

Б.я52  
Б 437

1243

ISSN 0372-5340

# ВЕСТНИК

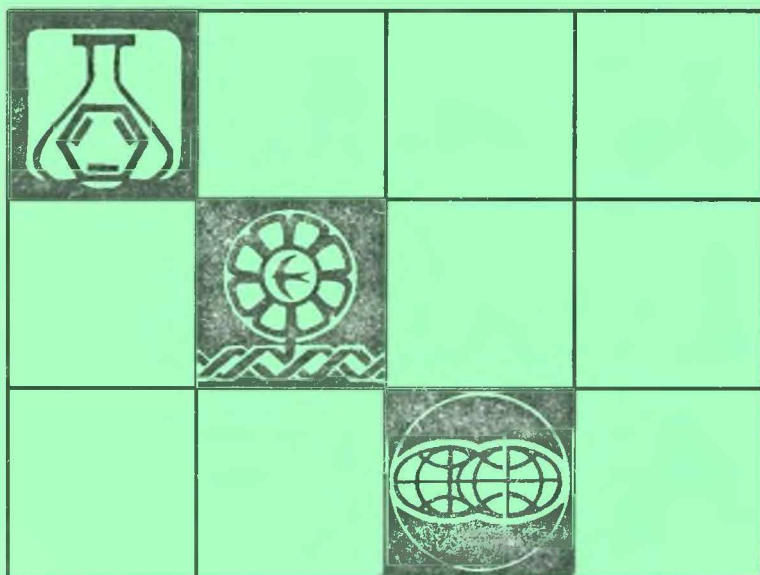
Белорусского государственного  
университета

---

СЕРИЯ 2

Химия  
Биология  
География

3/2004



# СОДЕРЖАНИЕ

## ХИМИЯ

Егоров В.В., Рахманько Е.М., Помеленок Е.В. Влияние стерической доступности обменного центра высших четвертичных аммониевых солей на анионообменную экстракцию однозарядных анионов .....	3
Савицкий А.А., Клындюк А.И. О замещении иттрия висмутом в $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ( $0 < x \leq 0,5$ ) .....	7
Поталенко Л.Т., Тимошенко М.В., Лютынский В.В., Шишко Г.В., Шевченко Г.П. Получение оттисковых стоматологических масс альгинатного типа .....	13

## БИОЛОГИЯ

Пикулик М.М. Структура и динамика сообщества насекомых в консорции <i>Arctium tomentosum</i> Mill. ....	18
Маслицкий С.Э., Гагарин В.Г. Нематоды, инвазирующие моллюска <i>Dreissena polymorpha</i> (Bivalvia: Dreissenidae) в Нарочанских озерах .....	22
Джус М.А. Костенец зонтичный ( <i>Holosteum umbellatum</i> L.) – новый вид для флоры Беларуси .....	25
Жукова А.А. Продукционно-деструкционные параметры эпифитона с различных видов макрофитов оз. Нарочь .....	29
Сушинская Н.В., Кукулянская Т.А., Курченко В.П., Сенчук В.В. Характеристика меланина, полученного из <i>Inonotus obliquus</i> (Pers.:Fr.) Pil. f. <i>sterilis</i> (Vanin) Nicol .....	33
Тихомиров Вал. Н. Критические заметки о некоторых группах высших споровых растений флоры Беларуси .....	36
Селезнева Ю.В., Семак И.В., Евтушенков А.Н., Прокулевич В.А. Идентификация мутаций бактерий <i>Pantoea agglomerans</i> , приводящих к изменению пигментации колоний .....	41
Поликсенова В.Д., Грушецкая З.Е. Идентификация внутривидового полиморфизма гриба <i>Cladosporium fulvum</i> Cooke по признаку вирулентности .....	44
Феклистова И.Н., Максимова Н.П. Влияние ионов металлов на активность и синтез ключевых ферментов ароматического пути бактерий <i>Pseudomonas aurantiaca</i> B-162 .....	48
Дерунков А.В. Видовое разнообразие жуков стафилинид (Coleoptera, Staphylinidae) в сосновых культурах разного возраста в Березинском заповеднике .....	53

## ГЕОГРАФИЯ

Кольмакова Е.Г. Методика оценки антропогенных изменений стока растворенных веществ рек .....	57
Чертко Н.К., Карпиченко А.А. Геохимическая структура холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов Беларуси .....	63
Счастливая И.И. Оценка ландшафтного разнообразия рекреационных систем Беларуси .....	68
Штефан Л.В. Ксенолиты основных кристаллических сланцев из диатрем Жлобинской седловины .....	73
Власов Б.П. Этапы изменения трофности озер восточной части Балтийских Поозерий на протяжении их развития .....	78
Зарубов А.И. Сравнительная характеристика прибрежного зоопланктона озер Браславского района .....	84
Лопух П.С., Лопух Р.Н. Пути решения проблемы нормализации и стандартизации географических названий в Республике Беларусь .....	87

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Мангаладзе Н.Ш., Ониани Д.А., Юрин В.М., Ониани Т.И. Содержание йода в листьях и плодах некоторых видов лекарственных растений .....	94
Юрин В.М., Мангаладзе Н.Ш., Ониани Д.А. Влияние тяжелых металлов на содержание аскорбиновой кислоты в листьях растений разных видов .....	95

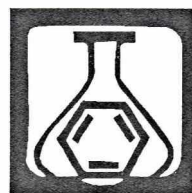
## ХРОНИКА

Витченко А.Н., Лопух П.С., Палюх Г.А. Белорусскому географическому обществу – 50 лет .....	98
--	----

## НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Олег Анатольевич Ивашкевич .....	100
Рефераты .....	101
Указатель статей, опубликованных в 2004 г. ....	105





УДК 542.61

В.В. ЕГОРОВ, Е.М. РАХМАНЬКО, Е.В. ПОМЕЛЕНКО

## ВЛИЯНИЕ СТЕРИЧЕСКОЙ ДОСТУПНОСТИ ОБМЕННОГО ЦЕНТРА ВЫСШИХ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЕВЫХ СОЛЕЙ НА АНИОНООБМЕННУЮ ЭКСТРАКЦИЮ ОДНОЗАРЯДНЫХ АНИОНОВ

The anion-exchange constants for the extraction of 14 single-charged anions with lipophilic quaternary ammonium salts with different structure has been determined. Alteration of the anion-exchange constants with the change of exchange center steric accessibility has been shown. The results were explained by the differences of the corresponding ion association constants in toluene phase.

Высшие четвертичные аммониевые соли (ЧАС) широко используются как экстрагенты гидрофобных анионов для их экстракционно-фотометрического и потенциометрического определения. До настоящего времени для этих целей использовали ЧАС с четырьмя или тремя длинноцепочечными заместителями у атома азота [1, 2]. Принято считать, что структура алкиламмониевого катиона не оказывает существенного влияния на величины констант обмена. Однако нами было обнаружено, что введение метильных радикалов в катион ЧАС сильно повышает обменное сродство двухзарядных ионов к органической фазе [3]. В настоящей работе представлены результаты исследования влияния стерической доступности катионов ЧАС на селективность анионообменной экстракции однозарядных анионов.

### Экспериментальная часть

В качестве экстрагентов использовали соли (хлориды или динитрофеноляты) высших ЧАС: тринилоктадециламмония (ТНОДА),  $RN^+(C_8H_{17})_3$  – 2,3,4-трис(додецилокси)бензилтриоктиламмония (ТО);  $RN^+(C_8H_{17})_2CH_3$  – 2,3,4-трис(додецилокси)бензилдиоктилметиламмония (ДОМ);  $RN^+C_8H_{17}(CH_3)_2$  – 2,3,4-трис(додецилокси)бензилдиметилноктиламмония (ДМО),  $RN^+(CH_3)_3$  – 2,3,4-трис(додецилокси)бензилтриметиламмония (ТМ), где R – суперлипофильный радикал  $C_{43}H_{79}O_3$  (трис-2,3,4-додецилокси)бензил, а также вторичный амин 2,3,4-трис(додецилокси)бензилметиламин (МА).

Константы обмена на выбранный стандартный хлорид-ион определяли в экстракционной системе вода – толуол при  $T = 293 \pm 1$  К и соотношении объемов фаз 1:1 методами прямого обмена и промежуточного аниона, в качестве которого использовали 2,4-динитрофенолят.

При прямом обмене после наступления равновесия органическую фазу анализировали на содержание хлорид-ионов титрованием стандартным раствором азотнокислого серебра в среде изопропилового спирта с потенциометрической индикацией точки эквивалентности. Остальные равновесные концентрации находили из условия материального баланса. В случае метода промежуточного иона использовали динитрофенолятные формы ЧАС, полученные обработкой толуольных растворов хлоридов ЧАС щелочным водным раствором динитрофенолята натрия. Все водные растворы, за исключением раствора гидрокарбоната, подщелачивали до pH ~9 раствором аммиака. Измерения производились

в интервале концентрации ЧАС  $1 \cdot 10^{-2}$ – $1 \cdot 10^{-3}$  М. Равновесную концентрацию красителя в водной фазе определяли при длине волны  $\lambda=410$  нм на спектрофотометре СФ-26 [4], остальные равновесные концентрации – из условия материального баланса.

В соответствии с протекающей анионообменной реакцией



концентрационную константу обмена динитрофенолят-иона или хлорид-иона  $An_1^-$  на исследуемый анион  $An_2^-$  рассчитывали по уравнению:

$$K_{An_1}^{An_2} = \frac{[R_4N^+An_2^-(org)][An_1^-(aq)]}{[R_4N^+An_1^-(org)][An_2^-(aq)]}$$

При определении констант анионообменной экстракции солью МА первоначально находили константы экстракции соответствующих кислот амином по механизму нейтрализации. Для этого после наступления равновесия органическую фазу отбирали и устанавливали равновесную концентрацию амина титрованием стандартным раствором соляной кислоты в среде изопропилового спирта с потенциометрической индикацией точки эквивалентности. Концентрация амина в рабочем растворе составляла  $1,0 \cdot 10^{-3}$ – $2,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Равновесные концентрации остальных веществ находили из условия материального баланса. Константы экстракции кислот амином по механизму нейтрализации  $K_{AmHAn}$  рассчитывали по уравнению:

$$K_{AmHAn} = \frac{(C_{0, Am} - [Am]_{org})}{[Am]_{org}(C_{0, H} - C_{0, Am} + [Am]_{org})(C_{0, An} - C_{0, Am} + [Am]_{org})Y_H Y_{An}}$$

где  $C_{0, Am}$ ,  $C_{0, H}$ ,  $C_{0, An}$  – исходные концентрации амина, ионов водорода и аниона соответствующей кислоты. Константы анионообменной экстракции определяли как отношение констант экстракции соответствующих кислот.

Все константы обмена определяли при переменных концентрациях обменивающихся ионов в водной фазе, различающихся по крайней мере в 5–10 раз. Величины констант обмена, приведенные в данной работе, являются средними из 5–8 измерений.

### Результаты и их обсуждение

В качестве жидких анионообменников обычно используют ЧАС с четырьмя длинноцепочечными радикалами у атома азота, которые обеспечивают высокую растворимость этих соединений в органической фазе и низкую в воде. Было показано [5], что для таких анионообменников константа обмена зависит прежде всего от стандартных свободных энергий сольватации и гидратации обменивающихся анионов и может быть описана уравнением:

$$\lg K_{Cl}^{An} = \frac{[(\Delta G_{H, An}^0) - (\Delta G_{Cl, An}^0)] - [(\Delta G_{H, Cl}^0) - (\Delta G_{Cl, Cl}^0)]}{2,303RT}, \quad (1)$$

где  $\Delta G_{H, An}^0$  и  $\Delta G_{Cl, An}^0$  – стандартные свободные энергии гидратации и сольватации обменивающихся анионов соответственно.

Поскольку согласно [6] стандартные свободные энергии сольватации солей приблизительно пропорциональны их стандартным свободным энергиям гидратации (действие принципа линейных соотношений свободных энергий), то уравнение (1) можно записать в виде:

$$\lg K_{Cl}^{An} = \kappa [(\Delta G_{H, An}^0) - (\Delta G_{H, Cl}^0)], \quad (2)$$

где  $\kappa = (1-k)/2,303RT$ ;  $k$  – коэффициент пропорциональности между энергиями сольватации и гидратации.

В [7] было показано, что коэффициент  $\kappa$ , характеризующий влияние природы растворителя на величину константы обмена, зависит также от природы ионообменника, уменьшаясь в ряду: ЧАС > третичные > вторичные > первичные амины. Для растворов ЧАС в толуоле  $\kappa$  обычно составляет около 0,055, для третичных аминов – ~0,03–0,04, для вторичных – ~0,025 [8]. Однако приведенные в литературе величины  $\kappa$  в ряде случаев сильно различаются [8], что не всегда

позволяет использовать их даже для качественного прогнозирования влияния природы растворителя и ионообменника на величину константы обмена. Это обусловлено прежде всего недостоверностью экспериментально определенных констант обмена, особенно в случае наиболее гидрофильных ионов.

Нами определены константы обмена для нескольких ЧАС и вторичного амина схожей структуры (табл. 1). Из полученных данных видно, что значения констант обмена закономерно изменяются с увеличением числа метильных заместителей у атома азота. На рис. 1 приведены зависимости логарифмов полученных констант обмена  $\lg K_{Cl}^{An}$  от разности стандартных свободных энергий гидратации анионов  $(\Delta G_h^0)_{An} - (\Delta G_h^0)_{Cl}$  для ионообменников ТНОДА и ТМ. Видно, что при переходе от ТНОДА к ТМ наклон зависимости заметно уменьшается: если для ТНОДА параметр  $\kappa$  равен 0,058, то для ТМ – 0,034. Для остальных ионообменников (ДОМ, ДМО)  $\kappa$  принимает промежуточные значения, для вторичного амина МА  $\kappa=0,024$  (табл. 2), т. е. при переходе от ТНОДА к ТМ происходит сильное нивелирование констант обмена. Таким образом, увеличение числа метильных заместителей у атома азота оказывает тот же эффект, что и использование аминов в качестве ионообменников.

Таблица 1

Значения радиусов анионов и логарифмов констант обмена анионов на хлорид-ион ( $\lg K_{Cl}^{An}$ ) в системе вода – толуол для различных ионообменников: ТНОДА, ТО, ДОМ, ДМО, ТМ, МА. Радиусы анионов ( $r_{An}$ , Å) взяты из [14]

Анион	$r_{An}$	$\lg K_{Cl}^{An}$					
		ТНОДА	ТО	ДОМ	ДМО	ТМ	МА
F <sup>-</sup>	1,33	-3,00±0,04	-2,20±0,10	-	-	-1,80±0,10	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,69	-1,36±0,04	-1,34±0,04	-1,30±0,13	-1,26±0,05	-1,00±0,15	-
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	1,62	-1,58±0,01	-1,44±0,08	-1,12±0,06	-1,16±0,11	-1,10±0,10	-
Cl <sup>-</sup>	1,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Br <sup>-</sup>	1,96	1,68±0,08	1,67±0,07	1,41±0,08	0,80±0,12	0,55±0,07	0,47±0,13
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COO <sup>-</sup>	-	1,84±0,08	1,70±0,10	1,36±0,07	1,00±0,03	0,63±0,07	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,79	2,34±0,08	2,20±0,06	1,71±0,07	1,22±0,06	0,81±0,06	0,83±0,11
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	2,70±0,11	2,77±0,09	2,34±0,07	1,80±0,12	1,44±0,06	1,19±0,14
I <sup>-</sup>	2,20	3,77±0,07	3,69±0,08	3,16±0,05	2,75±0,08	2,16±0,06	1,4±0,08
CCl <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	-	3,70±0,08	3,69±0,08	3,35±0,05	2,76±0,12	2,30±0,06	-
SCN <sup>-</sup>	2,13	4,48±0,07	4,33±0,08	3,63±0,06	3,20±0,10	2,57±0,07	1,97±0,09
ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2,50	5,18±0,09	5,24±0,08	4,34±0,06	3,97±0,06	3,20±0,10	1,69±0,15
DNF <sup>-</sup>	-	6,04±0,05	6,05±0,04	5,21±0,03	4,73±0,02	3,74±0,05	-
Pic <sup>-</sup>	-	8,61±0,03	8,68±0,08	7,71±0,04	6,80±0,12	6,10±0,10	5,72±0,10

Как видно из табл. 1, направление изменения констант обмена с увеличением числа метильных заместителей зависит от размеров обменивающихся анионов. Для однозарядных анионов константы обмена Cl<sup>-</sup>, выбранного в качестве «стандартного» иона, на ионы меньшего размера (F<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>) закономерно возрастают с увеличением числа метильных заместителей в ЧАС, причем максимальный эффект наблюдается для F<sup>-</sup> и достигает 1,2 порядка. При обмене Cl<sup>-</sup> на более крупные анионы константы обмена снижаются, и максимальный эффект, наблюдаемый для анионов ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, 2,4-DNF<sup>-</sup>, Pic<sup>-</sup>, достигает 2–2,5 порядка.

Наблюдаемые эффекты можно объяснить, если учесть образование в толуоле ионных ассоциатов четвертичного аммониевого катиона с анионом. Тогда экспериментально определяемая константа обмена зависит как от разности свободных энергий гидратации и сольватации, так и от соотношения констант ионной ассоциации и описывается уравнением:

$$\lg K_{Cl}^{An} = \frac{[(\Delta G_h^0)_{An} - (\Delta G_h^0)_{Cl}] - [(\Delta G_s^0)_{An} - (\Delta G_s^0)_{Cl}]}{2,303RT} + \lg \frac{(k_{ass})_{R_4NAn}}{(k_{ass})_{R_4NCl}}, \quad (3)$$



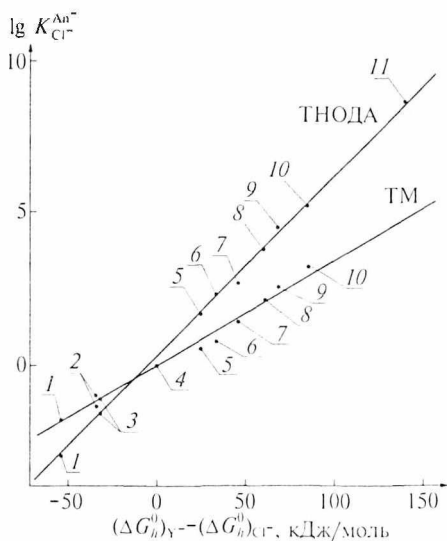


Рис. 1. Зависимость констант обмена  $\lg K_{Cl}^{An-}$  для ТМ и ТНОДА от разности стандартных свободных энергий гидратации обменивающихся анионов: 1 – фторид; 2 – ацетат; 3 – гидрокарбонат; 4 – хлорид; 5 – бромид; 6 – нитрат; 7 – бензолсульфонат; 8 – иодид; 9 – роданид; 10 – перхлорат; 11 – пикрат. Значения  $(\Delta G_{hyd}^0)_{An-}$  взяты из [9]

Таблица 2

Значения параметра  $\kappa$  в уравнении (2), определенные для различных анионообменников: ТНОДА, ТО, ДОМ, ДМО, ТМ, МА

Ионообменник	Параметр $\kappa$	Коэффициент корреляции	Число анионов
ТНОДА	0,058	0,998	11
ТО	0,056	0,994	12
ДОМ	0,050	0,996	10
ДМО	0,046	0,995	10
ТМ	0,034	0,990	11
МА	0,024	0,989	5

рителя, значения параметра  $a(\text{Å})$  обычно находятся в пределах 4–7 Å [10]. Из анализа уравнения (4) следует, что в средах с умеренной и низкой диэлектрической проницаемостью ( $\epsilon < 5$ ), к которым относится и толуол, доминирующий вклад в величину  $\lg k_{ass}$  должно вносить второе слагаемое этого уравнения. Рассматривая величину  $a(\text{Å})$  как аддитивную характеристику эффективных радиусов катиона ЧАС и аниона, можно заключить, что увеличение константы ассоциации по мере улучшения стерической доступности катиона ЧАС должно зависеть также и от размера аниона. А именно эффект возрастания  $k_{ass}$  при переходе от ТНОДА к ТМ должен быть выражен сильнее всего для анионов малого размера. Поэтому при обмене хлорид-иона на ионы меньшего размера последнее слагаемое в уравнении (3) должно возрастать с увеличением числа  $\text{CH}_3$ -групп в катионе ЧАС, приводя к соответствующему росту констант. При обмене хлорид-ионов на более крупные анионы должен наблюдаться противоположный эффект: последнее слагаемое уравнения (2), а следовательно, и значения констант обмена должны снижаться при улучшении стерической доступности обменного центра ЧАС. Результатом рассмотренных эффектов является нивелирование констант обмена. Влияние размера аниона на изменение последних при использовании ТМ вместо ТНОДА в качестве анионообменника наглядно иллюстрируется рис. 2. Видно, что изменение константы обмена при замене ТНОДА на ТМ ( $\left( \left( \Delta \lg K_{Cl}^{An-} \right) \right)$ ) линейно зависит от обратного радиуса аниона ( $r_{An}^{-1}$ ).

где  $(k_{ass})_{R_4NaN}$  и  $(k_{ass})_{R_4NCl}$  – константы ионной ассоциации соответствующих форм ЧАС.

Константы ионной ассоциации для толуольных растворов четвертичных аммониевых солей описываются уравнением Фуосса [9, 10]:

$$\lg k_{ass} = -2,6 + 243 \frac{z_{An} z_{R_4N}}{\epsilon \cdot a(\text{Å})} + 3 \lg a(\text{Å}), \quad (4)$$

где  $z_{An}$ ,  $z_{R_4N}$  – заряды аниона и четвертичного аммониевого катиона;  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость толуола, равная 2,4;  $a(\text{Å})$  – параметр ближайшего подхода между ионами, выраженный в ангстремах.

В самом первом приближении параметр ближайшего подхода  $a(\text{Å})$  можно рассматривать как расстояние между геометрическими центрами катиона и аниона, которое непосредственно связано с размерами ассоциирующих ионов. Вследствие этого уменьшение экранированности атома азота катиона ЧАС длинноцепочечными заместителями, облегчая сближение катиона и аниона, должно приводить к уменьшению величины  $a(\text{Å})$ , а следовательно, к возрастанию  $k_{ass}$ , что подтверждается данными работ [11, 12]. В [13] показано, что константы ассоциации солей тетраалкиламмония регулярно возрастают по мере увеличения числа метильных заместителей у атома азота.

При образовании контактных ионных пар, когда между ассоциирующими ионами отсутствуют молекулы раство-

При использовании ЧАС разного строения, но содержащих алкильные заместители достаточно больших размеров (ТНОДА и ТО), константы обмена анионов мало зависят от природы ЧАС (см. табл. 1), что обусловлено близостью их констант ионной ассоциации.

Таким образом, в результате выполненного исследования установлено, что улучшение стерической доступности обменного центра ЧАС, достигаемое при замене длинноцепочечных алкильных заместителей у атома азота метильными, приводит к нивелированию констант обмена однозарядных анионов на однозарядные. Величина эффекта достигает нескольких порядков и непосредственно зависит от размера обменивающихся ионов. Полученные результаты объясняются особенностями ионной ассоциации катионов ЧАС с обменивающимися анионами в фазе органического растворителя.

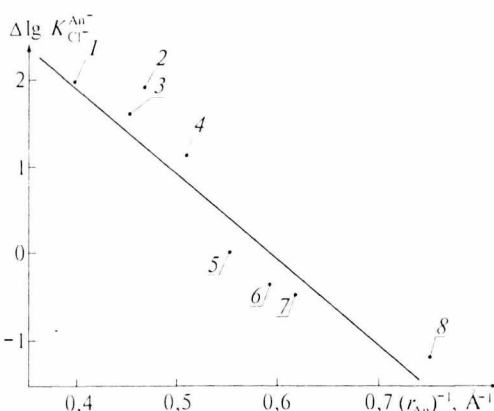


Рис. 2. Зависимость изменения константы обмена  $\Delta \lg K_{Cl}^{An-}$  при использовании ТМ вместо ТНОДА в качестве анионообменника от обратного радиуса обмениваемого аниона  $(r_{An}^{-1})^{-1}$ : 1 – перхлорат; 2 – роданид; 3 – иодид; 4 – бромид; 5 – хлорид; 6 – гидрокарбонат; 7 – ацетат; 8 – фторид

1. Cerna M., Bizek V., Stastova J., Rod V. // Chem. Eng Sci. 1993. Vol. 48. № 1. P. 99.
2. Rakhman'ko E.M., Starobinets G.L., Egorov V.V. et al. // Fresenius' Z Anal. Chem. 1989. Vol. 335. № 1. P. 104.
3. Рахманько Е.М., Егоров В.В., Окаев Е.Б., Помеленок Е.В. // Докл. НАН Беларуси. 2003. Т. 48. № 6. С. 50.
4. Старобинец Г.Л., Рахманько Е.М., Сорока Ж.С. // Журн. неорган. химии. 1978. Т. 23. № 6. С. 1628.
5. Шмидт В.С., Рыбаков К.А., Рубисов В.Н. // Журн. неорган. химии. 1982. Т. 27. № 2. С. 454.
6. Там же. 1983. Т. 38. № 7. С. 1182.
7. Шмидт В.С. // Успехи химии. 1987. Т. 56. № 8. С. 1387.
8. Межов Э.А., Реймаров Г.А., Хананашвили Н.Л. // Радиохимия. 1992. Т. 34. № 1. С. 9.
9. Fuoss R.M. // J. Amer. Chem. Soc. 1958. Vol. 80. P. 5059.
10. Гордон Дж. Органическая химия растворов электролитов. М., 1979.
11. Тарасевич В.Н., Рахманько Е.М., Кутас И.М. // Электрохимия. 1995. Т. 31. № 6. С. 584.
12. Мишустин А.И. // Журн. физ. химии. 1997. Т. 71. № 6. С. 1023.
13. Motomizu Sh., Takayanagi T., Wada E. // Solvent Extraction for the 21st Century, Proceedings of ISE '99, Barcelona, Spain, July 11–16. Barcelona, 1999. P. 591.
14. Marcus Y. // J. Chem. Soc. Faraday Trans. I. 1991. Vol. 87. P. 2995.

Поступила в редакцию 31.05.2004.

**Владимир Владимирович Егоров** – доктор химических наук, заведующий лабораторией ионометрии и химической метрологии НИИ ФХП БГУ.

**Евгений Михайлович Рахманько** – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой аналитической химии БГУ.

**Екатерина Валерьевна Помеленок** – аспирант кафедры аналитической химии. Научный руководитель – В.В. Егоров.

УДК 537.31:621.78.011:621.785 36:54-165

А.А. САВИЦКИЙ, А.И. КЛЫНДЮК

## О ЗАМЕЩЕНИИ ИТТРИЯ ВИСМУТОМ В $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ( $0 < x \leq 0,5$ )

In the  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $0 < x \leq 0,5$ ) system the formation of the solid solutions at  $x \leq 0,05$ , as well as the new phase  $Y_{0,50}Bi_{0,50}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  is determined.  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  crystallizes in tetragonal system, is thermally stable in air up to 1223 K, its linear thermal expansion coefficient  $\alpha$  is  $\approx 1 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ , and electrical conductivity slightly depends on  $p(O_2)$  and changes within  $10^{-4}$ – $10^{-2} S cm^{-1}$  at 400–1100 K with anomaly near 823 K.



Обнаружение в 1987 г. сверхпроводимости у  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  при  $T \approx 93 \text{ K}$  [1] вызвало огромный интерес к данному соединению. Многочисленные попытки повышения температуры перехода в сверхпроводящее состояние ( $T_c$ ) этой фазы путем частичного или полного замещения входящих в ее состав катионов не увенчались успехом [2–5], однако позволили лучше понять свойства сверхпроводящих купратов, в том числе и при температурах выше 300 К [6, 7].

Имеющиеся в литературе сведения о замещении в  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  иттрия висмутом касаются в основном сверхпроводящих характеристик  $(\text{Y, Bi})\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  композиций и не вполне согласуются между собой [8–10]. Так, авторы [8] не обнаружили сколько-нибудь существенной растворимости висмута в подрешетке иттрия, однако зафиксировали образование фазы  $\text{BiBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . Согласно [9, 10] висмут способен замещать итрий в  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ , при этом сложный вид рентгенограмм, полученных в [10] для твердых растворов  $\text{Y}_{1-y}\text{Bi}_y\text{Ba}_{2-z}\text{Ca}_z\text{Cu}_3\text{O}_x$ , по мнению авторов, указывает на возможность упорядочения катионов с образованием сверхрешетки. Замещение до 10 мол. % иттрия висмутом практически не влияет на  $T_c$  керамик  $(\text{Y, Bi})\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  [8, 9] и приводит к увеличению плотности спеченных образцов [9] с одновременным снижением сопротивления (в несколько раз [8], на два порядка [9]) по сравнению с незамещенной фазой  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ .

В настоящей работе представлены результаты исследования фазообразования в системе  $\text{Y}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $0 < x \leq 0,5$ ), а также кристаллической структуры и физико-химических свойств полученных соединений.

#### Экспериментальная часть

Образцы  $\text{Y}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x = 0,01; 0,03; 0,04; 0,05; 0,25; 0,50$ ) получали керамическим методом [6, 7] из  $\text{Y}_2\text{O}_3$  (ИтО-ЛЮМ7),  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (ос. ч.),  $\text{BaCO}_3$  (ч.) или  $\text{BaO}$  (ч.) и  $\text{CuO}$  (ос. ч.), взятых в соответствующих стехиометрических соотношениях. Отпрессованные при давлении 1–2 кбар таблетки отжигали на воздухе при температурах 1093–1223 К в течение 30–40 ч с несколькими промежуточными перетираниями. Рентгенофазовый анализ (РФА) полученных образцов проводили на дифрактометре ДРОН-3 ( $\text{CuK}\alpha$ -излучение) при комнатной температуре. ИК-спектры поглощения записывали в таблетированных смесях с  $\text{KBr}$  (х. ч.) в интервале частот 300–1500  $\text{см}^{-1}$  на приборе Nexus фирмы Thermo Nicolet. Термическую стабильность порошков исследовали на дериватографе MOM Q-1500D системы PAULIK – PAULIK – ERDEY на воздухе в интервалах температур 293–1273 К. Для исследования термического расширения и электропроводности из полученных порошков готовили таблетки и бруски по методике [6, 7]. Плотность спеченных образцов составляла 80–90 % от теоретической. Для исследования электропроводности на поверхность таблеток наносили серебряные электроды [7]. Термическое расширение образцов исследовали dilatометрическим методом [8] на воздухе при температурах 293–1123 К, а электропроводность – четырехконтактным методом [7] на постоянном токе в интервале температур 300–1100 К в средах с различным содержанием кислорода. Парциальное давление кислорода  $p(\text{O}_2)$  в системе контролировали с помощью газоанализатора «Циркон-М».

#### Результаты и их обсуждение

В пределах чувствительности РФА образование однофазных твердых растворов со структурой  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  установлено при  $x \leq 0,05$ . Параметры орторомбической ( $a < b \approx c/3$ ) элементарной ячейки твердых растворов  $\text{Y}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  составили:  $a = 0,3829 \pm 0,0001$ ,  $b = 0,3887 \pm 0,0001$  и  $c = 1,1660 \pm 0,0001$  нм ( $\Delta a = \Delta b = \pm 0,0001$  нм,  $\Delta c = \pm 0,0002$  нм) и незначительно увеличивались с ростом  $x$ , что согласуется с величинами ионных радиусов  $\text{Y}^{3+}$  и  $\text{Bi}^{3+}$  (0,1015 и 0,111 нм соответственно для координационного числа, равного 8 [11]). Образец  $\text{Y}_{0,75}\text{Bi}_{0,25}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  имел две фазы (рис. 1), одна из которых была идентифицирована нами как орторомбический твердый раствор  $\text{Y}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x \approx 0,05$ ), а вторая – как новое соединение  $\text{Y}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $\text{YBiBa}_4\text{Cu}_6\text{O}_{14-2\delta}$ ). Вид дифрактограмм практически не изменялся при увеличении времени и температуры отжига, что указывает на установление равновесия в реакционной смеси.



Индексирование дифрактограммы порошка  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  проводили по методу [12] с учетом имеющихся данных для  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  [13] (табл. 1). Достоверность и корректность индексирования подтверждаются хорошим согласованием рассчитанных и экспериментальных значений межплоскостных расстояний ( $d$ ) и их обратных квадратов ( $1/d^2$ ) (кроме рефлексов № 4, 5 (см. табл. 1), различие между значениями  $d_{\text{экс}}$  и  $d_{\text{расч}}$  не превышает ошибки эксперимента). С учетом результатов [10] эти рефлексы можно объяснить образованием сверхструктуры вследствие упорядочения ионов  $Y^{3+}$  и  $Bi^{3+}$  в кристаллической решетке  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ , хотя для однозначного подтверждения данного предположения необходимы дополнительные исследования.

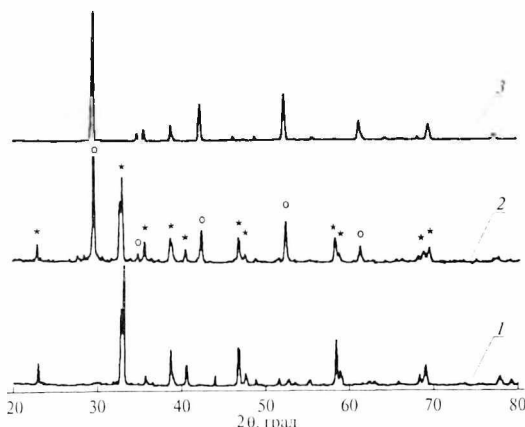


Рис. 1. Дифрактограммы порошков:  
1 –  $Y_{0,95}Bi_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ ; 2 –  $Y_{0,75}Bi_{0,25}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$   
(\* –  $Y_{0,95}Bi_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ , o –  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ );  
3 –  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

Таблица 1

Индексирование дифрактограммы порошка соединения  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ 

№	$I, \%$	$d_{\text{экс}}, \text{нм}$	$1/d_{\text{экс}}^2, \text{нм}^{-2}$	hkl	$d_{\text{расч}}, \text{нм}$	$1/d_{\text{расч}}^2, \text{нм}^{-2}$
1	3	0,4281	5,457	100	0,4278	5,464
2	100	0,3023	10,940	110, 113	0,3025	10,930
3	5	0,2578	15,050	005, 104	0,2566	15,190
4*	12	0,2522	15,680	113	0,2470	16,390
5*	16	0,2327	18,470	105	0,2201	20,640
6	26	0,2139	21,860	200, 006	0,2139	21,860
7	3	0,1965	25,900	115	0,1957	26,110
8	3	0,1914	27,290	106, 210	0,1913	27,320
9	37	0,1748	32,740	213	0,1747	32,780
10	15	0,1513	43,670	220	0,1513	43,710
11	12	0,1352	54,600	310, 303	0,1353	54,640
12	4	0,1236	65,50	1010	0,1229	66,17

Примечание. \* С учетом [10] рефлексы 4 и 5 можно связать с образованием сверхструктуры вследствие упорядочения ионов  $Y^{3+}$  и  $Bi^{3+}$  в кристаллической решетке  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

Соединение  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  (коричневого цвета) относится к тетрагональной сингонии с параметрами элементарной ячейки  $a=0,4278$ ,  $c=1,283$  нм ( $\Delta a = \pm 0,0005$  нм,  $\Delta c = \pm 0,001$  нм). Столь значительное увеличение элементарной ячейки нельзя объяснить только различиями в величинах радиусов  $Y^{3+}$  и  $Bi^{3+}$ , и оно, на наш взгляд, может быть связано с интеркалированием дополнительных ионов кислорода в ячейку  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ , возможность которого была принципиально обоснована в [14]. На практике эта возможность была реализована авторами работы [15], которым путем создания термоупругих напряжений с помощью быстрого нагрева удалось получить перовскитовую ( $ABO_3$ ) кубическую (пр. гр.  $Rm\bar{3}m$ ) фазу купрата иттрия/бария  $[(Y, Ba)CuO_{2,85/3}]_3 \equiv YBa_2Cu_3O_{8,55}$  с параметром  $a=0,4051$  нм, что достаточно близко (с учетом разницы в размерах  $Y^{3+}$  и  $Bi^{3+}$ ) к результатам, полученным нами для  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Таким образом, по-видимому, замещение половины ионов  $Y^{3+}$  ионами  $Bi^{3+}$  приводит к значительной деформации решетки и облегчает внедрение в нее дополнительных ионов кислорода.

На ИК-спектре  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  обнаружены три полосы поглощения: две ярко выраженных с экстремумами при  $307$  ( $\nu_1$ ) и  $586$  ( $\nu_2$ )  $\text{см}^{-1}$ , а также сателлитная полоса в области  $460\text{--}500$   $\text{см}^{-1}$  ( $\nu_3$ ) (спектры твердых растворов  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $x \leq 0,05$ ) имели диффузный вид, что характерно для оксидов с металлической проводимостью). С учетом [16] эти полосы могут быть отнесены

к валентным ( $\nu_2$ ) и деформационным ( $\nu_1$ ) колебаниям Cu–O–Cu-связей в базальных плоскостях  $[\text{CuO}_2]_{\infty}$ , а также валентным колебаниям апикального кислорода Cu–O–Cu-связей ( $\nu_3$ ) в структуре  $\text{Y}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . Смещение полос в сторону меньших по сравнению с  $\text{YBaCuFeO}_5$  частот [16] согласуется со значительным по сравнению с  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  увеличением размера элементарной ячейки фазы  $\text{Y}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ , а близость значений  $\nu_2$  и  $\nu_3$  указывает на приблизительное равенство энергий связей базального и апикального кислорода с ионами  $\text{Cu}^{2+}$  в решетке  $\text{Y}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  и косвенно подтверждает наличие дополнительного (по сравнению с  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ) интеркалированного кислорода в слоях (Y, Bi).

По данным термогравиметрического анализа, заметная потеря массы, обусловленная выделением из образцов «слабосвязанного» кислорода, для твердых растворов  $\text{Y}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x \leq 0,05$ ) на воздухе наблюдается около 673 K, тогда как состав  $\text{Y}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  в этом случае термически стабилен вплоть до 1223 K.

