STATISTICA 6.0 с использованием модуля «Кластерный анализ» [1]. Информационной базой исследования послужили материалы Министерства статистики и анализа Республики Беларусь (1970–2006 гг.) и разработанная ранее авторами «Демографическая ГИС Республики Беларусь» (2002 г.) в программном пакете Arc View 3.2a компании ESRI Inc (США) [2].

Основная часть. Предлагаемая методика разработки комплексной геодемографической типологии сельской местности Республики Беларусь базируется на основных принципах про-

ведения экономико-географических типологических исследований [3]. Выделение групп типичных геодемографических районов позволит: акцентировать внимание государственных и местных органов управления на конкретных группах проблемных и условно-эталонных районов; разработать объективные и конкретные региональные направления социально-демографической политики и демографической безопасности, исходя их главных характеристик групп районов; более эффективно подойти к процессу прогнозирования с учетом регионального компонента.

В процессе разработки комплексной геодемографической типологии сельской местности Беларуси с методической точки зрения необходимо акцентировать внимание на трех основных звеньях исследования: отбор демографических показателей, характеризующих группы районов; определение типовых групп районов в рамках периода исследования (в данном случае это 1970, 1979, 1999, и 2006 г.); анализ структурных и качественных изменений, произошедших в пределах групп районов во времени. Для исследования были выделены три модуля переменных: 1) демографический; 2) экистический; 3) динамика демографических и экистических процессов, которые объединили 35 сопоставимых статистических показателей по каждому исследуемому году по 118 районам Беларуси.

В основе статистической обработки больших по объему массивов демографических данных лежат принципы классификации, которые могут выполняться различными способами. Наиболее эффективным способом разбиения разнородных переменных на классы, исходя из признаков сходства, является кластерный анализ, который позволяет применительно к цели исследования решить следующие основные задачи: разделение анализируемых объектов на группы; структуризация и упорядочение информации; сжатие информации; построение баз данных для интеллектуальных компьютерных систем.

Для разработки комплексной геодемографической типологии сельской местности кластерный анализ проводился в два этапа. На первом этапе был проведен иерархический анализ с использованием дерева кластеризации (дендрограммы), в котором в качестве решающего критерия для определения схожести и различия переменных используется расстояние между наблюдениями (административными районами). В данной работе было использовано Евклидово расстояние – геометрическое расстояние в многомерном пространстве, наиболее общий тип расстояния и в наибольшей степени отвечающий задачам исследования. Евклидово расстояние (и его квадрат) вычислялось по исходным, а не по стандартизованным данным. Это наиболее

рекомендуемый способ, обладающий определенными преимуществами (например, расстояние между двумя объектами не изменяется при введении в анализ нового объекта, который может оказаться выбросом) [1, 4–5].

На следующем этапе для связи вместе нескольких наблюдений, в данном случае 118 административных районов, необходимо было применить правило объединения или связи для кластеров. В нашем исследовании мы воспользовались методом Варда. Он синтезирует методы дисперсионного анализа для оценки расстояний между кластерами и минимизирует сумму квадратов для любых двух (гипотетических) кластеров, которые могут быть сформированы на каждом шаге [1, с. 246]. В результате вышеописанных установочных задач иерархического анализа для четырех периодов нами были получены дендрограммы, обеспечивающие возможность определения количества кластеров на втором этапе исследования (рисунок 1).

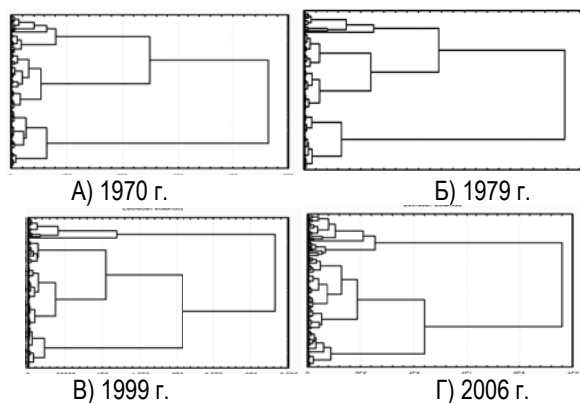


Рисунок 1 – Дендрограммы иерархического кластерного анализа геодемографических переменных сельской местности Беларуси.

Представленные уменьшенные схемы дендрограмм показывают, что наибольшая разница в расстоянии наблюдается на заключительных шагах агломерации, что может свидетельствовать о возможном использовании двух либо трех кластеров в зависимости от изучаемого периода. Полученные результаты иерархического анализа позволяют в сопоставимом масштабе оценить, во-первых, какие сельские районы Беларуси характеризуются наибольшей и наименьшей ротацией и соответственно устойчивостью в пределах кластеров; во-вторых – выявить тенденцию усиления пространственной поляризации геодемографических процессов.

Дополнительный анализ, проведенный в рамках иерархического анализа с использованием опции «График значений для каждого кластера», позволил выявить показатели, которые наиболее сильно влияют на существующую геодемографическую дифференциацию районов, являются причиной попадания в отдельные кластеры тех

или иных районов, удалить наименее влияющие переменные и проверить гипотезу о стабильности состава кластеров.

Вторым этапом исследования с учетом выявленного количества кластеров было проведение анализа методом *k*-средних. Метод *k*-средних является одним из самых известных оптимизационных алгоритмов классификации данных, основанных на описании кластеров ядрами. Метод предназначен для разделения объектов на заданное число кластеров и обладает рядом преимуществ: простой и отработанный алгоритм, большая скорость расчета и возможность задания необходимого количества кластеров, способность находить истинные ядра и скопления наблюдений в признаковом пространстве, расположенных на возможно больших расстояниях друг от друга. В качестве метода отбора центра кластеров была использована опция первоначальной сортировки расстояний между объектами и взятия центров кластеров через постоянные интервалы. Когда результаты анализа методом *k*-средних получены, были рассчитаны средние значения для каждого кластера по каждому измерению для оценки межкластерных различий [1–3, 6].

Кластеризация методом *k*-средних была также проведена для четырех межпереписных периодов: 1970, 1979, 1999 и 2006 гг., в результате чего была разработана геодемографическая типология сельской местности Беларуси.

Детальный поэтапный анализ позволил выявить тенденции различной степени ротации сельских районов Беларуси в пределах кластеров по годам. При этом необходимо отметить, что значения переменных в центрах кластеров претерпели незначительные колебания во времени. Все районы были разделены на три группы в зависимости от степени ротации: 1) наиболее устойчивая группа районов, которая за исследуемый период осталась в пределах одного кластера; 2) районы, которые не поменяли свои позиции в пределах кластеров с 1970–1979 гг.; 3) менее устойчивые районы, которые на протяжении исследуемого периода меняли свои позиции в пределах кластеров. К первой группе были отнесены 59 районов (50%). В нее вошли относительно благополучные в демографическом развитии территории Брестской и Гомельской областей, агломерированные сельские районы, а также районы с высоким агроресурсным потенциалом. Полученный результат свидетельствует о тенденции относительной пространственной устойчивости процессов демографического развития сельской местности, начиная с 1970 года. Во второй группе находится 17 районов (14%). Преимущественно это районы, в которых пространственная устойчивость демографического развития установилась после 1979 г. под влиянием ослабе-

вания миграционного фактора. В третью группу вошли 42 района (36%).

Достаточно большое количество районов в данной группе и их экономико-географическая и демографическая неоднородность (наличие, с одной стороны, типично периферийных районов, с другой – районов с низким агроресурсным потенциалом, с третьей – крупных агломерированных и пригородных сельских районов) является следствием тенденции усиления пространственной поляризации демографических процессов и появления ядер демографического развития.

Проведенный поэтапный анализ за несколько периодов позволил выделить три кластера из 118 районов по геодемографическим и экистическим признакам на основе их сходства и близости расстояний. В пределах данных трех кластеров, используя промежуточные полученные результаты и принимая во внимание изначальные допущения исследования, была выявлена дифференциация в демографическом развитии с учетом экистического фактора, что обусловило выделение восьми подтипов (таблицы 1–2).

Таблица 1 – Геодемографическая типология сельской местности Беларуси по результатам кластерного анализа и его интерпретации

Тип, подтип	Количество районов	Площадь типа / подтипа		Население		Сельские населенные пункты		Средняя плотность, чел.
		тыс. кв. км	%	чел.	%	количество	%	
Тип 1. Районы с относительно устойчивым потенциалом демографического развития	18	44,1	21	804564	30	3537	15	277
<i>Подтип 1а. Переходный Южный крупно- и среднеселенный</i>	10	22,5	51	344345	43	1355	38	338
<i>Подтип 1б. Пригородный агломерированный крупно- и среднеселенный</i>	8	21,6	49	460219	57	2182	62	216
Тип 2. Районы с ограниченным потенциалом устойчивого демографического развития	40	72,4	35	1065092	39	10551	43	138
<i>Подтип 2а. Переходный Южный крупно- и среднеселенный</i>	6	11,3	16	157938	15	1022	10	197
<i>Подтип 2б.</i>	19	30,8	42	448622	42	4753	45	118

Переходный Центральный средне- и мелкоселенный								
Подтип 2в. Периферийный Северный мелко-селенный редко-заселенный	6	11,8	16	114675	11	2465	24	60
Подтип 2г. Пригородный средне- и мелкоселенный	10	18,5	26	343857	32	2311	21	175
Тип 3. Районы с неустойчивым потенциалом демографического развития	60	89,9	44	823355	31	10132	42	123
Подтип 3а. Периферийный южный крупно- и среднеселенный*	17	27,6	30	235668	29	1629	16	186
Подтип 3б. Периферийный центральный мелкоселенный	29	38,6	43	394359	48	5004	50	112
Подтип 3в. Периферийный северный мелко-селенный	13	23,7	26	193328	23	3499	34	70

* В том числе включает районы в зоне радиоактивного загрязнения.

Таблица 2 – Пространственное распределение сельских районов Беларуси в пределах геодемографических типов

Тип	Территориальное распределение сельских районов
1	
1а	Брестская область: Дрогичинский, Ивановский, Ивацевичский, Лунинецкий, Кобринский, Пинский, Пружанский, Столинский. Гомельская область: Калинковичский. Минская область: Любанский
1б	Витебская область: Витебский. Гродненская область: Гродненский. Минская область: Минский, Пуховичский, Слуцкий, Солигорский. Гомельская область: Гомельский, Речицкий
2	
2а	Брестская область: Березовский, Камянецкий. Гомельская область: Буда-Кошелевский, Добрушский, Петриковский, Рогачевский
2б	Гродненская область: Волковысский, Вороновский, Ивьевский, Щучинский. Минская область: Вилейский, Воложинский, Дзержинский, Клецкий, Копыльский, Крупский, Логойский, Несвижский, Смолевичский, Столбцовский, Червенский. Могилевская область: Быховский, Горецкий, Мстиславский, Шкловский
2в	Витебская область: Браславский, Верхнедвинский, Глубокский, Поставский, Сенненский, Толочинский
2г	Брестская область: Барановичский, Брестский. Витебская область: Оршанский. Гродненская область: Лидский, Слонимский. Минская область: Борисовский, Молодечненский, Могилевская область: Могилевский, Бобруйский. Гомельская область: Жлобинский
3	
3а	Брестская область: Ганцевичский, Жабинковский, Ляховичский, Малоритский. Гомельская область:

	Брагинский, Ветковский, Ельский, Житковичский, Кормянский, Лельчицкий, Лоевский, Мозырский, Наровлянский, Октябрьский, Светлогорский, Хойникский, Чечерский
3б	Гродненская область: Берестовицкий, Дятловский, Зельвенский, Кореличский, Мостовский, Новогрудский, Островецкий, Ошмянский, Свислочский, Сморгонский. Минская область: Березинский, Мядельский, Стародорожский, Узденский. Могилевская область: Бельничский, Глусский, Дрибинский, Кировский, Климовичский, Кличевский, Костюковичский, Краснопольский, Кричевский, Круглянский, Осиповичский, Славгородский, Хотимский, Чаусский, Чериковский
3в	Витебская область: Бешенковичский, Городокский, Докшицкий, Дубровенский, Лепельский, Лиозненский, Миорский, Полоцкий, Россонский, Ушачский, Чашникский, Шарковщинский, Шумилинский

Заключение. В ходе проведенного комплексного исследования геодемографического развития сельской местности Беларуси с использованием кластерного анализа в программном продукте STATISTICA 6.0, установлено, что при постановке задачи получения однородных групп, удовлетворяющих критериям оптимальности и оперируя большим количеством переменных различной природы, данный метод является эффективным. Научный результат, – геодемографическая типология – полученный путем систематизации данных, проверки гипотезы и последующей интерпретации результатов, свидетельствует, во-первых, о территориальной дифференциации демографических процессов в сельской местности Беларуси, во-вторых – об усилении поляризации геодемографического пространства. Региональные различия, выявленные в ходе исследования и типизация демографических процессов обуславливают необходимость использования регионального подхода при разработке программ социально-демографического развития на мезо- и микроуровне.

ЛИТЕРАТУРА

- Халафян, А.А. STATISTICA 6.0: статистический анализ данных: учебник / А.А. Халафян. – Москва: Бином, 2007. – С. 241–256.
- Антипова, Е.А. Опыт использования ГИС-технологий в географии населения / Е.А. Антипова // Вестник БГУ. Серия 2. – 2007. – № 3. – С. 87–93.
- Федоров, Г.М. Геодемографическая типология / Г.М. Федоров; под ред. Н.Т. Агафонова. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. – 152 с.
- Мандель, И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
- Айвазян, С.А. Классификация многомерных наблюдений / С.А. Айвазян, З.И. Бежаева, О.В. Староверов. – М.: Статистика, 1974. – 239 с.
- Боровиков, В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В.П. Боровиков. – СПб.: Питер, 2001. – 246 с.

SUMMARY

Antipova E.A. Application Cluster Analysis by development of geodemographic typology of Belarus rural areas.

The article is devoted to the analysis of advantages, peculiarities of the use and adaptation of Cluster Analysis to researches in the field of population geography and

development of geodemographic typology of Belarus rural areas with the use of software product Statistica 6.0. The complex geodemographic typology of Belarus rural areas, carried out on the basis of the use of demographic, ekistic and dynamic modules from 35 variables for four census period (1970, 1979, 1999, 2006) on 118 rural areas of Belarus is determined.

УДК 911(5)

Башир Шухаб Мазен

ИРРИГАЦИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В МЕСОПОТАМИИ

От древних цивилизаций современное общество наследовало начало в отношениях человека и природы. Сохранение преемственности этики цивилизаций в историческом аспекте взаимоотношений с природой и применение их опыта в решении ресурсных и экологических проблем современного Ирака представляется необходимым. К сожалению, наследуемое начало в отношениях с природой в силу исторических причин во многом поучительно. Отсюда возникает настоятельная необходимость и исключительная трудность решения ресурсных и экологических проблем Ирака на современном этапе его исторического развития.

В физико-географическом районировании Ирак делится на следующие территории: Северный Ирак, Эль-Бадийя, Верхняя Месопотамия и Нижняя Месопотамия.

Северный Ирак – Аль-Джазира – занимает Армянское нагорье, высота которого достигает 2135 м в районе турецкой границы. Этот горный район расположен к востоку от долины р. Тигр. Северные горы представляют собой отроги Восточного Тавра, а северо-восточные – Загроса. Поверхность этого района постепенно повышается от долины Тигра к северо-востоку. Складчатые горы с крутыми склонами и часто пенепленизированными гребнями вытянуты параллельно ирако-турецкой и ирако-иранской границам. Они сложены известняками, гипсами, мергелями и песчаниками и глубоко расчленены многочисленными водотоками бассейна Тигра. Среди альпийских лугов на склонах гор встречаются леса и колючие кустарники. Предгорья и горные долины с плодородными почвами используются для садоводства и возделывания озимых культур.