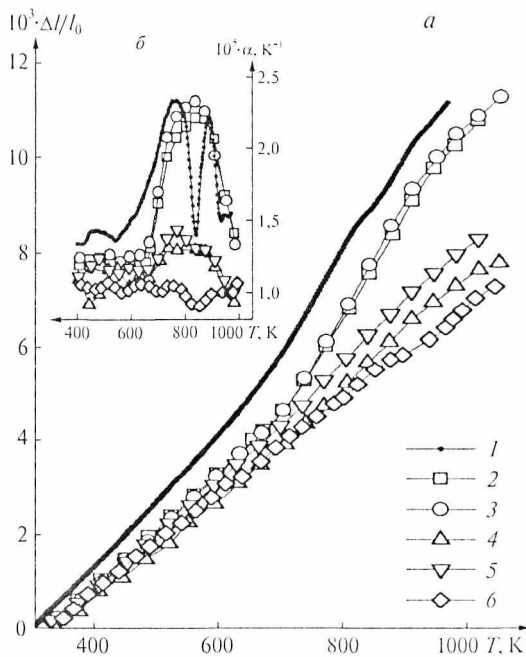


Рис. 2. Температурные зависимости относительного удлинения (а) и коэффициента линейного термического расширения (б) фаз  $\text{Y}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  при следующих значениях  $x$ : 1 – 0 [7]; 2 – 0,01; 3 – 0,03; 4 – 0,04; 5 – 0,05; 6 – 0,5

протекающими вследствие упорядочения кислородной подрешетки фаз типа  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . Как видно из рис. 2, частичное замещение иттрия висмутом слабо влияет на температуры фазовых переходов  $\text{OP1} \rightarrow \text{OP2} \rightarrow \text{T}$ , однако приводит к существенному уменьшению величины  $\alpha$  твердых растворов  $\text{Y}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  по сравнению с незамещенной фазой  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . На дилатограммах фазы  $\text{Y}_{0,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  не обнаружено аномалий, соответствующих структурным переходам, а  $\alpha$  в интервале температур 300÷1000 K составляет  $1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .

Как видно из рис. 3, электропроводность  $\sigma$  твердых растворов  $\text{Y}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  в кислороде и на воздухе во всем исследованном интервале температур носила металлический характер ( $\frac{\partial \sigma}{\partial T} < 0$ ), при этом она наиболее сильно уменьшалась вблизи 700 K, что обусловлено структурным переходом  $\text{OP1} \rightarrow \text{OP2}$  и началом

На температурной зависимости относительного удлинения  $\Delta/l_0$  твердых растворов  $\text{Y}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  при  $x = 0,01, 0,03$  наблюдаются аномалии в виде изломов при температурах 650, 950 K (рис. 2 а). Коэффициент линейного термического расширения  $\alpha$  этих образцов в интервале температур 400÷1000 K резко увеличивается, достигая максимального значения  $(2,2\text{--}2,3) \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  вблизи 850 K (рис. 2 б). Для образцов  $x = 0,04, 0,05$  аномалия на дилатометрических кривых выражена менее значительно: в области 750–900 K  $\alpha \approx 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , что близко к значению  $\alpha \approx 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  твердых растворов  $\text{Y}_{1-x}\text{Bi}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  при температуре 300 K (см. рис. 2). Аномалии термического расширения таких растворов согласно [17] обусловлены структурными фазовыми переходами орторомбическая фаза 1 (OP1) → орторомбическая фаза 2 (OP2) и OP2 → тетрагональная фаза (Т) при 650 и 950 K соответственно,



потери образцами кислорода. Для того чтобы исключить влияние кислородной нестехиометрии  $\sigma$ , измерения  $\sigma$  в арго-не проводили следующим образом. Образцы отжигали при определенной температуре (673, 773, 873, 973, 1073 К) в течение 30 мин, после чего охлажда-ли в потоке аргона. При этом  $p(O_2)$  в атмосфере создавалось самими об-разцами в процессе обмена кислоро-дом между ними и окружающей средой, а постоянно  $p(O_2)$  и, как следствие, индекса  $\delta$  твердых растворов  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  подтверждалось показани-ями газоанализатора «Циркон-М» в процессе термоциклирования образ-цов от 300 К до температуры отжига. Уменьшение  $\delta$  приводило к изменению знака температурного коэффициента электропроводности  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$

( $\frac{\partial \sigma}{\partial T} > 0$  после отжига при 973 К в арго-не) (см. рис. 3, кривые 3, 3').

Проводимость образцов немонотонно умень-шалась при увеличении содержания висмута в образцах с максимумом для состава с  $x=0,03-0,04$ . Значения энергии активации электропроводности  $E_a$  (эВ) и коэффициента  $m$  в уравнении

$\sigma = \sigma_0 \cdot T^{-1} \cdot p(O_2)^{1/m} \cdot \exp(-E_a/RT)$  для твердых растворов  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  приведены в табл. 2. Как видно,  $E_a$  возрастает при увеличении температуры отжига в арго-не (увеличение  $\delta$ ) и немонотонно изменяется с ростом  $x$ , проходя через минимум для твердого раствора  $Y_{0,97}Bi_{0,03}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Коэффициент  $m$  увеличивается с ростом  $\delta$  и  $x$ , при этом его величина (0,8–1,6) невелика для нестехиометрических оксидов, что может быть обусловлено ассоциацией дефектов в структуре  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  с образованием протяженных кластеров. Величины  $E_a$  и  $m$  для композита  $Y_{0,75}Bi_{0,25}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  и фаз  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  практически совпадают, т. е. его про-водимость определяется в основном проводимостью входящего в его состав твердого раствора  $Y_{0,95}Bi_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Электропроводность фазы  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  во всем исследованном интервале температур носила полупроводниковый харак-тер, при этом ее величина слабо зависела от  $p(O_2)$  и изменялась в пределах  $10^{-4} \div 10^{-2}$  См·см<sup>-1</sup> в интервале 400–1100 К. На кривой, отражающей зависимость  $\ln(\sigma \cdot T) = f(1/T)$  от  $p(O_2)$  для этой фазы (рис. 4), обнаружен излом при  $T' = 813; 823; 853$  К. Величины  $E_a$  этой фазы в низко- и высокотемпературной областях приведе-ны в табл. 3. Энергия активации электропроводности  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  при  $T < T'$  близка к  $E_a$  для твердых растворов  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  и сильно увеличивается при  $T > T'$ , что, по-видимому, обусловлено вкладом  $BiO_x$ -слоев в проводимость  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  при высоких температурах.

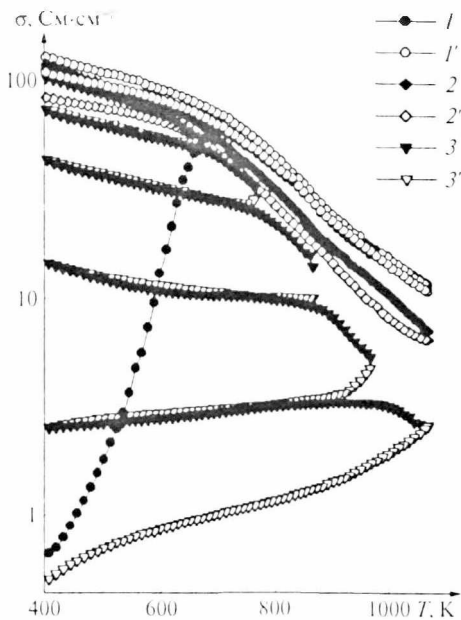


Рис. 3. Температурные зависимости электропро-водности твердого раствора  $Y_{0,97}Bi_{0,03}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  в различных газовых средах: 1, 1' – кислород; 2, 2' – воздух; 3, 3' – аргон (1–3 – нагрев, 1'–3' – охлаждение)

Таблица 2

Значения энергии активации электропроводности и коэффициента  $m$  для твердых растворов  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ , отожженных в арго-не ( $p(O_2) = 15$  Па) при различных температурах

x	673		773		873		973		1073
	$E_a$	$m$	$E_a$	$m$	$E_a$	$m$	$E_a$	$m$	$E_a$
0,01	0,030	0,83	0,029	0,94	0,059	1,03	0,121	1,14	0,237
0,03	0,011	1,03	0,010	1,12	0,023	1,30	0,065	1,30	0,108
0,04	0,026	1,02	0,022	1,14	0,037	1,21	0,084	1,35	0,166
0,05	0,066	1,47	0,083	1,58	0,081	1,52	0,109	1,61	0,186
0,25*	0,070	0,89	0,079	1,04	0,098	1,16	0,159	1,21	0,380

Примечание. \* Образец  $Y_{0,75}Bi_{0,25}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  являлся двухфазным и состоял из твердого рас-твора  $Y_{0,95}Bi_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  и фазы  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ .



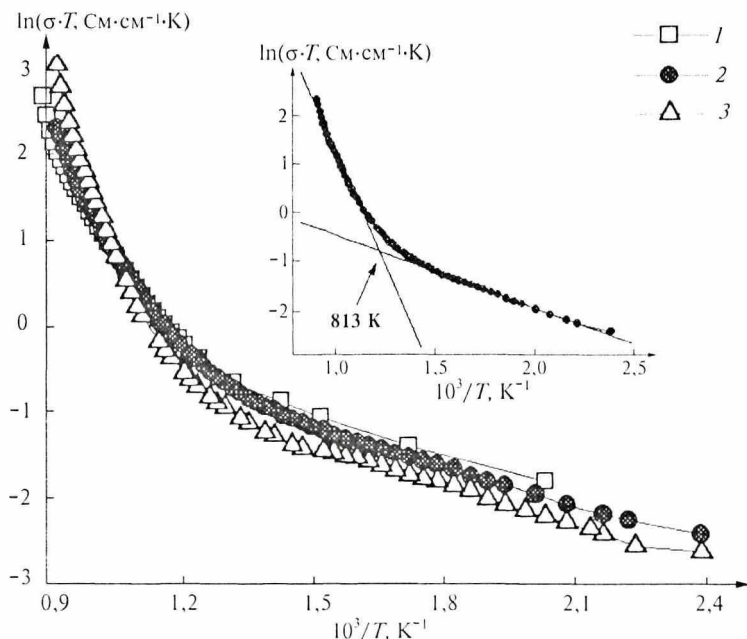


Рис. 4. Зависимости  $\ln(\sigma \cdot T) = f(1/T)$  для фазы  $Y_{0.5}Bi_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  в различных газовых средах: 1 – кислород, 2 – воздух, 3 – аргон

Таким образом, в системе  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $0 < x \leq 0,5$ ) установлено образование изоструктурных  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  твердых растворов при  $x \leq 0,05$ , а также новой фазы  $Y_{0.5}Bi_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Твердые растворы  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $0 < x \leq 0,05$ ) близки по своим свойствам к незамещенной фазе  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ , при этом параметры их элементарной ячейки увеличиваются, а  $\alpha$  и  $\sigma$  уменьшаются с ростом  $x$ . По структуре и свойствам фаза  $Y_{0.5}Bi_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  значительно отличается от  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ , что может быть связано с упорядочением ионов  $Y^{3+}$  и  $Bi^{3+}$  в ее кристаллической решетке, а также возможностью интеркалирования в нее дополни-

тельных (по сравнению с  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ) ионов кислорода. Соединение  $Y_{0.5}Bi_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  относится к тетрагональной сингонии ( $a=0,4278$ ,  $c=1,283$  нм) и на воздухе термически стабильно вплоть до 1223 К. Его  $\alpha \approx 1 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ , а  $\sigma$  слабо зависит от  $p(O_2)$  и изменяется в пределах  $10^{-4} \div 10^{-2} Cm \cdot cm^{-1}$  в ин-

Таблица 3

Значения температуры излома  $T'$  на кривой зависимости  $\ln(\sigma \cdot T) = f(1/T)$  и энергии активации электропроводности\* фазы  $Y_{0.50}Bi_{0.50}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$

Газовая среда	$T'$	$E_a$	
		$T' < T$	$T < T'$
Кислород ( $p(O_2) \approx 1,01 \cdot 10^5$ Па)	823	0,140	0,761
Воздух ( $p(O_2) \approx 2,13 \cdot 10^4$ Па)	813	0,128	0,828
Аргон ( $p(O_2) \approx 15$ Па)	853	0,132	1,31

Примечание. \* В уравнении  $\sigma = \sigma_0 \cdot T^{-1} \cdot \exp(-E_a/RT)$ .

тервале  $400 \div 1100$  К с аномалией вблизи 823 К, связанной, очевидно, с изменением механизма проводимости  $Y_{0.5}Bi_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

1. Wu M.K., Ashburn J.R., Torng C.J. et al. // Phys. Rev. Lett. 1987. Vol. 58. № 9. P. 908.

2. Швейкин Г.П., Губанов В.А., Фотиев А.А. и др. Электронная структура и физико-химические свойства высокотемпературных сверхпроводников. М., 1990.

3. Химия оксидных сверхпроводников / Под ред. Ч.Н.Р. Рао. Новосибирск, 1993.

4. Фотиев А.А., Слободин В.Б., Фотиев В.А. Химия и технология высокотемпературных сверхпроводников. Екатеринбург, 1994.

5. Третьяков Ю.Д., Гудилин Е.А. // Успехи химии. 2000. Т. 69. № 1. С. 3.

6. Petrov G.S., Clyndyuck A.I., Massyuck S.V. et al. // High Temp. – High. Press. 1998. Vol. 30. № 4. P. 483.

7. Clyndyuck A.I., Petrov G.S., Bashkirov L.A. // J. Mat. Sci. 2002. Vol. 37. P. 5381.

8. Jung J., Franck J.P., Miner W.A., Mohamed M.A.-K. // Phys. Rev. B. 1988. Vol. 37. № 13. P. 7510.

9. Chaftron L., Mereuris J.R., Frit B. // L'Industrie Ceram. 1989. Vol. 835. № 2. P. 122.

10. Кольцова Т.Н., Шалыгин И.С., Тищенко Э.А., Ведерников Н.Ф. // Неорган. материалы. 1994. Т. 30. № 1. С. 97.
11. Shannon R.D., Prewitt C.T. // Acta Cryst. B. 1969. Vol. 25. Pt. 5. P. 946.
12. Миркин Л.И. Рентгеноструктурный анализ. Индексирование рентгенограмм: Справ. руководство. М., 1981.
13. International Centre of Diffraction Data. Joint Committee of Powder Diffraction Standards. Files № 39–486, 39–1496.
14. Смолин Ю.И., Шепелев Ю.Ф., Левин А.А. // Журн. неорган. химии. 1989. Т. 34. № 10. С. 2451.
15. Каланов М.У., Ибрагимова Е.М. // Письма в ЖТФ. 2002. Т. 28. Вып. 8. С. 1.
16. Atanassova Y.K., Popov V.N., Bogachev G.G. et al. // Phys. Rev. B. 1993. Vol. 47. № 22. P. 15201.
17. Szytula A., Mavrodiev G., Koneska S., Fukarova-Jurukowska M. // Acta Phys. Pol. 1988. Vol. A73. P. 785.

Поступила в редакцию 15.04.2004.

**Александр Александрович Савицкий** – кандидат химических наук, доцент кафедры физической химии.

**Андрей Иванович Клындюк** – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры физической и коллоидной химии БГТУ.

УДК 678.5.046

Л.Т. ПОТАПЕНКО, М.В. ТИМОШЕНКО, В.В. ЛЮТЫНСКИЙ, Г.В. ШИШКО, Г.П. ШЕВЧЕНКО

## ПОЛУЧЕНИЕ ОТТИСКНЫХ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ МАСС АЛЬГИНАТНОГО ТИПА

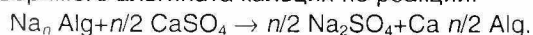
Production of dental alginate impression materials was shown to be possible in Belarus. Physico-chemical properties of these materials were investigated, and the requirements for the main components necessary to produce a high-grade impression material were specified.

Среди актуальных задач современной стоматологии проблема материаловедения выдвигается на одно из первых мест, поскольку дальнейшее развитие многих направлений стоматологии тесным образом связано с прогрессом и успехами стоматологического материаловедения.

Одной из самых распространенных и широко используемых групп оттисковых стоматологических материалов являются альгинатные. Однако в Беларуси эти материалы не производятся, а импортируются из России, Польши, Италии и др. В связи с этим создание отечественного производства альгинатных материалов является актуальной задачей, решение которой позволит экономить валютные средства. Оттисковые массы, используемые в ортопедии, должны удовлетворять следующим специальным требованиям [1]:

- давать точный отпечаток рельефа слизистой оболочки и зубов;
- хорошо отделяться от тканей протезного ложа;
- обладать оптимальным временем отверждения – 3–6 мин с момента замешивания, что позволяет врачу провести все необходимые манипуляции;
- легко отделяться от гипсовой модели;
- полученный оттиск должен сохраняться при комнатной температуре длительное время, не изменяя своих линейных размеров (в процессе затвердевания и хранения его усадка не должна превышать 0,1 %).

По своей структуре оттисковые материалы альгинатного типа представляют собой многокомпонентные композиционные материалы, состоящие из органической высокомолекулярной матрицы на основе натриевой соли альгиновых кислот, которые относятся к классу полисахаридов и содержат фрагменты маннуровой и гулуруновой кислот и неорганического наполнителя (в основном это оксиды металлов). Использование альгината натрия ( $\text{Na}_n\text{Alg}$ ) в оттисковых массах связано с такими его свойствами, как способность к набуханию с образованием вязких растворов и взаимодействию с ионами  $\text{Ca}^{2+}$ . Последние замещают ионы натрия в карбоксильных группах альгинатов и тем самым приводят к сшиванию линейных цепочек маннуровых и гулуруновых кислот с образованием сетчатой структуры нерастворимого альгината кальция по реакции:



Неорганический наполнитель равномерно распределяется в сетчатой структуре полимера, заполняя пустоты. В достаточном количестве он повышает прочность и жесткость альгинатной массы [2–11], которая становится резиноподобной.

В данной статье представлены результаты исследования возможности получения отечественных оттисковых материалов альгинатного типа для замены аналогичных составов импортного производства.

#### Экспериментальные результаты

Для проведения исследований в качестве базового был выбран известный [1] оттисковый материал следующего состава (вес. %): альгинат натрия – 15, сульфат кальция – 16, оксид цинка – 4, фосфат натрия\* – 2, гексафтортитанат калия\* – 3, диоксид кремния – 60.

При определении свойств разрабатываемых оттисковых материалов альгинатного типа (усадки и точности отображения ими протезного ложа) использовали стандартизованную Техническим комитетом ISO методику (ISO:4823) [12]. Для проведения испытаний был изготовлен тестовый блок из нержавеющей стали, на торцевой поверхности которого расположены борозды глубиной 75, 50, 20 мкм, в вертикальном направлении борозды пересекаются двумя перпендикулярными линиями. По периметру тест-блока устанавливается ограничительное кольцо для заполнения формы оттисковым материалом. Для получения образца оттисковой массы брали 1 г порошковой композиции, полученной тщательным перемешиванием в агатовой ступке исходных компонентов, замешивали с дистиллированной водой (2–3 мл) до получения вязкой консистенции, помещали в тест-блок при  $t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и по секундомеру определяли время его отверждения, которое в значительной степени определяет пригодность массы в качестве оттискового материала. Затем образец отделяли от тест-блока, обращая внимание на легкость отделения, его эластичность, точность воспроизведения рельефа, механическую прочность. Проверку точности воспроизведения образцом маркерных борозд тест-блока проводили в соответствии с рекомендациями ISO при 4-кратном увеличении на оптическом микроскопе МБС-9, при этом отмечалось отсутствие дефектов, пор и прерывистости всех трех маркерных борозд. Усадку образцов ( $C$ ) определяли в течение первых 3 ч путем измерения расстояния между вертикальными линиями, ограничивающими маркерные борозды, и рассчитывали по формуле:  $C=(B-A)/B \times 100\%$ , где  $B$  – номинальное расстояние между двумя линиями на стальном блоке (25 мм),  $A$  – расстояние между этими линиями в процессе хранения. Для определения усадки образцы хранили в герметичных полиэтиленовых пакетах. Эластичность устанавливали визуально по отсутствию трещин и разломов при сгибании образца. В работе использовали несколько марок альгината натрия, а в качестве неорганического наполнителя – диоксид кремния торговых марок белая сажа БС-50 и БС-100, а также гексафтортитанат калия, который получали по методике, описанной в [13], в качестве остальных компонентов использовались реактивы марки «ч». Отметим, что в литературе отсутствуют рекомендации, касающиеся требований к качеству сырья, которое используется при изготовлении оттисковых масс альгинатного типа: имеются в виду такие параметры, как дисперсность, рН, химический состав, вязкость. По этой причине исходные компоненты были исследованы методами электронной микроскопии, рентгенографии, а альгинаты натрия – дополнительно вискозиметрическим и ИК-спектроскопическим методами. ИК-спектры образцов записывали на Фурье-спектрометре «Spectrum-1000» в диапазоне длин волн  $300\div 4000\text{ см}^{-1}$ , размеры и форму частиц определяли на просвечивающем электронном микроскопе ЭМ-125К. Результаты исследований представлены в табл. 1. Как видно из полученных данных, альгинаты натрия в основном состоят из частиц округлой формы размером 50–150 нм и их агрегатов, только образец № 1 наряду с частицами содержит волокна размером 1,3–3 мкм, причем их доля значительна (рисунок).

\* Фосфат натрия и гексафтортитанат калия выступают соответственно в качестве регуляторов растворимости  $\text{CaSO}_4$  и величины рН оттисковой массы.

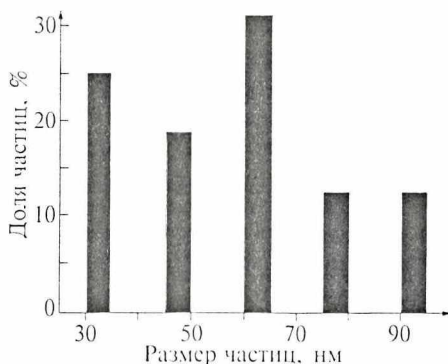
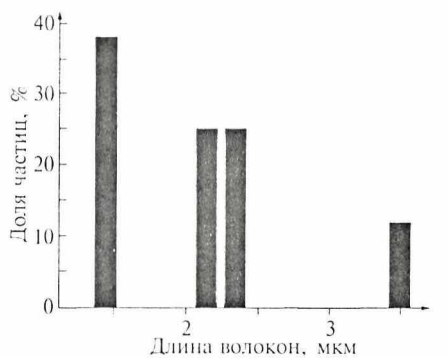


Вязкость 1 % растворов альгината натрия различается довольно существенно: от 55 до 700 мПа·с, а pH составляет 5,0–7,0.

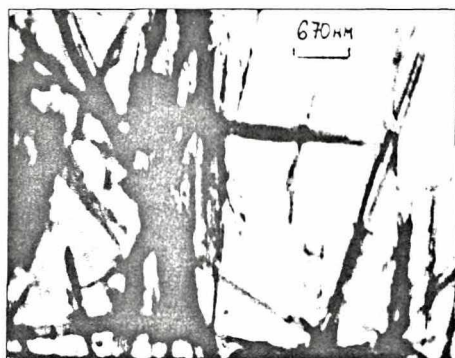
Таблица 1

Свойства компонентов порошковой композиции

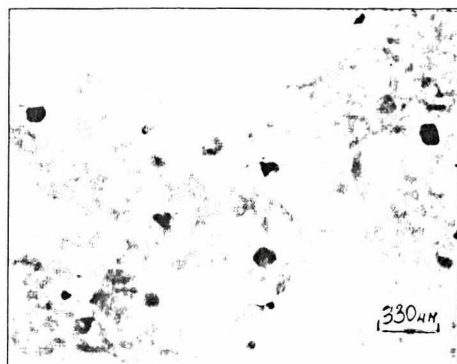
Номер образца	Компоненты порошковой композиции	pH	Вязкость 1% раствора, мПа·с	Форма и размеры частиц
1	Альгинат натрия фирмы «Acros organics» (Бельгия)	7,0	300	В основном волокна (1,3–3 мкм), небольшая доля округлых частиц (130–500 нм)
2	Альгинат натрия фирмы «Fluka» (Германия)	6,0	475	Агрегаты частиц 125–250 нм
3	Альгинат натрия Фраменид 500 «Effeby SRL» (Италия)	7,0	500	Округлые частицы 30–90 нм, агрегаты до 250 нм
4	Альгинат натрия Фраменид 700 «Effeby SRL» (Италия)	6,5	700	Округлые частицы 25–100 нм
5	Альгинат натрия медицинский Архангельского водорослевого комбината (Россия)	5,0	55	Небольшая доля волокон (до 0,2 мкм), в основном отдельные частицы (30–170 нм)
6	Альгинат натрия Фраменид 350 «Effeby SRL» (Италия)	7,0	350	Округлые частицы (50–120 нм), агрегаты частиц (450–650 нм)
7	Альгинат натрия медицинский Архангельского водорослевого комбината (Россия)	7,0	260	Макропорошок, состоящий из чешуйчатых тонких пластинок размером 0,5 мкм
8	Сульфат кальция моноклинной сингонии, смесь $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	–	–	Частицы двух типов палочки 4–6 мкм и округлые частицы до 100 нм
9	Белая сажа БС-50 (до обработки в вихревой мельнице), рентгеноаморфная	9,0	–	10–40 нм, агрегаты частиц до 150 нм
10	Белая сажа БС-50 (обработанная в вихревой мельнице)	9,0	–	10–40 нм
11	Белая сажа БС-100, рентгеноаморфная	7,0	–	30–50 нм, агрегаты частиц до 100 нм
12	Магния оксид	–	–	Частицы пластинчатой формы 10–25 нм, агрегаты частиц до 100 нм
13	Цинка оксид	–	–	Частицы округлой формы от 300 нм до 1 мкм, агрегаты частиц до 4 мкм



а



б



Электронные микрофотографии и распределение частиц по размерам для образцов альгината натрия, спрепарированных в спирте: а – № 1, б – № 3

На основании данных ИК-спектроскопии и с учетом имеющихся в литературе сведений [14–16] можно считать, что используемые образцы альгинатов натрия являются полисахаридами, для которых характерно наличие полос поглощения, соответствующих  $\beta$ -пиранозным кольцам, симметричным колебаниям O–H-связей в карбоксильных группах карбоновых кислот, циклическим колебаниям связей C–O–C в пиранозных кольцах, что свидетельствует о присутствии в структурах макромолекул полисахаридов  $\beta$ -связей, а значит, большого содержания  $\beta$ -D-мануратов. В образцах № 1 и 2 наличие кислотных карбоксильных групп выше, чем в образце № 3, что связано, по-видимому, со способом получения (неполной нейтрализацией альгиновой кислоты).

На основе исследовавшихся в работе образцов альгината натрия с использованием тест-блока были приготовлены оттискные массы базового состава. Все они имели неудовлетворительное качество: оставались вязкими, не отверждались и не отделялись от тест-блока даже после длительного времени (20 мин). Установлено, что pH приготовленных оттискных масс составлял ~9,0–9,5, в то время как торговых марок Ortoprint, Hydrogum 6,0–7,0. Ранее [17] нами установлена возможность регулирования pH оттискных масс за счет добавления оксикислот, в частности лимонной кислоты. Показано, что введение в альгинатную массу лимонной кислоты порядка 4–16 вес. % позволяет регулировать pH в области 8,0–3,5. При добавлении в образцы 8,0–7,5 вес. % лимонной кислоты (за счет уменьшения количества SiO<sub>2</sub>) их pH уменьшается до 6,5–7,0, однако только с использованием альгината натрия № 1 оттискная масса отверждалась в течение 3 мин, хорошо отделялась от тест-блока, обладала эластичностью, но в то же время недостаточной механической прочностью на разрыв. Все оттискные массы на основе других марок альгината натрия не соответствовали по основным параметрам предъявляемым к ним требованиям: время отверждения превышало 3 мин и масса не была эластична.

С целью дальнейшего улучшения качества разрабатываемого состава оттискной массы на основе альгината натрия № 1 варьировали как природу неорганических наполнителей, так и их концентрацию. Использовались разные марки белой сажи (БС-50, БС-100), отличающиеся по степени дисперсности и кислотности (см. табл. 1). Использование белой сажи марки БС-100 не дало положительных результатов: образцы не отверждались и плохо отделялись от тест-блока, в то время как белая сажа БС-50 позволяла получить образцы, отвечающие основным требованиям. Причем необходимо отметить, что применение белой сажи БС-50, обработанной в вихревой мельнице, повышает механическую прочность образцов оттискных масс. Установлено, что использование других неорганических наполнителей (MgO, ZnO) наряду с SiO<sub>2</sub> также влияет на данный показатель. Наиболее прочный образец (время отверждения – 3 мин) получен при использовании оксидов SiO<sub>2</sub> и MgO в процентном (по весу) соотношении от 1:1 до 1:5 соответственно. Дальнейшее увеличение концентрации MgO приводит к уменьшению прочности образца при затвердевании. Установлено, что не только дисперсность наполнителя влияет на свойства оттискного материала, но и форма частиц. Использование в качестве наполнителя частиц округлой (SiO<sub>2</sub>) и пластинчатой (MgO) форм дает возможность получать образцы с наиболее прочной структурой, причем в ней должно быть не менее 65–75 вес. % наполнителя при 12–15 вес. % альгината натрия.

На основании проведенного исследования разработан оттискный материал следующего состава (вес. %): альгинат натрия – 12,8, сульфат кальция – 13,1, оксид цинка – 3,4, фосфат натрия – 1,7, гексафтортитанат калия – 2,6, лимонная кислота – 8,0, диоксид кремния – 34,0, оксид магния – 26,4. Для оттискного материала под названием МОАТ-1 [19] были измерены физико-механические характеристики, которые представлены в табл. 2. Разработанный состав МОАТ-1 по таким характеристикам, как восстановление после деформации, деформация при сжатии, сопоставим с материалами торговых марок Ortoprint, Hydrogum, однако по пределу прочности на сжатие он уступает этим маркам, хотя и соответствует международному стандарту на оттискные альгинатные материалы (ISO 4823). Установлено, что время отверждения и прочность оттискного мате-



риала повышаются, если предварительно прогреть смесь диоксида кремния, лимонной кислоты и гексафтортитаната калия до 200 °С и затем эту смесь ввести в альгинатную композицию и подвергнуть азрированию. Технические характеристики оттисковой массы можно улучшить за счет введения добавок определенного класса. Для повышения потребительских свойств оттискового материала МОАТ-1 возможно введение в массу ароматизаторов (ванильного, цитрусового), а также пищевых красителей (тартразина, хинеленового желтого, козеленового красного) в количествах 0,05–0,1 вес. %, не влияющих на ее физико-механические свойства.

Таблица 2

Характеристики оттисковых материалов альгинатного типа

Технические характеристики	Оттисковый материал		
	МОАТ-1	Hydrogum (Zhermack Italy)	Otoprint (Zhermack, Italy)
Восстановление после деформации, %	96	98	98
Деформация при сжатии, %	11	11,9	11
Предел прочности при сжатии, мПа	0,5	1	1,2
Время отверждения материала, с	180	130	110
Усадка за 3 ч, %	2,0	2,8	2,9

Таким образом, на основании проведенного исследования разработан оттисковый материал МОАТ-1, который по своим характеристикам сопоставим с торговыми марками оттисковых масс аналогичного типа. Методами ИК-спектроскопии, электронной микроскопии и рентгенографии изучены свойства основных компонентов оттисковой массы и определены требования, предъявляемые к ним для получения материала хорошего качества: альгинат натрия должен иметь нитевидную-волоконистую структуру, вязкость 1 % раствора не менее 300 мПа·с, гипс представлять смесь двуводного и полуводного сульфата кальция, рН в пределах 6,5–7,5. Неорганический наполнитель, обуславливающий прочность оттисковой массы, должен состоять из частиц различной формы и размеров (сферические частицы диоксида кремния размером не более 50 нм и пластинчатые частицы оксида магния размером ~25 нм) в определенном соотношении.

- Трезубов В. Н. Ортопедическая стоматология (прикладное материаловедение). СПб., 1999.
- Дойников А. И., Синицин В. Д. Зуботехническое материаловедение. М., 1986.
- Полонейчик Н. М. Оттисковые материалы, применяемые в стоматологии. Мн., 1998.
- Кортуков Е. В. Основы материаловедения. М., 1988.
- Phillips R. // Scanners seines of dental materials. 1991. P. 100.
- Пат. 4626558 США № 785985; Заявл. 10.10.1985; Опубл. 02.12.1986.
- Стеланенко Б. Н. Химия и биохимия углеводов (полисахариды). М., 1978.
- Пат. 4381947 США № 378917; Заявл. 17.05.1982; Опубл. 03.05.1983.
- Пат. 4468484 США № 490294; Заявл. 02.05.1983; Опубл. 28.08.1984.
- Пат. 5698558 США № 789502; Заявл. 27.01.1997; Опубл. 16.12.1997.
- Cook W. // J. Biomed Mater Res. 1989. P. 201.
- Braum L., Phillips R. // Textbook of operative dentistry Philadelphia. 1991. P. 598.
- Dental elastomeric impression materials / ISO 4823, 1992.
- Палазов В. А. Химические реактивы, их свойства, получение, методы испытаний и применение. Харьков; Киев, 1935. С. 99.
- Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М., 1963.
- Болдескул И. Е., Рыльцев Е. В. Обработка ИК-спектральных данных в аналитических исследованиях. Киев, 1979.
- Беллами Л. Новые данные по инфракрасным спектрам сложных молекул. М., 1971.
- Тимошенко М. В., Потапенко Л. Т., Мизенкова С. С., Шевченко Г. П. // Труды молодых ученых: Сб. ст. Мн., 2002. С. 17.
- ТУ РБ 100050710.060-2003.

Поступила в редакцию 05.05.2004.

**Ляля Трофимовна Потапенко** – научный сотрудник лаборатории химии ультрадисперсных и наноструктурированных систем НИИ ФХП БГУ.

**Марина Владимировна Тимошенко** – ассистент кафедры общей стоматологии БГМУ.

**Владислав Валерьянович Лютынский** – младший научный сотрудник лаборатории химии ультрадисперсных и наноструктурированных систем НИИ ФХП БГУ.

**Галина Викентьевна Шишко** – младший научный сотрудник лаборатории химии ультрадисперсных и наноструктурированных систем НИИ ФХП БГУ.

**Гвидона Петровна Шевченко** – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории химии ультрадисперсных и наноструктурированных систем НИИ ФХП БГУ.





УДК 595.7:591.55:577.49

М.М. ПИКУЛИК

## СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СООБЩЕСТВА НАСЕКОМЫХ В КОНСОРЦИИ *ARCTIUM TOMENTOSUM* MILL.

The seasonal insects changing in the *Arctium tomentosum* consortium has been investigated. The 17<sup>th</sup> insects species, connected with this plant were fixed. The dominating species structure altering were analyzed as well as species diversity and distribution, and range distribution of abundances.

В основе консорции – структурной единицы биоценоза, объединяющей автотрофные и гетеротрофные организмы на основе пищевых и пространственных связей – находится растение-эдификатор и связанные с ним фитофаги и их паразиты, а также микоризные грибы, эпифиты и организмы, использующие эдификатор как местообитание.

Изучение консорций необходимо как в научно-познавательных, так и в практических целях, особенно если эдификатором является культивируемое растение.

В настоящей работе предпринята попытка совместить анализ сезонной динамики численностей популяций насекомых с разносторонним описанием формируемого ими сообщества.

### Материал и методика

Для исследования природного сообщества была выбрана консорция паутинистого репейника (*Arctium tomentosum* Mill.), произрастающего на обочине автодороги в окрестностях д. Щомыслица Минского района. Учеты проводились с 28 июня по 15 сентября 2003 г. За этот период был установлен видовой состав насекомых, входящих в рассматриваемую консорцию, а также прослежена динамика их численности. Время между учетами составляло от 3 до 12 сут в зависимости от погодных условий. При составлении общей картины динамики численности данные 3 из 15 учетов пришлось опустить как нерепрезентативные.

Насекомые с растений собирались вручную, а также с использованием экстрактора. Из собранных личинок и куколок имаго выводились в стационарных условиях для облегчения определения видов.

В качестве меры обилия видов нами была использована их абсолютная численность, поскольку выбранная популяция репейника имела достаточно четко выраженные границы. Часть видов оставалась связанной с растением только на определенной стадии развития и после выхода из консорции не наблюдалась.

При анализе динамики численностей популяций особое внимание уделялось отражению структуры доминирования в конкретный промежуток времени, а также описанию характера временного сосуществования видов по кривым популяций для них.

Для описания структуры сообщества насекомых были использованы показатели разнообразия и равномерности распределения по Симпсону и Шеннону,

кроме того, была сделана попытка проанализировать сезонное изменение рангового распределения обилий видов в сообществе.

### Результаты и их обсуждение

В ходе последовательных учетов были установлены 17 видов насекомых, относящихся к 6 отрядам: *Diptera*, *Coleoptera*, *Hemiptera*, *Hymenoptera*, *Lepidoptera*, *Homoptera*. Общий видовой состав консорции и стадии пребывания насекомых в ее составе представлены в табл. 1.

Таблица 1

Общий видовой состав сообщества насекомых в консорции

Вид насекомого	Стадия и локализация на растении
<b>Diptera</b>	
<i>Orellia tussilaginis</i>	Имаго на цветах, личинки семееды
<i>Syrphus</i> sp.	Имаго на цветах
<b>Coleoptera</b>	
<i>Agriotes lineatus</i> L.	Имаго на листьях
<i>Cantharis rufa</i> L.	Имаго на цветах
<i>Coccinella septempunctata</i> L.	Личинки на нижней поверхности листьев, куколки на листьях, имаго на листьях и стеблях
<i>Subcoccinella vigintiquatuor punctata</i> L.	Личинки и имаго на листьях
<i>Tanymecus palliatus</i> F.	Имаго на листьях
<b>Hemiptera</b>	
<i>Coreus marginatus</i> L.	Нимфы и имаго на листьях
<i>Elasmucha</i> sp.	Имаго на цветах
<i>Palomena prasina</i> L.	Нимфы и имаго на листьях
<b>Hymenoptera</b>	
<i>Acropimpha pictipes</i> Grav.	Личинки паразитируют в гусеницах молелистовертки
<i>Apis mellifera</i> L.	Опылитель
<i>Bombus lapidarius</i> L.	Опылитель
<i>Bombus terrestris</i> L.	Опылитель
<i>Bracon atrator</i> Nees	Имаго на цветах
<b>Lepidoptera</b>	
Молелистовертка сем. Tortricidae	Гусеницы на листьях
<b>Homoptera</b>	
Щитовка п/отр. Coccinea (Coccodea)	На листьях, большей частью на нижней стороне

В список не включены 2 вида тлей, формирующих колонии на растении, а также виды, встречающиеся спорадически в единичных экземплярах. В ходе наблюдений (6 июля) были обнаружены зараженные гусеницы молелистовертки, из которых в стационарных условиях был выведен ихневмоидный наездник *Acropimpha pictipes*. С учетом совокупной численности гусениц степень паразитизма составляет 25 %.