Эль-Бадийя – юго-западный пустынный район – является продолжением Сирийско-Аравийского плато. Его поверхность постепенно понижается по направлению к долине

р. Евфрат. Над щебнисто-галечниковой поверхностью возвышаются плосковершинные останцовые холмы и возвышенности. Иногда встречаются песчаные пустыни и дюнные поля. Плато отделено от аллювиальной равнины четким уступом высотой до 6 м. В пределах плато берут начало многочисленные широкие вадии, сток которых направлен в долину Евфрата. Вадии заполняются водой только после редких ливней [2, с. 176].

Холмистая равнина Эль-Джазира (в переводе означает «остров») расположена на междуречье среднего течения рек Тигр и Евфрат. Местами равнинный характер местности нарушается невысокими горами. Равнина глубоко расчленена многочисленными руслами вадии, сток которых направлен в Евфрат или внутренние впадины и озера. Тигр и Евфрат в пределах Эль-Джазиры текут в узких долинах, наиболее глубоко врезанных на севере и северо-западе.

Нижняя Месопотамия занимает Южную часть междуречья Тигра и Евфрата и долину р. Шатт-эль-Араб. Она простирается на юго-восток вплоть до Персидского залива и имеет протяженность около 500 км, площадь около 120 тыс. кв. км, сложена аллювиальными отложениями и характеризуется плоским рельефом. Ее абсолютные высоты обычно менее 100 м над уровнем моря. Монотонный рельеф местами нарушается естественными береговыми валами, многочисленными протоками, ирригационными и дренажными каналами. На многих участках днища Тигра и Евфрата приподняты над прилегающей местностью. Уклоны русел обеих рек незначительны, поэтому сток затруднен и на юго-востоке образовались обширные болота. Кроме того, Нижняя Месопотамия изобилует озерами. Наиболее крупные из них: Эль-Мильх, Эль-Хаммар, Эс-Саадия, Эль-Хаббания. Нижняя Месопотамия – степь с культивируемыми ландшафтами с густой сетью ирригационных сооружений, на значительной части остающейся заболоченной [1, с. 141].

Месопотамия (рисунок 1) с глубокой древности привлекала как временных, так и постоянных поселенцев – с гор на северо-востоке и севере, из степей на западе и юге, с моря на юго-востоке. Этому способствовали: благоприятные климатические условия и плодородные земли, которые находились в долинах рек Тигр и Евфрат.

До появления шумерской письменности (около III тыс. до н. э.) об этнической карте района судить трудно, однако археология дает многочисленные свидетельства того, что вся Месопотамия была заселена задолго до появления письменности.

Месопотамия, как один из древнейших очагов цивилизации демонстрирует не только то, как и почему возникает собственно исторический период, но и то, что происходило в переломный предшествующий период. Человек обнаружил прямую связь между посевом и жатвой около 12 тыс. лет назад. На смену периоду охоты и собирательства пришло регулярное производство продуктов питания. На смену временным поселениям, особенно в плодородных долинах, пришли долговременные поселения, в которых их обитатели жили поколениями.

Первое земледельческое поселение – стоянка Джарма, в предгорьях Северо-Западного Загроса, возникла в VII тыс. до н. э. Здесь в начале голоцена произрастали дубовые леса, которые чередовались с открытыми пространствами, покрытыми травянистой растительностью. К этому времени относится начало первичного ирригационного земледелия в долинах Тигра и Евфрата. Сравнительно быстро, к концу VII тыс. до н. э. Месопотамия стала земледельческим регионом [1].

Пересекающие всю страну реки Тигр и Евфрат, самые полноводные на всем Ближнем Востоке, играют важную роль в хозяйстве Ирака. Евфрат берет начало от слияния рек Карасу и Мурат, истоки которых находятся на Армянском нагорье в Турции, далее через территорию Сирии попадает в пределы Ирака. В этих странах воды Евфрата используются для гидроэнергетики и других хозяйственных нужд. Длина Евфрата (от истоков р. Мурат) – около 3060 км. В верхнем течении Евфрат – бурная горная река, в Сирии ее течение несколько замедляется.

Река Тигр длиной 1850 км берет начало из оз. Хазар на Армянском нагорье в Турции и на протяжении почти 1500 км течет по территории Ирака. В среднем течении эта довольно бурная река имеет узкое русло, пролегающее через ряд горных хребтов северного Ирака. В пределах Месопотамской низменности ширина русла

колеблется от 120 до 400 м, а глубина – от 1,5 до нескольких метров. Скорость течения – около 2 м/с. Поскольку здесь уровень водной поверхности почти на 1,5 м выше окружающей местности, русло искусственно обваловано. В отличие от Евфрата, Тигр имеет многоводные притоки, которые берут начало в горах северо-восточного Ирака. Наиболее крупные притоки – Большой и Малый Заб, Дияла, Керхе, Эль-Узайм. Водность Тигра значительно увеличивается с октября по март. Пик половодья приходится на апрель, реже – на март, а межень – на август-сентябрь. Паводки в Ираке часто бывают катастрофическими и наносят серьезный экономический ущерб.

Реки Тигр и Евфрат, берущие начало в горных системах, отличаются нестабильным водным режимом, приводящим к наводнениям. Чтобы обезопасить себя от стихийных бедствий, необходимо было создание не только ирригационных систем, но и надежных дамб и искусственных возвышений для поселений. Активное освоение земель под сельскохозяйственные угодья по склонам гор и возвышенностям, окружающим низменную долину Тигра и Евфрата, привело к истреблению значительной части лесов, которые плохо возобновлялись в полуаридных условиях.

Ирригационное и гидротехническое строительство в Месопотамии, став крупномасштабным в IV тыс. до н. э., объединило усилия многих десятков тысяч людей. Так, канал Нарван, протянувшийся на 400 км, имел ширину 120 м при глубине 9–15 м. По всей видимости, это послужило толчком для появления раннеклассового (рабовладельческого) общества.

Ирригационное земледелие, потребовав оседлости, привело к возникновению городов-государств. Изначально невеликие и разобщенные системы каналов на обрабатываемых землях послужили основой для появления общин и их центров – городов. В начале III тыс. до н. э. территориально разобщенные центры (Ашшур, Ниневия, Мари и более крупные и процветающие на юге: Ур, Эреду, Урук, Ниппур) имели развитое хозяйство и культуру. Эти небольшие города-государства Шумера путем ирригации искусственно создавали плодородные земли за счет объединения соседних территорий. Вне орошаемых земель, на песчаных возвышенностях деградация почв приводила к их опустыниванию. Среди этих опустыненных территорий возникли зеленые оазисы обрабатываемых земель.



Рисунок 2 – Первая карта территории Ирака (IV тыс. до н. э.).
 По центру: карта Ирака времен правления Саргона Альт Сани короля Аккада (2300 лет до н. э.).
 Левый нижний угол: Самар 2000 г. до н. э.
 Правый нижний угол: Вавилон 2195 г. до н. э.

Создание централизованной системы каналов способствовало объединению мелких поселений и общин вокруг центров-городов. Однако появление опустыненных или заболоченных пространств усилило разобщенность городов-государств, хозяйство которых основывалось на речном орошении со сбором паводковых вод в водохранилищах. Это порождало непрерывные войны за каналы и орошаемые поля. Жесткие войны сопровождали всю историю Месопотамии. Военные конфликты привели к разрушению городов и ирригационных сооружений, выжиганию посевов и леса. Также огромный урон наносили вторжения кочевых племен, в борьбе с которыми в III тыс. до н. э. сложилось царство Шумера и Аккада [1, с. 138].

Вероятно, что во времена Шумера и Аккада (рисунк 2), а позднее и Вавилона, на западе и юго-западе Месопотамии, на территории современной Сирийской пустыни, расстились степи и лесостепи, которые занимали племена скотоводов, а долины рек – земледельцы [1].

Ныне безводная Сирийская пустыня в те времена не была бедна водой. В долинах с лугами, деревьями и кустарниками существовали устойчивые водотоки. Скотоводческие племена, превратившие свою территорию в пустыню, из-за чрезмерного выпаса скота были вынуждены переселиться в плодородную долину Месопотамии.

Из-за опустынивания Сирийских степей, гонимыми засухами, в Месопотамию вторглись скотоводы – амореи, западные семиты. С севера, с гор Загроса (Иранское нагорье), периодические нашествия многочисленных скотоводов-кочевников представляли не меньшую опасность для городов-государств и природы Месопотамии.

Заполняемые стадами плодородные территории теряли свой облик, увеличивая площадь пустынь. Нашествие скотоводов и внутренние неурядицы разрушали во многих местах систему ирригации. Приносимые из опустыненных вер-

ховьев Тигра и Евфрата, в результате усиления эрозии песчаные и супесчаные наносы вместо плодородного ила-гумуса заполнили русла рек и каналы.

Земледелие Месопотамии стало испытывать периодические кризисы. Урожай ячменя, основной продовольственной культуры, сократился более чем в 2 раза. Кроме речных, огромную роль в природе и экономике региона играли грунтовые воды, имеющие повышенную минерализацию по сравнению с речными водами. Избежать засоления земель при их интенсивном использовании было невозможно. Увеличивающиеся в размере пустыни, отчасти гипсовые, с окружающих возвышенностей проникли в Месопотамию. Постоянное возобновление плодородных земель прекратилось, и наступило устойчивое падение урожайности ячменя. Из-за засоления почв не могла культивироваться пшеница.

Расцвет и упадок государств в Месопотамии сменялись довольно часто на протяжении всей ее истории. Усиление одного государства сопровождалось угнетением или уничтожением другого. За движущимися враждующими войсками возделываемые земли превращались в пустыни. Экологическая древняя история Ирака представляет собой поучительный пример успехов и неудач преобразований природной среды в интересах формирующихся цивилизаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баландин, Р.К.* Природа и цивилизация / Р.К. Баландин, Л.Г. Бондарев. – М.: Мысль, 1988. – 391 с.
2. *Shome, R.H.* The Nature of Geography, Annals of Asso. of Amer. Geographers / R.H. Shome. – 1939. – Vol. XXIX, № 3–4. – P. 176.

SUMMARY

The ecological ancient history of Iraq represents an instructive example of successes and failures of transformations of natural environment in interests of formed civilizations.

УДК 911(476)

Л.В. Фокеева

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ТИПЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ

Демографическое развитие Беларуси со второй половины XX – начала XXI в. характеризуется устойчивым сокращением численности сельского населения. В 1950-е гг. убыль сельского населения происходила, главным обра-

зом, за счет миграционных потерь. Начиная с 1970-х гг. процесс сокращения численности сельского населения усилился за счет естественной убыли. Во второй половине XX в. для сельского населения Беларуси были характерны миграционный отток в города, нарушение воз-

растной структуры, снижение уровня рождаемости и повышение уровня смертности. В результате современная демографическая ситуация в сельской местности характеризуется установившимся режимом депопуляции. Эти процессы в той или иной мере происходили на всей территории республики, однако существенные различия во времени и интенсивности проявляются на мезоуровне и усиливаются при переходе на микроуровень. В связи с этим становится актуальным выявление и анализ мезо- и микро-региональных различий в развитии демографических процессов. При этом чем ниже территориальный уровень, тем более значительны эти различия, вплоть до многократных величин, что делает необходимым применение принципа полимасштабности в исследовании региональных типов динамики естественного движения [2, с. 4].

Типология является одним из методов географической систематизации, с помощью которого вскрываются качественные различия структурных компонентов исследования. Геодемографическая типология является важнейшим методом исследования, который дает возможность выявить и оценить качественные территориальные различия населения в их связях с другими компонентами региональной системы общественного воспроизводства [7, с. 102–103].

В качестве основного научного результата проведенного исследования предлагается *типология региональных различий* по характеру естественного движения сельского населения, которая является научным обоснованием для совершенствования региональной демографической политики.

Временной анализ охватывает период с 1970 по 2006 г., который в силу объективных исторических причин подразделяется на несколько подпериодов. Базовым годом исследования является 1970 г. В демографической истории сельской местности Беларуси он завершает этап послевоенного возрождения, отражает проявление «урбанистического бума» и первых признаков депопуляции сельского населения. В 1970 г. в целом для сельской местности Беларуси был характерен расширенный тип воспроизводства населения, преобладала 2–3-детная семья. Однако в отдельных районах Витебской и Могилевской областей уже были отмечены первые признаки депопуляции. В 1975 г. режим депопуляции был характерен для большинства сельских районов Беларуси, и до 1986 г. стабильно нарастали темпы убыли сельского населения. В 1986 г. эволюционный ход развития сменился резкими трансформациями в результате техногенной катастрофы – аварии на Чернобыльской АЭС. Период с 1991 по 2002 г. характеризуется повсеместной депопуляцией сельского населе-

ния с максимальными темпами естественной убыли. С 2002 г. наступает современный период, который характеризуется изменением вектора демографического развития и незначительным ростом уровня рождаемости, и сокращением уровня смертности.

Результаты пространственно-временного анализа внутриреспубликанского перераспределения демографического потенциала, направленности и интенсивности изменения демографических процессов, выявление сходства и различий в тенденциях стали основой для разработки типологии сельской местности Беларуси по характеру динамики естественного движения сельского населения на микрогеографическом уровне.

Основываясь на определении депопуляции как «уменьшении абсолютной численности какой-либо страны или территории, либо суженном его воспроизводстве, при котором численность последующих поколений меньше предыдущих», был осуществлен отбор статистических показателей для дальнейшего исследования [6]. Характеристикой режима воспроизводства населения в работе выступает соотношение уровней рождаемости и смертности. Общее количество переменных для анализа составило 7 и включает абсолютные и относительные значения динамики и воспроизводства населения.

В качестве нормативного уровня при территориальных сравнениях принято среднее значение показателя по сельской местности Беларуси. Для изучения всех компонентов в динамике и выявления вектора развития относительно общереспубликанских тенденций была проведена стандартизация показателей к средне-республиканскому уровню за каждый период исследования:

$$I = \frac{\Pi_p}{\Pi_{cp}}, \text{ где} \quad (1)$$

I – индекс к среднереспубликанскому значению;

Π_p – показатель по району;

Π_{cp} – средний уровень показателя по сельской местности Беларуси.

Стандартизация позволяет абстрагироваться от величины самого показателя, что значительно облегчает изучение динамики процесса, дает дополнительное представление об отношении уровня процесса в конкретном районе к среднереспубликанскому и повышает информативность анализа межрегиональных различий.

На следующем этапе был применен метод стандартных отклонений и проведены группировки по каждому показателю в начальный и конечный периоды исследования. Количественно характеристики каждой группы выражены с помощью оценки по трехбалльной шкале: для показа-

телей-стимулянтов, низкий уровень – один балл, средний – два, высокий – три; для дестимулянтов – в обратном порядке.

Агрегирование показателей проводилось путем суммирования баллов начального и конечного периодов исследования. Сумма баллов не учитывает вектор развития того или иного процесса относительно общереспубликанской динамики, поэтому результаты суммирования были подвергнуты дополнительной аналитической обработке. Таким путем были выявлены региональные типы динамики естественного движения, в основу выделения которых было положено соотношение основных рассматриваемых демографических характеристик в динамике за период с 1970 по 2006 год.

В результате было выделено три региональных типа динамики естественного движения населения: развивающийся, стабильный и депрессивный [1]. В настоящее время все районы Беларуси, за исключением Минского, имеют естественную убыль населения. Однако распространение этого процесса шло неравномерно, в результате районы существенно различаются по характеру процесса депопуляции, его интенсивности и протяженности во времени. Территориальная неоднородность обусловила выделение подтипов в пределах каждого типа с учетом экономико-географического положения района и интенсивности динамики компонентов естественного движения.

Тип 1. Развивающийся. Включает 11 районов, характеризующихся стабильно высоким уровнем рождаемости и низким уровнем смертности, либо положительным вектором динамики показателей естественного движения. В начале исследуемого периода районы данного типа характеризовались расширенным режимом воспроизводства населения, и условный коэффициент депопуляции не превышал 0,52. К 2006 г. показатель вырос до уровня 1,56, что является по-прежнему самым низким уровнем депопуляции в стране. В настоящее время только эти 11 районов Беларуси способны к демографическому саморазвитию и самовозобновлению населения при условии изменения репродуктивных установок. Районы данного типа концентрируют значительный демографический потенциал – 7% населения, проживающего на 9% площади, удельный вес которого за исследуемый период почти не снижался (таблица).