Представленное сообщество насекомых характеризовалось большой пластичностью по составу видов и их долевым соотношению. На протяжении всего периода исследований было выявлено 5 доминирующих видов, численно преобладавших в определенное время. Из динамики структуры доминирования видно, что наблюдается довольно четкое временное распределение видов: с конца июня (со времени начала наблюдений) и до середины июля преобладает пестрокрылка ореллия (*Orellia tussilaginis*) (рис. 1 а), затем до конца августа – *Bracon atrator* (рис. 1 б), численность которого лишь однажды (зафиксирована одним учетом) была перекрыта двадцатичетырехточечной коровкой (*S. vigintiquatuor punctata* L.), имаго которой доминировали на завершающем этапе развития процесса изменения консорции (рис. 1 в). Примечательно, что для *Bracon atrator* и личинок двадцатичетырехточечной коровки максимумы долевого вклада в общую численность приходятся на наибольшую численность этих насекомых. Для ореллии эти максимумы немного не совпадают друг с другом, а в случае имаго двадцатичетырехточечной коровки вообще увеличение доли в консорции приходится на уверенный спад абсолютного значения численности. Примерно та же картина характерна и для популяции семиточечной коровки. Оба эти явления отчасти обусловлены тем, что оба вида коровок просуществовали в консорции дольше других, несмотря на то, что их численность неуклонно уменьшалась; следовательно, при более интенсивном спаде численностей других видов доля коровок в консорции увеличивалась.

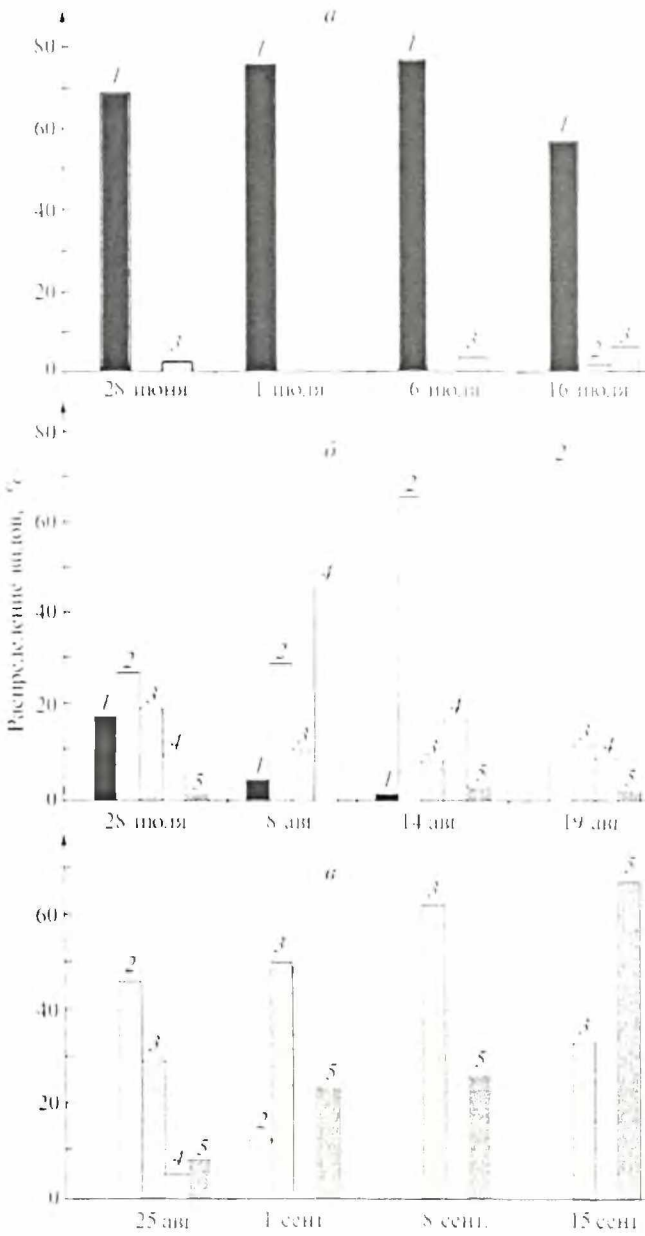


Рис. 1. Доли доминирующих видов в консорции.

Этапы наблюдений: а – начальный, б – средний, в – завершающий.

1 – *Orella tussilaginis*, 2 – *Bracon atrator*, 3 – *Subcoccinella vigintiquatuor punctata*, 4 – личинки *Subcoccinella vigintiquatuor punctata*, 5 – *Coccinella septempunctata*

Для того чтобы логичнее учесть данные о количественных соотношениях между видами, а также проследить динамику видового богатства сообщества, были подсчитаны индексы разнообразия (*D* и *H*) и равномерности (*E* и *J*) по Симпсону и Шеннону, учитывающие как общее число видов, так и доли этих видов в сообществе. Конечные результаты вычислений представлены на рис. 2 в виде графиков в полулогарифмических координатах, отображающих сезонную динамику параметров сообщества.

Все кривые образуют два в той или иной степени выраженных пика, примерно совпадающих для кривых разнообразия и равномерности распределения, т. е. видовое разнообразие сообщества достигало своего максимального значения в самом конце июля, тогда же и была зафиксирована наибольшая равномерность распределения. После довольно резкого спада (минимальные значения были характерны для середины августа) оба параметра к концу августа вновь начинают

расти, не достигая, однако, максимального значения. Затем видовое разнообразие неуклонно падает, чем и объясняется резкий подъем равномерности распределения, так как на завершающих этапах существования консорции оставшиеся виды (за некоторым исключением) характеризовались примерно одинаково низкой численностью.

На середину августа (учет 14 августа) приходится максимальное количество видов, тогда же отмечалось выраженное доминирование *Bracon atrator* и крайне незначительная численность большинства других видов, чем и вызваны низкие индексы разнообразия и равномерностей распределения. Повторный рост этих параметров обусловлен, по всей видимости, спадом численности *Bracon*, приведшим к большей выровненности численности всех видов. Максимальные же



значения всех индексов, как уже говорилось, приходится на конец июля (28 июля по данным учетов), когда отсутствовало выраженное доминирование какого-либо вида.

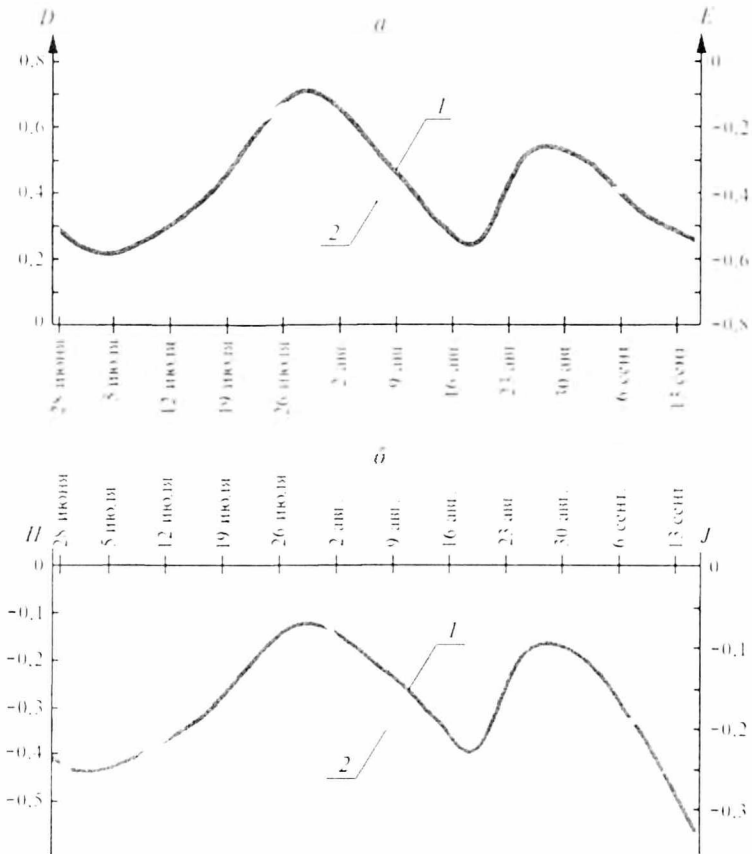


Рис. 2. Совместное изменение видового разнообразия ( $D$ ,  $H$ ) и равномерности распределения ( $E$ ,  $J$ ) по Симпсону (а) и Шеннону (б):  
1 – разнообразие, 2 – равномерность распределения

Точные значения индексов разнообразия и равномерности распределения приведены в табл. 2.

Для того чтобы из данных учетов численностей популяций извлечь как можно больше информации, не ограничиваясь показателями видового богатства и выровненности, целесообразно построение графиков рангового распределения обилий видов. В нашем случае равномерность распределения (значение  $E$ ) находит отражение в площади под образованной кривой (наименьшей равномерности распределения соответствует более «отвесная» кривая, наибольшей – «пологая»).

Используя данные по динамике состава сообщества насекомых, можно проследить сезонное изменение рангового распределения обилий видов. На рис. 3 представлены графики рангового распределения обилий в каждый учетный момент времени.

Таблица 2

Показатели разнообразия и равномерности распределения по Симпсону и Шеннону

Дата	Индекс			
	$D$	$E$	$H$	$J$
28 июня	1,94	0,49	0,39	0,65
1 июля	1,71	0,34	0,37	0,53
6 июля	1,69	0,34	0,38	0,54
16 июля	2,45	0,49	0,48	0,68
28 июля	5,15	0,74	0,75	0,89
8 авг.	3,01	0,33	0,60	0,63
14 авг.	2,05	0,20	0,48	0,48
19 авг.	1,80	0,26	0,41	0,49
25 авг.	3,33	0,37	0,66	0,69
1 сент.	3,20	0,40	0,65	0,72
8 сент.	2,23	0,45	0,46	0,65
15 сент.	1,80	0,90	0,28	0,92

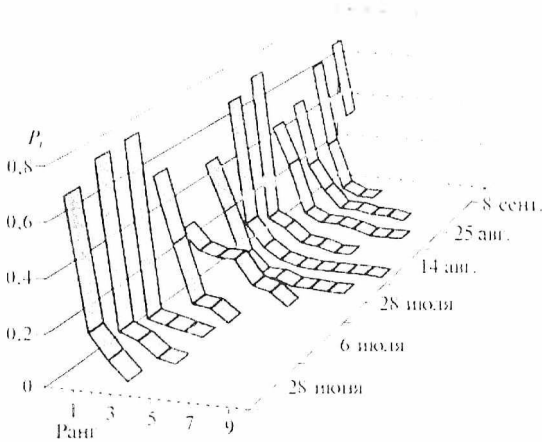


Рис. 3. Хронологические графики рангового распределения обилий

В целом ранговое распределение обилий видов в консорции далеко от равномерного (за исключением кривой, построенной по данным за 28 июля, когда  $E=0,74$ , являясь максимумом изменения равномерности), поскольку практически на протяжении всего периода существования консорции отмечалось хорошо выраженное доминирование какого-то одного вида и коэффициент равномерности, кроме описанного случая 28 июля, не превышал 0,5 (ситуация в конце существования консорции, когда

вследствие присутствия лишь 2 видов  $E=0,9$ , в расчет не берется).

1. Абдинбекова А. А. Бракониды Азербайджана (*Hymenoptera, Braconidae*). Баку, 1975.
2. Бигон М. и др. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2 т. М., 1989.
3. Варли Дж. и др. Экология популяций насекомых / Под ред. Ю.Н. Фадеева. М., 1978.
4. Тобис В. И. Бракониды Кавказа (*Hymenoptera, Braconidae*). Л., 1976.

Поступила в редакцию 13.05.2004.

**Михаил Михайлович Пикулик** – студент 4-го курса биологического факультета. Научный руководитель – доктор биологических наук, профессор И.К. Лопатин.

УДК 594.1+595.132

С.Э. МАСТИЦКИЙ, В.Г. ГАГАРИН

## НЕМАТОДЫ, ИНВАЗИРУЮЩИЕ МОЛЛЮСКА *DREISSENA POLYMORPHA* (BIVALVIA: DREISSENIDAE) В НАРОЧАНСКИХ ОЗЕРАХ

The paper contains the first data on species composition of nematodes encountered in the mantle cavity of the mollusc *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) in Narochanskie Lakes. In zebra mussels from the lakes Batorino, Myastro and Naroch, 20, 10 and 10 species of worms were found, respectively. All were free-living organisms, which in norm are members of periphyton and/or benthos of fresh waterbodies. The commonest were species from the family Chromadoridae, particularly, *Chromadorina bioculata* (Schultze in Carus, 1857). For the first time in the waterbodies of the Former Soviet Union, we recorded the *Eumonhystera pseudobulbosa* (Daday, 1896).

Нематоды являются одними из наиболее обычных организмов, встречающихся в мантийной полости дрейссены при паразитологических вскрытиях. Так, например, червей неоднократно отмечали у моллюсков, обитающих в водоемах Беларуси [1, 2] и Северной Америки [3, 4]. Природа взаимоотношений между дрейссеной и инвазирующими ее нематодами не известна, что в немалой степени определяется скудными сведениями [5] о видовой принадлежности последних. В настоящей статье приводятся данные о видовом составе нематод, обнаруженных в дрейссене Нарочанских озер.

### Материал и методика

Пробы дрейссены были отобраны в озерах Баторино, Мястро и Нарочь в мае 2003 г. На каждом водоеме моллюсков вручную собирали на трех станциях, расположенных в наиболее характерных литоральных биотопах на глубине 0,5–0,7 м (рисунок). В лабораторных условиях животных рассортировывали по размерным классам с шагом 5 мм (по длине раковины). Вскрывали 15 особей каждого класса. Мягкие ткани моллюсков помещали в чашки Петри, промывали небольшим количеством дехлорированной водопроводной воды и просматривали под бинокулярным микроскопом ( $\times 20-70$ ). Найденных нематод подсчитывали

вали для определения интенсивности инвазии (экз./особь), после чего отлавливали и фиксировали в 4 % формалине для последующей видовой идентификации [6].

### Результаты и их обсуждение

Живые нематоды были обнаружены в мантийной полости дрейссены из всех исследованных водоемов. Экстенсивность инвазии, т. е. доля инвазированных моллюсков, в среднем по трем станциям в озерах Баторино, Мястро и Нарочь составила  $71,5 \pm 12,2\%$  ( $n=120$ ),  $66,6 \pm 16,8\%$  ( $n=195$ ) и  $50,4 \pm 12,0\%$  ( $n=177$ ) соответственно. Хотя статистически значимая разница между указанными средними величинами отсутствует ( $P=0,49$ ,  $H$ -тест по Круске-Уоллису), заметна тенденция к постепенному снижению показателя от оз. Баторино к оз. Нарочь. Аналогичное и достоверное ( $P<0,01$ ,  $H$ -тест по Круске-Уоллису) снижение отмечено для интенсивности инвазии моллюсков нематодами ( $4,2 \pm 0,5$ ;  $3,6 \pm 0,4$  и  $2,1 \pm 0,2$  экз./особь соответственно). Описанный характер изменения параметров инвазии, по-видимому, определяется размерной структурой популяций дрейссены на мелководьях изученных водоемов. Так, средняя длина раковины моллюсков в оз. Баторино составила  $16,5 \pm 0,2$  мм ( $n=405$ ), в Мястро –  $15,9 \pm 0,3$  мм ( $n=664$ ), а в оз. Нарочь –  $14,1 \pm 0,3$  мм ( $n=588$ ). Приведенные средние величины статистически значимо различаются ( $P<0,001$ , однофакторный дисперсионный анализ). Положительная связь между размерами дрейссены и степенью ее инвазии различными симбионтами уже отмечалась ранее (см., например, [1]) и, очевидно, нашла подтверждение на примере популяций моллюска Нарочанских озер.

Видовой состав нематод, инвазирующих дрейссены в исследованных водоемах, достаточно богат. Так, в моллюсках из оз. Баторино обнаружено 20 видов червей, а в моллюсках из озер Мястро и Нарочь – по 10 видов (таблица). Все найденные черви являются свободноживущими организмами, большинство из них широко распространены и обычны для прибрежной полосы водоемов Европы [6, 7]. Расчет коэффициента Серенсена показал, что наименьшее сходство наблюдается между видовым составом нематод, найденных в моллюсках из озер Баторино и Нарочь, – 53,3 %. Сходство видов червей в озерах Баторино и Мястро, а также Мястро и Нарочь оказалось более высоким – 60,0 %. Отмеченные различия, очевидно, обусловлены экологическими особенностями водоемов и, как следствие, различиями в видовом составе населяющих их свободноживущих червей.

Наиболее обычным во всех озерах оказался червь *Chromadorina bioculata*, относительная встречаемость которого достигала 90,1 % (оз. Мястро, станция М2; таблица). Кроме того, в моллюсках часто отмечались и другие хроматориды – *Chromadorita leuckarti* и *Punctodora ratzeburgensis*. Названные виды являются типичными компонентами перифитона, причем требовательными к повышенным концентрациям кислорода [6, 7]. Известно, что скопления дрейссены создают в водоеме особые местообитания, в которых формируются многовидовые сообщества гидробионтов [8]. Одна из причин этого – мощная фильтрационная деятельность моллюсков, приводящая к обогащению кислородом близлежащих слоев воды. Неудивительно, что в поселениях дрейссены встречаются оксифильные виды различных организмов, включая нематод. Находясь в непосредственной близости к дрейссеной, черви, по-видимому, с потоками воды, вызванными фильтрацией, через вводной сифон попадают в мантийную полость моллюсков. Такой путь проникновения нематод в дрейссену предполагает, что они обладают достаточно малыми размерами, способствующими прохождению через вводной сифон. Это подтверждается обнаружением в моллюсках

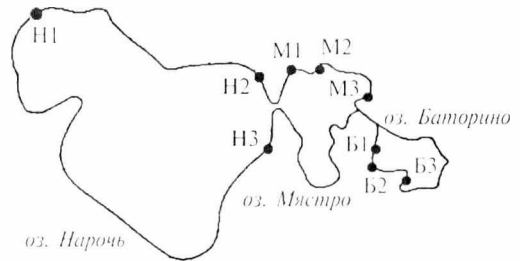


Схема Нарочанских озер с указанием станций отбора проб



ювенильных особей нематод, длина тела которых не превышала 200 мкм. Доля личинок от общего количества червей, найденных в дрейссене из озер Баторино, Мястро и Нарочь, составила 56,3, 55,5 и 37,0 % соответственно. Таким образом, можно предполагать, что нематоды не имеют с дрейссеной какой-либо обязательной симбиотической связи и попадают в моллюсков случайно.

**Таксономический состав нематод, инвазирующих дрейссену в Нарочанских озерах, и относительная встречаемость отдельных видов (в % от общего количества собранных червей)**

Таксон	Оз. Баторино			Оз. Мястро			Оз. Нарочь		
	Ст. Б1 n=14	Ст. Б2 n=116	Ст. Б3 n=21	Ст. М1 n=19	Ст. М2 n=71	Ст. М3 n=29	Ст. Н1 n=8	Ст. Н2 n=6	Ст. Н3 n=59
<b>Отряд Araeolaimida</b>									
<b>Семейство Plectidae:</b>									
<i>Plectus cirratus</i> Bastian, 1865	–	3,4	–	–	–	–	–	–	3,4
<i>Plectus palustris</i> de Man, 1880	7,1	8,6	7,1	–	–	–	–	–	–
<b>Отряд Chromadorida</b>									
<b>Семейство Chromadoridae:</b>									
<i>Chromadorita leuckarti</i> (de Man, 1876)	14,3	16,4	23,8	15,8	–	–	12,5	–	–
<i>Chromadorina bioculata</i> (Schultze in Carus, 1857)	28,6	31,0	52,4	73,7	90,1	24,1	50,0	33,3	59,3
<i>Punctodora ratzeburgensis</i> (Linstow, 1876)	–	10,3	–	–	–	–	12,5	16,7	22,0
<b>Отряд Dorylaimida</b>									
<b>Семейство Actinolaimidae:</b>									
<i>Neoactinolaimus dzubani</i> Gagarin, 1979	14,3	–	–	–	4,2	34,5	–	–	1,7
<b>Семейство Dorylaimidae:</b>									
<i>Crocodyrilaimus flavomaculatus</i> (Linstow, 1876)	–	0,9	–	–	–	31,0	25,0	50,0	5,1
<i>Dorylaimus stagnalis</i> Dujardin, 1848	–	2,6	–	–	–	3,4	–	–	–
<b>Отряд Enoplida</b>									
<b>Семейство Rhabdolaimidae:</b>									
<i>Rhabdolaimus terrestris</i> de Man, 1880	7,1	1,7	–	–	2,8	–	–	–	–
<b>Семейство Tripylidae:</b>									
<i>Tripyla glomerans</i> Bastian, 1865	–	0,9	–	–	–	3,4	–	–	–
<b>Семейство Tobrilidae:</b>									
<i>Brevitobrilus stefanski</i> (Micoletzky, 1925)	7,1	–	1,7	–	–	–	–	–	–
<i>Epitobrilus medius</i> (Schneider, 1916)	–	–	–	–	–	–	–	–	3,4
<i>Semitobrilus gagarini</i> (Ebsary, 1982)	–	–	–	–	–	3,4	–	–	–
<i>Tobrilus gracilis</i> (Bastian, 1865)	–	6,9	–	10,5	–	–	–	–	1,7
<i>Tobrilus helveticus</i> (Hofmaenner, 1914)	7,1	3,4	–	–	–	–	–	–	–
<b>Отряд Monhysterida</b>									
<b>Семейство Monhysteridae:</b>									
<i>Eumonhystera pseudobulbosa</i> (Daday, 1896)	–	1,7	–	–	–	–	–	–	–
<i>Eumonhystera vulgaris</i> (de Man, 1880)	–	6,9	–	–	–	–	–	–	–
<i>Monhystera unispiculatum</i> Gagarin, 1979	–	–	–	–	–	–	–	–	3,4
<i>Monhystera paludicola</i> de Man, 1881	7,1	0,9	–	–	–	–	–	–	–
<i>Monhystera lemani</i> Juget, 1969	–	0,9	–	–	–	–	–	–	–
<i>Tridentulus floreaeanae</i> (Eyualem, Coomans, 1995)	–	–	–	–	2,8	–	–	–	–
<b>Отряд Mononchida</b>									
<b>Семейство Mononchidae:</b>									
<i>Mononchus truncatus</i> Bastian, 1865	7,1	1,7	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. Шрифтом выделены величины встречаемости трех наиболее обычных видов для данной станции.

До проведения наших исследований сведения о таксономическом составе нематод, обнаруживаемых в *D. polymorpha*, были крайне скудны. Так, в водоемах Волжского бассейна (Россия) в моллюсках находили *Dorylaimus stagnalis* [9]; в р. Св. Лаврентия (США) отмечены личинки и взрослые черви минимум четырех видов нематод, включая по меньшей мере один вид рода *Mononchus*, а также представителей отряда Dorylaimida [3]; наконец, в оз. Эри (США) в моллюсках были обнаружены свободноживущие черви из отряда Enoplida [4].

Таким образом, полученные нами данные существенно углубили представления о видовом составе проникающих в дрейссену нематод и прояснили природу их взаимоотношений с моллюском.

Представленный в таблице список видов является также первой расширенной сводкой по нематодофауне Нарочанских озер. Ранее в литературе сообщалось лишь о 8 родах червей, обитающих в этих водоемах [10]. Следует отметить находку редкого вида *Eumonhystera pseudobulbosa* в исследованных нами пробах из оз. Баторино. Этот червь известен для пресных водоемов Европы (Венгрия, Австрия, Германия), но для территории бывшего Советского Союза указывается нами впервые [6].

Настоящая статья является частью работ, проводимых Международным исследовательским консорциумом по симбионтам моллюсков (IRCOMS; <http://www.nysm.nysed.gov/research/biology/ircoms/>). Финансовая поддержка осуществлена БГУ (тема 636/51). Авторы выражают благодарность директору Нарочанской биологической станции Т.В. Жуковой за содействие в проведении работы.

1. Каратаев А. Ю., Мاستицкий С. Э., Волосюк В. В. // Итоги и перспективы гидроэкологических исследований: Материалы междунар. конф. по водным экосистемам. Мн., 1999. С. 103.
2. Karatayev A. Y., Burlakova L. E., Molloy D. P. et al. // Int. Rev. Hydrobiol. 2000. Vol. 85. P. 543.
3. Conn D. B., Babapulle M. N., Klein K. A. et al. // 4th International zebra mussel conference: Proceedings. Madison, 1994. P. 515.
4. Toews S., Beverly-Burton M., Lawrimore T. // Can. J. Zool. 1993. Vol. 71. P. 1763.
5. Molloy D. P., Karatayev A. Y., Burlakova L. E. et al. // Rev. Fish. Sci. 1997. Vol. 5. № 1. P. 27.
6. Гагарин В. Г. Свободноживущие нематоды пресных вод России и сопредельных стран (отряды Monhyserida, Araeolaimida, Chromadorida, Enoplida, Mononchida). СПб., 1993.
7. Гагарин В. Г. Свободноживущие нематоды пресных вод России и сопредельных стран: Фауна и пути ее формирования, экология, таксономия, филогения. М., 2001.
8. Karatayev A. Y., Burlakova L. E., Padilla D. K. // J. Shellfish Res. 1997. Vol. 16. P. 187.
9. Куперман Б. И., Жохов А. Е., Попова Л. Б. // Паразитология. 1994. Т. 28. № 5. С. 396.
10. Бабицкий В. А. // Экологическая система Нарочанских озер. Мн., 1985. С. 163.

Поступила в редакцию 18.05.2004

**Сергей Эдуардович Мاستицкий** – кандидат биологических наук, ассистент кафедры общей экологии и методики преподавания биологии.

**Владимир Григорьевич Гагарин** – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории биологии и систематики водных животных Института биологии внутренних вод РАН.

УДК 581.9

М.А. ДЖУС

## КОСТЕНЕЦ ЗОНТИЧНЫЙ (*HOLOSTEUM UMBELLATUM* L.) – НОВЫЙ ВИД ДЛЯ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

During 1997–1999 years a new species for Belarussian flora – *Holosteum umbellatum* L. was found. Two localities in Brest and Grodno cities are known nowadays. At least one of them (in Grodno) seems to be natural.

Западные районы Беларуси, относящиеся, согласно флористическому районированию суши А.Л. Тахтаджяна [1], к Центральноевропейской провинции Циркумбореальной области, являются одними из наиболее интересных и флористически своеобразных для страны. В связи с этим пристальное внимание, особенно в последнее время, к этому региону белорусских флористов не является случайным. Результаты этих исследований отчасти содержатся в публикациях о новых и интересных флористических находках как адвентивных, так и аборигенных видов, многие из которых имеют в этой части Беларуси восточные границы своего распространения [2–7].

В ходе изучения флористических комплексов в весенние периоды 1997–1999 гг. нами был обнаружен новый для территории Беларуси род и вид семейства Гвоздичные (*Caryophyllaceae* Juss.) – Костенец зонтичный (*Holosteum umbellatum* L.) (рис. 1).

*Holosteum umbellatum* L. 1753, Sp. Pl.: 88; Пачоский, 1897, Тр. С.-Петербург. об-ва естествоиспытателей, отд. ботаники 27, 2 : 112; Муравьева, 1936, Фл. СССР, 6 : 467; Клоков, 1952, Фл. УРСР, 4 : 462. – *H. umbellatum* L. ssp. *umbellatum*: S.M. Walters, 1964, Fl. Europ., 1 : 136. Вид описан из Германии и Франции (по протологу: «Habitat in Germaniae, Galliae arvis»). Лектотип: Гербарий Bergius «4 umbellatum» (нижний экземпляр) (Jonsell et Jarvis, 1993, Regnum Veg. 127: 54). Хранится в г. Стокгольме, Швеция (SBT) [8].



Рис. 1. Внешний вид *Holosteum umbellatum* L.

Род *Holosteum* L. (Костенец, Зонтичник, Ситора, или Ситовец) насчитывает около 5 видов, распространенных преимущественно в странах Европы, Северной Африке, Западной и Центральной Азии [9, 10–12]. *Holosteum umbellatum* является наиболее широко распространенным видом рода и произрастает в странах центральной, южной, реже атлантической (Голландия, Бельгия, Великобритания (возможно, исчез), Германия, Испания, Португалия, Франция) и северной Европы (юг Швеции), спорадически встречается также на севере Африки. Далее к востоку ареал вида охватывает страны западной и отчасти центральной (восток Китая) и южной (северная Индия и Пакистан) Азии [9, 11–13]. Как заносное растение довольно часто встречается в США (преимущественно в восточной части) [14]. Кроме типового подвида (ssp. *umbellatum*), в южных и юго-восточных частях ареала встречается также ssp. *glutinosum* (M. Bieb.) Nyman, рассматриваемый иногда как самостоятельный вид *H. glutinosum* (M. Bieb.) Fisch. et C.A. Mey. Из республик бывшего СССР *H. Umbellatum* очень редко встречается в Литве, только на основании старых литературных указаний дается для Латвии и Эстонии [15], в Украине распространен практически по всей территории [9, 16], произрастает в Центральном, Южном и Приволжском округах России, странах Кавказа и Средней Азии [10]. Согласно этим данным ареал вида вплотную подходит к территории Беларуси с юга и с запада (рис. 2) [13, 17].

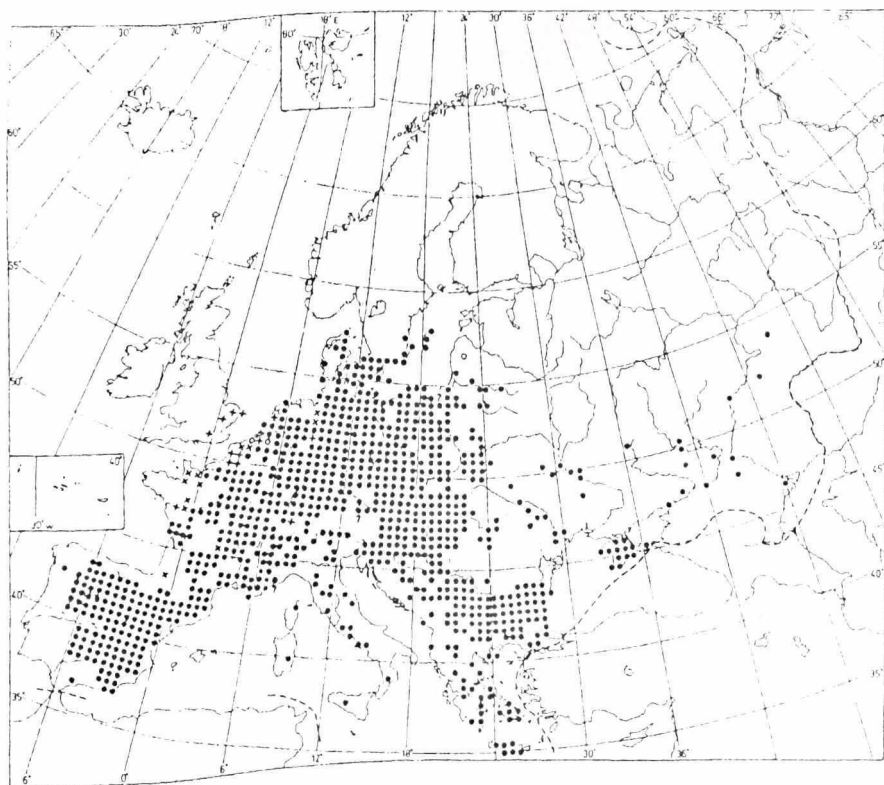


Рис. 2. Распространение *Holosteum umbellatum* L. в странах Европы [13]:  
 ● – естественные местонахождения вида, ○ – заносные, x – вид, вероятно, исчез (не найден с 1930 г.), + – исчез,  
 ? – сомнительное указание



Ближайшие к Беларуси местонахождения указаны из сопредельных с территорией страны районов Литвы [15] и Польши, где, однако, *H. umbellatum* встречается спорадически [18]. В приграничных регионах Украины вид отмечен для Волынской (окр. г. Владимир-Волынский), Житомирской (бывший Радомышльский уезд) и Киевской (окр. г. Киев, Переяслав-Хмельницкий и др.) областей [9, 16, 19]. В сопредельных с Беларусью странах Костенец зонтичный произрастает на открытых местах, сухих песчаных пустошах, остепненных склонах холмов, являясь гемерофилом, и как сорное растение – по краям полей, а также в садах, скверах и парках, карьерах, реже – среди железнодорожных путей. Численность этого однолетнего эфемера, по данным литературы, сильно варьирует в различные годы [17].

Для территории Беларуси *H. umbellatum* указывался в 1830 г. Э. Эйхвальдом со ссылкой на Ж. Жилибера для окр. г. Гродно («um Grodno (nach Giliber)») [20], однако в гербарии Жилибера, который в настоящее время хранится в г. Киеве, эти сборы отсутствуют. В последующих основных литературных источниках указания о произрастании этого вида для флоры страны отсутствуют.

Нами *H. umbellatum* впервые был обнаружен в г. Бресте (вблизи ул. Инженерной, 06/05/1997, № 876) и несколько позже – в г. Гродно (вблизи ул. Фомичева, 26/04/1999, № 38). Статус этого вида на территории Беларуси не очевиден. Популяция вида в г. Бресте, по всей вероятности, имеет заносное происхождение, так как здесь *H. umbellatum* приурочен к сильно нарушенным участкам среди железнодорожных путей. И хотя обочины дорог не являются типичными местообитаниями этого вида [18], установлено, что преимущественно по железнодорожным магистралям он заносится далеко за пределы своего естественного распространения [21]. Второе же из известных в настоящее время в Беларуси местонахождений в г. Гродно, возможно, является естественным, так как в данном местообитании *H. umbellatum* произрастает на довольно слабо трансформированных (хотя и выжигаемых весной) разнотравно-злаковых, остепненных луговинах по склонам оврага (в таблице нами приводится геоботаническое описание этого сообщества с указанием обилия видов по шкале Браун-Бланке). Следует также отметить, что на сопредельной территории Литвы (в том числе и в приграничной с Гродненской областью) этот вид относится к аборигенным, а не адвентивным [22].

В связи с тем, что этот вид до сих пор достоверно не указывался в ботанической литературе для флоры Беларуси, считаем необходимым дать его морфологическое описание по образцам, собранным в обоих названных местонахождениях. *Holosteum umbellatum* – однолетнее зеленое или слегка сизоватое травянистое полурозеточное растение высотой 5–25 см (в среднем около 15 см). Стебель одиночный или, чаще, в количестве 2–5, прямостоящий или, реже, у основания слегка восходящий. Стебель в средней (а часто и в верхней) части довольно густо опушен немногочлеточными короткими (0,1–0,2 мм длиной) железистыми трихомами. Более редкое железистое опушение имеется иногда и в нижней части стебля. Стеблевые листья немногочисленные (1–2 пары), голые и только по краю обычно с короткими железистыми трихомами, расставленные,

Описание растительного сообщества в г. Гродно с участием *Holosteum umbellatum* L.

Вид	Встречаемость
<i>Achillea submillefolium</i>	r
<i>Acinos arvensis</i>	+
<i>Ajuca genevensis</i>	r
<i>Anthemis tinctoria</i>	+
<i>Artemisia absinthium</i>	r
<i>Artemisia campestris</i>	+
<i>Artemisia vulgaris</i>	+
<i>Bromopsis inermis</i>	r
<i>Carex pilulifera</i>	rr
<i>Centaurea pseudomaculosa</i>	+
<i>Cerastium holosteoides</i>	r
<i>Convolvulus arvensis</i>	+
<i>Dactylis glomerata</i>	1–2
<i>Echium vulgare</i>	rr
<i>Festuca psammophilla</i>	+
<i>Galium verum</i>	+
<i>Hypericum maculatum</i>	+
<i>Medicago falcata</i>	1
<i>Medicago lupulina</i>	+
<i>Phleum phleoides</i>	+
<i>Poa angustifolia</i>	+
<i>Potentilla argentea</i>	+
<i>Sedum acre</i>	+
<i>Senecio jacobaea</i>	r
<i>Senecio vernalis</i>	rr
<i>Taraxacum officinale</i>	r
<i>Vicia cracca</i>	r

Примечание. Экспозиция – ЮВ; уклон – 20 град; проективное покрытие – 90 %; площадь описания – 100 м<sup>2</sup>; дата описания – 26.04.1999.

простые, цельные, обычно цельнокрайные, супротивные, слегка сросшиеся у основания, продолговатые, ланцетные или слегка яйцевидные до 4 мм шириной и 12 мм длиной, обычно с несколько более темным коротким остроконечием или заостренной верхушкой. Прикорневые розеточные листья более многочисленны, чем стеблевые, часто несколько более мелкие и узкие, голые. Прицветники пленчатые, мелкие (1,0–1,8 мм длиной), заостренно-яйцевидные, сросшиеся у основания. Цветки в количестве 1–8 (чаще 3–5) собраны в зонтиковидное верхушечное дихазальное соцветие. Цветоножки разной длины (от 2–3 мм до 2 см), в период цветения обычно прямостоячие, после – отклоненные книзу, а при зрелых плодах вновь приподнятые, обычно голые, реже рассеянно железисто-опушенные. Чашелистики в количестве 5 – свободные, заостренно-продолговатые или яйцевидные до 3–4 мм длиной, по краю, особенно в верхней половине, пленчатые и с синеватыми полосами. Венчик раздельнолепестный. Лепестков 5, немного превышающие по длине чашелистики, белые, по верхнему краю с неравными зубчиками. Тычинок обычно 3. Завязь с 3 стилодиями. Плод – коробочка длиной до 6 мм, превышает чашелистики, вскрывается 6 створками, которые заворачиваются в самой верхней части наружу. Семена многочисленные, мелкие, овальные, бугорчатые, коричневатые или буровато-желтые, около 0,8–0,9 мм длиной. Все эти признаки соответствуют типовому подвиду *ssp. umbellatum*.

Причинами того, что *H. umbellatum* столь долгое время отсутствовал в списке флоры Беларуси, возможно, являются раннее время цветения, короткий цикл развития, относительно небольшие размеры и невзрачный облик, а также недостаточное внимание исследователей к изучению ранневесенней флоры. Устранение этого пробела, предпринятое в последнее время, позволило существенно уточнить распространение и встречаемость некоторых видов растений во флоре Беларуси, например: *Gagea pratensis* (Pers.) Dumort., *Veronica sublobata* M.A. Fisch., *V. triphyllus* L., *Vicia lathyroides* L. и др.

Собранный материал хранится в Гербарии БГУ (MSKU), дублиеты переданы в Главный ботанический сад РАН (МНА), Институт ботаники им. М.Г. Холодного НАН Украины (KW), Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН (LE), БрГУ им. А.С. Пушкина.

1. Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли. Л., 1978.
2. Брич В. Л. // Беловежская пуща: Исследования: Сб. науч. тр. Мн., 1972. Вып. 6. С. 94.
3. Вахний Н. А., Жуковский А. Т., Веремчук О. Н. // Фауна и флора Прибужья и сопредельных территорий на рубеже XXI столетия: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Брест, 2000. С. 182.
4. Жуковский А. Т., Вахний Н. А. // Фауна и флора Прибужья и сопредельных территорий на рубеже XXI столетия: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Брест, 2000. С. 205.
5. Третьяков Д. И. // Бот. журн. 1988. Т. 73. № 1. С. 113.
6. Он же // Бот. журн. 1990. Т. 75. № 2. С. 255.
7. Он же // Бот. журн. 1998. Т. 83. № 9. С. 119.
8. Jarvis C.E., Barrie F.R., Allan D.M., Reveal J.L. // *Regnum Vegetabile*. 1993. Vol. 127. P. 1.
9. Екофлора України / М.М. Федорончук, Я.П. Дідух и др. Київ, 2002. Т. 3. С. 122.
10. Флора СССР: В 30 т. М.; Л., 1936. Т. 6. С. 467.
11. Dequan Lu, Rabeler R.K., Holosteum L. // Wu Zhengyi, Raven P.H. *Flora of China*. Science Press, Beijing, Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, 2001. Vol. 6 (Caryophyllaceae through Lardizabalaceae). P. 40.
12. Walters S.M., Holosteum L. // *Flora Europaea*: In 5 vol. Cambridge, 1964. Vol. 1 (Lyco-podiaceae to Plantanaceae). P. 136.
13. Atlas Florae Europaeae. Helsinki, 1983. Vol. 6 (Caryophyllaceae (Alsinoideae and Paronyc-hioideae)). P. 84.
14. Gleason H.A., Cronquist A. *Manual of Vascular Plants of Northeastern United States and Adjacent Canada*. Bronx; New York, 1993. P. 116.
15. Янкявичене Р., Кууск В., Гаврилова Г. // Флора Балтийских республик. Сводка сосудистых растений: В 3 т. Тарту, 1993. Т. 1. С. 240.
16. Флора УРСР: В 12 т. Київ, 1952. Т. 4. С. 462.
17. Larczyński K. // *Pam. Fizjogr.* 1892. Dział 3. Botanika i Zoologia. T. 12. S. 3.
18. *Flora Polski. Rosliny naczyniowe*. Kraków, 1992. Т. 3 (Dwuliscienne Wolno-platkowe-Jednook-wiatowe). S. 275.
19. Пачоский И. // Труды императорского С.-Петербургского общества естествоиспытателей. Отд. Ботаники, 1897. Т. 27. Вып. 2. С. 112.
20. Eichwald E. *Naturhistorische Skizze von Lithauen, Volhynien und Podolien in geognostisch, mineralogischer, botanischer und zoologischer Hinsicht*. Wilno, 1830. Bd. 2. S. 173.

21. Бочкин В. Д. // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: Материалы науч. конф. М.; Тула, 2003. С. 26.  
 22. Gudžinskis Z. // Botanica Lithuanica. 1999. Vol. 5. № 3. P. 203.

Поступила в редакцию 04.06.2004

*Максим Анатольевич Джус* – кандидат биологических наук, ассистент кафедры ботаники.

УДК 577.475:577.1 + 591.524.1:577.1

А. А. ЖУКОВА

## ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭПИФИТОНА С РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МАКРОФИТОВ оз. НАРОЧЬ

The production parameters of the epiphytic communities from different macrophyte species in Lake Naroch were studied during the season of vegetation in 2002. The production per mg of algae biomass wet weight has been calculated as well as chlorophyll concentration and the algal component weight percentage in the community. The analysis of changes in epiphytic production was undertaken on the example of reed in the beginning and in the end of the vegetation season.

Уровень новообразования органического вещества является одной из главных характеристик водных экосистем, определяющих их трофический статус и качество воды. Первичными продуцентами в водоемах являются планктонные, перифитонные и бентические микроводоросли, а также макрофиты. Известно, что в мелководных экосистемах или в экосистемах с обширной литоральной зоной перифитон может вносить большой вклад в суммарную первичную продукцию водоема [1–3 и др.], однако закономерности продукционного процесса данного сообщества изучены еще недостаточно. Причиной этого являются особенности перифитона, обусловленные обитанием на границе раздела вода – субстрат: разнообразие субстратов, чрезвычайная гетерогенность обрастаний, а также сильная зависимость продукционных свойств от физико-химических и гидрологических особенностей среды обитания. Кроме того, при работе с перифитоном возникают методические трудности, связанные с возможными нарушениями в структуре и функционировании сообщества при попытке отделить обрастание от субстрата [4–6].

Перифитон, развивающийся на макрофитах (эпифитон), представляет собой результат сложных взаимоотношений в системе субстрат – обрастание. Исследования этого комплекса показывают разнообразное, но в большинстве случаев негативное влияние обрастания и растения-субстрата друг на друга. Развивающийся на погруженных в воду частях растений эпифитон создает барьер для доступа света, биогенных элементов, газообмена и, как следствие, угнетает рост макрофита [7, 8]. Очень плотные заросли макрофитов, в свою очередь, также могут подавлять рост перифитона из-за затенения [7]. Качественные и количественные различия в структуре эпифитона объясняются неоднородностью физико-химических условий в группировках макрофитов разной плотности [6, 9, 10], их морфологией [7, 10] и возрастом [9, 11], а также влиянием температуры, освещенности, волновой активности [5] и т. д.

В работе представлены данные полевых и лабораторных исследований, проводившихся на крупнейшем водоеме Беларуси оз. Нарочь, на протяжении многих лет являющемся объектом углубленных гидробиологических исследований [12, 13 и др.]. Для озера характерно сочетание высокой прозрачности воды (по данным 1991–2001 гг., средняя для вегетационного сезона прозрачность по белому диску равна  $6,7 \pm 0,8$  м) [14] и небольших – до 5 м – глубин значительной части акватории (30 % площади озера) [15], что благоприятно сказывается на развитии как высшей водной растительности, так и ассоциированного с ней перифитонного комплекса. В озере насчитывается 45 видов сосудистых растений и 9 видов харовых водорослей. Глубина распространения макрофитов достигает 7,5 м, общая биомасса в расчете на воздушно-сухой вес –  $120 \text{ г/м}^2$  [16]. Макрофиты являются основным субстратом для развития перифитона в оз. Нарочь.



### Материал и методика

Исследования продукционной активности эпифитона проводили в июне – октябре 2002 г. в акватории Малого плеса оз. Нарочь. Изучался перифитон, смытый с типичных для озера различных видов макрофитов [17]: тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), рдеста блестящего (*Potamogeton lucens* L.), кубышки желтой (*Nuphar lutea* (L.) Smith.).

Сбор и обработка проб эпифитона проводились по методике [11], анализ водородослевой компоненты представлен Е.А. Сысовой. Валовую первичную продукцию (максимальный фотосинтез на «оптимальной» глубине) и аэробную деструкцию определяли в суспензии эпифитона стандартным методом склянок в кислородной модификации при экспонировании проб в течение 1–2 сут на мелководье. Суспензия готовилась разбавлением смытого эпифитона до концентрации, близкой к озерному sestonu, для чего использовали фильтрованную озерную воду, фоновые показатели которой учитывались при расчетах. Сухую массу эпифитона определяли на ядерных фильтрах с диаметром пор 1,5 мкм. Концентрацию хлорофилла (без поправки на феопигменты) измеряли в ацетоновых экстрактах [18] на спектрофотометре Cary 50 Scan.

Пробы эпифитона отбирали в двух зонах озера с различной гидродинамической активностью: зоне интенсивного развития надводной растительности, начиная от уреза воды (станция I), и зоне островного расположения макрофитов на некотором удалении от берега и большей их разреженности (станция II). На каждой станции отбор проб осуществлялся в трех точках: в центральной зоне зарослей и по краям со стороны береговой линии и открытой воды. Изучались валовая первичная продукция и деструкция эпифитона в целом. Исходя из данных по биомассе водородослевой компоненты сообщества, рассчитано относительное содержание автотрофной компоненты в эпифитоне, продукционная активность фитоэпифитона и удельное содержание в нем хлорофилла.

### Результаты и их обсуждение

Для сравнительной оценки функциональных параметров и концентрации хлорофилла в эпифитоне с различных видов макрофитов с 20 июня по 1 июля при температуре воды 17–24 °С на станции I были собраны обрастания с тростника (8 проб), кубышки и рдеста (по 6 проб) (табл. 1).

Таблица 1

Валовая продукция, деструкция и концентрация хлорофилла в эпифитоне с различных видов макрофитов (в расчете на единицу сухой массы сообщества)

Вид макрофита	Продукция мг O <sub>2</sub> /(мг сут) ± SD			Деструкция мг O <sub>2</sub> /(мг сут) ± SD			Хлорофилл, мкг/мг ± SD		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Кубышка	0,14±0,04	0,18±0,02	–	0,18±0,04	0,21±0,03	–	0,33±0,02	0,84±0,30	–
Тростник	0,15±0,03	0,15±0,03	0,12±0,04	0,18±0,03	0,10±0,01	0,16±0,05	0,44±0,13	0,73	0,29±0,06
Рдест	0,03±0,01	0,04±0,01	–	0,04±0,01	0,04±0,01	–	0,36±0,04	0,47±0,16	–

Примечание. Здесь и в табл. 2: 1 – прибрежная зона зарослей, 2 – заросли, 3 – зона зарослей со стороны открытой воды, в которой кубышка и рдест не произрастали.

Удельные величины продукционно-деструкционных показателей эпифитона, собранного с кубышки и тростника, различались незначительно. Четко выраженных различий в местах отбора проб эпифитона также не наблюдалось. По обобщенным данным, валовая продукция составляла 0,16±0,04 мг O<sub>2</sub>/(мг сут) (эпифитон с кубышки) и 0,14±0,04 мг O<sub>2</sub>/(мг сут) (эпифитон с тростника), деструкция – 0,20±0,03 и 0,17±0,09 мг O<sub>2</sub>/(мг сут) соответственно. В опытах с рдестом скорости продукции и деструкции были существенно ниже (0,03±0,02 и 0,03±0,01 мг O<sub>2</sub>/(мг сут)). В то же время удельная концентрация хлорофилла в эпифитоне со всех исследованных макрофитов имела незначительные различия (для обрастаний с кубышки, тростника и рдеста 0,44±0,17; 0,41±0,18 и 0,42±0,11 мкг/мг соответственно, или около 0,04 %) с тенденцией к более высоким значениям в центре зарослей по сравнению с краевыми зонами. Эти показатели укладываются в пределы значений, приводимых в литературе. По результатам исследований в 1981–1992 гг. эпифитона в оз. Нарочь концентрация хлорофилла в сухом веществе сообщества составляла от 0,01 до 0,94 % [3].

Сезонная динамика продукционной активности изучена на примере эпифитона, собранного с тростника на обеих станциях в период с конца июня по октябрь включительно (в каждом случае отбиралось по 8–9 проб) (табл. 2).

Таблица 2

Сезонная динамика валовой продукции, деструкции и концентрации хлорофилла в эпифитоне с тростника (в расчете на единицу сухой массы сообщества)

Дата отбора проб	Температура, °С	Продукция, мг O <sub>2</sub> /(мг сут) ± SD			Деструкция, мг O <sub>2</sub> /(мг сут) ± SD			Хлорофилл, мкг мг ± SD		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Станция I										
26.06	20	0,15±0,03	0,15±0,03	0,12±0,04	0,18±0,03	0,10±0,01	0,16±0,05	0,44±0,13	0,73	0,29±0,06
15.07	25	0,05±0,02	0,05±0,02	0,13±0,09	0,04±0,02	0,05±0,01	0,08±0,04	0,50±0,24	0,84±0,26	1,20±0,12
17.09	14	0,00±0,01	0,24±0,08	0,01±0,06	0,05±0,02	0,10±0,02	0,05±0,01	0,84±0,20	1,76±0,04	1,21±0,34
29.10	4	0,01	0,03±0,00	0,04±0,01	0,02	0,02±0,01	0,04±0,01	0,68±0,23	1,65±0,31	2,37±0,19
Станция II										
26.06	20	0,11±0,02	0,16±0,05	0,11±0,06	0,16±0,02	0,59±0,05	0,15±0,01	0,47±0,07	0,57±0,12	0,45±0,12
17.09	14	0,03±0,03	0,08±0,02	0,07±0,03	0,04±0,02	0,10±0,03	0,11±0,04	0,99±0,08	2,86±0,83	2,19±0,09
29.10	4	0,02±0,01	0,05±0,02	0,04±0,01	0,01±0,00	0,02±0,00	0,02±0,01	2,03±0,25	2,81±0,01	2,91±0,77

В период исследования – с июня по октябрь – наблюдалось снижение величин продукции и деструкции и возрастание значений удельного содержания хлорофилла в сухом веществе эпифитона. Закономерных, четко выраженных различий как между двумя станциями, так и в пределах каждой из них не было отмечено.

Исходя из биомассы водорослевой компоненты перифитона и сухой массы сообщества в целом, рассчитана удельная доля автотрофных организмов, а также удельные величины продукции фитоперифитона и содержание в нем хлорофилла.

На протяжении периода изучения относительное содержание водорослевой компоненты в сообществе изменялось от 1 до 30 %, составив в среднем  $8,6 \pm 6,5$  % сухой массы эпифитона (табл. 3). При расчетах сухая масса водорослей принималась равной 20 % сырой массы. Относительное содержание автотрофной компоненты в эпифитоне с тростника значительно выше, чем в эпифитоне с рдеста и кубышки. При этом скорость фотосинтеза обрастаний с тростника близка к таковой для эпифитона с кубышки и значительно выше с рдеста (см. табл. 1). Сезонная динамика относительного содержания водорослей в эпифитоне с тростника согласуется с динамикой общего содержания хлорофилла: к концу вегетационного сезона наблюдаются более высокие величины по сравнению с летними образцами (см. табл. 1).

Значения удельной продукции фитоперифитона за исследованный период колебались от 0,07 до 3,60 мг O<sub>2</sub>/(мг-сут) в расчете на сырую массу водорослей, максимальные значения отмечены в последней декаде июня на обрастаниях с кубышки и мини-

Таблица 3

Относительное содержание автотрофной компоненты в эпифитоне

Вид макрофита	Дата отбора проб	Количество проб, шт.	Температура, С	Содержание водорослей, % от сухой массы ± SD (пределы колебаний)
Кубышка	20.06	2	24	1,0
Рдест	01.07	2	17	$2,2 \pm 2,1$ (0,7–3,7)
Тростник	17.06	5	21	$8,6 \pm 4,1$ (3,8–13,6)
Тростник	26.06	6	20	$7,4 \pm 3,5$ (3,5–13,6)
Тростник	17.09	6	14	$13,0 \pm 9,9$ (2,0–29,8)
Тростник	29.10	6	4	$10,0 \pm 5,2$ (2,0–16,5)

мимальные – в конце октября на тростнике (табл. 4). Столь высокая величина удельной продукции фитоперифитона на кубышке (при расчете на сухую массу сообщества потенциальный фотосинтез в эпифитоне с кубышки и тростника был практически одинаковым – см. табл. 1) получена из-за невысокой биомассы водорослей в сообществе (1 % от сухой массы против 7 % в эпифитоне с тростника, собранного 26.06, – см. табл. 3).

В целом полученные величины укладываются в пределы продукционной активности, отмеченной для планктона. Отношение интенсивности потенциального фотосинтеза к биомассе фитопланктона колеблется, по данным [19], от 0,003 до

Таблица 4

## Удельная продукция фитоперифитона

Вид макрофита	Дата отбора проб	Количество проб, шт	Температура, °С	Продукция фитоперифитона, мг O <sub>2</sub> /(мг сут)+SD (пределы колебаний)
Кубышка	20.06	2	24	3,60±0,53 (3,22–3,97)
Рдест	01.07	2	17	0,46±0,37 (0,20–0,72)
Тростник	26.06	6	20	0,47±0,18 (0,23–0,72)
Тростник	17.09	6	14	0,26±0,10 (0,15–0,40)
Тростник	29.10	6	4	0,07±0,03 (0,03–0,11)

Таблица 5

## Удельная концентрация хлорофилла в фитоперифитоне

Вид макрофита	Дата отбора проб	Количество проб, шт.	Температура, °С	Концентрация хлорофилла, мкг хл/мг±SD (пределы колебаний)
Кубышка	20.06	2	24	0,98±0,45 (0,66–1,29)
Рдест	01.07	2	17	0,47±0,34 (0,23–0,71)
Тростник	26.06	6	20	2,39±1,34 (0,65–4,14)
Тростник	17.09	6	14	14,89±2,86 (10,91–19,46)
Тростник	29.10	6	4	6,19±3,24 (3,47–11,39)

Анализ представленных данных позволяет сделать следующие заключения:

1) уровни продукции и деструкции эпифитона с различных видов макрофитов могут значительно различаться даже при близком удельном содержании хлорофилла, что объясняется, по-видимому, качественным составом водорослевой компоненты;

2) сезонная динамика исследованных показателей обрастаний с тростника свидетельствует, вероятно, о накоплении в эпифитоне малоактивных форм хлорофилла и о влиянии на продукцию как сукцессии альгофлоры, так и возраста эпифитона.

1. Wetzel R. G. // *Periphyton of freshwater ecosystems* / Ed. R.G. Wetzel. The Hague, 1983.

2. Протасов А. А. *Пресноводный перифитон*. Киев, 1994.

3. Макаревич Т. А. *Перифитон и его роль в продукции органического вещества и миграции радионуклидов в озерных экосистемах*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мн., 1995.

4. Макаревич Т. А. // *Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды*: Материалы II Междунар. науч. конф., Минск – Нарочь, 22–26 сент. 2003 г. Мн., 2003. С. 219.

5. Анохина Л. Е. // *Труды Зоологического института РАН*. СПб., 1999. Т. 279. С. 195.

6. Giorgi A., Feijoo C., Calviño P., Duttweiler F. // *Verh. Internat. Verein. Limnol.* Stuttgart, 1998. Vol. 26. Pt. 4. P. 1698.

7. Stanley E. H., Johnson M. D., Ward A. K. // *Limnol. Oceanogr.* 2003. Vol. 48. P. 1101.

8. Drake L. A., Dobbs F. S., Zimmerman R. C. // *Ibid.* P. 456.

9. Комулайнен С. Ф. *Формирование и функционирование фитоперифитона в реках*. Петрозаводск, 1999.

10. Delbecque E. J. P. // *Periphyton of freshwater ecosystems* / Ed. by R.G. Wetzel. The Hague, 1983. P. 41.

11. Макаревич Т. А. // *Экологическая система Нарочанских озер* / Под ред. Г.Г. Винберга. Мн., 1985. С. 99.

12. *Экологическая система Нарочанских озер* / Под ред. Г.Г. Винберга. Мн., 1985.

13. Остапеня А. П., Жукова Т. В., Ковалевская Р. З. и др. // *Выбранные научные работы Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта: У 7 т. / Адк. рэд. І.І. Пірожнік*. Мн., 2001. Т. 7. С. 25.

14. *Бюллетень экологического состояния озер Нарочь, Мясстро, Баторино (2002 год)* / Под ред. А.П. Остапени. Мн., 2003.

15. Якушко О. Ф. *Белорусское Поозерье*. Мн., 1971.

16. Остапеня А. П., Жукова Т. В., Гигевич Г. С. и др. // *Проблемы гидробиологии на рубеже веков: Тез. докл. междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 23–30 окт. 2000 г.* СПб., 2000. С. 129.

17. Гигевич Г. С. // *Экологическая система Нарочанских озер* / Под ред. Г.Г. Винберга. Мн., 1985. С. 116.

18. SCOR-UNESCO Working group № 17. *Determination of photosynthetic pigments in sea-water water* // *Monographs on Oceanologic Methodology*. UNESCO. Paris, 1966. P. 9.

19. Михеева Т. М. // *Биологическая продуктивность эвтрофного озера* / Под ред. Г.Г. Винберга. М., 1970. С. 50.

20. Макаревич Т. А. // *Биологические ресурсы водоемов бассейна Балтийского моря: Тез. докл. конф.* Петрозаводск, 1991. С. 37.

Поступила в редакцию 17.06.2004.

**Анна Анатольевна Жукова** – аспирант НИЛ гидробиологии. Научный руководитель – член-корреспондент НАН Беларуси А.П. Остапеня.

6,51, более обычные величины 0,03–3,00 мг O<sub>2</sub>/(мг·сут) [19].

Концентрация хлорофилла в фитоперифитоне в течение периода исследования значительно варьировала (от 0,23 до 19,46 мкг хл/мг сырой массы водорослей, или от 0,02 до 1,94 %), максимальные значения наблюдались в сентябре (табл. 5). Полученные результаты близки к имеющимся в литературе сведениям о содержании хлорофилла в фитоперифитоне оз. Нарочь (0,34–4,04 %) [20].



Н.В. СУШИНСКАЯ, Т.А. КУКУЛЯНСКАЯ, В.П. КУРЧЕНКО, В.В. СЕНЧУК

**ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЛАНИНА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ *INONOTUS OBLIQUUS* (Pers.:Fr.) Pil. f. *sterilis* (Vanin) Nicol**

*Inonotus obliquus* (Pers.:Fr.) Pil. f. *sterilis* (Vanin) Nicol – the sterile form of a tinder fungus oblique, chaga is a source melanins, related to group allomelanins. Melanin from *I. obliquus* f. *sterilis* possesses strongly pronounced antioxidant properties. In low concentration inhibited aminibiphenil peroxidase oxidation with efficiency decreasing in a line: benzidine-3,3'-dimethylbenzidine-3,3'-dimethoxybenzidine-3,3',5,5'-tetramethylbenzidine. Possesses high sorption capacity concerning heavy metals.

Меланиновые пигменты, имеющиеся у всех живых организмов, составляют обширную группу природных конденсированных фенолов. Фармакологические особенности природных меланинов характеризуют их как класс соединений с низкой токсичностью, обладающих разнообразным биологическим действием [1–3]. Для лечения язвенной болезни, гастритов и злокачественных новообразований в медицине с успехом применяется водный экстракт трутового гриба чага (*I. obliquus*) – препарат бефунгин [4], основным компонентом которого, как предполагается, определяющим его фармакологическую активность, является меланин.

В данной работе были изучены физико-химические свойства пигмента из *I. obliquus* с использованием традиционных и дополнительных методов анализа меланинов. В комплексе они могли бы быть использованы для оценки подлинности пигмента, входящего в состав препарата бефунгин. Изучение антиоксидантных и сорбционных свойств меланина из *I. obliquus*, возможно, позволит применять препарат в новом качестве.

**Материал и методика**

Из сырья березовых наростов гриба чага, заготовленных в соответствии с ФС 42 № 53-72, был получен водный экстракт, который обрабатывали 1н HCl до установления pH 1,5. Образовавшийся осадок отделяли центрифугированием в течение 15 мин при 10 000 g и растворяли в 0,1н NaOH до pH 12. Процедуру кислотного переосаждения проводили трижды, после чего пигмент очищали методом гель-хроматографии на сорбенте Тоурорал HW-65 (72x1,5 см) в 0,01н NaOH, диализовали против воды до установления pH 6,5 и лиофильно высушивали.

Определение молекулярной массы и гомогенности проводили методом гель-хроматографии на сорбенте Тоурорал HW-55 (45x1,5 см) в 0,05 М фосфатном буфере pH=7,4. В качестве стандартов молекулярных масс использовали бычий сывороточный альбумин (64 кДа), цитохром с (12 кДа) и пероксидазу хрена (40 кДа).

Анализ элементного состава, который включал определение N, C, H, осуществляли традиционно, содержание карбоксильных групп определяли титриметрическим методом Закиса [5], а карбонильных групп – методом Иордана и Витча [6].

Спектральные измерения проводили на спектрофотометрах «Specord M-40» и «Сару-50», ИК-спектры поглощения регистрировали спектрофотометром «Spectrum 1000 FI-IR». Исследования электронного парамагнетизма осуществляли на спектрометре «Varian E-112» с использованием в качестве эталона  $Mn^{2+}$  в порошке MgO.

Термический анализ проводили на термоанализаторе ТА-3000, снабженном ячейкой дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрическим анализатором (ТГ) [7].

Количество ионов металлов, связавшихся с меланином, определяли методами потенциометрического и комплексонометрического титрования.

Пероксидазное окисление проводили в реакционной смеси, содержащей пероксидазу хрена в концентрации  $10^{-9}$  М, 0,1М цитратно-ацетатный буфер (pH 5,5) и субстрат в концентрации  $5 \cdot 10^{-4}$  М. В качестве субстратов были использованы: бензидин (БД), 3,3'-диметилбензидин (ДМБД), 3,3'-диметоксибензидин (ДМОБД), 3,3',5,5'-тетраметилбензидин (ТМБД). Смесь инкубировали в

течение 4 мин при 30 °С, после чего запускали реакцию добавлением  $H_2O_2$  до конечной концентрации  $10^{-3}$  М. Процесс ингибирования контролировали по динамике накопления продуктов окисления ароматических аминов при изменении плотности поглощения (для БД  $\lambda=590$  нм; ДМБД  $\lambda=460$  нм; ДМОБД  $\lambda=582$  нм; для ТМБД  $\lambda=655$  нм).

### Результаты и их обсуждение

Традиционно при характеристике меланиновых пигментов используется ряд подходов: 1) качественные реакции с  $H_2O_2$ ,  $KMnO_4$ ,  $FeCl_3$ ; 2) оптическая и ЭПР-спектроскопия, [ПМЦ]; 3) элементный анализ и анализ функциональных групп. Сложная гетерополимерная структура меланинов делает применение отдельных методов малоинформативным. Введение дополнительных методов исследования расширяет возможности идентификации меланиновых пигментов и дополняет сведения об их физико-химических свойствах. Поэтому был предложен метод термической деструкции, который дает дополнительные сведения о строении и свойствах полимера [7]. Благодаря уникальной структуре меланины способны проявлять фото- и генопротекторные, антиоксидантные, сорбционные и другие свойства, некоторые из них исследованы в данной работе.

При проведении качественных реакций было установлено, что 0,1 % водный раствор меланина, выделенный из *I. obliquus*, обесцвечивается в присутствии 10 % раствора  $H_2O_2$ ,  $KMnO_4$  и под действием  $FeCl_3$  выпадает в осадок, который растворяется при добавлении  $FeCl_3$  в избытке. Такое поведение исследуемого пигмента характерно для меланинов и свидетельствует о наличии в структуре хиноидных и фенольных компонентов.

Известно, что молекулярные массы природных меланинов варьируют в широких пределах: 2,9–2000,0 кДа [2, 3]. Методом гель-хроматографии на колонке с Тоурепарл HW-55 определено, что очищенный пигмент из *I. obliquus* представляет собой гомогенный препарат с кажущейся молекулярной массой около 57 кДа.

Анализ элементного состава показал: содержание азота в молекуле выделенного меланина составляет всего 0,7 %, что значительно меньше, чем у большинства других меланинов [2], количество углерода – 42, а водорода – 5 %. Оценивая атомные соотношения этих элементов, можно предположить, что доля ароматических структур в них не превышает половины веса вещества. Таким образом, на основании названных свойств в соответствии с классификацией меланина по Бриттону исследуемый пигмент можно отнести к группе алломеланинов.

Спектр поглощения щелочного раствора меланина имеет вид пологой кривой с постепенным уменьшением оптической плотности по мере возрастания длин волн  $\lambda$  от 220 до 470 нм, что характерно для большинства меланинов из грибов [2, 3]. Коэффициент экстинкции 0,001 % раствора меланина в 0,01н NaOH при  $\lambda=465$  нм составил 0,04. В ИК-спектре регистрировали поглощение при 3431,0; 1595,0; 1500,9; 1383,75; 1114,45; 982,33; 617,52  $cm^{-1}$ . Присутствующие полосы свидетельствуют о наличии карбоксильных, карбонильных и гидроксильных групп, а также сопряженных хиноидных структур [8]. При проведении химического анализа функциональных групп было установлено, что в образце меланина из *I. obliquus* содержание карбоксильных и карбонильных групп составляет 0,94 и 3,0 % соответственно.

Спектр ЭПР сухого лиофильно высушенного меланина из *I. obliquus* представляет собой одиночную, слегка асимметричную линию с  $g$ -фактором 2,0044 и шириной линии  $H=5,7$  Гс, концентрация парамагнитных центров (ПМЦ) составляет  $7,4 \cdot 10^{17}$  спин/г. Линия спектра имеет форму, среднюю между лоренцевой и гауссовой, что характерно не только для меланинов, но и для других природных высокомолекулярных соединений [2, 3]. Высокая концентрация ПМЦ обеспечивает меланинам большую электронно-адсорбционную емкость и позволяет рассматривать их как эффективные антиоксиданты и сорбенты.

Термостойкость полимеров и природа реакций, протекающих при их разложении, определяются соответствующими свойствами мономеров, имеющих аналогичный химический состав [7], в связи с чем применение термической деструкции дает дополнительную информацию о строении полимера. Поэтому в

дополнение меланин из *I. obliquus* был исследован методом термогравиметрии и дифференциальной сканирующей калориметрии. Установлено, что процесс термического разложения пигмента наиболее интенсивно идет в интервалах температур 200–310 и 310–455 °С. Потери веса на первой и второй стадиях составляют 19 и 22 % соответственно. Показано, что каждая из стадий сопровождается выделением тепла, причем максимумы тепловыделения соответствуют температурам 294 и 394 °С, а величины тепловых эффектов на каждой из стадий – 184 и 73 Дж/г. На основании полученных данных можно сделать вывод, что на участке первой экзотермической реакции происходит образование газообразных продуктов меланина, а дальнейший термолиз при повышении температуры до 200–310 °С приводит к существенному уменьшению массы и образованию поперечно сшитых полимеров, которые теряют способность растворяться в щелочах.

Благодаря своим окислительно-восстановительным свойствам, а также наличию большого количества ПМЦ меланины проявляют антиоксидантные свойства [1, 2]. Нами были исследованы такие свойства меланина из *I. obliquus* на модели метаболической активации аминобифенилов по пути пероксидазного окисления. В качестве окисляемых субстратов были использованы канцерогены с убывающей активностью: БД > ДМБД ~ ДМОБД > ТМБД (не канцероген). На рис. 1 представлена зависимость степени ингибирования окисления от концентрации меланина, присутствующего в реакционной смеси для разных субстратов. Видно, что наиболее эффективно меланин ингибирует окисление БД – 50 % ингибирования наблюдается при концентрации меланина 3,9 мкг/мл, 50 % ингибирование ДМБД и ДМОБД происходит в случае больших концентраций меланина (7,5 и 9,1 мкг/мл соответственно). Окисление ТМБД не ингибируется на 50 % даже при повышении концентрации меланина до 25 мкг/мл. Таким образом, ингибирование процесса пероксидазного окисления аминобифенилов в присутствии меланина происходит с различной эффективностью.

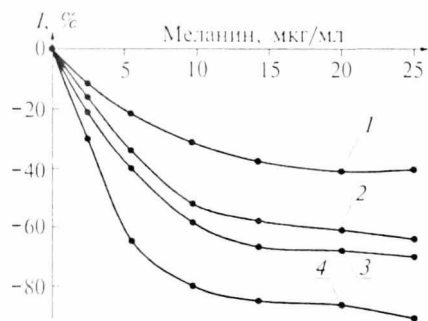


Рис. 1. Ингибирование пероксидазного окисления ТМБД (1), ДМОБД (2), ДМБД (3) и БД (4) меланином, выделенным из *I. obliquus*

Одним из свойств меланиновых пигментов, обусловленных их структурными особенностями, является высокая сорбционная емкость в отношении тяжелых металлов [1, 2, 9]. При взаимодействии с  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  и  $\text{CdCl}_2$  происходит осаждение пигмента в комплексе с ионами металлов. Степень полноты осаждения определялась по содержанию меланина и металла в осадке и надосадочной жидкости после их разделения центрифугированием. Мольные соотношения металл/меланин, необходимые для полного осаждения меланина из *I. Obliquus*, составляют 65:1  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$  (рис. 2). Потенциометрическое титрование показало, что при связывании соли  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  с меланином происходит освобождение протонов и снижение pH, в результате чего наблюдается связывание 65 ионов  $\text{Pb}^{2+}$  одной молекулой меланина (рис. 3). Таким образом, можно предположить, что сорбция металлов идет за счет их связывания с карбоксильными, гидроксильными группами.

Устойчивость образующихся комплексов меланин – металл определялась по способности ЭДТА их разрушать. Было установлено, что разрушение комплекса начинается при добавлении к реакционной смеси ЭДТА в количествах, превосходящих содержание меланина в 10 раз для  $\text{Cd}^{2+}$  и в 15 раз для  $\text{Pb}^{2+}$ . Полученные результаты свидетельствуют о том, что хелатирующая способность исследованных меланиновых пигментов значительно выше, чем свойства ЭДТА, и зависит от свойств ионов металлов.

Таким образом, очищенный пигмент из *I. obliquus* может быть идентифицирован как алломеланин. Наряду со свойствами, типичными для меланинов дру-



гих микро- и макромицетов, исследуемый биополимер отличается растворимостью в воде, низким содержанием азота в структуре. Он имеет ярко выраженные антиоксидантные свойства и способен в низких концентрациях ингибировать пероксидазное окисление аминобифенилов с убывающей эффективностью в ряду: БД – ДМБД – ДМОБД – ТМБД. Высокая сорбционная емкость меланинов в отношении тяжелых металлов позволяет рассматривать их как перспективные субстанции, обладающие энтеросорбционными свойствами.

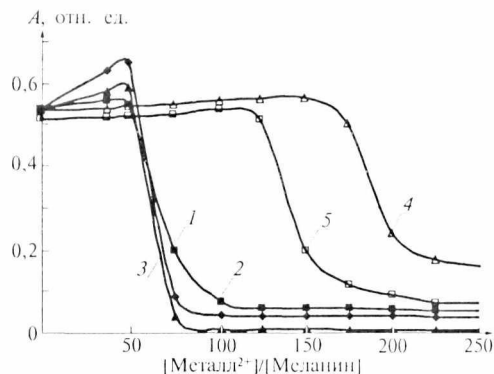


Рис. 2. Зависимость оптической плотности при  $\lambda=465$  нм надосадочной жидкости от мольного соотношения металл/меланин *I. obliquus* после разделения реакционной смеси:  
1 –  $\text{CuSO}_4$ , 2 –  $\text{CdCl}_2$ , 3 –  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , 4 –  $\text{ZnSO}_4$ , 5 –  $\text{BaCl}_2$

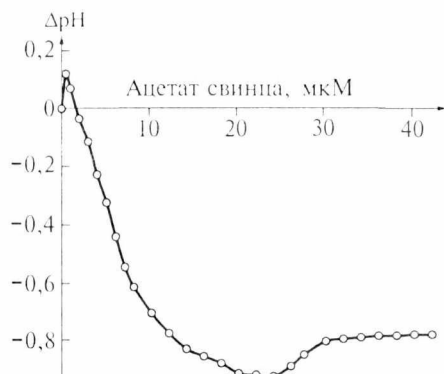


Рис. 3. Потенциметрическое титрование меланина из *I. obliquus* при концентрации  $3 \cdot 10^{-7}$  М ацетатом свинца

Авторы выражают благодарность Т.Я. Хилько, Н. Некрашевич и А.Н. Балабановичу за техническую помощь в выполнении эксперимента.

1. Борщевская М. И., Васильева С. И. // *Вопр. мед. химии*. 1998. Т. 45. № 1. С. 13.
2. Барабой В. А. // *Укр. биохим. журн.* 1999. Т. 71. № 4. С. 5.
3. Butler M. J., Day J. // *Can. J. Microbiol.* 1998. Vol. 44. P. 1115.
4. Машковский М. Д. *Лекарственные средства: В 2 т. М., 2000. Т. 2. С. 180.*
5. Закус Г. Ф. *Функциональный анализ лигнинов и их производных*. Рига, 1987. С. 211.
6. *Инструментальные методы анализа функциональных групп органических соединений* / Под ред. С. Сиггя. М., 1974. С. 80.
7. Грасси Н., Скотт Дж. *Деструкция и стабилизация полимеров*. М., 1988. С. 246.
8. Paim S., Linhares L.F., Mangrich A.S., Manin J.P. // *Biol. Fertil. Soils*. 1990. № 10. P. 72.
9. Fogarty R.V., Tobin J.M. // *Enzyme Microb. Technol.* 1996. Vol. 19. № 2. P. 311.

Поступила в редакцию 14.09.2004.