Развивающийся тип включает в себя 2 подтипа: южный и пригородный.

Подтип 1.1. Развивающийся южный. Объединяет восемь районов, которые традиционно имеют более благоприятную демографическую обстановку. В подтип входят аграрно-экстенсивные полесские районы, где сочетание особен-

ностей профессиональной, этнической структур, хозяйственной деятельности и системы расселения формируют устойчивый ареал районов с наименьшим в сельской местности Беларуси уровнем депопуляции. Ареал разорван индустриально-аграрным Пинским районом, где демографическая обстановка менее благоприятна (рисунок).

Подтип 1.2. Развивающийся пригородный. Включает в себя три типично индустриальных (по И.И. Пирожнику) и урбанизированных района: Минский, Гомельский и Брестский, где сконцентрировано 2,5% населения сельской местности и доля этих районов в численности сельского населения постоянно увеличивается. В Гомельском и Брестском районах происходит усиление зональных характеристик демографического развития при стимулирующей роли крупных городов. В Минском районе наиболее отчетливо прослеживается роль крупного города в развитии сельской местности.

Столица активно распространяет свое влияние на прилегающие территории, вместе они фактически образуют единую урбанизированную территориальную систему с высоким хозяйственным потенциалом и развитой инфраструктурой, что оказывает положительное влияние на систему сельского расселения, возрастную структуру и его естественное движение. Это единственный район Беларуси, где естественная убыль сменилась приростом и произошел демографический реверс – возвращение на предыдущую эволюционную стадию [3].

Тип 2. Стабильный. Объединяет 60 районов, где сконцентрировано 54% сельского населения Беларуси, проживающего на 53% площади. География распространения данного типа динамики естественного движения представлена районами Минской, Гомельской и Брестской, а также периферийными районами Гродненской и Могилевской областей. Демографическое развитие этих районов идет близко к траектории среднереспубликанского. Наступление депопуляции в них зафиксировано в среднем на 5 лет раньше, чем в развивающемся типе. Стабильность относительно среднереспубликанских показателей определяет стагнацию в демографическом развитии. В настоящее время большая часть стабильных районов не способна к самовозобновлению населения без миграционного притока лиц в репродуктивном возрасте, за исключением районов пригородного подтипа.

Подтип 2.1. Стабильный центрально-западный. Объединяет 33 района, большая часть из которых относится к индустриальным и индустриально-аграрным, 8 – к аграрно-экстенсивным и 7 – к аграрно-интенсивным [5]. Для районов центрально-западного подтипа характерны опе-

режающие темпы в снижении рождаемости и отстающие темпы роста смертности по сравнению

со среднереспубликанскими в сочетании со стабильным типом динамики.

Таблица 1 – Характеристики типов динамики естественного движения сельского населения Беларуси [составлено по 4, с. 8–13]

I группа показателей

Типы и подтипы	Число районов	Площадь территории, тыс. км ²	Доля территории, %	Численность населения, 1970, тыс. чел.	Численность населения, 2006, тыс. чел.	Доля населения, %	
						1970 г.	2006 г.
тип 1	11	18,00	8,66	414,32	191,20	8,25	7,11
подтип 1.1	8	12,67	6,09	294,36	122,83	5,86	4,56
подтип 1.2	3	5,33	2,56	119,97	68,37	2,39	2,54
тип 2	60	109,67	52,76	2630,26	1460,48	52,36	54,27
подтип 2.1	33	58,32	28,06	1378,66	759,84	27,44	28,24
подтип 2.2	22	42,20	20,30	949,81	469,19	18,91	17,44
подтип 2.3	5	9,16	4,41	301,79	231,46	6,01	8,60
тип 3	47	80,20	38,58	1979,04	1039,26	39,39	38,62
подтип 3.1	39	67,47	32,46	1639,00	884,68	32,63	32,88
подтип 3.2	8	12,72	6,12	340,05	154,57	6,77	5,74

II группа показателей

Типы и подтипы	Уровень рождаемости, ‰		Индекс динамики рождаемости 2006/1970	Уровень смертности, ‰		Индекс динамики смертности 2006/1970	УКД	
	1970 г.	2006 г.		1970 г.	2006 г.		1970 г.	2006 г.
тип 1	16,46	11,69	0,71	8,52	18,21	2,14	0,52	1,56
подтип 1.1	16,38	11,35	0,69	8,40	19,20	2,29	0,51	1,69
подтип 1.2	16,70	12,60	0,75	8,83	15,57	1,76	0,53	1,24
тип 2	15,84	9,68	0,61	9,61	24,11	2,51	0,61	2,49
подтип 2.1	17,59	9,01	0,51	10,12	23,54	2,32	0,58	2,61
подтип 2.2	13,94	10,61	0,76	8,85	25,36	2,86	0,64	2,39
подтип 2.3	12,58	10,04	0,80	9,48	22,40	2,36	0,75	2,23
тип 3	12,52	7,89	0,63	10,36	26,94	2,60	0,83	3,42
подтип 3.1	12,31	8,13	0,66	10,45	26,67	2,55	0,85	3,28
подтип 3.2	13,58	6,69	0,49	9,88	28,25	2,86	0,73	4,22

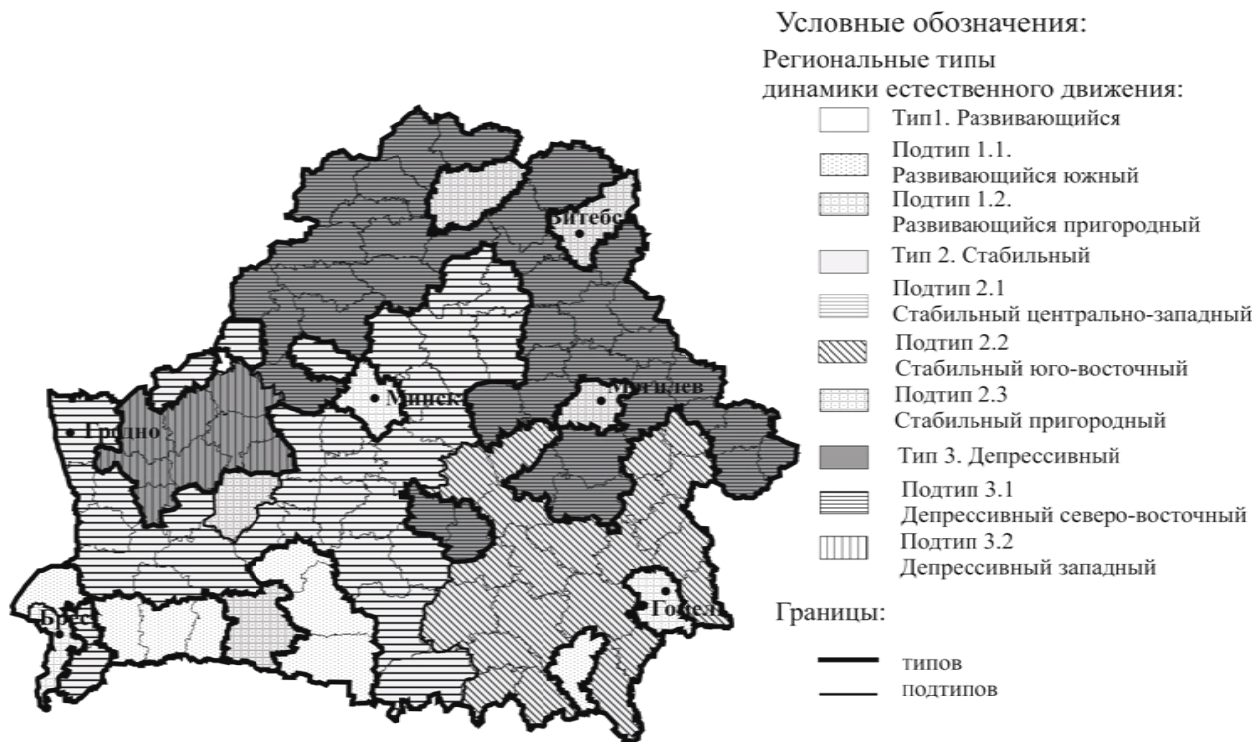


Рисунок 1 – Региональные типы динамики естественного движения сельского населения Беларуси за период 1970–2006 гг. [составлено по 4, с. 8–13].