**Наталья Владимировна Сушинская** – младший научный сотрудник НИЛ прикладных проблем биохимии.

**Татьяна Александровна Кукулянская** – кандидат биологических наук, ассистент кафедры биохимии.

**Владим Петрович Курченко** – кандидат биологических наук, заведующий НИЛ прикладных проблем биохимии.

**Вадим Валентинович Сенчук** – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой биохимии.

УДК 581.9

ВАЛ.Н. ТИХОМИРОВ

## КРИТИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ О НЕКОТОРЫХ ГРУППАХ ВЫСШИХ СПОРОВЫХ РАСТЕНИЙ ФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

New data about distribution of *Diphasiastrum*, *Dryopteris* et *Pteridium* species in Belarus are given. Maps of distribution in territory of republic of 6 species and hybrids are resulted: *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub, *Diphasiastrum tristachyum* (Pursh) Holub, *Diphasiastrum x zeileri* (Rouy) Holub, *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *Dryopteris assimilis* S. Walker et *Dryopteris x sarvelae* Fras.-Jenk. et Jermy. For the first time for the East Europe it is underlined *Pteridium pinetorum* C.N. Page et R.R. Mill.

**1. *Diphasiastrum* Holub.** Под *Diphasiastrum* Holub (*Lycopodium* L. sect. *complanata*; *Diphasium* Presl. p. p.), широко распространенный в умеренной зоне северного полушария, представлен в Европе 7–8 таксонами видового ранга. Во всех основных флористических сводках по Беларуси [1–3] приводятся лишь 2 вида этого рода: *D. complanatum* (L.) Holub (*Lycopodium complanatum* L., *L. anceps* Wallr.) и *D. tristachyum* (Pursh) Holub (*Lycopodium tristachyum* Pursh, *L. chaetocyparissus* A. Br.). Только Р.Ю. Блажевич [1] предположила, что может быть обнаружен *D. xzeilleri* (Rouy) Holub, хотя этот вид ранее приводился для территории Беларуси с указанием конкретных местонахождений [4, 5].

*D. xzeilleri* – гибридогенный вид, предками которого являются *D. complanatum* и *D. tristachyum*. Он имеет промежуточные признаки, с чем связаны значительные проблемы, возникающие при таксономической интерпретации этого вида, а также его родителей. Так, многими исследователями изменчивость в пределах данного комплекса рассматривается как градуальная, в результате чего вид *D. complanatum* рассматривается в широком объеме (включая *D. xzeilleri* и *D. tristachyum*). Довольно часто все три таксона рассматриваются как разновидности или подвиды *D. complanatum*. Иногда *D. tristachyum* и *D. complanatum* приводятся как самостоятельные виды, а *D. xzeilleri* включается в ранге разновидности или подвида в состав последнего [6–9 и др.].

На сегодняшний день накоплена значительная информация по репродуктивной биологии названных видов, а также по составу их изоферментов. Так, в работе [7] показано, что у промежуточных между *D. tristachyum* и *D. complanatum* форм наблюдается резкое увеличение количества abortивных спор. Но при этом, формируя некоторое количество жизнеспособных спор, *D. xzeilleri* способен распространяться и занимать определенный ареал, т. е. вести себя как самостоятельный вид (так называемая «allohomoploide nothospeziation» [10]). Анализ изоферментного состава видов и гибридов рода *Diphasiastrum*, проведенный по 15 ферментам, однозначно показал, что *D. xzeilleri* возник в результате гибридизации *D. tristachyum* и *D. complanatum*, которые очень сильно различаются по составу изоферментов [11, 12]. При этом вероятнее всего, что *D. xzeilleri* на сегодняшний день расселяется абсолютно самостоятельно, а не возникает в результате актов спонтанной гибридизации родительских видов.

Так как на сегодняшний день информация о распространении *D. xzeilleri* на территории Беларуси практически отсутствует, а двух других видов нуждается в существенном уточнении, нами было проведено картографирование всех известных местонахождений видов рода (рис. 1.1–1.3). При этом использовались преимущественно данные Гербариев KW, LE, MHA, MSK, MSKU, MW, а также информация из Гербариев Польши [5].

Проведенная работа показала, что *D. complanatum* является наиболее редким для Беларуси. Это полностью противоречит высказывавшимся ранее предположениям о том, что во флоре нашей страны он является наиболее обычным видом рода. *D. tristachyum* также встречается довольно редко, но все же несколько чаще, чем *D. complanatum*. Причем этот вид относительно равномерно распределен по всей территории Беларуси, что уточняет имеющуюся информацию о распространении *D. tristachyum* на территории Европы. Дело в том, что ранее [13] южная граница для этого вида проводилась по северным районам нашей страны. Наиболее же обычным видом рода является *D. xzeilleri*, который широко распространен по всей территории Беларуси.

**2. *Dryopteris* Adans. sect. *Lophodium* (Newm.) C. Chr. ex H. Ito.** Данная секция, представленная во флоре Восточной Европы тремя [14–16] или четырьмя [17] видами, а также несколькими межвидовыми гибридами [18], традиционно и вполне обоснованно считается сложной для определения. Это связано со значительным перекрытием диагностических признаков видов данной секции [19, 20], а также с возможностью их гибридизации друг с другом [18, 21]. При этом гибриды, хотя и могут иногда численно преобладать над родительскими видами при их совместном произрастании, а также встречаться в случае отсутствия одного или обоих родительских видов [18, 22], являются либо полностью стерильными, либо образуют минимальное количество спор [23].



Карты распространения на территории Беларуси:

1.1. – *Diphasiastrum tristachyum* (Pursh) Holub; 1.2. – *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub; 1.3. – *Diphasiastrum* x *zeileri* (Rouy) Holub; 1.4. – *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray; 1.5. – *Dryopteris assimilis* S. Walker; 1.6. – *Dryopteris* x *sarvelae* Fras.-Jenk. et Jermy.

Секция *Lophodium* на территории Беларуси представлена тремя видами и по меньшей мере двумя межвидовыми гибридами. Все три вида ранее приводились для территории страны [2, 24, 25], но их распространение нуждается в некотором уточнении. Гибриды щитовников для флоры Беларуси указываются нами впервые.

*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs (*D. spinulosa* (Sw.) Watt). Самый обычный и широко распространенный в Беларуси вид данной секции. Легко отличается немногочисленными одноцветными светло-бурыми чешуями на черешках вай, а также отсутствием железистого опушения на вайях.

*Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray (*D. austriaca* auct. non (Jacq.) Woynar ex Schinz et Thell., *D. lanceolata-cristata* auct. non (Hoffm.) Alst). Ранее этот вид в ра-



ботах европейских ботаников рассматривался в широком объеме. Но, как показано в работах [25, 26], в Центральной Европе под этим названием объединялись 2 вида, имеющих разные числа хромосом. При этом название *D. dilatata* оказалось принадлежащим тетраплоидной расе, а диплоидные растения были описаны под названием *D. assimilis* S. Walker. *D. dilatata* ранее считался широко распространенным в Восточной Европе [14, 15], но, как было показано Н.Н. Цвелевым [17], это мнение оказалось ошибочным. Данный вид, широко распространенный в Западной и Центральной Европе, в Восточной Европе известен из немногих местонахождений. Для территории Беларуси *D. dilatata* s. str. указывался Р.Ю. Блажевич [24] лишь для северных регионов как очень редкое растение. Изучение данных различных Гербариев, а также собственные полевые исследования показали, что этот вид редко встречается в западных и центральных частях Беларуси (рис. 1.4). Мы не смогли обнаружить в MSK ни одного гербарного образца этого вида с севера страны.

***Dryopteris assimilis* S. Walker.** Ранее этот диплоидный вид был известен в Европе под названием *D. austriaca* или *D. dilatata*. Но, как оказалось при исследовании материала по роду, тип прежде широко использовавшегося для этого вида названия *D. austriaca* (Jacq.) Woyнар ex Schinz et Thell. (*Polypodium austriacum* Jacq.) оказалась принадлежащим *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn s. l. [27]. В последней сводке по флоре Беларуси этот вид приводится под названием *D. expansa* (C. Presl) Fras.-Jenk. et Jermy. Однако, как было показано Н.Н. Цвелевым [17, 28, 29], этот вид, описанный с территории Северной Америки, в Европе встречается лишь на севере Восточной Европы и в Фенноскандии. В Беларуси же произрастает вид, который был описан под названием *D. assimilis* S. Walker. Несмотря на то, что ранее данный вид указывался для всей территории страны [30], по Беларуси проходит южная граница его распространения. Как видно из рис. 1.5, *D. assimilis* становится крайне редким на территории Белорусского Полесья. В Украине он известен только в Карпатах [31, 32].

***Dryopterisxsarvelae* Fras.-Jenk. et Jermy (*D. assimilis*×*D. carthusiana*).** Этот стерильный или почти стерильный триплоидный гибрид, промежуточный по морфологическим признакам между родительскими видами, встречается в местах их совместного произрастания. По-видимому, это нередкий гибрид, но информация по его распространению на сегодняшний день крайне фрагментарна, так как он с трудом отличим от родителей. Гибрид может быть достоверно определен только при спороношении: как правило, он образует на вайях значительное количество сорусов, но в спорангиях вместо спор формируется либо черная бесформенная масса, либо споры, не имеющие внутреннего содержания. Как показали данные Гербариев, а также собственные полевые исследования, этот гибрид спорадически встречается по всей территории Беларуси, за исключением Полесья (рис. 1.6). Следует отметить, что растения гибрида, будучи многолетними, способны произрастать даже в случае исчезновения одного из родительских видов в результате изменения экологических условий местообитания.

***Dryopterisxuliginosa* (A. Br. ex Doell) Druce (*D. cristata*×*D. carthusiana*).** Очень редкий стерильный триплоид, имеющий промежуточные признаки, но более похожий на *D. carthusiana*. Он известен из немногих местонахождений в Центральной и Восточной Европе, что связано с сильно различающимися экологическими нишами родительских видов. Нами этот гибрид совместно с родительскими видами был обнаружен лишь в одном местообитании: Беларусь, Минская обл., Мядельский р-н, окр. д. М. Сырмеж (2,5 км к ЮЗ). В кустарниках по краю лужка в пойме руч. Первый в 100 м ниже моста. Тихомиров В.Н. 14.07.2002 г. № 01464.

**3. *Pteridium* Gled. ex Scop.** Виды рода *Pteridium* – орляк – произрастают по всему земному шару, за исключением полярных и аридных областей [33]. Обычно род рассматривается как монотипный, хотя многие исследователи и допускают его полиморфизм. В Беларуси таксономического изучения рода *Pteridium* не проводилось.

В единственной на сегодняшний день обработке данного рода в мировом масштабе [34] в пределах единственного вида *P. aquilinum* (L.) Kuhn выделяют-ся два подвида с двенадцатью разновидностями. При этом для Восточной Европы приводятся 2 разновидности: 1) *Pteridium aquilinum* subsp. *typicum* Tryon var. *typicum* Tryon; 2) *Pteridium aquilinum* subsp. *typicum* Tryon var. *latiusculum* (Dasv.) Underw. ex Heller. В дальнейшем при изучении морфологического и генетического разнообразия разновидностей, выделенных в [34] (всего было исследовано 11 из 12 разновидностей), было показано, что по меньшей мере семь из них являются хорошо отличимыми видами, а два – таксонами гибридного происхождения [35].

На основании анализа фенологических (динамики сезонного развития вай), морфологических и экологических особенностей растений рода *Pteridium* в работе [36] приводятся для флоры Великобритании три подвида орляка. В дальнейшем изоферментный анализ растений Европы и Северной Америки показал, что европейские растения, описываемые в названном труде под названием *P. aquilinum* subsp. *latiusculum* (Desv.) C.N. Page, не идентичны североамериканским (этот таксон под названием *Pteris latiuscula* Desv. был впервые описан с территории современной Канады), а представляют, по-видимому, стабилизировавшиеся гибриды североамериканских растений и европейского *P. aquilinum* subsp. *aquilinum* [36]. Это дало основание описать европейские растения в качестве самостоятельного таксона в ранге вида, дав ему название *Pteridium pinetorum* C.N. Page et R.R. Mill [38, 39].

Как показало изучение материалов Гербария БИН РАН (LE), на территории Восточной Европы (исключая Крым и Северный Кавказ) произрастают 2 вида рода *Pteridium*, имеющие довольно четкие морфологические отличительные признаки, а также различающиеся по распространению, хотя и частично перекрывающиеся ареалы.

*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn встречается главным образом в центральных и южных районах Восточной Европы, тогда как в северных он крайне редок и приурочен к хорошо прогреваемым местообитаниям (сосняки, опушки). В состоянии улитки вайи этого вида покрыты обильным опушением из белых простых волосков; сформированные вайи также сильно опушены, по крайней мере по нижней поверхности; ложный индузий по краю густо покрыт простыми волосками. Сформированные вайи чаще всего косо, иногда почти вертикально расположенные; первая (нижняя) пара перьев первого порядка значительно меньше остальной части пластинки и не намного превышает следующую за ними пару перьев, в результате чего длина пластинки значительно превышает ширину.

*Pteridium pinetorum* C.N. Page et R.R. Mill распространен главным образом в северных регионах и постепенно становится все более редким в южных районах. В состоянии улитки вайи этого вида совсем не имеют или же имеют очень слабое опушение из белых простых волосков; сформированные вайи слабо опушены, часто почти голые; ложный индузий по краю не опушен или (редко) с единичными простыми волосками. Сформированные вайи горизонтально изгибающиеся, мелкие; первая (нижняя) пара перьев первого порядка по размеру почти такая же, как и остальная часть пластинки, и намного превышает следующую за ними пару перьев, в результате чего ширина пластинки не превышает или лишь незначительно превышает длину. По устному сообщению Н.Н. Цвелева, в условиях Санкт-Петербурга данный вид приурочен главным образом к еловым лесам (местообитания, которые весной довольно поздно прогреваются), но тем не менее разворачивает свои вайи на 10–15 дней раньше типичного *P. aquilinum*, произрастающего преимущественно в хорошо прогреваемых сосняках.

Как показал проведенный нами анализ гербарных материалов (LE, MSK, MSKU), а также наблюдения в природе, на территории Беларуси произрастают оба указанных вида. К сожалению, крайне скудные материалы не позволяют нам уточнить особенности распространения и экологической приуроченности этих видов. По-видимому, довольно часто они могут произрастать совместно, но при этом в зависимости от экологических условий преимущество получает тот или иной вид.



1. Блажевич Р. Ю. // Определитель высших растений Беларуси. Мн., 1999. С. 16.
2. Определитель растений Белоруссии. Мн., 1967.
3. Федченко Б. А. // Флора БССР: В 5 т. М., 1949. Т. 1. С. 44.
4. Расуна А. // *Fragm. Florist. Geobot.* 1972. Ann. 18. № 3-4. P. 255.
5. *Jbid.*, P. 309.
6. Ascherson P., Graebner P. *Synopsis der mitteleuropäischen Flora.* Leipzig, 1896–1898. Bd. 1.
7. Kukkonen I. // *Ann. Bot. Fenn.* 1967. Vol. 4. № 4. P. 441.
8. Löve A., Löve D. // *Bot. Not.* 1961. Vol. 114. № 1. P. 33.
9. Wilce J. H. // *Beih. Nova Hedwigia.* 1965. Vol. 19.
10. Wagner F. S. // *Ann. Missouri bot. Gard.* 1992. Vol. 79. № 3. P. 718.
11. Horn K., Bennert H. W. // *Phyton (Horn, Austria).* 2002. Vol. 42. Fasc. 1. P. 125.
12. Stoor A. M., Boudrie M., Jérôme C. et al. // *Feddes Repert.* 1996. Vol. 107. № 3-4. P. 149.
13. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa: Pteridophyta, Spermatophyta.* Berlin; Hamburg; München, 1984. Bd. 1. T. 1.
14. Бобров А. Е. // Флора европейской части СССР. Л., 1974. Т. 1. С. 68.
15. Шамаков А. И. Определитель папоротников России. Барнаул, 1999.
16. Шамаков А. И. // *Turczaninovia.* 2001. Т. 4. № 1-2. С. 36.
17. Цвелев Н. Н. // *Нов. сист. высш. раст.* 2003. Т. 35. С. 7.
18. Piękos H. // *Fragm. Flor. Geobot.* 1974. Vol. 20. № 3. P. 333.
19. Piękos-Mirkowa H. // *Monogr. Bot.* 1979. Vol. 59. P. 1.
20. Widén C.-J., Sarvela J., Ahti T. // *Acta Bot. Fenn.* 1967. Vol. 77. P. 3.
21. Fraser-Jenkins C. R. // *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. (Bot.)* 1986. Vol. 14. № 3. P. 183.
22. Piękos-Mirkowa H. // *Veroff. Geobot. Inst. Rubel (Zürich).* 1991. H. 106. S. 282.
23. Wagner W. H. Jr., Chen K. L. // *Am. Fern J.* 1965. Vol. 55. P. 9.
24. Блажевич Р. Ю. // Определитель высших растений Беларуси. Мн., 1999. С. 25.
25. Walker S. // *Am. J. Bot.* 1961. Vol. 48. № 7. P. 607.
26. Walker S. // *Watsonia.* 1955. Vol. 3. P. 193.
27. Fraser-Jenkins C. R. // *Taxon.* 1980. Vol. 29. № 5-6. P. 607.
28. Цвелев Н. Н. // *Нов. сист. высш. раст.* 1989. Т. 26. С. 5.
29. Цвелев Н. Н. // *Сосудистые растения советского Дальнего Востока.* СПб., 1991. Т. 5. С. 9.
30. Федченко Б. А. // Флора БССР. М., 1949. Т. 1. С. 17.
31. Дідух Я. П., Протопопова В. В., Бурда Р. І., Ермоленко В. М. // *Екофлора України.* Київ, 2000. Т. 1. С. 136.
32. Определитель высших растений Украины. Киев, 1987.
33. Гладкова В. Н. // *Жизнь растений: В 6 т. М., 1978. Т. 4. С. 211.*
34. Tryon R. M. // *Rhodora.* 1941. Vol. 43. P. 1.
35. Thomson J. A. // *Ann. Bot.* 2000. Vol. 85 (Suppl. B). P. 77.
36. Page C. N. // *Watsonia.* 1989. Vol. 17. P. 429.
37. Rumsey F. J., Sheffield E. // *Watsonia.* 1991. Vol. 18. P. 297.
38. Page C. N., Mill R. R. // *Bot. J. Scoll.* 1995. Vol. 47. № 1. P. 139.
39. *Jbid.*, № 2. P. 229.

Поступила в редакцию 07.04.2004.

**Валерий Николаевич Тихомиров** – кандидат биологических наук, ассистент кафедры ботаники.

УДК 576.851.49:663.1

Ю.В. СЕЛЕЗНЕВА, И.В. СЕМАК, А.Н. ЕВТУШЕНКОВ, В.А. ПРОКУЛЕВИЧ

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ МУТАЦИЙ БАКТЕРИЙ *PANTOEA AGGLOMERANS*, ПРИВОДЯЩИХ К ИЗМЕНЕНИЮ ПИГМЕНТАЦИИ КОЛОНИЙ

Comparison of the nucleotide sequence flanking the site of transposon insertions with existing nucleotide databases has revealed very high homology of the gene inactivated in *P. agglomerans* 1' to *crY* (coding for lycopene cyclase) of *Pantoea agglomerans* pv. *milletiae*, as well as gene inactivated in *P. agglomerans* 3ESm/Cm is homological to *crZ* (coding for  $\beta$ -carotene hydroxylase) of *Pantoea agglomerans* pv. *milletiae*.

We have verified (by means of HPLC chromatography) that the end product of carotenoid biosynthesis accumulating in the *crY* mutant of *P. agglomerans* is indeed lycopene and the end product accumulating in the *crZ* mutant is indeed  $\beta$ -carotene.

Каротиноидные пигменты распространены в природе и выполняют множество жизненно важных функций в клетках животных, растений, грибов, микроорганизмов.

Каротиноиды используют в различных отраслях промышленности: пищевой, парфюмерно-косметической, фармацевтической – для улучшения товарного вида пищевых продуктов, получения различных оттенков косметических средств. Поскольку каротиноиды являются антиоксидантами, ингибирующими процессы свободнорадикального окисления в клетках, и некоторые из них могут



быть предшественниками витамина А, они широко используются как пищевые и кормовые добавки.

В промышленных масштабах каротиноиды получают экстракцией из растительного сырья (моркови, тыквы), химическим синтезом и путем ферментации с использованием коммерческих микробных штаммов [1].

Бактерии *Pantoea agglomerans* способны синтезировать  $\beta$ -каротин,  $\beta$ -криптоксантин глюкозид (3-гидрокси- $\beta$ -каротин), зеаксантин (3,3'-дигидрокси- $\beta$ -каротин) и его моно- и диглюкозиды [2, 3]. Каротиноиды присутствуют в клетках в определенном соотношении, поэтому колонии *P. agglomerans* окрашены в желтый цвет. Инактивация некоторых генов каротиногенеза, продукты которых катализируют последовательное преобразование каротиноидов (рис. 1 [4]), приводит к получению мутантов с измененным соотношением пигментов. Фенотипически генетические нарушения выявляются визуально по изменению окраски колоний. Мутанты *P. agglomerans*, формирующие розовые или оранжевые колонии, были получены нами ранее [5, 6].



Рис. 1. Функции *crt* генов у бактерий *P. agglomerans* штамма Eho13 [4]

Цель данной работы – идентифицировать гены, мутации в которых привели к изменению окраски колоний, и установить, какие пигменты при этом накапливаются в клетках.

### Материал и методика

В работе использовали следующие штаммы бактерий: *P. agglomerans* 1', полученный путем инсерции транспозона *mini-Tn5xylE* и формирующий розовые колонии, и *P. agglomerans* 3ESm/Cm, полученный при встраивании в хромосому *mini-Tn5Cm*, формирующий оранжевые колонии.

Выделение плазмидной ДНК, ее рестрикция, легирование ее фрагментов и электрофоретический анализ ДНК в агарозном геле, трансформацию бактерий проводили по методикам, описанным в [7].

Хромосомную ДНК выделяли по методике с использованием 30 % саркозила (натриевая соль N-лаурилсаркозина) [8].

Для экстрагирования пигментов штаммы выращивали в процессе азрации 24 ч (28 °С) в минеральной среде МК на основе солевого концентрата следующего состава (г/л):  $\text{NH}_4\text{Cl}$  – 20 г,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 4 г,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,4 г, вода дистиллированная – до 1000 мл; pH=7,2. При приготовлении среды солевой концентрат разводили дистиллированной водой в соотношении 1:3 и добавляли сахарозу и дрожжевой экстракт до конечной концентрации 2 и 0,5 % соответственно.

Клетки осаждали центрифугированием со скоростью 5000 об/мин в течение 10 мин. Экстрагирование пигментов проводили смесью хлороформ – метанол (2:1) по стандартной методике, предложенной в [2]. Образцы анализировали на жидкостном хроматографе с масс-спектрометрическим детектором LCMS-QP8000α («Shimadzu», Japan). Аликвоту образца объемом 20 мкл наносили на обратнофазную колонку Restec Allure C18 (150 x 4,6 мм; 5 мкм; 60 Å). Элюция протекала со скоростью 0,5 мл/мин при 40 °С в изократическом режиме под действием мобильной фазы, содержащей 85 % ацетонитрила, 10 % метанола и 5 % 2-пропанола. Спектры поглощения элюата регистрировали в потоке с помощью спектрофотометрического детектора на основе диодной матрицы SPD M10Avp («Shimadzu», Japan). При анализе использовали стандартные растворы ликопина и β-каротина в метаноле.

Нуклеотидную последовательность определяли на автоматическом приборе ALFExpress II. Для постановки секвенирующих реакций использовали набор реактивов фирмы «Amersham Pharmacia Biotech» с T7 ДНК-полимеразой и стандартные праймеры к полилинкерным областям векторов pUC18 и pBluescriptII SK: M13/pUC sequencing primer (-20), 17-mer и M13/pUC reverse sequencing primer (-26), 17-mer.

### Результаты и их обсуждение

Путем инсерции минитранспозона в геном бактерий *P. agglomerans* 206 получены мутанты, которые образуют не желтые, а розовые или оранжевые колонии. Изменение цвета может быть связано с нарушением биосинтеза пигментов, в результате которого каротиноиды в клетках накапливаются в отличном от бактерий дикого типа соотношении.

Штамм бактерий *P. agglomerans* 1', полученный путем инсерции в геном транспозона mini-Tn5xyIE, формирует розовые колонии. Мутантные бактерии *P. agglomerans* 3ESm/Cm несут вставку mini-Tn5Cm, поэтому колонии окрашены в оранжевый цвет.

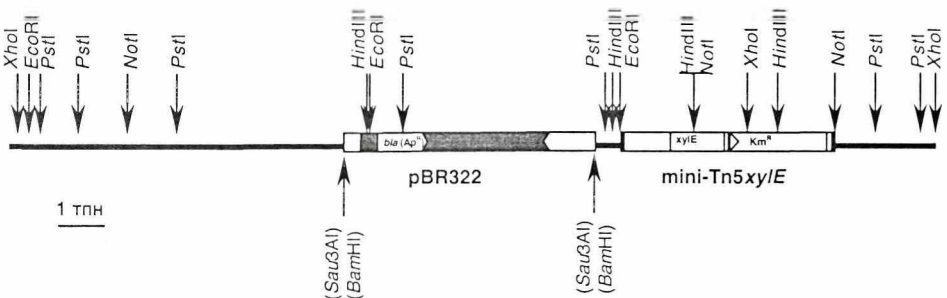


Рис. 2. Рестрикционная карта плазмиды pBR322 с фрагментом хромосомной ДНК *P. agglomerans* 1'

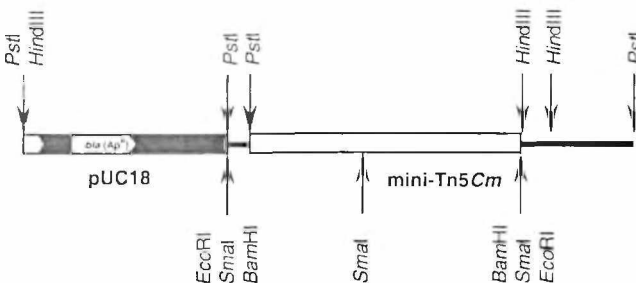


Рис. 3. Рестрикционная карта плазмиды pUC18 с фрагментом хромосомной ДНК *P. agglomerans* 3ESm/Cm

Фрагменты хромосомной ДНК, содержащие транспозоны из штаммов *P. agglomerans* 1' и *P. agglomerans* 3ESm/Cm, клонировали по ферменту рестрикции *PstI* на плазмидные векторы pBR322 и pUC18 соответственно. Рестрик-

ционные карты плазмид pBR322 1' и pUC18 3ESm/Cm приведены на рис. 2 и 3. Определение нуклеотидной последовательности части клонированных хромосомных фрагментов ДНК позволило идентифицировать мутантные гены из этих штаммов. Секвенированный участок клонированного гена из штамма *P. agglomerans* 1' гомологичен участку гена *crtY*, кодирующего ликопинциклазу бактерий *P. agglomerans* pv *milletiae* (гомология по аминокислотному составу 91 % [gj[18143447]dbj][BAB79602.1])). Ликопинциклаза преобразует ликопин в β-каротин. Если фермент не синтезируется, то цепь последовательных преобразований пигментов нарушается и в клетках конечным продуктом каротиногенеза, вероятно, будет ликопин. Клонированный ген из штамма *P. agglomerans* 3ESm/Cm оказался гомологичным гену *crtZ*, кодирующему β-каротингидроксилазу бактерий *P. agglomerans* pv *milletiae* (гомология по аминокислотному составу 93 % [gj[18143450]dbj][BAB79605.1])). β-Каротингидроксилаза преобразует β-каротин в зеаксантин, поэтому в клетках мутантных бактерий должен накапливаться β-каротин.

Для выявления спектра синтезированных пигментов бактериями *P. agglomerans* 1' и *P. agglomerans* 3ESm/Cm был проведен хроматографический анализ препаратов методом HPLC. Сравнение спектров поглощения и хроматографических профилей каротиноидов из экстрактов клеток исследуемых штаммов со стандартными препаратами пигментов показало, что мутантные бактерии *P. agglomerans* 1' действительно накапливают ликопин, а *P. agglomerans* 3ESm/Cm – β-каротин.

Таким образом, благодаря молекулярно-биологическим и биохимическим методам у мутантных штаммов *P. agglomerans* выявлено изменение конечного продукта каротиногенеза по сравнению с исходными бактериями. Установлено, что в клетках бактерий *P. agglomerans* 1' основным пигментом является ликопин, а в клетках *P. agglomerans* 3ESm/Cm – β-каротин.

1. Воробьева Л. И. Микробиологический синтез витаминов. М., 1982. С. 123.
2. Hundle B. S., Beyer P., Kleinig H. et al. // Photochem Photobiol. 1991. Vol. 54. P. 89.
3. Lee L.-Y., Liu S.-T. // Mol. Microbiol. 1991. Vol. 5. № 1. P. 217.
4. To K.-Y., Lai E.-M., Lee L.-Y. et al. // J. Microbiology. 1994. Vol. 140. P. 331.
5. Галиновский Д. В., Селезнева Ю. В., Евтушенков А. Н. // Генетика в XXI веке: современное состояние и перспективы развития: Тез. докл. III съезда. ВОГиС, Москва, 6–12 июня 2004 г. М., 2004.
6. Селезнева Ю. В., Евтушенков А. Н. // Там же.
7. Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. Молекулярное клонирование. М., 1984.
8. Bron S., Meima R., van Dijk J. M. et al. // Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology / A.G. Demain, J.E. Davies (ed). Washington, 1999.

Поступила в редакцию 14.09.2004.

**Юлия Валерьевна Селезнева** – научный сотрудник НИЛ молекулярной генетики бактерий.

**Игорь Викторович Семак** – кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии.

**Анатолий Николаевич Евтушенков** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой молекулярной биологии, заведующий НИЛ молекулярной генетики бактерий.

**Владимир Антонович Прокулевич** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой микробиологии.

УДК 582.288:591.151.3

В.Д. ПОЛИКСЕНОВА, З.Е. ГРУШЕЦКАЯ

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВНУТРИВИДОВОГО ПОЛИМОРФИЗМА ГРИБА *CLADOSPORIUM FULVUM* СООКЕ ПО ПРИЗНАКУ ВИРУЛЕНТНОСТИ

The fungus *Cladosporium fulvum* Cooke causes leaf mold of tomato (*Lycopersicon esculentum* Tourn.). This pathogen produces physiological races to overcome tomato resistant genes (Cf) introduced by breeders. In this article we investigate intraspecific polymorphisms of belorussian *C. fulvum* population by inoculation onto three collections of near-isogenic tomato lines with specified resistant genes.

Грибы – необычайно пластичная группа организмов, которая характеризуется высоким уровнем природного полиморфизма, обусловленного прежде всего генетической изменчивостью, а также различными типами вегетативной со-



вместимости, что приводит к формированию клональной структуры популяций. Анализ полиморфизма у грибов является основой для понимания их внутривидовой дивергенции, позволяющей прогнозировать эволюционные процессы.

Патогенный микромицет *Cladosporium fulvum* Cooke (*Fulvia fulva* (Ске.) Cifferi), относящийся к митоспоровым грибам, широко известен в научной литературе и практике культивирования томата как возбудитель одного из наиболее опасных заболеваний в условиях защищенного грунта – бурой пятнистости листьев (листовой плесени, кладоспориоза). Этот филогенетически узкоспециализированный к роду *Lycopersicon* патоген характеризуется не только тем, что вызывает значительное поражение и усыхание листьев восприимчивых форм томата, но и довольно быстрой адаптацией к их устойчивым формам. Взаимоотношения между *C. fulvum* и растением-хозяином соответствуют теории ген-наген [1–3]. Она предполагает комплементарное взаимодействие генов устойчивости (резистентности) растения-хозяина (R-генов) и генов авирулентности (Avr-генов) возбудителя заболевания. При наличии обоих компонентов патосистемы происходит «узнавание» продукта гена авирулентности патогена продуктами генов устойчивости растения-хозяина, которые запускают универсальный защитный механизм – реакцию сверхчувствительности. В результате наблюдается запрограммированная гибель растительных клеток в очаге поражения (апоптоз), вместе с ними гибнет и патоген [4]. Если отсутствует один или оба компонента патосистемы, «узнавания» не происходит, и гриб распространяется в тканях растения, вызывая их поражение. Такой механизм защиты характерен для патогенов-биотрофов и гемибитрофов.

Популяционная структура *C. fulvum* лабильна и характеризуется образованием физиологических рас, которые возникают в результате потери Avr-генов и способны преодолевать гены устойчивости, вводимые селекционным путем в новые сорта. Максимально возможное число рас, которые может образовать патоген, довольно велико и равно  $2^n$ , где  $n$  – число генов устойчивости. В связи с этим чрезвычайно важно регулярно контролировать расовый состав возбудителя заболевания и отслеживать появление новых вирулентных биотипов. Подобные сведения позволяют определить перспективу использования в селекции тех или иных генов устойчивости, разработать принцип территориального размещения сортов и гибридов, вести конкретную селекционную работу, исследовать механизмы болезнеустойчивости как в эко- и патосистемах, так и на молекулярно-генетическом уровне.

Идентификация рас *C. fulvum* проводится на основании результатов заражения отдельными изолятами гриба специальных тест-сортов томата, содержащих известные гены устойчивости (Cf-гены). Номенклатура расы отражает ее вирулентность, т. е. способность поражать генотипы с определенными генами устойчивости. Она состоит из цифр, соответствующих обозначению того гена Cf, который может быть преодолен данным изолятом патогена. Например, раса 1 поражает образцы (сорта, линии) без генов устойчивости и содержащие один ген Cf1; раса 2 – образцы без гена устойчивости и с геном Cf2, при этом растения с геном Cf1 не поражаются. Раса 1.2 способна вызвать заболевание у растения без генов устойчивости, с отдельными генами Cf1, Cf2, а также с обоими генами Cf1Cf2, но не поражает томат с набором некомплементарных генов: Cf3; Cf4; Cf1Cf2Cf3 и т. д.

Контроль за расовым составом *C. fulvum* в Беларуси проводится с 1972 г. [5–11]. К 2000 г. коллекция используемых нами на разных этапах тестеров включала 18 сортов и линий (13 генотипов), полученных из Канады, США, Нидерландов, России, Болгарии. Тестеры содержат как отдельные гены устойчивости, так и их предполагаемые сочетания. Необходимо отметить, что четкость фенотипического проявления реакции восприимчивости нередко варьировала. Это связано, по-видимому, с наличием у тест-образцов не только устойчивости вертикального типа, которая обеспечивается влиянием специфических доминантных генов Cf и проявляется в виде реакции сверхчувствительности, но и с присутствием неспецифической горизонтальной устойчивости, обусловленной комплексом других генов, регулирующих степень поражения растений и оказы-

вающих влияние на репродуктивную способность патогена и его инфекционный потенциал.

С 2001 г. к идентификации рас привлечены близкоизогенные линии с отдельными генами Cf2 – Cf5, Cf9, полученные на основе универсально восприимчивых сортов Moneymaker (MM) и Ailso Craig, а также новые линии с генами Cf6 и Cfesp2, предоставленные генбанком CGN (Center for Genetic Resources Netherlands) университета г. Вагенинген (Нидерланды). Эти линии широко используются в международных программах по исследованию молекулярных механизмов патогенности и устойчивости в патосистеме «Томат – *Cladosporium fulvum*». Кроме того, у близкоизогенных линий должны нивелироваться различия в уровне горизонтальной устойчивости тестеров.

Нами был проведен сравнительный анализ ответных реакций разных комплектов тест-образцов на заражение изолятами *C. fulvum* и определены доминирующие гены вирулентности в структуре современной популяции патогена на территории Минской и Могилевской областей. В эксперименте использовали три комплекта тест-образцов: I – исходная коллекция; II – изогенные линии на основе сорта Moneymaker; III – изогенные линии на основе генотипа Ailso Craig. В группе III отсутствует линия с геном Cf9. Линии, содержащие Cf6 и Cfesp2, не входят в число близкоизогенных, однако они также были получены из CGN и впервые включены нами в тестирование. Ген Cfesp2, выделенный сравнительно недавно, обеспечивает «узнавание» экстрацеллюлярного белка гриба *C. fulvum* ECP2 (extracellular proteins 2) – одного из факторов, присутствующих у всех штаммов *C. fulvum* и необходимых для полного проявления свойства вирулентности патогена [12]. Предполагается, что широкое введение этого гена в коммерческие сорта обеспечит длительную защиту томата от возбудителя бурой пятнистости листьев [13].

Изоляты *C. fulvum* отбирали с пораженных листьев различных сортов (генотипов) томата в различные сроки из разных культивационных сооружений в 2000–2003 гг. Инфекционной суспензией (200–250 тыс. спор/мл) инокулировали установленные в воду отделенные боковые побеги или целые растения в фазе 3–4 настоящих листьев. Через 3–4 дня после окончания инкубационного периода и появления симптомов заболевания на контрольном универсально восприимчивом сорте отмечали фенотипическую реакцию тест-образцов: I (Immune) – признаки заражения отсутствуют; R (Resistant) – на листьях образуются мелкие некрозы, отмечаются единичные споры патогена; S (Susceptible) – появляются хлоротичные пятна с хорошо заметным спороношением; SS – образуются хлоротичные пятна с обильным спороношением; R/S – образуются некрозы со скудным спороношением.

В табл. 1 и 2 представлены результаты идентификации расовой специфичности изолятов *C. fulvum*. По реакции на заражение пятью изолятами тест-образцов из группы I выявлены 4 расы, содержащие от 2 до 4 генов вирулентности: (2).3.(4).5; 2.(4).9; 2.3.4; 3.9. В скобки заключены символы генов, вызвавшие поражение образцов V-545 и V-548 с генами устойчивости предположительно Cf1Cf2Cf4, но не подтвержденные реакцией восприимчивости на линиях с одиночными генами Cf2 (Vetomold) и Cf4 (59R).