В зоне влияния Минской городской агломерации сформировался ареал, где стабильно средний уровень рождаемости сочетается с относительным снижением смертности. Соседи столичного района первого порядка (Молодечненский, Логойский, Червенский, Пуховичский и Смолевичский) в результате менее интенсивного роста смертности переместились из группы с высоким уровнем в 1970 г. в группу со средним уровнем.

Типично сельскохозяйственные районы юга Минской области с высоким агроресурсным потенциалом (Несвижский, Копыльский и Клецкий) вследствие более интенсивного снижения рождаемости, чем в среднем в республике и менее интенсивного роста смертности в 1970–2006 гг., перешли из группы со средним уровнем рождаемости в группу с низким, а по смертности произошел обратный сдвиг – из группы с высокой смертностью в группу со средним уровнем.

Подтип 2.2. Стабильный юго-восточный. Концентрирует 22 района Гомельской и Могилевской областей, где сосредоточено около 17% демографического потенциала сельской местности. Большинство районов подтипа относятся к аграрно-экстенсивным, пять – к индустриально-аграрным, Мозырьский, Бобруйский и Светлогорский – к индустриальным [5], для которых характерны опережающие темпы роста смертности и отстающие темпы снижения рождаемости в сочетании со стабильным типом динамики.

В *стабильный пригородный (подтип 2.3)* входят 5 урбанизированных индустриальных районов, где проживает более 8% сельского населения и доля демографического потенциала которых постоянно увеличивается. Отличительными чертами демографического развития районов данного подтипа являются низкие темпы снижения рождаемости и роста смертности, в результате чего масштабы депопуляции сокращаются.

Тип 3. Депрессивный. Объединяет 47 районов общей площадью 80 тыс. км², что составляет 39% территории Беларуси, концентрирует около 38% демографического потенциала сельской местности. В него входят почти все районы Витебской, большая часть районов Гродненской и Могилевской, фрагментарно представлены районы Минской, Гомельской и Брестской областей, которые характеризуются низким уровнем рождаемости и высоким уровнем смертности на протяжении всего периода исследования, либо опережающими (по сравнению со средними по сельской местности) темпами снижения рождаемости и роста смертности. Условный коэффициент депопуляции в районах данного типа уже в 1970 г. составлял менее единицы, что говорит о суженном воспроизводстве населения, а в 2006 г. он вырос до 3,42.

Зона демографической депрессии образовалась в северной части Беларуси уже в конце 1960-х гг. и постепенно расширялась в юго-восточном направлении. Именно районы этого типа первыми завершили «демографический переход», и естественный прирост сменился убылью. Центральнo-пристоличнoй регион отличается большей устойчивостью по сравнению с остальной территорией Центральной Беларуси, поэтому в распространении депрессивного типа демографической динамики прослеживается неравномерность зонального расширения границ в виде западного и восточного ареалов депрессии. Расширение зоны демографической депрессии на начальном этапе исследования в 1970–1979 гг. происходило в направлении с северо-запада на юго-восток, с образованием после 1979 г. обособленного западного ареала.

Процесс депопуляции в депрессивном регионе имеет наибольшую продолжительность по времени – более 30 лет. В рамках типа выделяются два подтипа: северо-восточный и западный.

Подтип 3.1. Депрессивный северо-восточный. Объединяет 39 районов, в которых проживает 38% населения и доля демографического потенциала постоянно снижается. Большая часть из них обладает низким демографическим и агроресурсным потенциалом. Более 35 лет неблагоприятная демографическая обстановка характерна для районов, которые уже к началу исследуемого периода подошли с ослабленным демографическим потенциалом и естественной убылью населения. Для северо-восточного подтипа характерен затяжной и спокойный процесс постоянного снижения рождаемости и роста смертности. Интенсивность сокращения рождаемости здесь ниже, чем в среднем по сельской местности. Темпы роста смертности на уровне среднереспубликанских. Снижение рождаемости началось в середине 1960-х гг. и к 1970 г. эти районы подошли с очень низкими показателями, а к настоящему времени они сократились в этой зоне всего на 32–35%, при среднем по сельской местности 40%. Несмотря на невысокую интенсивность демографических процессов, разрыв, образовавшийся еще до 1970 г., не преодолен до настоящего времени. Эта зона – спокойной затяжной депопуляции. Раннее наступление второго «демографического перехода» было предопределено значительными демографическими потерями Витебской и Могилевской областей в Великой Отечественной войне, которые повлекли за собой нарушения возрастной структуры и естественную убыль населения. Районы подтипа на протяжении всего периода исследования идут по пути исчерпания своего демографического потенциала. Этот процесс уже не

может быть остановлен естественным путем ввиду резких нарушений в возрастной структуре.

Подтип 1.2. Депрессивный западный. Включает в себя 8 районов, компактно расположенных в Гродненской области с высоким агро-ресурсным и туристско-рекреационным потенциалом. Для них характерно более позднее начало депопуляции, чем в целом в районах типа, и резкий характер протекания процесса. Снижение рождаемости происходило резко и более интенсивно при среднереспубликанских темпах роста смертности. Рождаемость за исследуемый период снизилась на 62%. В начале 1970-х гг. западная зона депрессивного типа имела более благоприятную демографическую обстановку, чем северо-восточная: уровень рождаемости был выше в среднем на 3 ‰, а смертность ниже на 1 ‰. К 1979 г. показатели сравнялись, а в настоящее время эта зона имеет самые худшие показатели естественного движения в республике (условный коэффициент депопуляции достиг 4,22). Несмотря на высокие количественные характеристики депопуляции, сельское население в депрессивном западном подтипе имеет больше предпосылок к восстановлению. Одной из них выступает высокий агро-ресурсный и туристско-рекреационный потенциал.

Проведенная типология сельских районов Беларуси позволяет дифференцировать территорию государства по степени благоприятности протекающих демографических процессов, выявить наиболее проблемные регионы и определить характерные особенности их развития для системного подхода в решении основных демографических проблем сельской местности Беларуси с учетом региональных и локальных особенностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алаев, Э.Б. Классификации и типологии / Э.Б. Алаев // Социально-экономическая география: понятийно-терминологический словарь. – М.: 1983. – С. 233–234.
2. Антипова, Е.А. Регионы Беларуси: особенности демографического развития и трудовой потенциал сельской местности / Е.А. Антипова, Б.А. Манак. – Минск: БГТУ, 2007. – 232 с.

3. Антипова, Е.А. Геодемографическая трансформация сельской местности Беларуси во второй половине XX – начале XXI в. / Е.А. Антипова // Весті БДПУ. Серія 3. Фізика. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2007. – № 4. – С. 55–59.
4. Население Республики Беларусь: стат. сб. / пред. ред. кол. Г.И. Гасюк. – Минск: М-во стат. и анализа, 2007. – 411 с.
5. Пирожник, И.И. Экономико-географическая типология районов Белорусской ССР / И.И. Пирожник // Вестник БГУ. Серія 2. Химія. Біялогія. Геаграфія. – 1986. – № 3. – С. 63–67.
6. Стешенко, В.С. Депопуляция / В.С. Стешенко // Демографический энциклопедический словарь. – М., 1985. – С. 123.
7. Федоров, Г.М. Научные основы концепции геодемографической обстановки / Г.М. Федоров. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. – 180 с.
8. Фондовые материалы Брестского областного управления статистики Брестского областного исполнительного комитета (1970–1999 гг.). – Брест, 2007.
9. Фондовые материалы Витебского областного управления статистики Витебского областного исполнительного комитета (1970–1999 гг.). – Витебск, 2007.
10. Фондовые материалы Гомельского областного управления статистики Гомельского областного исполнительного комитета (1970–1999 гг.). – Гомель, 2007.
11. Фондовые материалы Гродненского областного управления статистики Гродненского областного исполнительного комитета (1970–1999 гг.). – Гродно, 2007.
12. Фондовые материалы Минского областного управления статистики Минского областного исполнительного комитета (1970–1999 гг.). – Минск, 2007.
13. Фондовые материалы Могилевского областного управления статистики Могилевского областного исполнительного комитета (1970–1999 гг.). – Могилев, 2007.