В целом во всех группах тест-линий наиболее адекватно выявляются факторы вирулентности 2–4. Варьирует реакция тестеров с геном устойчивости Cf5: так, для изолятов 14-01 положительная реакция получена лишь на тестере группы I, для изолятов 13-01 и 10-02 – только в группе II. Сравнение результатов дифференциации *C. fulvum* показало, что изолят 8-00 идентифицирован разными группами тест-линий как относящийся к расам (2).3.(4).5 и 3.5; изолят 11-01 – как 2.(4).9 – 2.3 – 3.(6); 13-01 – как 2.3.4, 2.3.4.(5.6) – 2.(3.4.6)esp2; изолят 14-01 – как (2).3.(4).5 – 2.3.4 – 2.3.4.(6)esp2; изолят 15-01 – как 3.9 – 3.9 – 2.3.9; изолят 10-02 – как 2.3.5.(9) – 3.6; изолят 11-02 – как 2.3.4.5 – 2.3.4.(5.6); изолят 12-02 – как 2.3 – 2.(4).6; изолят 13-02 – как 3 и 3. Таким образом, расы близки по номенклатуре, однако не полностью идентичны друг другу. По-видимому, для более точной их идентификации целесообразно использовать разные, в том числе и дублирующие друг друга генотипы томата.

Таблица 1

Сравнительная идентификация рас гриба *S. fulvum*

Тест-линия	Гены Cf	№ каталога	Изолят				
			8-00	11-01	13-01	14-01	15-01
<b>I группа</b>							
Доходный	cf0	БГУ	S	S	S	S	S
Vetomold	Cf2	2	I	S	S	I	I
V-121	Cf3	3	SS	I	SS	S	S
59R	Cf4	4	I	–	R/S	I	I
PI 187002-1	Cf5	5	S	–	I	S	I
F 77-38	Cf6	6	I	I	I	I	I
Ontario 7719	Cf9	7	I	S	I	I	S
V-545	Cf1 Cf2 Cf4	8	S	S	–	–	–
V-548	Cf1 Cf2 Cf4	9	–	SS	S	S	–
Раса			(2).3.(4).5	2.(4).9	2.3.4	(2).3(4).5	3.9
<b>II группа</b>							
MoneyMaker	cf0	IGC 14330	S	S	S	S	S
MM x Vetomold	Cf2	15330	I	S/R	S	SS	I
MM x V-121	Cf3	15331	S	S/R	SS	SS	S
MM x Purdue 135	Cf4	15333	I	I	S	S	I
MM x PI 187002	Cf5	15332	S	I	R/S	I	I
MM x PI 126915	Cf9	15338	I	I	R/S	R/S	SS
Раса			3.5	2.3	2.3.4. (5.9)	2.3.4	3.9
<b>III группа</b>							
Ailso Craig x (MM x Vetomold)	Cf2	15339	–	I	S	S	S/R
Ailso Craig x (MM x V-121)	Cf3	15340	–	I	R/S	SS	S/R
Ailso Craig x (MM x Purdue 135)	Cf4	15341	–	I	R/S	SS	I
Ailso Craig x (MM x PI 187002)	Cf5	15342	–	I/R	I	I	I
From Kerr	Cf6	15839	–	–	R/S	R	I
L. pimpinellifolium PI 126947	Cfesp2	15808	–	I	SS	–	I
Раса	–	–	–	3(6)	2. (3.4.6) esp2	2. (3.4.6) esp2	2.3

Таблица 2

Сравнительная идентификация рас гриба *S. fulvum* на близкородственных линиях

Тест-линия	Гены Cf	№ каталога	Изолят			
			10-02	11-02	12-02	13-02
<b>II группа</b>						
MoneyMaker	cf0	IGC 14330	S	S	S	S
MM x Vetomold	Cf2	15330	S	S	S	I
MM x V-121	Cf3	15331	S	S	S	S
MM x Purdue 135	Cf4	15333	R/S	S	R/S	I
MM x PI 187002	Cf5	15332	S	S	I	I
MM x PI 126915	Cf9	15338	R/S	–	I	I
Раса	–	–	2.3.5(9)	2.3.4.5	2.3	3
<b>III группа</b>						
Ailso Craig x (MM x Vetomold)	Cf2	15339	I	S	S	I
Ailso Craig x (MM x V-121)	Cf3	15340	S	S	I	S
Ailso Craig x (MM x Purdue 135)	Cf4	15341	I	S	R/S	I
Ailso Craig x (MM x PI 187002)	Cf5	15342	I	R/S	I	I
From Kerr	Cf6	15839	S	R/S	S	I
L. pimpinellifolium PI 126947	Cfesp2	15808	–	–	–	I
Раса	–	–	3.6	2.3.4. (5.6)	2.(4)6	3

Очень важно выявление до сих пор не отмеченного в белорусской популяции *S. fulvum* гена вирулентности 5 (в почти 50 % изолятов). Комплементарный ему ген Cf5 является сейчас основным, используемым в селекции на устойчивость к кладоспориозу в ведущих селекционных учреждениях Европы. В связи с



этим появление в значительном количестве рас, способных его преодолеть, ставит под сомнение перспективность использования Cf5 в селекционных программах.

Нами впервые отмечено слабое поражение тестеров с геном Cf6: линии F 77-38 (получена из PI 211839 – [14]) и *L. esculentum* CGN 15839 (из Нидерландов). Кроме того, нами впервые зафиксировано поражение линии, содержащей ген длительной устойчивости Cfеср2. Очевидно, устойчивость, которая обусловлена этим геном, не является универсальной и не может сама по себе обеспечить длительную защиту растения.

С 2000 г. в проанализированных нами локальных популяциях *S. fulvum*, кроме перечисленных, идентифицированы расы 1.2.4; 1.5; 2.9; 2.5.(6).9; 2.3.4.6; 2; 2.5; 3.5.9; 3.4.5.9; 3.5; 2.4; 2.3.(5).6; 3; (6). Как видно, представлены все гены вирулентности и расы, различные по сложности. Растения с геном Cf6 поражаются в минимальной степени, поэтому пока он является наиболее эффективным. Таким образом, мониторинг белорусской популяции возбудителя кладоспориоза гриба *S. fulvum* по признаку вирулентности остается актуальным, поскольку появление и накопление новых рас патогена должны учитываться при селекции томата на болезнестойчивость.

1. Flor H. H. // Annu. Rev. Phytopathol. 1997. № 9. P. 275.
2. De Wit P. J. G. M. // Adv. Bot. Res. 1995. № 21. P. 147.
3. De Wit P. J. G. M. // Trends Plant Sci. 1997. № 2. P. 452.
4. Дьяков Ю.Т., Озерецковская О.Л., Джавахия В.Г., Багирова С.Ф. Общая и молекулярная фитопатология. М., 2001. С. 164.
5. Дорожжин Н.А., Поликсенова В.Д. // Тезисы докладов XII Международного ботанического конгресса, Ленинград, 3–10 июля 1975 г. М.; Л., 1975. С. 498.
6. Дорожжин Н.А., Псарева В.В., Иванюк В.Г., Поликсенова В.Д. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Л., 1979. Т. 64. Вып. 2. С. 38.
7. Поликсенова В.Д. // Probleme der Resistenz von Pflanzen gegen Viren, bakterielle und pilzliche Krankheitserreger sowie tierische Schaderreger. Berlin, 1983. T. 2. S. 649.
8. Поликсенова В.Д. // Изменчивость фитопатогенных микроорганизмов. М., 1983. С. 28.
9. Поликсенова В.Д., Пискун С.Г. // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии: Сб. трудов междунар. конф., посвящ. 80-летию кафедры микологии и альгологии МГУ и 90-летию со дня рождения М.В. Горленко, Москва, апрель, 1998 г. М., 1998. С. 97.
10. Поликсенова В.Д. // Современная микология в России. Первый съезд микологов России: Тез. докл. М., 2002. С. 36.
11. Грушецкая З.Е., Поликсенова В.Д., Лемеш В. А. // Докл. НАН Беларуси. 2003. Т. 47. № 1. С. 86.
12. Lauge R., Joosten M.H.A.J., Van den Ackerveken G.F.J.M. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1998. № 95. P. 9014.
13. Joosten M.H.A.J., De Wit P. J. G. M. // Annu. Rev. Phytopathol. 1999. № 37. P. 335.
14. Laterrot H. // Neth. J. Plant. 1986. № 92. P. 305.

Поступила в редакцию 14.09.2004.

**Валентина Дмитриевна Поликсенова** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой ботаники.

**Зоя Евгеньевна Грушецкая** – младший научный сотрудник Института генетики и цитологии НАН Беларуси.

УДК 579.083.13

И.Н. ФЕКЛИСТОВА, Н.П. МАКСИМОВА

## ВЛИЯНИЕ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ НА АКТИВНОСТЬ И СИНТЕЗ КЛЮЧЕВЫХ ФЕРМЕНТОВ АРОМАТИЧЕСКОГО ПУТИ БАКТЕРИЙ *PSEUDOMONAS AURANTIACA B-162*

Induction of the metal ions on the activity and synthesis of the DAHP-synthase, PEP-synthase and transaldolase in *P. aurantiaca B-162* was investigated. DAHP-synthase and PEP-synthase are metal – enzymes and they require a metal ions (Co<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> and Fe<sup>2+</sup>) for activity and synthesis. Metal ions are ineffective in stimulating activity and synthesis of the transaldolase.

Ключевым ферментом пути биосинтеза ароматических соединений является 3-дезоксид-арабиногептулозонат-7-фосфат-синтаза (ДАГФ-синтаза) (КФ 4.1.2.15), катализирующая первый этап процесса – реакцию конденсации эритрозо-4-фосфата и фосфоенолпирувата. У бактерий этот фермент представлен двумя или

тремя изоформами, активность каждой из которых регулируется ретроингибированием ароматическими аминокислотами [1], промежуточными продуктами ароматического пути [2] либо соединениями неароматической природы [3]. Кроме того, в регуляции активности данного фермента могут принимать участие ионы различных металлов, повышая ( $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ) либо понижая ( $\text{Zn}^{2+}$ ) его активность [4, 5].

Уровень синтеза продуктов ароматического пути зависит не только от активности ДАГФ-синтазы, но и от активности ферментов, обеспечивающих синтез субстратов для ДАГФ-синтазной реакции: фосфоенолпируват-синтазы (ФЕП-синтазы) (КФ 2.7.9.2), катализирующей образование фосфоенолпирувата из пирувата и АТФ, и трансальдолазы (КФ 2.2.1.2.), катализирующей образование эритрозо-4-фосфата из седогептулозо-7-фосфата и глицеральдегид-3-фосфата. Возросший интерес к регуляции этих двух ферментов объясняется их ролью в качестве «поставщиков» субстратов для ДАГФ-синтазы и, как следствие, возможным их участием в повышении «мощности» ароматического пути. Однако, несмотря на это, ФЕП-синтаза и трансальдолаза по-прежнему относятся к разряду слабоизученных ферментов, механизм регуляции которых еще до конца не расшифрован. Эти ферменты исследованы лишь у ограниченного числа штаммов – *Escherichia coli*, *Pyrococcus furiosus* и *Methanobacterium thermoautotrophicum*. Имеются сообщения, что определенную роль в регуляции их активности играют ионы металлов [6–8].

Процесс регуляции начального этапа ароматического пути у бактерий *P. aurantiaca* B-162, являющихся продуцентами антимикробных веществ ароматической природы, представляет интерес как в теоретическом плане для выяснения механизмов регуляции ранее не изученных в этом отношении бактерий, так и в практическом для повышения активности ключевых ферментов названного пути и увеличения продукционной способности штамма.

Целью данной работы являлось изучение влияния ионов металлов на активность трех ферментов – ДАГФ-синтазы, ФЕП-синтазы и трансальдолазы *P. aurantiaca* B-162 в условиях *in vitro*, а также в процессе культивирования бактерий.

#### Материал и методика

Штамм *P. aurantiaca* B-162 получен из коллекции кафедры генетики БГУ (коллекционный № ВКМВ-162). Бактерии выращивали в среде М9, содержащей 0,2 % раствор глюкозы или лактата. Осаждение клеток осуществляли центрифугированием культуры бактерий при 7000 об/мин в течение 15 мин. Клеточные экстракты получали разрушением биомассы клеток ультразвуком с использованием дезинтегратора УЗДН 2Т (10 с х 2) в ледяной бане. Очистку ферментов производили по схеме, включающей две следующие стадии: гель-фильтрацию экстракта клеток на колонке с сефадексом G-50, затем ионообменную хроматографию на колонке с ДЭАЕ-целлюлозой. Концентрацию белка определяли по методу [9], удельную активность ДАГФ-синтазы и ФЕП-синтазы (в нМ/мин·мг белка), трансальдолазы (в мкМ/мин·мг белка) – стандартными способами [10–12].

#### Результаты и их обсуждение

С целью изучения влияния ионов металлов на активности ферментов начальных этапов ароматического пути (ДАГФ-синтазы, ФЕП-синтазы и трансальдолазы) у бактерий *P. aurantiaca* B-162 в предварительной серии экспериментов подбирали условия (рН, температура и концентрация отдельных компонентов), обеспечивающие проявление их максимальной активности.

**ДАГФ-синтаза.** Определение ее удельной активности в стандартной реакционной смеси [10] показало, что оптимальными для данной реакции являются рН 7,1 и температура 36 °С. Кроме того, были установлены значения  $K_m$  для эритрозо-4-фосфата  $80 \pm 2$  мкМ, а для фосфоенолпирувата –  $25 \pm 1$  мкМ, что указывает на более высокую степень сродства фермента к данному субстрату. Сопоставить полученные значения  $K_m$  с таковыми для бактерий *E. coli* не представляется возможным, поскольку в имеющихся публикациях данные существенно различаются:  $K_m^{3-4-Ф} - 1,2$  мМ и  $K_m^{ФЕП} - 3,5$  мМ [2],  $K_m^{3-4-Ф} - 140$  мМ и  $K_m^{ФЕП} - 5,3$  мМ [13].



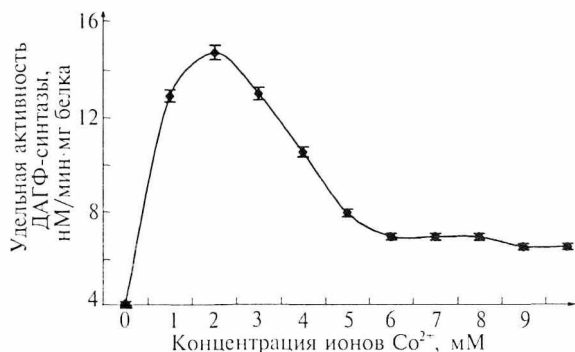


Рис. 1. Влияние ионов  $Co^{2+}$  на активность ДАГФ-синтазы *P. aurantiaca* B-162

тальный анализ зависимости активности ДАГФ-синтазы бактерий *P. aurantiaca* B-162 от содержания  $Co^{2+}$  в реакционной смеси показал, что оптимальной для них является концентрация 1,5 мМ (рис. 1), установленная для штамма *E. coli* [10]. Удельная активность ДАГФ-синтазы в этом случае была максимальной –  $14,72 \pm 0,45$  нМ/мин·мг белка (в отсутствие ионов –  $4,2 \pm 0,3$  нМ/мин·мг), т. е. добавление  $Co^{2+}$  в реакционную смесь позволяет повысить активность ДАГФ-синтазы в 3,5 раза. Экспериментальные исследования показали, что стимулирующий эффект  $Co^{2+}$  по отношению к ДАГФ-синтазе *P. aurantiaca* B-162 проявляется в узком диапазоне концентрации (0,5–4 мМ), а ее увеличение приводит к снижению активности фермента. Следует отметить, что изучаемый фермент более чувствителен к  $Co^{2+}$ , нежели к ионам других металлов.

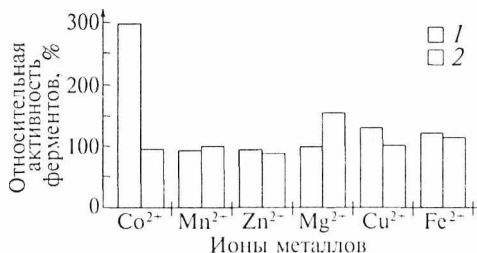


Рис. 2. Относительная активность ДАГФ-синтазы (1) и ФЕП-синтазы (2) *P. aurantiaca* B-162 в присутствии ионов металлов (10 мМ)

Известно, что ионы двухвалентных металлов играют значительную роль в регуляции метаболизма бактериальной клетки, повышая активность ферментов либо вызывая их инактивацию. В связи с этим нами было изучено влияние на активность ДАГФ-синтазы ионов различных металлов:  $Co^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ . Для этого определяли активность фермента *in vitro* в присутствии различных катионов. Детальный анализ зависимости активности ДАГФ-синтазы бактерий *P. aurantiaca* B-162 от содержания  $Co^{2+}$  в реакционной смеси показал, что оптимальной для них является концентрация 1,5 мМ (рис. 1), установленная для штамма *E. coli* [10]. Удельная активность ДАГФ-синтазы в этом случае была максимальной –  $14,72 \pm 0,45$  нМ/мин·мг белка (в отсутствие ионов –  $4,2 \pm 0,3$  нМ/мин·мг), т. е. добавление  $Co^{2+}$  в реакционную смесь позволяет повысить активность ДАГФ-синтазы в 3,5 раза. Экспериментальные исследования показали, что стимулирующий эффект  $Co^{2+}$  по отношению к ДАГФ-синтазе *P. aurantiaca* B-162 проявляется в узком диапазоне концентрации (0,5–4 мМ), а ее увеличение приводит к снижению активности фермента. Следует отметить, что изучаемый фермент более чувствителен к  $Co^{2+}$ , нежели к ионам других металлов.

Как видно из представленных на рис. 2 результатов, ДАГФ-синтаза бактерий *P. aurantiaca* B-162 восприимчива к большей части используемых ионов (за исключением  $Mg^{2+}$ ), что проявляется в изменении ее активности. Ионы  $Cu^{2+}$  и  $Fe^{2+}$  частично активируют фермент на 31 и 22 % соответственно, а  $Mn^{2+}$  и  $Zn^{2+}$  оказывают слабо выраженное ингибирующее действие (при концентрации каждого из них 10 мМ активность фермента снижается на 6 и 15 % соответственно).

Таким образом, ДАГФ-синтаза *P. aurantiaca* B-162, как и другие известные в этом отношении бактерии, представляет собой металлофермент, для проявления максимальной активности которого необходимо присутствие  $Co^{2+}$ . Положительный эффект других ионов ( $Cu^{2+}$  и  $Fe^{2+}$ ) является менее выраженным. Активность ДАГФ-синтазы ингибируют  $Mn^{2+}$  и  $Zn^{2+}$ . Выявить какие-либо закономерности ингибирования или активации этого фермента путем сопоставления данных, полученных для *P. aurantiaca* B-162, с таковыми для других микроорганизмов не представляется возможным вследствие ограниченного числа публикаций и разрозненности имеющихся сведений.

Далее исследовали влияние ионов металлов на активность ДАГФ-синтазы *P. aurantiaca* B-162 *in vivo*. Определяли удельную активность фермента бактерий, выращенных в ростовой среде в присутствии ионов металлов. Полученные результаты сравнивали с данными, регистрируемыми при выращивании бактерий без добавления ионов металлов. Из табл. 1 видно, что  $Co^{2+}$ , как и в серии предыдущих экспериментов, оказывают выраженное стимулирующее действие, что проявляется в увеличении уровня удельной активности фермента в три раза. Ионы  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и  $Fe^{2+}$  вызывают незначительное (в пределах 8–13 %) изменение уровня активности ДАГФ-синтазы, тогда как  $Zn^{2+}$  подавляют ее актив-



ность (при концентрации 10 мкМ – на 50 %). Следует отметить, что в условиях *in vivo* действующая концентрация  $\text{Co}^{2+}$  на три порядка отличается от таковой в экспериментах *in vitro*.

Таблица 1

Влияние ионов металлов на активность ДАГФ-синтазы, ФЕП-синтазы и трансальдолазы *P. aurantiaca B-162* в условиях *in vivo*

Фермент	Ионы металлов (10 мкМ)				
	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Co}^{2+}$	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$
	Относительная активность, %				
ДАГФ-синтаза	113±2	300±11	108±2	108±1	50±3
ФЕП-синтаза	85±3	124±4	112±2	101±2	93±1
Трансальдолаза	98±3	100±1	101±3	99±2	102±1

Примечание. Удельную активность ферментов, полученную при выращивании бактерий в среде без добавления ионов металлов, принимали за 100 %.

**ФЕП-синтаза.** Измерение активности ФЕП-синтазы в стандартной реакционной смеси показало: оптимальными для ее проявления являются температура 27 °С и pH 6,5. Время реакции – 5 мин. Величина  $K_m^{\text{ФЕП}}$  составляет 220±5 мкМ, а  $K_m^{\text{АМФ}}$  – 450±10 мкМ, что свидетельствует о более высоком сродстве ФЕП-синтазы к фосфоенолпирувату. Полученные для бактерий *P. aurantiaca B-162* результаты согласуются с данными для бактерий *E. coli* и *P. furiosus*, у которых значения  $K_m^{\text{ФЕП}}$  составили 0,28 и 0,11 мМ соответственно. Вместе с тем ФЕП-синтаза *M. thermoautotrophicum* характеризовалась более высоким сродством к фосфоенолпирувату –  $K_m^{\text{ФЕП}} = 0,04$  мМ [6–8, 13].

Установлено, что для проявления максимальной активности фермента необходимо присутствие  $\text{Mg}^{2+}$  (45 мМ), увеличивающее активность ФЕП-синтазы в 2 раза. Удельная активность ФЕП-синтазы *P. aurantiaca B-162*, измеренная при оптимальных условиях (температура 27 °С, pH 6,5, концентрация фосфоенолпирувата 0,1 М, ионы  $\text{Mg}^{2+}$  – 45 мМ), составила 2,13 нМ/мин-мг белка. С меньшей эффективностью действуют ионы  $\text{Fe}^{2+}$  (повышают активность на 15 %), а  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  в слабой степени ингибируют активность фермента (см. рис. 2), в то время как  $\text{Mn}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$  на фермент влияния не оказывают. Таким образом, ФЕП-синтаза, как и ДАГФ-синтаза, бактерий *P. aurantiaca B-162* может быть отнесена к классу металлоферментов.

При изучении влияния ионов металлов на активность ФЕП-синтазы в условиях *in vivo* было установлено, что ионы  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  способны повышать уровень удельной активности фермента (на 12 и 24 % соответственно), тогда как  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  подавляют этот процесс, а ионы  $\text{Mn}^{2+}$  никакого влияния не оказывают (см. табл. 1).

**Трансальдолаза.** Ход оптимизации условий протекания трансальдолазной реакции, приводящей к образованию эритрозо-4-фосфата из седогептулозо-7-фосфата и глицеральдегид-3-фосфата, показал: максимальная активность трансальдолазы *P. aurantiaca B-162* проявляется в диапазоне температур 35±40 °С (оптимум наблюдается при 37 °С) и при pH 7,3.

Были определены значения  $K_m$  для эритрозо-4-фосфата и фруктозо-6-фосфата. Величина  $K_m^{\text{Ф-6-Ф}}$  составляет 250±20 мкМ, а  $K_m^{\text{Э-4-Ф}}$  оказалась равной 20±2 мкМ, что указывает на высокое сродство фермента к этому субстрату, для *Candida albicans*  $K_m^{\text{Э-4-Ф}}$  равна 18 мкМ [14].

Удельная активность трансальдолазы *P. aurantiaca B-162*, измеренная при оптимальных условиях (температура 37 °С, pH 7,3, концентрация фруктозо-6-фосфата 0,1 М, а эритрозо-4-фосфата 40 мМ), составила 31,45±2,30 мкМ/мин-мг белка. Выявлено, что трансальдолаза *P. aurantiaca B-162* для проявления максимальной активности не нуждается в присутствии ионов металлов, поскольку добавление к реакционной смеси  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  в широком диапазоне концентраций не вызывало изменения активности данного фермента относительно контроля (табл. 2). Отсутствие влияния металлов на активность трансальдолазы было отмечено ранее [15]. Также не было зарегистрировано влияния ионов металлов на активность данного фермента и при выращивании бактерий, т. е. в условиях *in vivo* (см. табл. 1).

Влияние ионов металлов на активность трансальдолазы *P. aurantiaca B-162*

Ионы металлов	Удельная активность трансальдолазы, мкМ/мин мг белка	
	Концентрация ионов 10 мМ	Концентрация ионов 50 мМ
Co <sup>2+</sup>	31,40±2,00	31,43±1,90
Mn <sup>2+</sup>	31,55±2,40	31,50±2,45
Cu <sup>2+</sup>	31,27±1,80	31,23±1,75
Zn <sup>2+</sup>	31,65±2,50	31,60±2,55
Fe <sup>2+</sup>	31,53±1,35	31,50±1,65
Mg <sup>2+</sup>	31,28±3,00	31,25±2,95

Таким образом, можно сделать вывод, что активность ферментов ДАГФ-синтазы и ФЕП-синтазы бактерий *P. aurantiaca B-162* может регулироваться ионами металлов, что в отношении активности ДАГФ-синтазы ранее было продемонстрировано лишь для небольшого числа микроорганизмов. Имеются данные, что ионы Co<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Mn<sup>2+</sup> и Zn<sup>2+</sup> оказывают стимулирующее действие на активность ДАГФ-синтазы у *E. coli* и *S. aureofaciens* [1, 16], в то время как Mn<sup>2+</sup> и Zn<sup>2+</sup> у *Saccharomyces cerevisiae* вызывают снижение ее активности [17]. Кроме того, было установлено, что стимулирующее действие Co<sup>2+</sup> может проявляться не только в повышении активности данного фермента, но также и в снятии его ингибирования, вызванного EDTA и N-фосфометилглицином [18–20]. Однако механизм такого явления еще не исследован. Влияние ионов Mg<sup>2+</sup> и Mn<sup>2+</sup> на ФЕП-синтазу продемонстрировано у бактерий *E. coli* [8], Mg<sup>2+</sup> – у *M. thermoautotrophicum* [19], Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> и Co<sup>2+</sup> – у *P. furiosus* [10]. У двух последних штаммов стимулирующее действие на ФЕП-синтазу оказывали также ионы K<sup>+</sup> [7].

Интересными являются данные о регуляторной роли ионов металлов на активность ДАГФ-синтазы и ФЕП-синтазы *P. aurantiaca B-162* в экспериментах *in vivo*. Показано, что удельная активность ДАГФ-синтазы возрастает в 3 раза, а ФЕП-синтазы – в 1,2 раза при добавлении Co<sup>2+</sup> в ростовую среду. Кроме того, следует отметить, что в условиях *in vivo* ферменты оказались намного более чувствительными к действию ионов металлов, чем в условиях *in vitro*. Например, для проявления максимальной активности ДАГФ-синтазы в условиях *in vitro* необходимая концентрация ионов Co<sup>2+</sup> составляет 1,5 мМ, а в условиях *in vivo* – 10 мкМ, аналогично для ФЕП-синтазы концентрация ионов Mg<sup>2+</sup> равняется 45 и 10 мкМ соответственно.

Можно предположить, что у бактерий *P. aurantiaca B-162* в основе стимулирующего активность ДАГФ-синтазы действия ионов металлов в условиях *in vivo* лежат несколько механизмов. Во-первых, ионы металлов, в частности Co<sup>2+</sup>, могут выступать в качестве кофакторов для ДАГФ-синтазы, значительно повышая уровень активности фермента. Известно, что ионы кобальта являются кофактором одного из изоферментов ДАГФ-синтазы [tyr] у *E. coli* [21]. Во-вторых, возрастание удельной активности фермента может происходить за счет увеличения уровня синтеза фосфоенолпирувата – одного из субстратов ДАГФ-синтазной реакции, что, в свою очередь, вызывается активацией предшествующего фермента – ФЕП-синтазы, обеспечивающей его синтез. Это предположение подтверждается тем фактом, что удельная активность ФЕП-синтазы также возрастает в присутствии ряда ионов – Co<sup>2+</sup> и Cu<sup>2+</sup>. В-третьих, ионы металлов могут влиять и на работу пентозофосфатного пути, выступая в качестве кофакторов отдельных ферментов либо их активаторов, и увеличивать выход тех метаболитов, которые способствуют образованию эритрозо-4-фосфата для ДАГФ-синтазной реакции.

1. Ahmad S., Johnson J., Jensen R. // J. Mol. Evol. 1987. Vol. 25. P. 159.
2. Максимова Н.П., Доброжиная Е.В., Фомичев Ю.К. // Мол. генетика, микробиология и вирусология. 1990. № 10. С. 28.
3. Howe D., Duetzel H., Woodard R. // J. Biol. Chem. 2000. Vol. 275. P. 40258.
4. Baasov T., Knowles J. // J. Bacteriol. 1989. Vol. 171. P. 6155.
5. Stefens C., Bauerle R. // J. Biol. Chem. 1991. Vol. 266. P. 20810.
6. Eyzaguirre J., Jansen K., Fuchs G. // Arch. Microbiol. 1982. Vol. 132. P. 67.
7. Hutchins A., Holden J., Adams M. // J. Bacteriol. 2001. Vol. 183. P. 709.
8. Narindrasorasak S., Bridger W. // J. Biol. Chem. 1977. Vol. 252. P. 3121.
9. Bradford M. // Anal. Biochem. 1976. Vol. 72. P. 248.
10. Jensen R., Nester E.W. // J. Biol. Chem. 1966. Vol. 241. P. 3365.

11. Cooper R., Kornberg H. // *Methods Enzymol.* 1969. Vol. 13. P. 309.
12. Novello F., McLean P. // *Biochem. J.* 1968. Vol. 107. P. 775.
13. Negre R. et al. // *J. Mol. Biol.* 1998. Vol. 276. P. 355.
14. Tsolas O., Horecker B. // *The Enzymes.* 1972. Vol. 7. P. 259.
15. Racker E. // *The Enzymes.* 1961. Vol. 5. P. 407.
16. Gorish H., Lingens F. // *Biochim. Biophys. Acta.* 1981. Vol. 242. P. 617.
17. Paravicini G., Schmidheini T., Braus G. // *Eur. J. Biochem.* 1989. Vol. 186. P. 361.
18. Lingens F. // *Acta Microbiol.* 1976. Vol. 23. P. 161.
19. Doy C. // *Biochim. Biophys. Acta.* 1968. Vol. 159. P. 352.
20. Stefens C., Bauerle R. // *J. Biol. Chem.* 1991. Vol. 266. P. 20810.
21. Ibid. 1992. Vol. 267. P. 5762.

Поступила в редакцию 09.08.2004.

**Ирина Николаевна Феклистова** – аспирант кафедры генетики. Научный руководитель – Н.П. Максимова.

**Наталья Павловна Максимова** – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой генетики.

УДК 595.763.33-155:502.4(476)

А.В. ДЕРУНКОВ

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЖУКОВ СТАФИЛИНИД (*COLEOPTERA*, *STAPHYLINIDAE*) В СОСНОВЫХ КУЛЬТУРАХ РАЗНОГО ВОЗРАСТА В БЕРЕЗИНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

The study has been carried out in the pine plantations of two age classes (II class – 37 years old, III class – 55 years old), forest type *Pinetum pleuroziosum*. The beetles were collected by means of pitfall trapping. Indices estimating species richness and species domination were used for measuring the species diversity. Totally 55 staphylinid species were found in the pine plantations in Berezinsky reserve. The dominant structure in the staphylinid assemblages is changed depending on plantation age. Staphylinid species diversity decreases in older plantations.

В результате интенсивной эксплуатации сосновых лесов на территории Беларуси местообитания лесных насекомых постоянно нарушаются. Наиболее часто это происходит в связи с циклической вырубкой леса и его восстановлением с последующей сукцессией растительности и животного населения. Лесные культуры на территории Березинского заповедника занимают более 2000 га, причем более 95 % этой площади – сосняки [1]. Жуки стафилиниды составляют важную часть комплекса герпетобионтных насекомых в лесах, так как они разнообразны по видовому составу и многочисленны в лесной подстилке. Исследования стафилинид в сосновых лесах Березинского заповедника проводились в течение последних десятилетий как один из аспектов оценки разнообразия почвенной фауны [2–5]. Однако изменения структуры сообществ стафилинид в ходе сукцессии в сосновых культурах исследованы еще недостаточно. Экологическое разнообразие животных может трактоваться как показатель степени нарушения биоценоза, его места в ряду сукцессионных изменений на пути к климаксу [6]. Поэтому сосновые культуры в Березинском заповеднике, сосновые леса которого являются эталоном для лесной зоны умеренного пояса, служат хорошими модельными биогеоценозами для мониторинга сукцессионных процессов в условиях минимального антропогенного воздействия.

### Материал и методика

Исследования проводились в 1994 г. в сосновых культурах мшистого типа двух классов возраста (II класс – 37 лет, III класс – 55 лет), расположенных на месте вырубки соснового леса. Материал собирали методом почвенных ловушек, которые представляли собой полистироловые стаканчики диаметром 72 мм и объемом 250 мл. В качестве фиксирующей жидкости использовали 4 % раствор формалина, которым заполняли стаканчики на 1/3. В каждом из сосняков размещали по 15 ловушек. Сбор материала проводили один раз в месяц с конца апреля по начало октября.

Для оценки структуры доминирования классы обилия жуков выделяли в соответствии со шкалой Ренконена [7]: доминанты – виды с обилием выше 5 %, субдоминанты – 2–5 %, рецеденты – 1–2 %, субрецеденты – виды с обилием



Видовой состав, обилие (%) и показатели разнообразия в сообществах стафилинид в сосновых культурах разного возраста в Березинском заповеднике

Виды	Возраст культур	
	II класс	III класс
<i>Philonthus nigrita</i> (Grav.)	–	+
<i>Philonthus succicola</i> Thoms.	–	+
<i>Platydracus fulvipes</i> (Scop.)	+	–
<i>Staphylinus dimidiaticornis</i> Gemm.	+	–
<i>Staphylinus erythropterus</i> L.	7,0	3,0
<i>Ocytus fuscatus</i> (Grav.)	+	–
<i>Quedius fuliginosus</i> (Grav.)	+	+
<i>Quedius molochinus</i> (Grav.)	1,2	+
<i>Xantholinus laevigatus</i> Jac.	+	+
<i>Xantholinus tricolor</i> (F.)	1,7	+
<i>Othius myrmecophilus</i> Kiesw.	+	–
<i>Othius punctulatus</i> (Goeze)	+	–
<i>Rugilus rufipes</i> Germ.	+	–
<i>Lathrobium brunnipes</i> (F.)	+	–
<i>Stenus clavicornis</i> (Scop.)	2,2	+
<i>Stenus formicetorum</i> Mannh.	–	+
<i>Stenus geniculatus</i> Grav.	+	–
<i>Stenus humilis</i> Er.	+	–
<i>Stenus impressus</i> Germ.	+	+
<i>Megarthus hemipterus</i> (Ill.)	+	–
<i>Proteinus macropterus</i> (Grav.)	–	+
<i>Olophrum piceum</i> (Gyll.)	+	–
<i>Mycetoporus clavicornis</i> (Steph.)	+	+
<i>Mycetoporus lepidus</i> (Grav.)	1,0	+
<i>Mycetoporus nigricollis</i> (Steph.)	+	–
<i>Mycetoporus rufescens</i> (Steph.)	1,9	+
<i>Ischnosoma longicorne</i> (Makl.)	+	–
<i>Ischnosoma splendidum</i> (Grav.)	4,8	6,6
<i>Lordithon exoletus</i> (Er.)	+	–
<i>Lordithon lunulatus</i> (L.)	32,4	43,8
<i>Lordithon thoracicus</i> (F.)	+	–
<i>Bolitobius cingulatus</i> Mannh.	–	+
<i>Sepedophilus immaculatus</i> (Steph.)	+	+
<i>Sepedophilus marshami</i> (Steph.)	1,2	–
<i>Tachyporus hypnorum</i> (F.)	+	–
<i>Tachyporus pulchellus</i> Mannh.	–	+
<i>Tachinus signatus</i> Grav.	+	–
<i>Aleochara fumata</i> Grav.	–	+
<i>Oxypoda annularis</i> (Mannh.)	1,2	+
<i>Oxypoda skalitzkyi</i> Bernh.	–	+
<i>Ilyobates nigricollis</i> (Payk.)	–	+
<i>Geostiba circellaris</i> (Grav.)	–	+
<i>Atheta crassicornis</i> (F.)	1,7	3,3
<i>Atheta europaea</i> Lik.	+	–
<i>Atheta fungi</i> (Grav.)	1,9	+
<i>Atheta qaqatina</i> (Baudi)	3,1	7,6
<i>Atheta graminicola</i> (Grav.)	+	+
<i>Atheta nigritula</i> (Grav.)	10,1	11,7
<i>Atheta paracrassicornis</i> Brundin	18,1	17,7
<i>Atheta sodalis</i> (Er.)	+	–
<i>Acrotona sylvicola</i> (Kr.)	–	+
<i>Zyras cognatus</i> (Makl.)	+	+
<i>Zyras funestus</i> (Grav.)	+	–
<i>Bolitochara pulchra</i> (Grav.)	1,0	+
<i>Leptusa pulchella</i> (Mannh.)	–	+
Показатели разнообразия		
Видовое богатство (S)	43	34
Число особей (N)	414	634
Индекс Маргалефа	6,970	5,115
Индекс Бергера – Паркера (1/d)	3,090	2,281
Индекс Симпсона (1/D)	6,374	4,028
Индекс Шеннона	2,495±0,005	1,884±0,003
Выровненность по Шеннону	0,663	0,534
Параметр $\alpha$ лог-ряда	12,069	7,688

Примечание. (+) – обилие вида менее 1 %.

ниже 1 %. Данные по обилию видов графически представлены методом  $k$ -доминирования [8].

Для характеристики экологического разнообразия сообществ стафилинид использовали индексы, оценивающие видовое богатство (Маргалефа и параметр  $\alpha$  лог-ряда) и доминирование (Симпсона и Бергера – Паркера), а также видовое богатство и выровненность в интегрированном виде (индекс Шеннона, рассчитанный на основании натуральных логарифмов), которые находили по стандартным формулам [8]. Достоверность различий индекса Шеннона вычисляли по  $t$ -критерию Стьюдента.

#### Результаты и их обсуждение

Всего в сосновых культурах Березинского заповедника отмечено 55 видов стафилинид, 43 из них – в культурах II класса возраста и 34 – в культурах III класса возраста (таблица). Наибольшее количество видов отмечено в родах *Atheta* Thoms. (8 видов), *Stenus* Latr. (5) и *Mycetoporus* Mannh. (4).