SUMMARY

The demographic development of a rural area of Belarus in 1970-2006 is characterized. The regional tendencies of process of depopulation are revealed and the typology on character of natural movement of rural population is worked out. Three types of districts: developing, stable and depressive are given. The revealed territorial features can be used by working out programs of regional demographic development.

РЭФЕРАТЫ

УДК 53(07)

Бондар В.А., Вабішчэвіч І.А. Гуманізацыя фізічнай адукацыі сродкамі спецыяльнага прадмета // *Весці БДПУ. 2008. № 2. Серыя 3. С. 3–8.*

Разглядаюцца магчымасці гуманізацыі фізічнай адукацыі сродкамі спецыяльнага прадмета і асобнымі кампанентамі адпаведнага вучэбнага працэсу. Аналіз гістарычнага развіцця фізікі дае магчымасць высветліць сувязь навуковых рэвалюцый з сацыяльна-эканамічным развіццём грамадства. Вялікае значэнне мае прыродазнаўства для асобнага развіцця чалавека – будучага спецыяліста. Мэты і прынцыпы выкладання, як вядома, рэалізуюцца праз вучэбны працэс. Таму пры вывучэнні фізікі ён павінен быць пабудаваны такім чынам, каб прывесці да фарміравання ў навучэнцаў светаразумення. Менавіта гэта дазваляе рэалізаваць адну з першачарговых задач усёй ідэйна-выхаваўчай працы, што ажыццяўляецца ў нашым грамадстве.

Табл. – 6. Бібліягр. – 24 назвы.

УДК 537(07)

Туяк У.М. Элементарная суперпазіцыя электростатычных напружанасцей // *Весці БДПУ. 2008. № 2. Серыя 3. С. 8–11.*

Дзецца элементарнае «безынтэгральнае» вызначэнне электростатычнага поля раўнамерна зараджаных цел найпрасцейшай формы ў вакууме.

Рыс. – 5. Бібліягр. – 2 назвы.

УДК 517.5

Рыбачэнка І.В. Апраксімацыя суматорнымі рацыянальнымі аператарамі дыферэнцыраваных функцый абмежаванай варыяцыі // *Весці БДПУ. 2008. № 2. Серыя 3. С. 12–16.*

Атрыманы ацэнкі адхілення спецыяльных рацыянальных суматорных аператараў для функцый з дробнай вытворнай абмежаванай варыяцыі.

Бібліягр. – 3 назвы.

УДК 517.9

Стэльмашук М.Т., Шылінец У.А., Струнеўская Т.Л. Інтэгральнае выяўленне рашэнняў адной сістэмы дыферэнцыяльных раўнанняў у частковых вытворных // *Весці БДПУ. 2008. № 2. Серыя 3. С. 16–17.*

Метадамі F-манагенных гіперкамплексных функцый даследавана крайвая задача для рашэнняў адной сістэмы дыферэнцыяльных раўнанняў у частковых вытворных.

Бібліягр. – 2 назвы.

УДК 51(07)

Ляховіч А.В. Пераўтварэнне матэматычных задач як сродка рэалізацыі вучэбных задач пры навучанні матэматыцы // *Весці БДПУ. 2008. № 2. Серыя 3. С. 18–22.*

Разглядаюцца магчымасці выкарыстання пераўтварэння задач з недастатковымі зыходнымі параметрамі ў задачы з дастатковымі зыходнымі параметрамі для рэалізацыі вучэбных задач. Прапанаваны метады дазваляюць паступова, на кожным этапе рашэння ўключаць у працэс новыя веды, што патрабуе наяўнасці іх сістэмнасці, самастойнай ініцыятывы ў студэнтаў неабмежавана паглыбляцца ў вывучэнне пастаўленай праблемы. Сустрэкаюцца пэўныя праблемныя сітуацыі, вырашэнне якіх дазваляе глыбока асэнсаваць веды, зрабіць навучанне матэматыцы развіццёвым. Метады пераўтварэння матэматычных задач дазваляюць ўносіць пэўныя карэктывы ў метады выкладання асобных тэм, калі выяўляюцца прабелы ў ведах навучэнцаў на пэўным этапе

пераўтварэння, абумоўлены адсутнасцю ўменняў устанаўліваць канкрэтныя заканамерныя сувязі.

Табл. – 1. Бібліягр. – 12 назваў.

УДК 519.175

Мельников О.И., Семеняко А.Н. Функции применения графов и их реализация при обучении математике // *Весці БДПУ. 2008. № 2. Серыя 3. С. 22–27.*

В статье рассматриваются вопросы, связанные с применением графов: 1) в школе при обучении математике; 2) в повседневной жизни в качестве универсального языка. В первой части работы подробно описываются функции использования графов, отмечаются существенные сходства и различия между ними, приводятся поясняющие примеры. Вторая часть статьи раскрывает сущность рассматриваемых функций непосредственно на примере решения математических задач.

Рис. – 9. Библиогр. – 5 назв.

УДК 004.738.5(07)

Романюк Г.Э., Демидович В.С., Климашевская О.Н. Применение законов Зипфа в Интернет-технологиях // *Весці БДПУ. 2008. № 2. Серыя 3. С. 28–30.*

Рассмотрено практическое применение эмпирических законов Зипфа в современных Интернет-технологиях: при поисковой оптимизации сайтов и при разработке алгоритмов работы поисковых систем. Рассчитана постоянная Зипфа для русских текстов.

Рис. – 2. Табл. – 1. Библиогр. – 3 назв.

УДК 004(07)

Бочкарева Л.В., Барабаш Е.Г. Программная реализация документооборота в дистанционном обучении // *Весці БДПУ. 2008. № 2. Серыя 3. С. 30–33.*

Рассмотрены особенности такой формы получения образования как дистанционное обучение. Показана его связь с электронным документооборотом. Обоснован выбор способа коммуникации между участниками процесса дистанционного обучения. Рассмотрены особенности аппаратной и программной реализации документооборота в дистанционном обучении на основе Microsoft BizTalk Server 2006, а также реализован способ пересылки и обработки сообщений с его помощью. Разработано многофункциональное программное средство, предназначенное для организации документооборота в процессе дистанционного обучения. Предложена модель базы данных программного средства.

Рис. – 2. Библиогр. – 6 назв.

УДК 591.531.1

Безрученко Н.Н. Применение цветочных клеевых ловушек против огуречного комарика в защищенном грунте // *Весці БДПУ. 2008. № 2. Серыя 3. С. 34–38.*

Рассматриваются возможности применения цветочных клеевых ловушек для выявления и установления первичных очагов распространения огуречного комарика в защищенном грунте, мониторинга его численности на протяжении вегетационного сезона. Результаты опытов свидетельствуют о целесообразности использования цветочных клеевых ловушек для сигнализации о сроках проведения защитных мероприятий, оценки эффективности обработок и массового отлова вредителя. Установлены наиболее attractive для огуречного комарика ловушки по цветовой гамме и оптимальная высота размещения над поверхностью субстрата.

Рис. – 2. Табл. – 1. Библиогр. – 17 назв.

УДК 581.4

Бученков И.Э. Морфобиологические особенности отдаленных гибридов *Ribes* и *Grossularia* с удвоенным числом хромосом // Весті БДПУ. 2008. № 2. Серья 3. С. 38–42.

Рассматриваются морфологические и биологические особенности отдаленных гибридов смородины черной, смородины красной и крыжовника с удвоенным числом хромосом.

Рис. – 2. Табл. – 3. Библиогр. – 12 назв.