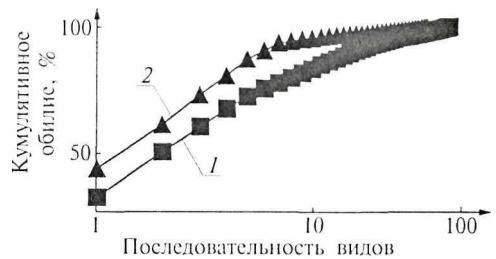
В сосновых культурах II класса возраста доминировали *Lordithon lunulatus* (32,4 %), *Atheta paracrassicornis* (18,1 %), *Atheta nigritula* (10,1 %) и *Staphylinus erythropterus* (7,0 %). Субдоминантами были *Ischnosoma splendidum* (4,8 %), *Atheta qaqatina* (3,1 %) и *Stenus clavicornis* (2,2 %). В группу рецедентов входили *Atheta fungi* (1,9 %), *Mycetoporus rufescens* (1,9 %), *Atheta crassicornis* (1,7 %), *Xantholinus tricolor* (1,7 %), *Quedius molochinus*, *Sepedophilus marshami*, *Oxypoda annularis* (по 1,2 %), *Mycetoporus lepidus* и *Bolitochara pulchra* (по 1 %). Относительное обилие остальных видов составляло менее 1 %, и они входили в группу субрецедентов.

В сосновых культурах III класса возраста доминировали *Lordithon lunulatus* (43,8 %), *Atheta paracrassicornis* (17,7 %), *Atheta nigritula* (11,7 %), *Atheta gagatina* (7,6 %) и *Ischnosoma splendidum* (6,6 %). Субдоминантами были *Atheta crassicornis* (3,3 %) и *Staphylinus erythropterus* (3,0 %). Остальные виды входили в группу субрецидентов.

В зависимости от возраста культур изменялась структура доминирования стафилинид. Обилие некоторых видов было выше в культурах III класса возраста. Субдоминанты в культурах II класса возраста *Ischnosoma splendidum* и *Atheta gagatina* были доминантами в культурах старших возрастов. Рецидентный в культурах II класса возраста вид *Atheta crassicornis* был субдоминантом в культурах III класса возраста. *Lordithon lunulatus* хотя и доминировал в обоих сосняках, но его обилие было выше в культурах III класса возраста. Все названные виды многочисленны в лесах, и увеличение их обилия в сосновых культурах старшего возраста, вероятнее всего, отражает тенденцию восстановления их высокой численности, которая была в сосняке до вырубki.

В то же время обилие многих видов было ниже в культурах III класса возраста. Доминант в культурах II класса возраста *Staphylinus erythropterus* был субдоминантом в более старых культурах. Многие субдоминантные и рецидентные в культурах II класса возраста виды стафилинид (*Quedius molochinus*, *Xantholinus tricolor*, *Stenus clavicornis*, *St. geniculatus*, *Mycetoporus lepidus*, *Sepe-dophilus marshami*, *Atheta fungi*, *Bolitochara pulchra*) являлись субрецидентами или не были отмечены вообще в культурах III класса возраста. Значительная часть этих видов обычна в зрелых сосняках (могут доминировать в них), и можно было ожидать увеличения их обилия в культурах III класса возраста. Наблюдаемая тенденция предположительно отражает процесс формирования сообщества стафилинид в связи с сукцессией фитоценоза. В культурах II класса возраста условия обитания для этих видов становятся благоприятными, и их популяции, сократившиеся после вырубki сосняка, увеличиваются. Полагаем, что в более старых культурах конкурентное взаимодействие между видами (которые занимают практически одну экологическую нишу – хищничают в лесной подстилке) возрастает, и их численность стабилизируется на более низком уровне.

Все индексы видового разнообразия стафилинид были выше в сосновых культурах II класса возраста (см. таблицу), причем значения индекса Шеннона достоверно различались в культурах разных возрастов ( $P < 0,001$ ). Такие показатели обусловлены более высоким видовым богатством, а также большей выровненностью видов жуков по обилию в культурах II класса возраста. На графиках  $k$ -доминирования видно, что в более старых культурах сообщество стафилинид менее разнообразно (рисунок). Высокое разнообразие по сравнению с коренной экосистемой, как известно, характерно для сообществ, находящихся на переходных стадиях сукцессионного развития, что отражается как в количестве видов, так и в сложной горизонтальной и вертикальной структуре [9]. Поэтому культуры II класса возраста, вероятно, представляют промежуточную стадию сукцессии с высоким разнообразием. Снижение разнообразия стафилинид в культурах III класса возраста может свидетельствовать либо о восстановительной сукцессии, когда обилие жуков увеличивается в культурах IV–V классов возраста до уровня, который был до вырубki леса, либо о регрессивной сукцессии, когда обилие стафилинид остается низким в культурах старшего возраста [10].



$k$ -Доминирование стафилинид в сосновых культурах II (1) и III (2) класса возраста в Березинском заповеднике

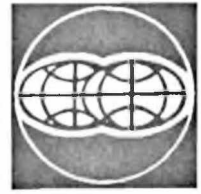
Таким образом, в зависимости от возраста сосновых культур происходит изменение структуры доминирования в сообществах стафилинид. Степень доминирования одной группы лесных видов увеличивается, а другой снижается в культурах старшего возраста. Видовое разнообразие жуков снижается с увеличением возраста культур, что отражает сукцессионные процессы в сосновых культурах.

1. Валетов В.В., Арнольбик В.М., Ставровская Л.А., Ивкович В.С. Фито-разнообразие и состояние сосновых лесов Березинского биосферного заповедника. Мн., 1993.
2. Дерунков А.В. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 2003. № 2. С. 35.
3. Селявко Т.М. // Фауна и экология жесткокрылых Белоруссии: Сб. ст. / Под ред. И.К. Лопатина и Э.И. Хотько. Мн., 1991. С. 226.
4. Хотько Э.И. Почвенная фауна Беларуси. Мн., 1993.
5. Хотько Э.И., Чумаков Л.С. // Пробл. заповед. дела. 1988. № 2. С. 96.
6. Розанов С.И. // Успехи совр. биологии. 1999. Т. 119. № 4. С. 404.
7. Renkonen O. // Ann. Zool. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo. 1938. № 6. P. 1.
8. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М., 1992.
9. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2 т. М., 1989. Т. 2.
10. Trojan P., Bańkowska R., Chudzicka E. et al. // Fragmenta Faunistica. 1994. Vol. 37. № 1. P. 1.

Поступила в редакцию 30.01.2004.

**Александр Викторович Дерунков** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории наземных беспозвоночных животных Института зоологии НАН Беларуси.





УДК 551.482 (476)

Е.Г. КОЛЬМАКОВА

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СТОКА РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕК

It is offered the way to indicate moments of nutrient and ion removing modification in rivers. The method is tested on the Neman drainage basin. Methodical approaches of anthropogenic chemical runoff evaluation are discussed.

Сток растворенных веществ рек представляет собой интегральную характеристику формирования химического состава поверхностных вод. С одной стороны, он определяется интенсивностью физико-химических и биологических процессов, активно протекающих при взаимодействии водных масс и коры выветривания; с другой стороны, его специфика обусловлена влиянием антропогенных факторов в речном бассейне. Исследование антропогенных изменений выноса химических веществ с речным стоком в методическом аспекте сталкивается с двумя проблемами: во-первых, со сложностью определения момента начала нарушений химического состава воды, во-вторых, с количественным учетом антропогенной составляющей стока.

В литературе встречается несколько подходов к определению *начального момента нарушений химического состава воды рек*, позволяющих разграничивать фоновый и последующие периоды. Однако вопрос остается дискуссионным с точки зрения надежности и точности получаемых результатов.

Например, анионный треугольник Фере позволяет при сопоставлении химического состава поверхностных вод за различные периоды времени очень приближенно выявить перегруппировку точек в секторах, означающую смену типа химизма поверхностных вод [1].

В качестве критерия антропогенного влияния используется и отклонение параметров от фона, определяемое как превышение измеренной концентрации вещества над верхней границей ее природной изменчивости, вычисляемое по «правилу  $3\sigma$ » [2]. Однако этот способ, как и предыдущий, не применяется в отношении параметров с высокой изменчивостью ряда, которая не позволяет надежно установить их сезонные или годовые фоновые значения.

Более достоверные результаты при установлении начального момента нарушений химического состава речных вод дает графоаналитический метод разностно-интегральных кривых. Для их построения обычно пользуются среднегодовыми или средними за гидрологические фазы значениями концентраций химических веществ [3, 4]. Кроме них, в гидрохимической практике используют только соотношение концентраций  $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$ . Увеличение относительного содержания сульфат-иона в воде делает этот критерий более пригодным для диагностирования начального момента нарушений гидрохимического режима рек [5].

С нашей точки зрения, соотношение концентраций  $\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$  не может быть использовано при определении начальных моментов нарушения для других компонентов солевого состава вод или биогенных элементов. В связи с этим встает задача поиска дополнительных критериев для индикации точек перелома в динамике ионного и биогенного стока.

Поэтому нами было проведено исследование изменения стока растворенных веществ рек под влиянием антропогенной нагрузки на примере бассейна р. Неман (включая р. Вилию с притоками). Объектами изучения стали водотоки, обеспеченные достаточной гидрохимической и гидрологической информацией, химический состав вод которых отражает ландшафтно-геохимические особенности дренируемых ими водосборов: Свислочь, Березина, Котра, Неман (в створах г. Столбцы и Гродно), Сервечь, Нарочь, Ошмянка, Вилия (г. Вилейка). В основе анализа лежат материалы сетевых наблюдений Гидрометеослужбы за период с 1948 по 2001 г. [6–12]. Сток растворенных веществ рассчитан общепринятым способом по среднемесячным величинам с последующим суммированием за год [13].

Сравним традиционные методики диагностирования изменения гидрохимического режима рек [3–5] с предлагаемой автором.

С этой целью для некоторых главных ионов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ ) общей минерализации и биогенных элементов ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) построены разностно-интегральные кривые, нормированные на коэффициент вариации, по:

- 1) значениям среднегодовых концентраций (общепринятая методика) (рис. 1 а);
- 2) отношениям среднегодовых концентраций главных ионов к концентрации гидрокарбонатов; для биогенных элементов – к концентрации минерального растворенного кремния (общепринятая методика с дополнениями автора) (рис. 1 б);
- 3) отношениям компонентов ионного стока к выносу гидрокарбонатов; для элементов биогенного стока – к выносу кремния с речным стоком (рис. 1 в) (методика автора).

Использование в 2) и 3) гидрокарбонат-ионов и минерального растворенного кремния связано с тем, что, во-первых, отношение указанных элементов и их форм в сточных и природных водах различно и, во-вторых, практически не зависит от колебаний водности.

Разностно-интегральные кривые, построенные по общепринятой методике, не дают достоверной картины трансформации химического состава поверхностных вод. Это видно из рис. 1 а, где в качестве примера приведено содержание ионов хлора в водах Свислочи (левого притока Немана). Начало нарушений режима содержания хлоридов в р. Свислочь было отмечено только в 1973 г., а устойчивый рост – с 1976 г. Такое «позднее» обнаружение точек перелома связано, вероятно, с тем, что природно-техногенный этап более длительный, чем фоновый (природный); в результате среднее значение параметра при построении кривых оказывается завышенным и не отражает того порогового значения, превышение которого свидетельствует о проявлении антропогенных факторов формирования гидрохимического режима рек. Немаловажное значение играет и водность, обуславливающая во второй половине наблюдаемого периода общую тенденцию к возрастанию или убыванию, что подтверждается и корреляционным анализом.

Как видно из рис. 1 б, начальный момент нарушений стока хлоридов в воде р. Свислочь при построении по соотношениям концентраций отмечается в 1971 г. В 1967 г. с помощью соотношений выносов химических веществ с речным стоком (рис. 1 в) обнаруживаются нарушения, вызванные хозяйственной деятельностью.

Таким образом, предлагаемые соотношения выносов химических веществ с речным стоком, например  $R/\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-/\text{Si}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}/\text{Si}$  и др., позволяют выявить антропогенные нарушения в химическом стоке рек на раннем этапе и абстрагироваться от фактора водности. Общепринятая методика определяет изменение химического состава воды с «опозданием» на 5–10 лет.

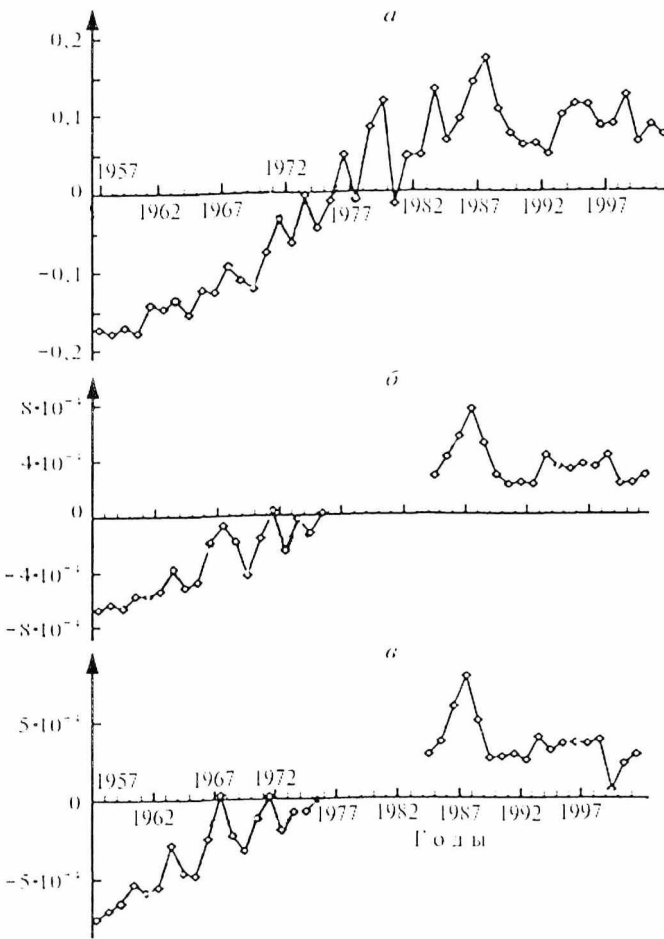


Рис. 1. Разностно-интегральная кривая хлоридов в р. Свислочь, построенная по отношениям:

а –  $(C_{Cl} - \overline{C_{Cl}}) / C_{HCO_3}$ , б –  $(C_{Cl} / C_{HCO_3} - \overline{C_{Cl}} / \overline{C_{HCO_3}}) / C_v$ , в –  $(W_{Cl} / W_{HCO_3} - \overline{W_{Cl}} / \overline{W_{HCO_3}}) / C_v$ , где  $C_{Cl}$  – средняя концентрация ионов хлора за расчетный год;  $\overline{C_{Cl}}$  – среднегодовая концентрация ионов хлора за период наблюдений;  $C_{HCO_3}$  – средняя концентрация гидрокарбонат-ионов за расчетный год;  $\overline{C_{HCO_3}}$  – среднегодовая концентрация гидрокарбонат-ионов за период наблюдений;  $W_{Cl}$  – сток ионов хлора за расчетный год;  $W_{HCO_3}$  – сток гидрокарбонат-ионов за расчетный год;  $\overline{W_{Cl}}$  – среднегодовой сток ионов хлора за период наблюдений;  $\overline{W_{HCO_3}}$  – среднегодовой сток гидрокарбонат-ионов за период наблюдений;  $C_v$  – коэффициент вариации расчетного параметра

Анализ разностно-интегральных кривых, построенных по предлагаемому автором методу, позволил определить начальные моменты нарушения гидрохимического режима рек бассейна Немана (табл. 1).

За природный фон для компонентов солевого состава для большинства рек бассейна Немана (исключая Вилию) принят временной отрезок до 1968–1969 гг. Хотя есть реки как с более ранним проявлением нарушений (р. Свислочь), так и с более поздним (р. Березина). В выносе биогенов с речным стоком влияние хозяйственной деятельности сказалось раньше – приблизительно к 1962 г.

В бассейне р. Вилия природно-техногенный этап формирования стока растворенных веществ начинался для ионного стока с 1970 г., для биогенного – с 1964. Необходимо отметить, что первые неустойчивые признаки нарушения по азоту нитратному и фосфатам в водах рек Ошмянка, Вилия, Неман наблюдались уже в 1955–1958 гг.



Разностно-интегральные кривые позволили выявить существование третьего этапа – с 1988–1989 гг. по настоящее время, который по времени совпадает со спадом промышленного и сельскохозяйственного производства в стране. В связи с этим значительно снизились темпы выноса солей с речным стоком, что говорит о наметившейся тенденции к стабилизации качества поверхностных вод.

Таблица 1

Начало нарушений стока растворенных веществ рек бассейна Немана

Река (створ)	Годы нарушения стока растворенных веществ, определенные по:				
	$\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}/\text{HCO}_3^-$	$\text{F}^-/\text{HCO}_3^-$	$\text{NO}_3^-/\text{Si}$	$\text{PO}_4^{3-}/\text{Si}$
Свислочь	1967	1967	1967	1960	1965
Березина	1974	1970	1970	1962	1962
Котра	1966	1969	1966	–	1966
Неман (Столбцы)	1971	1967	1968	1956	1966
Неман (Гродно)	1969	1969	1969	1963*	1963
Сервечь	1968	1970	1970	1966	1960
Нарочь	1972	1970	1970	1962	1964
Ошмянка	1966	1970	1970	1963	1971
Вилия	1970	1970	1970	1964*	1959

Примечание. \* Первые неустойчивые признаки нарушения были отмечены в 1956–1958 гг.

Уменьшение биогенного стока, не всегда значительное, для большинства рек наблюдалось лишь с 1995–1996 гг. Малый временной интервал не позволяет констатировать качественное изменение гидрохимических параметров вследствие снижения антропогенной нагрузки, а не в результате колебаний водности.

На основании статистических методов можно сделать вывод о трансформации стока растворенных веществ рек. При значительном воздействии антропогенных факторов должно иметь место нарушение однородности данных по стоку химических веществ. Однородность выборок, соответствующих фоновому и последующим периодам, проверяется по критериям Стьюдента и Фишера. Изменение химического стока рек можно считать доказанным, если по параметрическому критерию при заданном уровне значимости отвергается нулевая гипотеза о равенстве выборочных средних (дисперсий). Это означает, что выделенные по разностно-интегральным кривым периоды (выборки) не могут быть отнесены к одной генеральной совокупности.

Возможность применения этих параметрических критериев должна основываться на предварительной проверке исходных данных на нормальность распределения Гаусса. Сопоставление теоретического и эмпирического распределения лучше проводить при помощи критерия согласия Колмогорова – Смирнова, достоинством которого, в отличие от традиционно используемого  $\chi^2$ -критерия, является то, что интеграл рассчитывается по всем точкам, чем исключается условность при разбиении ряда на интервалы. В гидрохимии часто также применяют «правило 3 $\sigma$ » для проверки нормальности распределений. Использование этого правила приводит к тому, что в каждом третьем случае отвергается гипотеза о нормальности распределения данных, применение же более гибкого критерия Колмогорова – Смирнова позволяет принять гипотезу о нормальности в 85 % случаев [14].

Согласно результатам статистического анализа для всех створов, за исключением створа р. Вилия (г. Вилейка), независимость фоновых и природно-техногенных периодов для химического стока рек бассейна Немана подтверждается. В р. Вилия возрастающая антропогенная составляющая выноса химических веществ компенсируется значительным снижением расхода воды, связанным с переборской стока по Вилейско-Минской водной системе.

Кроме того, статистический анализ доказал правомерность выделения в динамике ионного стока третьего периода для ряда водотоков бассейна. Наиболее отчетливо его существование прослеживается для рек Вилия, Ошмянка, Сервечь, Березина, для других притоков – по отдельным параметрам.

Для оценки антропогенной составляющей при изучении изменения стока растворенных веществ применяются два метода – гидрохимического фона и «реперов» [15–17]. Количественная оценка техногенной составляющей осложняется тем, что изменения концентраций химических элементов в водотоках могут происходить вследствие природных колебаний водности.

Метод гидрохимического фона основывается на использовании в качестве эталона естественных, не нарушенных антропогенным влиянием условий формирования. Его суть сводится к оценке антропогенной составляющей (без разделения на виды хозяйственной деятельности) путем сравнения величин стока растворенных веществ за расчетный и относительного гидрохимического фона периоды с учетом поправки на водность [15]:

$$R_{ан} = R - a \cdot R_{от},$$

где  $R_{ан}$  – величина антропогенной составляющей ионного стока;  $R$  – ионный сток за расчетный период;  $R_{от}$  – ионный сток за период относительного гидрохимического фона;  $a$  – поправка на разницу в водном стоке, определяемая из выражения:

$$a = Q_2 \cdot C_2 / Q_1 \cdot C_1. \quad (1)$$

Здесь  $Q_2, Q_1$  – среднегодовые расходы за расчетный и гидрохимического фона периоды;  $C_2, C_1$  – соответствующие концентрации химических веществ.

В основе метода «реперов» по вычленению антропогенной составляющей лежат соотношения в речном стоке между биогенными элементами (главными ионами) [16, 17]. В качестве индикатора поступления в поверхностные воды антропогенного азота и фосфора используется их отношение к минеральному растворенному кремнию как к реперу, содержание которого за счет техногенных источников не изменяется. Антропогенная составляющая биогенного стока рассчитывается по формуле [16]:

$$G_a = (G_y - G_{Si}) / K_{ф},$$

где  $G_a$  – антропогенная составляющая выноса биогенных элементов;  $G_y$  – суммарный вынос биогенов за расчетный период;  $G_{Si}$  – вынос минерального растворенного кремния. Стабильность отношений биогенных элементов Si/N и Si/P в незагрязненном речном стоке позволяет использовать их как фоновые эмпирические коэффициенты  $K_{ф}$ .

Для ионного стока в качестве «репера» рекомендуется использовать концентрацию  $\text{HCO}_3^-$  [17]. Поскольку в речных водах концентрация гидрокарбонат-ионов определяется в первую очередь карбонатно-кальциевым равновесием, то, несмотря на дополнительный привнос из антропогенных источников, их содержание в речных водах не изменяется, что обусловлено низкой растворимостью карбоната кальция.

Сравним эффективность этих методов на примере ионного стока р. Неман. Результаты количественной оценки антропогенной составляющей отражены в табл. 2.

Таблица 2

Антропогенная составляющая ионного стока р. Неман, %

Периоды	Cl	SO <sub>4</sub>	R
1969–1975	53,6	42,3	4,5
	6,1	1,2	4,7
1976–1985	64,2	49,3	9,2
	8,5	-0,1	7,8
1986–1995	67,4	51,6	11,7
	7,3	1,3	8,4
1996–2001	65,4	51,8	10,6
	6,6	1,3	8,6

Примечание. В числителе отражен результат, полученный по методу «реперов», в знаменателе – по методу гидрохимического фона.

Антропогенная составляющая полного ионного стока Немана, рассчитанная по методу «реперов», незначительно отличается от вычисленной по методу гидрохимического фона. Однако отмечается существенная разница для его компонентов – сульфатов и хлоридов. Низкие значения антропогенных хлоридных и в особенности сульфатных ионов, полученные методом гидрохимического фона, должны были бы свидетельствовать о практическом отсутствии антропогенных факторов на водосборе и увеличении ионного стока исключительно за счет роста расходов воды. Однако, как видно из рис. 2, подобное изменение выноса компонентов

ионного стока не может быть объяснено исключительно фактором водности. Значит, величина антропогенной составляющей ионного стока Немана, рассчитанная по данному методу, занижена.

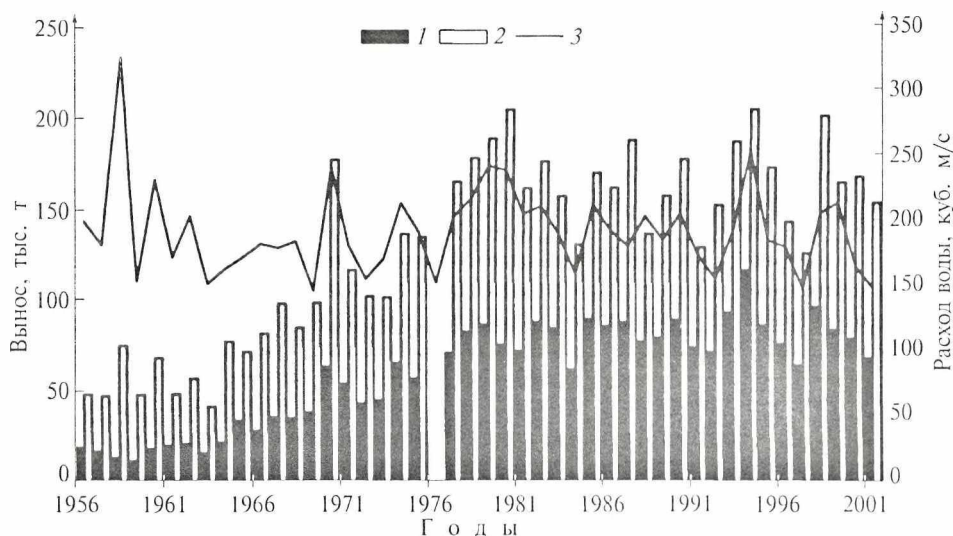


Рис. 2. Вынос хлоридов и сульфатов с речным стоком Немана (г. Гродно):  
1 – хлориды; 2 – сульфаты; 3 – среднегодовой расход воды

На наш взгляд, это связано со способом расчета поправки на водность (1), которая предусматривает наличие связи между концентрацией химических веществ и расходом воды. Но для водотоков бассейна р. Неман, к примеру, такая зависимость очень слабая. Следовательно, данная поправка при отсутствии устойчивой связи между гидрохимическими и гидрологическими параметрами не отражает реального изменения водности, а значит, и величины антропогенной составляющей.

Таким образом, при построении разностно-интегральных кривых для определения моментов нарушений в динамике стока растворенных веществ рек удобными критериями являются следующие отношения выносов с речным стоком: для главных ионов –  $R/HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}/HCO_3^-$ ,  $Cl^-/HCO_3^-$ ,  $Na^++K^+/HCO_3^-$ , для биогенных элементов –  $NO_2^-/Si$ ,  $NO_3^-/Si$ ,  $PO_4^{3-}/Si$ .

При количественной оценке антропогенной доли химического стока рек надежнее метод «реперов». Применение метода гидрохимического фона возможно только по отношению к водотокам, которые характеризуются устойчивой связью между гидрохимическими и гидрологическими параметрами. Метод «реперов», основанный на особенностях геохимического поведения элементов, подобных ограничений не имеет.

1. Алексин О. А. Основы гидрохимии. Л., 1970. С. 128.
2. Скакальский Б. Г., Феррман П. Я. // Труды ГГИ. 1982. Вып. 283. С. 52.
3. Скакальский Б. Г. Антропогенные изменения химического состава воды и донных отложений в загрязняемых водных объектах: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. СПб., 1996.
4. Кадацкая О. В. Гидрохимическая индикация ландшафтной обстановки водосборов. Мн., 1987.
5. Заславская М. Б., Стародубов В. В., Вирбанов М. С. // Водные ресурсы. 1991. № 3. С. 76.
6. Гидрологический ежегодник. Бассейн Балтийского моря. Л.; Вильнюс, 1950–1975. Т. 1. Вып. 5-6.
7. Гидрохимический бюллетень. Материалы наблюдений за загрязненностью поверхностных вод на территории деятельности Белорусского УГКС. Мн., 1968–1983.
8. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши: В 2 ч. Ч. 1. Реки и каналы. Т. 3. Бассейны рек Белорусской ССР. Мн., 1984–2001.
9. Ресурсы поверхностных вод. Основные гидрологические характеристики (за 1963–1970 гг. и весь период наблюдений). Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Мн., 1974.
10. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. 1971–1975. Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Мн., 1978.



11. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши: В 2 ч. Ч. 1. Реки и каналы. Т. 3. Белорусская ССР. Мн., 1976–1980.
12. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши: В 2 ч. Ч. 1. Реки и каналы. Т. 3. Белорусская ССР. Мн., 1980–2001.
13. Временные методические рекомендации по расчету выноса органических, биогенных веществ, пестицидов и микроэлементов речным стоком. М., 1983.
14. Никаноров А. М., Никulichенко Н. Н., Циркунов В. В. // Гидрохимические материалы. 1983. Т. 86. С. 131.
15. Пелешенко В. И. Оценка взаимосвязи химического состава различных типов природных вод на примере равнинной части Украины. Киев, 1975.
16. Максимова М. П. // Водные ресурсы. 1979. № 1. С. 35.
17. Максимова М. П. // Там же. 1985. № 3. С. 71.

Поступила в редакцию 22.03.2004.

*Елена Геннадьевна Кольмакова* – аспирант кафедры общего землеведения. Научный руководитель – кандидат географических наук, доцент кафедры общего землеведения Ю.Н. Емельянов.

УДК 550.4:551.4 (476)

*Н.К. ЧЕРТКО, А.А. КАРПИЧЕНКО*

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ХОЛМИСТО-МОРЕННО-ЭРОЗИОННЫХ ЛАНДШАФТОВ БЕЛАРУСИ\*

Lateral and radial geochemical structure of hill-moraine-erosion landscapes of Belarus has been studied. Main factors of forming structure and its spatial allocation under conditions of Belarus have been identified. According to regularities of element accumulation within geochemical katen and soil layers lateral as ascendial and radial as even humic-illuvial geochemical structures were determined for hill-moraine-erosion landscapes.

В геохимии ландшафтов значительное место занимает изучение структуры и систематизации химического состава ландшафтов и их компонентов. Структурный анализ дает достаточно полное представление о системе любого ранга. Наиболее информативными и репрезентативными с этой точки зрения являются ландшафтно-геохимические катены, представляющие собой сочетания сопряженных элементарных ландшафтов (фаций). В большинстве случаев в их пределах существуют однонаправленные потоки вещества из автономных ландшафтов местных водораздельных пространств к подчиненным местным депрессиям. Внутри катены практически всегда присутствует локальная геохимическая контрастность, вызванная дифференциацией химических элементов под действием различных процессов, природных и техногенных факторов миграции. При сложившейся миграции вещества и энергии в ландшафте формируется его *геохимическая структура* на различных таксономических уровнях (вид, род, класс, тип и т. д.), которая характеризует устоявшуюся миграцию и концентрацию химических элементов в условиях определенной природной среды. Она необходима для решения практических задач в области экологии, здравоохранения, сельского хозяйства и при использовании геохимических методов поисков полезных ископаемых. До сих пор в научной литературе не было дано четкого определения геохимической структуры ландшафта. При разработке понятия геохимической структуры мы учитывали устоявшуюся тенденцию латерального и радиального распределения химических элементов в сложившихся природных условиях и процессах. В нашем представлении под *геохимической структурой* понимается *закономерное латеральное и радиальное распределение химических элементов, вызванное их дифференциацией под воздействием природных процессов, внешних и внутренних факторов миграции.*

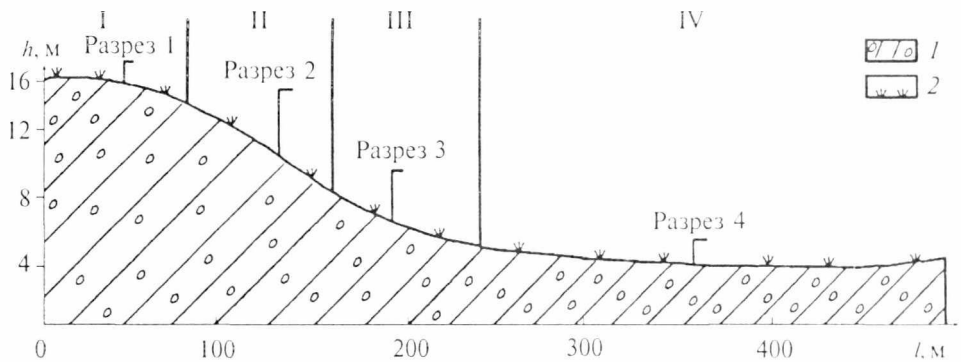
Ввиду отсутствия общих дефиниций разнообразных геохимических структур и достаточной сложности отдельных из них [1, 2] нами был выработан понятийный аппарат *видов* структуры, основанный на закономерностях латеральной и радиальной вариаций содержания и накопления химических элементов в пределах геохимической катены (подробное описание классификации приведено в

\* Авторы статьи – сотрудники кафедры почвоведения и геологии.

наших работах [3, 4]). Название вида структуры ландшафта дается по преобладающим структурам химических элементов.

В целом геохимическая структура ландшафтов Беларуси сформировалась в результате кислого и кислого глеевого выщелачивания химических элементов сильной и средней интенсивности миграции (N, S, Cl, B, Ca, Mg, Na, Mo, Mn, Cu, Co, Zn) из почв автоморфных ландшафтов, их латеральной и радиальной миграции и накопления на сорбционных, механических, биогеохимических барьерах в профиле почв и отложений в элювиальных, супераквальных и субаквальных ландшафтах. Исследование геохимической структуры холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов проводилось путем закладки ландшафтно-геохимического профиля в пределах катены в Браславском районе.

Холмисто-моренно-эрозионный ландшафт распространен в центральной и северной части Беларуси. Имеет разную степень дренированности. Дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы в элювиальных ландшафтах сменяются дерновыми заболоченными, местами торфяными в супераквальных ландшафтах. Ландшафт характеризуется наиболее высоким гипсометрическим уровнем. Рельеф мелко-, средне- и крупнохолмистый, часто грядовый с колебаниями относительных высот 10–50 м и значительным переработан эрозионными процессами, поэтому местами приобретает увалистый характер. Моренные холмы имеют округлую форму, мягкие куполообразные вершины. Встречаются камы, ложбины стока, долины малых рек и ручьев, балки и овраги. В литологическом отношении ландшафт представлен валунными суглинками и супесями, песчано-гравийно-галечным материалом. Моренные отложения часто перекрыты маломощным покровом водно-ледниковых супесей (0,5–1,0 м) или водно-ледниковых лессовидных суглинков (0,5–2,0 м). Распаханность территории 30–50 %. Лесистость ландшафта изменяется от 15 до 35 %. В древесном ярусе широколиственно-еловых лесов произрастают ель, дуб, липа, клен, ясень, на юге – граб. К более легким по механическому составу почвам приурочены широколиственно-сосновые и сосновые леса. В пределах супераквальных ландшафтов встречаются луга, местами – болота [5].



Ландшафтно-геохимический профиль холмисто-моренно-эрозионного ландшафта (Браславский район):  
 1 – завалуненный моренный суглинок; 2 – озимая рожь; элементарные ландшафты: I – элювиальный, II – транслоэвиальный, III – элювиально-аккумулятивный, IV – супераквальный

Рассмотрим латеральную дифференциацию химических элементов в холмисто-моренно-эрозионных ландшафтах по ландшафтно-геохимическому профилю (рисунок). Протяженность профиля  $l=450$  м. Относительная высота холма  $h=17$  м. Посев озимой ржи. В результате эрозии происходит механический латеральный перенос практически всех элементов от элювиального к супераквальному ландшафту. Исключение – кремний. Наиболее существенная латеральная дифференциация характерна для S, K, Ca, P ( $K_m > 2,0$ ). Микроэлементы (Mn, Zn, Cu, B, Co, Mo) и Fe, Ca имеют близкие значения коэффициента местной дифференциации ( $K_m=1-2$ ). Меньше единицы значения данного коэффициента у кремния и алюминия, составляющих основу минеральной части почвы в силу высокой устойчивости их соединений к разрушению и миграции в данной

геохимической обстановке. Таким образом, в холмисто-моренно-эрозионном ландшафте на монолитных моренных суглинках с дерново-подзолистыми и дерново-подзолистыми заболачиваемыми почвами доминирует аккумулятивно-равномерная латеральная дифференциация. Для холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов характерна следующая латеральная структура химических элементов (табл. 1).

Таблица 1

## Латеральная дифференциация химических элементов в пределах катены

Показатель	Разрез 1	Разрез 2	Разрез 3	Разрез 4
Частицы менее 0,01 мм, %	28,50	32,30	35,10	48,00
pH в KCl	5,00	5,10	5,30	5,80
Гумус, %	1,60	1,90	2,30	3,20
Элементы, %				
Si	<u>37,90*</u> 1	<u>36,10</u> 0,95	<u>35,10</u> 0,92	<u>34,63</u> 0,91
Al	<u>3,81</u> 1	<u>3,00</u> 0,78	<u>3,10</u> 0,81	<u>3,55</u> 0,93
Fe	<u>1,23</u> 1	<u>1,44</u> 1,17	<u>1,58</u> 1,28	<u>1,65</u> 1,34
Ca	<u>0,80</u> 1	<u>1,65</u> 2,06	<u>1,90</u> 2,30	<u>2,00</u> 2,50
Mg	<u>0,45</u> 1	<u>0,79</u> 1,75	<u>0,83</u> 1,84	<u>0,85</u> 1,88
K	<u>1,15</u> 1	<u>1,20</u> 1,04	<u>1,43</u> 1,24	<u>2,95</u> 1,93
P	<u>0,05</u> 1	<u>0,06</u> 1,20	<u>0,10</u> 2,00	<u>0,10</u> 2,00
S	<u>0,06</u> 1	<u>0,08</u> 1,33	<u>0,16</u> 2,66	<u>0,20</u> 3,33
Элементы, $n \cdot 10^{-3}$ %				
Mn	<u>43,20</u> 1	<u>45,40</u> 1,05	<u>59,30</u> 1,37	<u>69,30</u> 1,60
Zn	<u>3,52</u> 1	<u>3,80</u> 1,07	<u>4,50</u> 1,27	<u>5,10</u> 1,44
Cu	<u>1,23</u> 1	<u>1,30</u> 1,05	<u>1,40</u> 1,13	<u>1,80</u> 1,46
B	<u>2,60</u> 1	<u>2,90</u> 1,11	<u>3,40</u> 1,30	<u>4,10</u> 1,57
Co	<u>0,40</u> 1	<u>0,40</u> 1,00	<u>0,53</u> 1,30	<u>0,65</u> 1,63
Mo	<u>0,06</u> 1	<u>0,07</u> 1,16	<u>0,10</u> 1,60	<u>0,11</u> 1,83

Примечание. В числителе отражено количественное содержание элемента, в знаменателе – коэффициент местной миграции.