УДК 582.711.714

Дерезинский А.В., Чопчиц А.Н. Оценка потенциала продуктивности исходных для селекции форм яблони // Весті БДПУ. 2008. № 2. Серья 3. С. 43–46.

Проведен сравнительный анализ процессов формирования и реализации потенциала продуктивности сортов яблони белорусской и шведской селекции на основных этапах вегетационного периода. Выявлены формы, отличающиеся наибольшими значениями изученных показателей, с целью дальнейшего их использования в селекции.

Табл. – 2. Библиогр. – 7 назв.

УДК 582.548.21:[58:069.029]

Жудрик Е.В., Бученков И.Э. Морфоанатомические особенности стрелитции королевской в условиях закрытого грунта ЦБС НАН Беларуси // Весті БДПУ. 2008. № 2. С. 46–51.

В статье рассматриваются взаимосвязь морфоанатомической структуры стрелитции королевской с условиями произрастания, развитие органов и тканей в процессе онтогенеза, отмечены особенности анатомического строения вегетативных и генеративных органов.

Рис. – 10. Табл. – 3. Библиогр. – 7 назв.

УДК 504.5:556(476.2)

Тюлькова Е.Г. Биоиндикация загрязнения тяжелыми металлами водоемов города Гомеля и прилегающих территорий // Весті БДПУ. 2008. № 2. Серья 3. С. 51–55.

В статье исследуется содержание тяжелых металлов в водной растительности и пробах донных отложений водоемов, расположенных на территории трех промышленных зон города Гомеля.

Установлено, что северная промышленная зона города испытывает наибольшую антропогенную нагрузку. Определен характер взаимосвязи между содержанием исследуемых тяжелых металлов в растениях и донных отложениях, а также указаны тяжелые металлы, которые накапливались в изучаемых пробах в максимальных количествах.

Табл. – 5. Библиогр. – 5 назв.

УДК 582.572.226

Левая М.А. Влияние биологически активных веществ на устойчивость тюльпанов классов Кауфмана и Грейга к серой гнили // Весті БДПУ. 2008. № 2. Серья 3. С. 56–59.

Рассматриваются результаты изучения влияния биологически активных веществ: элибрасинолида, гомобрасинолида, гаранта, гидрогумата, мальтамина, сфагнина, таболина и их сочетаний на устойчивость тюльпанов классов Кауфмана и Грейга к серой гнили. Обосновывается «экологичный» способ защиты растений тюльпанов от серой гнили. Установлено, что обработка луковиц и растений тюльпанов классов Кауфмана и Грейга испытываемыми регуляторами роста повышает индивидуальную болезнеустойчивость растений.

Табл. – 1. Библиогр. – 20 назв.

УДК 556.55

Бобровнича М.А., Петровская В.И. Изменение уровня грунтовых вод и их влияние на подтопление побере-

жий водохранилищ полесского типа // Весті БДПУ. 2008. № 2. Серья 3. С. 60–63.

Рассмотрены антропогенные и природные факторы, способствующие формированию зон подтопления водохранилища «Красная Слобода». Установлена корреляционная зависимость между уровнями водохранилища, грунтовых вод и осадков по сезонам за 2002 г. Выявлены закономерности колебаний уровней грунтовых вод. Отмечено, что в зимне-весенний период наибольшее влияние на прилегающие территории оказывает уровневый режим водохранилища, вызывая подъем грунтовых вод при наполнении водоема или спад при уменьшении его объема. В летне-осенний сезон уровни грунтовых вод изменяются в зависимости от количества выпавших осадков и в наибольшей степени это проявляется в скважинах, находящихся на большем расстоянии от искусственного водоема. Выявлена дифференциация растительных ассоциаций по зонам подтопления. Отмечен переход от влаголюбивых видов трав зоны сильного подтопления к злаковому разнотравью на слабо подтопленных берегах.

Рис. – 1. Библиогр. – 4 назв.

УДК 911(476)

Антипова Е.А. Использование кластерного анализа при разработке геодемографической типологии сельской местности Беларуси // Весті БДПУ. 2008. № 2. Серья 3. С. 63–67.

Статья посвящена анализу преимуществ, специфики использования и адаптации кластерного анализа к исследованиям в области географии населения и при разработке геодемографической типологии сельской местности Беларуси с использованием программного продукта Statistica 6.0. Изложена методика исследования, состоящая из двух этапов: иерархического кластерного анализа и анализа методом *k*-средних. Представлена временная ротация сельских районов и выявлены группы районов по степени устойчивости в пределах кластеров. Разработана комплексная геодемографическая типология сельской местности Беларуси, выполненная на основе использования демографического, экистического и динамического модулей из 35 переменных за четыре межпереписных периода (1970, 1979, 1999, 2006 гг.) по 118 сельским районам Беларуси. Раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов.

Рис. – 1. Табл. – 2. Библиогр. – 6 назв.

УДК 911(5)

Башир Шихаб Мазен. Ирригация и изменение природной среды в Месопотамии // Весті БДПУ. 2008. № 2. Серья 3. С. 67–71.

При решении современных ресурсных и экологических проблем Ирака необходимо учесть исторический опыт взаимодействия древних цивилизаций с природной средой. Расцвет городов-государств в Месопотамии основывался на создании ирригационных систем, а их упадок явился разрушением этих систем и опустыниванием территории.

Рис. – 2. Библиогр. – 2 назв.

УДК 911(476)

Фокеева Л.В. Региональные типы естественного движения сельского населения Беларуси // Весті БДПУ. 2008. № 2. Серья 3. С. 71–76.

Охарактеризовано демографическое развитие сельской местности Беларуси 1970–2006 гг. Выявлены региональные тенденции процесса депопуляции. Разработана типология по характеру естественного движения сельского населения. Выделено три типа районов: развивающийся, стабильный и депрессивный.

Рис. – 1. Табл. – 1. Библиогр. – 13 назв.

НАШИ АУТАРЫ

Антипова Е.А. – кандидат географических наук, доцент кафедры экономической географии зарубежных стран БГУ.

Барабаш Е.Г. – магистрант кафедры ПОИТ БГУИР.

Башир Шихаб Мазен – аспирант кафедры физической географии БГПУ.

Безрученко Н.Н. – кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и основ сельского хозяйства БГПУ.

Бобровнича М.А. – ассистент кафедры экологии БГУИР.

Бондарь В.А. – кандидат физико-математических наук, профессор кафедры общей физики БГПУ.

Бочкарева Л.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры ПОИТ БГУИР.

Бученков И.Э. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой ботаники и основ сельского хозяйства БГПУ.

Вабищевич И.А. – старший преподаватель кафедры общей физики БГПУ.

Демидович В.С. – студент IV курса машиностроительного факультета БНТУ.

Деревинский А.В. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и основ сельского хозяйства БГПУ.

Жудрик Е.В. – аспирант кафедры ботаники и основ сельского хозяйства БГПУ.

Климашевская О.Н. – студент IV курса машиностроительного факультета БНТУ.

Левая М.А. – преподаватель кафедры естественных и математических дисциплин с методиками преподавания БарГУ.

Ляхович А.В. – доцент кафедры математики БГПУ.

Мельников О.И. – доктор педагогических наук, профессор кафедры уравнений математической физики БГУ.

Петровская В.И. – аспирант кафедры экологии БГУИР.

Романюк Г.Э. – кандидат технических наук, доцент кафедры интеллектуальной системы БНТУ.

Рыбаченко И.В. – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры высшей математики и математической физики БГУ.

Семеняко А.Н. – аспирант кафедры прикладной математики и информатики БГПУ.

Стельмашук Н.Т. – кандидат физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа БГПУ.

Струневская Т.Л. – выпускник 2007 г. физического факультета БГПУ.

Туняк В.Н. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры экспериментальной и теоретической физики БГПУ.

Тюлькова Е.Г. – аспирант кафедры экологии ГГУ.

Фокеева Л.В. – аспирант кафедры экономической географии зарубежных стран БГУ.

Чопчиц А.Н. – студент V курса факультета естествознания БГПУ.

Шилинец В.А. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики БГПУ.