*Восходящая (асцендиальная)* структура наблюдается практически у всех исследуемых элементов (Fe, Ca, Mg, K, P, S, Mn, Zn, Cu, B, Co, Mo) с разной степенью выраженности, что связано с увеличением содержания физической глины вниз по профилю в пределах катены, а также с интенсивными эрозионными процессами, вызывающими вынос химических элементов с вершин холмов. *Нисходящая (дисцендиальная)* структура отмечена у кремния и *депресссионная* – у алюминия. В целом же латеральная геохимическая структура холмисто-моренно-эрозионного ландшафта определена как *асцендиальная*.

Радиальная дифференциация выражена слабее, поскольку легкие и средние суглинки характеризуются низкой инфильтрационной способностью, а холмистый рельеф усиливает поверхностный сток. Однако длительное время формирования генетического профиля почв оказало влияние на дифференциацию химических элементов. В подзолисто-иллювиальном горизонте отмечается максимальное содержание кремния, отчасти алюминия и минимальная величина элювиально-аккумулятивного коэффициента ( $K_{за}$ ) у большинства исследуемых элементов (табл. 2). В гумусовом и иллювиальном горизонтах почв закономерность распределения химических элементов противоположна. Элювиально-аккумулятивные коэффициенты по профилю почв увеличиваются в основном при переходе от элювиальных к супераквальным ландшафтам.

Радиальная геохимическая структура в пределах катены различается для элювиального, трансэлювиального, элювиально-аккумулятивного и суперак-



вального ландшафтов ввиду различий геохимических обстановок (щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий).

Таблица 2

Радиальная дифференциация химических элементов в почвах холмисто-моренно-эрозионных элементарных ландшафтов по величине  $K_{\Sigma}$

Элементарные ландшафты, номер разреза	Глубина отбора из горизонта, см	Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	P	S	Mn	Zn	Cu	B	Co	Mo
Элювиальный с кислот окислительной средой на легких моренных суглинках, разрез 1	A <sub>n</sub> 5–15	1,04	0,86	0,64	1,2	0,86	1,1	1,3	1,4	2,0	1,2	1,1	1,5	0,9	1,1
	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> 26–30	1,08	1,1	1,05	0,8	0,73	0,73	1,2	1,1	0,9	0,9	0,9	0,4	0,8	1,0
	B <sub>2</sub> 60–80	1,02	1,1	1,2	0,9	1,08	0,95	0,8	1,2	1,2	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0
	C 140–150	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Трансэлювиальный с кислот окислительно-восстановительной средой на средних суглинках, разрез 2	A <sub>n</sub> 5–15	1,09	0,9	0,8	1,5	0,9	1,2	1,5	1,4	2,0	1,2	1,2	1,8	0,9	1,1
	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> 28–35	1,08	1,0	1,1	0,8	0,8	0,8	1,3	1,2	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	0,9
	B <sub>2</sub> 85–95	1,0	1,0	1,3	1,0	1,1	0,9	0,8	1,2	1,1	0,8	1,1	1,1	0,9	0,9
	C 130–140	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Элювиально-аккумулятивный с кислот окислительно-восстановительной средой на средних моренных суглинках, разрез 3	A <sub>n</sub> 5–15	1,1	0,7	0,8	1,6	1,1	1,3	1,7	1,6	2,3	1,5	1,4	2,0	1,1	1,3
	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> 30–37	1,2	1,3	0,6	0,08	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	0,9	0,6	0,9
	B <sub>2</sub> 80–90	1,1	1,6	1,1	1,2	1,0	1,1	1,1	1,1	1,5	1,1	1,3	1,2	0,6	1,0
	C 145–155	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Супераквальный с восстановительной глеевой средой на средних моренных суглинках, разрез 4	A <sub>n</sub> 5–15	1,0	0,9	0,9	2,0	1,3	1,5	2,5	1,8	2,4	1,9	2,4	2,5	1,3	1,5
	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> 25–30	1,1	1,2	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,2	1,5	1,3	1,3	0,9	0,9	1,0
	B <sub>2g</sub> 65–75	1,0	1,4	2,5	1,5	1,1	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,4	1,0	1,4
	Cg 120–130	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

В элювиальном элементарном ландшафте по содержанию химических элементов выделены следующие радиальные структуры: а) *невыраженная*, или *равномерная* (Si, Cu, Mo); б) *элювиально-иллювиальная* (Al, Fe); в) *гумусовая* (Ca, Zn, K, B); г) *гумусово-иллювиальная* (S, Mn); д) *лессивированная* (Mg); е) *гумусово-элювиальная* (P). Общая радиальная геохимическая структура элювиального элементарного ландшафта по преобладающим структурам элементов определена как *равномерно-гумусовая*.

В трансэлювиальном и элювиально-аккумулятивном ландшафтах (разрез 2 и 3 соответственно) радиальная геохимическая структура несколько иная. В разрезе 2 она близка к элювиальному ландшафту, в разрезе 3 большое сходство обнаруживается с соседним супераквальным, что объясняется их близким гипсометрическим положением в геохимической катене. Некоторые отличия в радиальной геохимической структуре разрезов 1 и 2 наблюдаются только для Al, структура которого *равномерная*, и для Cu (*гумусово-иллювиальная*). Общая структура трансэлювиального ландшафта – *равномерная гумусово-иллювиальная*. Для разреза 3 (элювиально-аккумулятивный ландшафт) радиальная структура химических элементов такова: *элювиальная* – Si, *элювиально-иллювиальная* – Al, *иллювиальная* – Fe (такая же структура для этих элементов наблюдается и в разрезе 4), *гумусовая* (Mg, Mo, Co), *гумусово-иллювиальная* и *гумусово-элювиально-иллювиальная* характерны для Ca, K, P, S, Mn, B и для Zn, Cu соответственно. Общая радиальная структура элювиально-аккумулятивного ландшафта – *гумусово-иллювиальная*.

В супераквальном ландшафте большинство элементов имеют *гумусово-элювиально-иллювиальную* структуру (Mg, K, P, S, Mn, Zn, Cu), лишь для Ca, B, Mo отмечена *гумусово-иллювиальная*. Поэтому общая структура данного элементарного ландшафта – *гумусово-элювиально-иллювиальная*.

В целом радиальная геохимическая структура для холмисто-моренно-эрозионного ландшафта по преобладающим во всех элементарных ландшафтах структурах определена как *равномерная гумусово-иллювиальная*.

На основании оценки геохимической структуры в пределах нижней части ландшафтно-геохимического профиля можно выделить два латеральных геохимических барьера – механический и сорбционный, на которых идет накопле-

ние Fe, Ca, Mg, K, P, S, Mn, Zn, Cu, B, Co, Mo. Возникновение таких барьеров связано с плоскостной и линейной эрозией, вызванной большими перепадами относительных высот, в результате чего у подножий холмов, в западинах и других пониженных местах происходит накопление глинистых частиц, формирующих указанные барьеры. В заторфованных понижениях образуется органогенно-сорбционный барьер, связанный с накоплением торфа.

Пространственная дифференциация радиальных геохимических барьеров характеризуется территориальной неоднородностью, зависящей от пестроты почвенного покрова, различий в механическом составе почвообразующих и подстилающих пород, от смены кислотности и окислительно-восстановительных условий. Для дерново-подзолистых автоморфных почв на монолитных породах при выраженном подзолистом горизонте характерно накопление большинства химических элементов (Ca, Mg, K, P, S, Mn, Zn, Cu, B, Co, Mo) в гумусовом (A<sub>1</sub>) и иллювиальном (B) горизонтах на органогенно-сорбционном геохимическом барьере, связанном с органическим веществом почвы (гумусом), тогда как накопления Si, Al и Fe выявлено не было. При формировании почвы на маломощных водно-ледниковых супесях или водно-ледниковых легких лессовидных суглинках, подстилаемых средними и тяжелыми моренными суглинками, в месте их контакта образуется радиальный механический барьер, препятствующий миграции химических элементов, путем накопления на нем выносимых из верхних почвенных горизонтов мелкодисперсных частиц. Мелкодисперсные частицы глинистых минералов обладают высокой сорбционной способностью, что обуславливает накопление ими ряда микроэлементов (Mn, Zn, Cu, B, Co, Mo и др.). В таких случаях формируется смешанный или комплексный сорбционно-механический барьер. В почвах агроландшафтов повышенное содержание Ca, Mg, K, P, S в верхнем почвенном горизонте не всегда свидетельствует о наличии в нем геохимического барьера, во многих случаях это связано с агротехногенными причинами – внесением органических и минеральных удобрений, известкованием почв и др. В супераквальных элементарных ландшафтах формируется восстановительно-глеевый радиальный геохимический барьер, накапливающий Al, Fe, Ca, S, Zn, Cu, B, Mo.

Таблица 3

Содержание химических элементов в биомассе озимой ржи сопряженного ряда фаций холмисто-моренно-эрозионного ландшафта, мг/кг

Элементы	Элювиальный ландшафт			Супераквальный ландшафт		
	В сухом веществе	В золе	K <sub>x</sub>	В сухом веществе	В золе	K <sub>x</sub>
N	12 235	548 654	109,7	12 895	548 723	68,6
Si	14 322	642 242	1,7	14 627	622 425	1,8
K	4 125	184 977	41,1	4 327	184 127	15,1
P	2 930	13 139	262,7	3 012	128 170	128,0
Ca	5 832	261 524	32,6	6 127	260 723	13,0
Mg	643	28 834	6,4	675	28 723	3,4
Na	420	18 834	3,1	490	20 851	3,3
S	1 352	60 627	60,1	1 522	64 765	32,3
Fe	193	8 654	0,7	205	8 723	0,5
Mn	54	2 421	5,6	52	2 212	3,2
Zn	39,3	1 762	50,0	38,5	1 638	31,4
Cu	4,5	201	16,3	4,7	200	10,0
B	1,6	71	2,7	1,6	68	1,65
Co	0,052	2,33	5,8	0,054	2,29	4,46
Mo	0,42	28,83	31,4	0,43	18,3	16,60

Отбор из разреза 4 в супераквальном ландшафте на глубине 120 см почвенно-грунтовых вод выявил следующий химический состав воды (мг/л): Ca 45,3; Mg 11,3; Na 1,2; K 5,1; N 2,3; C 242,3; P 0,05; S 2,93; Cl 10,9; Si 1,80; Fe 0,43; Mn 0,09; Zn 0,03; Cu 0,015; B 0,01; Co 0,0015; Mo 0,0009 при общей минерализации 324,1 мг/л. По величине коэффициентов водной миграции (K<sub>x</sub>) химические элементы образуют ряд: S 12,5 > Ca 6,78 > Mg 4,03 > K 1,08 > Na 0,59 > P 0,29 > Fe 0,08 > Si 0,014 > Mo 0,003 > Zn, Cu 0,002 > B 0,0008 > Mn, Co 0,0006. Величина K<sub>x</sub> свидетельствует об относительно высокой миграции S, Ca, Mg, K за счет

агротехногенеза (известкование почв, внесение сульфатных форм минеральных удобрений). Химические элементы, относящиеся к слабым мигрантам (P, Si, Fe) или содержащиеся в небольшом количестве в породах и водах (Mo, Zn, Cu, B, Mn, Co), имеют весьма низкие значения  $K_6$ .

Содержание химических элементов в биомассе озимой ржи, представленное в табл. 3, показывает, что интенсивность биологического поглощения ( $K_6$ ) на сравниваемых элювиальном и супераквальном ландшафтах неодинаковая и в некоторых случаях различается на величину одного или двух порядков: самое высокое значение  $K_6 = 100 \cdot n$  у N, P, на порядок ниже – у K, Ca, S, Zn, Cu, Mo, в пределах единиц – у Si, Mg, Na, Mn, B, Co, меньше единицы – у Fe. В целом величины  $K_6$  для супераквального ландшафта ниже, чем для элювиального, за счет различия в химическом составе почв и повышения содержания химических элементов.

Таким образом, выявлена сложная и многосторонняя латеральная и радиальная геохимическая структура холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов. Латеральная структура определена как асцендиальная, радиальная – как равномерная гумусово-иллювиальная. Результаты исследования можно использовать при решении прикладных природоохранных мероприятий.

1. Гаврилова И. П., Касимов Н. С. Практикум по геохимии ландшафтов. М., 1989.
2. Глазовская М. А., Касимов Н. С. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1987. № 1. С. 17.
3. Чертко Н. К., Карпиченко А. А. // Природ. ресурсы. 2003. № 2. С. 84.
4. Карпиченко А. А. // Теоретические и прикладные вопросы изучения и использования почвенно-земельных ресурсов. Мн., 2003. С. 231.
5. Ландшафты Белоруссии / Под ред. Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицуновой, Г.Т. Хараничевой и др. Мн., 1989.

Поступила в редакцию 30.03.2004.

*Николай Константинович Чертко* – доктор географических наук, профессор.  
*Александр Александрович Карпиченко* – ассистент.

УДК 551.40(075.8)

И.И. СЧАСТНАЯ

## ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ

The research presents spatial and complex analysis of recreational systems fulfilled for the landscape provinces of Belarus. The landscape structure of the provinces has been analyzed. The levels of diversity have been defined for natural complexes within the recreational systems and recreational landscapes. Complexes with maximal, optimal and minimal level of landscape diversity have been defined on the base of integral assessment fulfilled.

В XX в. во всем мире наблюдалось расширение рекреационных потребностей общества, выразившееся в устойчивой тенденции проведения части свободного времени вне основного места жительства. В рамках свободного времени населения даже выделился отдельный блок – рекреационное время, т. е. отведенное на туризм, загородный отдых, прогулки [1]. Во многих странах мира начался резкий рост индустрии туризма и отдыха. С 1960-х гг. в этот процесс вовлечена и Беларусь, чему способствовали как увеличение доходов и рост культурных запросов населения, так и ухудшающаяся экологическая и психологическая ситуация для человека в условиях интенсивной урбанизации.

Рост свободного и рекреационного времени общества повлек появление и освоение новых рекреационных территорий: их поиск, обоснование, определение границ. Результаты полевых и камеральных исследований в нашей стране были воплощены в крупной проектной работе «Схема развития и размещения республиканской сети зон отдыха и туризма», выполненной институтом Белгоспроект в 1968 г. Проект предусматривал создание 30 зон отдыха. Однако в Беларуси в 1970–1980-х гг. сложилась ситуация опережающего роста свободного времени в сравнении с возможностями рекреационных систем (РС), создавае-



мых по этому проекту. Работа по расширению, детализации, уточнению границ курортов и зон отдыха как республиканского, так и местного значения продолжалась до 1986 г.

После Чернобыльской аварии часть рекреационных территорий Беларуси подверглась радиационному загрязнению, особенно в Могилевской и Гомельской областях. Возникла необходимость восполнения потери рекреационных площадей. Для решения этой задачи в 1992 г. БелНИИПГрадостроительства был выполнен проект «Корректурa генеральной схемы размещения и развития курортов, зон отдыха и туризма Республики Беларусь». Однако выполнение предлагаемых изменений в сети рекреационных территорий замедлилось в связи с ухудшением экономической ситуации в 1990-х гг. Одновременно начался процесс расширения сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и произошло частичное перераспределение площадей РС за счет преобразования отдельных из них в национальные парки. В это время появилась и новая терминология для наименования рекреационных систем разного уровня (национального, регионального, местного), существующая параллельно с законодательно утвержденной<sup>\*</sup>.

С начала XXI в. в Беларуси наблюдается рост рекреационных потребностей населения. Можно предположить, что в ближайшее время возникнет и необходимость расширения загородных рекреационных территорий. Перспективная потребность в них оценивается в 1,6–2,2 млн га, что составляет 7,7–10,5 % площади страны [2]. Сегодня эта цифра намного меньше – под рекреационные системы всех уровней отведено 6,4 % территории. Очевидно, что назревает необходимость поиска новых участков, пригодных для данных целей. Для их выявления проведен в первую очередь пространственный и количественный анализ уже сложившейся сети рекреационных систем.

Таблица 1

Распространение рекреационных систем разного уровня по провинциям Беларуси

Провинции	Площадь РС, %			
	общая	в том числе		
		курортов	зон отдыха республиканского значения	зон отдыха местного значения
Поозерская	8,1	2,6	1,4	4,1
Западно-Белорусская	8,0	0,07	4,0	4,0
Восточно-Белорусская	3,9	–	–	3,9
Предполесская	6,1	0,05	1,1	5,0
Полесская	5,4	0,8	0,5	4,1

Пространственный анализ курортов, зон отдыха республиканского и местного значения, занимающих соответственно 0,7; 1,5; 4,2 % площади Беларуси, показал, что РС распространены по ее территории очень неравномерно (табл. 1): выделяются три зоны – максимального, среднего и минимального насыщения. Максимальное насыщение характерно для северо-западного региона (Поозерье и Западно-Белорусская провинция). Курорты и зоны отдыха занимают здесь около 8,0 % площади. Минимум наблюдается на востоке страны. Для самого крупного региона, приуроченного к центру и югу Беларуси, характерна средняя степень насыщения РС. Изучение особенностей распространения рекреационных систем разного уровня по территории Беларуси показывает, что курорты встречаются во всех регионах страны, за исключением Восточно-Белорусской провинции, однако основная их часть находится в Поозерье. На востоке Беларуси также нет зон отдыха республиканского значения, которые сосредоточены в Западно-Белорусской провинции. Зоны отдыха местного значения распространены достаточно равномерно. Количественный анализ рекреационных систем различного уровня показал, что расширение их сети наиболее рационально за счет увеличения числа курортов и зон отдыха республиканского значения. Изучение же особенностей распространения РС дало возможность определить, что в основном они расположены в регионах со значительным рекреационным потенциалом ландшафтов [3]: юг Поозерья, восток Западно-Белорусской провинции и северные участки Предполесья. Однако существуют резервные территории и в регионе с хорошим рекреационным по-

<sup>\*</sup> О Генеральной схеме размещения и развития курортов и зон отдыха Белорусской ССР: Постановление Совета Министров БССР от 11.03.1981 г. № 75.

тенциалом, которые пока не используются. Это большие пространства Предпо-  
лесья, Полесья и Восточно-Белорусской провинции.

Опыт использования рекреационных территорий показывает, что недоста-  
точно обоснованный их выбор может привести, особенно в процессе чрезмер-  
ной эксплуатации, к быстрому разрушению природных комплексов, а значит, и  
резкому снижению привлекательности для отдыхающих. Поэтому очень важно  
выявить участки, не только обладающие значительным рекреационным потен-  
циалом, но и имеющие такую степень ландшафтного разнообразия, которая по-  
зволит им выдержать существенные рекреационные нагрузки.

Концепция ландшафтного разнообразия в науке о ландшафте является но-  
вым направлением, которое находится на стадии формирования. Однако уже  
сегодня ясно, что выделяется несколько вариантов его развития. В первую оче-  
редь это традиционно-ландшафтное (классическое) и антропогенное направле-  
ния [4]. Сущность классической трактовки ландшафтного разнообразия базиру-  
ется на особенности, уникальности, мозаичности и контрастности природных  
ландшафтных структур. Такое разнообразие сводится к числу морфологических  
или классификационных единиц природных территориальных комплексов (ПТК)  
на определенной территории. Таким образом, под ландшафтным разнообразием  
следует понимать вариабельность, многообразие мелких природных комп-  
лексов в пределах более крупной системы. На карте оно отображается как ко-  
личество элементов или выделов в пределах имеющихся границ. Чем больше  
выделов, тем разнообразнее ландшафтная структура территории, и можно  
предположить, что организация ландшафта более высокая. Разнообразие же  
антропогенных комплексов связано прежде всего с характером их хозяйствен-  
ного использования, которое территориально проявляется как разнообразие  
типов земельных угодий. Классическое и антропогенное направления понятия  
ландшафтного разнообразия не находятся в противоречии, а взаимосвязаны и  
дополняют друг друга. Поскольку формирование различных типов природно-  
технических систем является необходимым элементом развития общества,  
главный вопрос заключается в соблюдении оптимального соотношения ПТК и  
измененных комплексов, а также уровня их разнообразия. Такие данные можно  
получить только в результате оценки ландшафтного разнообразия как инте-  
грального показателя, включающего количественные и качественные его харак-  
теристики с точки зрения как природных, так и антропогенных ландшафтов.

С этой целью проведен подробный анализ структуры природных и сложив-  
шихся под влиянием рекреационной деятельности комплексов в пределах кур-  
ортов и зон отдыха республиканского и местного значения Беларуси. При этом  
использовались карты ландшафтов и землеустройства, схема районирования  
[5]. Природные территориальные комплексы Беларуси изучены достаточно хо-  
рошо. На региональном уровне основной единицей является род ландшафтов.  
Изучая особенности варьирования родов по различным провинциям страны,  
видно, что в зависимости от площадного распространения и частоты повторяе-  
мости для каждого региона характерны свои доминантные (типичные фоновые),  
субдоминантные (типичные второстепенные) и редкие и уникальные ландшаф-  
ты [6]. Типичные (фоновые и второстепенные) комплексы занимают большую  
часть площади провинции и обладают наиболее характерными для нее черта-  
ми. К группе редких относятся небольшие по площади ПТК. Уникальные ланд-  
шафты отличаются ограниченным распространением и высокими эстетически-  
ми качествами. Именно эти природные комплексы, такие как камово-моренно-  
озерные на севере, пойменные на западе и в центре Беларуси, очень важны  
для создания среды с контрастным сочетанием замкнутых и открытых про-  
странств. Различные сочетания групп ПТК и их экологическое состояние в зна-  
чительной степени определяют разнообразие природных ландшафтов.

Сложившаяся сеть РС каждой провинции интенсивно использует разные  
группы ландшафтов (рис. 1), причем преобладают типичные (фоновые и второ-  
степенные) ПТК. Несколько меньше доля редких и уникальных ландшафтов.  
Наиболее значительные площади они занимают в Предполесье и Полесье.  
Важно знать также особенности ландшафтного строения территории. Анализ

структуры родов ландшафтов в пределах РС свидетельствует об их значительной дифференциации (рис. 2). По разнообразию комплексов, используемых для отдыха, выделяются Поозерье и Западно-Белорусская провинция. Предполесье и Полесье занимают среднее положение. В Восточно-Белорусской провинции в рекреационных целях задействовано минимальное количество ПТК. Показатели разнообразия не только варьируют по регионам, но и существенно различаются в рекреационных системах разного назначения. Наибольшая дифференциация характерна для зон отдыха местного значения, здесь задействован практически весь набор ПТК провинций. Курорты и зоны отдыха республиканского значения отстают по этому показателю. Наибольшим разнообразием отличаются курорты Поозерья и зоны отдыха Западно-Белорусской провинции. На остальной территории для длительного отдыха используется небольшое количество ландшафтов, что создает резерв для расширения сети курортов и зон отдыха. Изучение структуры видов ландшафтов в пределах рода показало, что их количество также варьирует в достаточно широких пределах. Так, в аллювиальных террацированных комплексах Полесья и холмисто-моренно-эрозионных ПТК запада Беларуси 5–6 видов используются в рекреационных целях. В ландшафте речных долин на территории всей страны задействован для рекреации только один вид. В целом наибольшее видовое разнообразие характерно для типичных ландшафтов, хотя в Предполесье и Полесье существуют редкие комплексы со значительным набором видов.

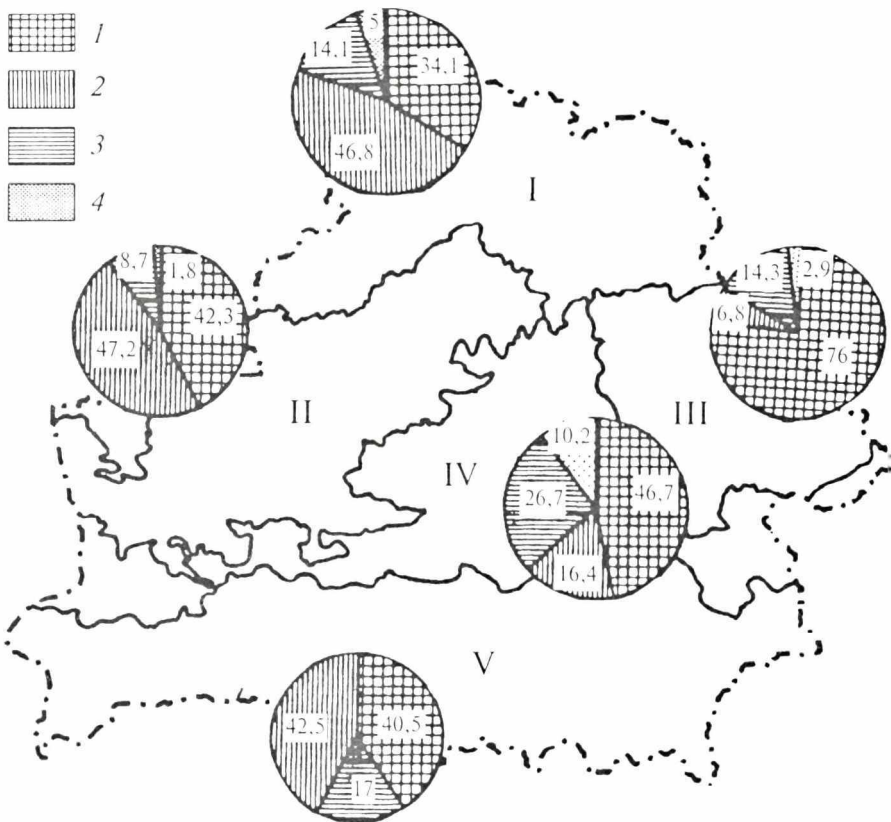


Рис. 1. Структура ландшафтов рекреационных систем провинций Беларуси. Провинции: I – Поозерская; II – Западно-Белорусская; III – Восточно-Белорусская; IV – Предполеская; V – Полеская. Ландшафты 1 – доминантные, 2 – субдоминантные, 3 – редкие, 4 – уникальные

Для определения степени разнообразия природных ландшафтов были учтены все рассмотренные характеристики, но его основой послужили количественные показатели структуры видов в пределах рода. Индекс ландшафтного разнообразия рассчитывался как отношение контуров видов внутри рода к общему



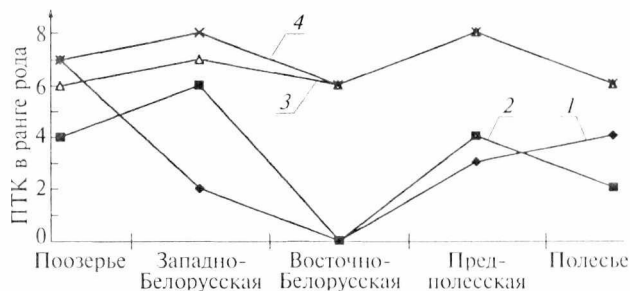


Рис. 2. Дифференциация ландшафтов рекреационных систем провинций Беларуси

количеству тех же видов в пределах рекреационных систем каждой провинции. Была разработана трехступенчатая оценочная шкала, и разнообразие индексов переведено в относительные величины. Результаты оценки представлены в табл. 2. Анализ ее данных показывает, что высокая степень разнообразия природных ландшафтов характерна для Поозерья и Полесья. Именно в этих регионах типичные ландшафты имеют высокую и среднюю степень разнообразия. На востоке Беларуси доля комплексов высшей оценочной категории невелика. Здесь доминируют типичные и редкие ландшафты низкой степени разнообразия. В Предполесье представлены комплексы всех оценочных категорий. Для Западно-Белорусской провинции характерны типичные ПТК средней и низкой степени ландшафтного разнообразия.

Таблица 2  
Соотношение степеней разнообразия природных комплексов в пределах рекреационных систем провинций Беларуси

Провинции	Степень ландшафтного разнообразия, %		
	высокая	средняя	низкая
Поозерская	66,0	17,0	17,0
Западно-Белорусская	—	45,0	55,0
Восточно-Белорусская	17,0	17,0	66,0
Предполесская	37,5	25,0	37,5
Полесская	67,0	33,0	—

Таблица 3

Оценочная шкала разнообразия рекреационных ландшафтов

Степень ландшафтного разнообразия	Земельные угодья, %				
	лесные	пахотные	луговые	водные	болотные
Высокая	20–40	0–20	60–80	2–10	1–5
Средняя	50–75	15–40	1–10	1–20	—
Низкая	20–45	50–70	1–5	1–15	1–2

Рассмотренные природные территориальные комплексы, существенно измененные рекреационной деятельностью, преобразовались в специфические рекреационные ландшафты. Особенность их использования такова, что отдельные участки осваиваются как пашни, сенокосы или выпасы. Многообразие видов деятельности приводит к формированию оригинального строения рекреационных ландшафтов. Определение его специфики и оценка позволяют вычленить комплексы высокого, среднего и низкого разнообразия (табл. 3). В первую группу входят комплексы, имеющие чрезвычайно разнообразную структуру угодий с существенной долей луговых, болотных и лесных участков. Наиболее яркий представитель этой группы – пойменный ландшафт. Группа низкого ландшафтного разнообразия отличается менее разнообразной структурой угодий: в ней небольшими долями представлены лесные, луговые и водные участки, но преобладают массивы пашни. В группу входят 8 комплексов, среди них такие как холмисто-моренно-эрозионные, лессовые. Группа среднего ландшафтного разнообразия объединяет 6 комплексов со структурой угодий, в которой присутствуют водные, пахотные, луговые пространства, но ведущую роль играют лесные участки. В ней выделяются водно-ледниковые и аллювиальные террасированные ландшафты.

Расчет интегрального показателя ландшафтного разнообразия рекреационных систем производился на основе оценок природных и рекреационных ландшафтов. Полученные суммарные показатели переведены в баллы по трех-

ступенчатой шкале и объединены в группы максимального, оптимального и минимального разнообразия. Территориальное распределение интегрального показателя выявило ряд особенностей. Наиболее высокие степени ландшафтного разнообразия характерны для рекреационных систем Полесья. В этом регионе одна половина ПТК, используемых для рекреации, имеет максимальную степень разнообразия, вторая – оптимальную. В Поозерье представлены все три степени ландшафтного разнообразия. Каждая из них занимает около 33 % площади РС. В Предполесье, Западно-Белорусской и Восточно-Белорусской провинциях доминируют комплексы минимального разнообразия, занимающие соответственно 62, 70 и 83 % территории рекреационных систем. В Предполесье и на востоке страны также присутствуют комплексы максимального, а в Западно-Белорусской провинции – оптимального ландшафтного разнообразия.

Интегральная оценка ландшафтного разнообразия показала, что при выборе территорий для рекреационного использования большое значение имеют степени разнообразия как природных, так и рекреационных комплексов. Только оптимальное их соотношение позволит выбранному пространству сохранить привлекательность для отдыхающих на долгий период. В Предполесье, Полесской и Восточно-Белорусской провинциях есть необходимость расширения рекреационных территорий для длительного отдыха, имеются и ПТК с хорошим рекреационным потенциалом, но такое расширение рационально лишь в случае использования ландшафтов максимальной и оптимальной степени разнообразия. В Предполесье – это разумное сочетание типичных моренно-зандровых с редкими аллювиальными террасированными и уникальными пойменными комплексами; в Восточно-Белорусской провинции – типичных водно-ледниковых и вторично-моренных с пойменными ПТК; в Полесье – органичное использование в сложившейся пропорции всего набора типичных и редких ландшафтов.

1. Рекреационные системы. М., 1986. С. 12.

2. Потаев Г. А. // Природ. ресурсы. 2000. № 3. С. 95.

3. Рэкрэацыйны патэнцыял ландшафтаў // Нацыянальны Атлас Беларусі. Мн., 2002. С. 151.

4. Гродзинський М. Д. // Ландшафт як інтегруюча концепція ХХІ сторіччя. Київ, 1999. С. 50.

5. Ландшафтная карта Белорусской ССР. М., 1984.

6. Марцинкевич Г. И., Счастливая И. И. // Проблемы ландшафтного різноманіття України. Київ, 2000. С. 54.

Поступила в редакцию 04.05.2004.

*Ирина Иосифовна Счастливая* – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры географической экологии.

УДК 552.32/33 (476.2)

Л.В. ШТЕФАН

## КСЕНОЛИТЫ ОСНОВНЫХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛАНЦЕВ ИЗ ДИАТРЕМ ЖЛОБИНСКОЙ СЕДЛОВИНЫ

According to the conducted research xenoliths of the crystalline garnet-pyroxenolite rocks of the diatremes of Belarus are both diaphthorethitic rocks the ones changed under the lower temperatures and granetlike rocks of the Archean Age found in the Osnitsko-Mikashevichi volcano-plutonic belt.

В щелочно-ультраосновных и щелочно-базальтоидных породах зон активизации платформ (трубках взрыва и рифтах) наибольший интерес для исследователей представляют находящиеся в них ксенолиты – фрагменты кристаллических пород, вынесенные щелочными расплавами из различных уровней земной коры. Среди этих фрагментов, в свою очередь, могут встречаться нетипичные для данного района образования, представляющие собой реликты пород, исчезнувшие в результате метаморфизма, или породы больших глубин, недоступных в настоящее время исследованию. Изучение фрагментов (в виде ксенолитов) из диатрем перекрытого осадочным чехлом (от сотен метров до нескольких километров) кристаллического фундамента Беларуси поможет пролить свет на его строение, вещественный состав и процессы проходящих там метаморфических преобразований.

В осадочном чехле Жлобинской седловины на глубине 120–250 м в отложениях герцинского комплекса осадочных и вулканогенно-осадочных пород средне- и верхнедевонского возраста было выявлено около 40 пикритовых и щелочно-базальтоидных диатрем, объединенных в несколько рудных полей [1–3]. Отделом твердых полезных ископаемых БелНИГРИ (руководитель Е.А. Никитин) из керна скважин, вскрывших диатремы, было отобрано и проанализировано около 100 образцов ксенолитов кристаллических пород различного химического и минерального состава (от кислых и средних до основных и ультраосновных). Большая их часть была захвачена из разных уровней кристаллического фундамента и вынесена щелочно-пикритовыми расплавами в осадочный чехол. В данной статье приведены результаты исследования 10 образцов кристаллических гранатсодержащих пород, обладающих сходством петрографического и петрохимического состава, отобранных из Красницкой, Княжевской и Нижневской диатрем Жлобинского поля (западная часть Жлобинской седловины).

Жлобинская седловина совместно с Городокско-Хотецкой ступенью – это структура, отделяющая Оршанскую впадину от северного плеча Припятского прогиба и соединяющая Белорусскую и Воронежскую антеклизы. Седловина расположена в пределах Осницко-Микашевичского вулканоплутонического пояса протерозойского времени. Кристаллический фундамент в районе Жлобинской седловины сложен преимущественно породами диорит-гранодиорит-гранитной формации, в которых встречаются многочисленные останцы метадолеритов и метагабброидов [4]. Субстратом пояса являются диафторированные и гранитизированные метаморфические породы гнейсо-гранулитовые и амфиболит-гнейсового комплексов архейского возраста на востоке и сланцево-амфиболит-плагииогнейсового (тетеревская серия) раннепротерозойского возраста на западе [4]. Докембрийские гранулиты основного состава распространены в фундаменте Беларуси довольно широко. Они слагают гранулитовые блоки Белорусско-Прибалтийского гранулитового пояса, кроме того, картируются на юго-востоке Беларуси – в Брагинском и на севере – в Витебском блоках [4, 5]. Литологически гранулиты Беларуси делятся на две группы. Первая – высокоглиноземистые гранулиты (Брагинский блок) с гнейсами гранат-биотитовыми, гранат-силлиманит-биотитовыми, ортопироксен-биотитовыми, силлиманит-гранат-кордиерит-биотитовыми, иногда клино- и/или ортопироксенсодержащими, которые в целом называют «метапелитами» [4, 6]. В гранулитах «метапелитовой» группы часто встречаются высокотемпературные и низкотемпературные минеральные парагенезисы. Вторая группа гранулитов под названием «метабазиты» характерна для преимущественно Западно-Белорусского структурного блока; представлена кристаллическими сланцами от дупироксеновых до амфиболитовых, иногда гранатсодержащими [4, 6].

Таблица 1

Химический состав гранатсодержащих кристаллических сланцев из диатрем Беларуси, мас. %

Оксиды	Состав пород*						
	1	2	3	4	5	6	7
SiO <sub>2</sub>	45,33	47,83	42,64	43,21	40,80	46,00	47,86
TiO <sub>2</sub>	0,84	0,85	0,57	1,66	1,72	1,54	0,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,85	16,79	18,70	14,23	10,13	16,79	19,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> **	10,02	7,75	8,08	15,77	15,39	9,80	5,61
MnO	0,07	0,12	0,18	0,06	0,09	0,12	0,04
CaO	3,86	10,63	12,20	2,97	7,92	7,08	7,25
MgO	13,61	7,83	7,03	12,67	13,21	5,12	6,54
K <sub>2</sub> O	3,90	1,12	1,02	2,67	2,12	4,36	4,02
Na <sub>2</sub> O	1,50	1,58	1,61	1,24	0,71	2,63	1,74
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,32	0,04	0,32	0,05	0,49	0,07
S	0,06	0,05	0,01	0,02	0,09	0,09	0,10
П.п.п.	6,40	4,74	6,90	5,64	6,99	6,07	5,87
Σ	99,56	99,61	98,91	100,40	100,12	100,09	99,41

Примечание. \* Составы ксенолитов из диатрем: Княжевская: 1 – скв. 542, гл. 195–200 м, № 129; 2 – скв. 712, гл. 517 м, № 379 а; 3 – скв. 712, гл. 443 м, № 372 а; 4 – скв. 712, гл. 312 м, № 370 а; 5 – скв. 712, гл. 343, № 371; Красницкая: 6 – скв. 541, гл. 182–194 м, № 128 а; 7 – скв. 541, гл. 162,4, № 135 а. Анализы выполнены рентгенофлуоресцентным методом с дополнительным определением потерь при прокаливании (п.п.п.); Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*\* – общее железо.

образцы ксенолитов основных пород из диатрем Беларуси – округлые обломки диаметром от менее 1 до 10 см черного и темно-зеленого цвета обычно мелко- или среднезернистой структуры и массивной текстуры. Однако в некоторых образцах иногда отмечается полосчатость с разделением на лейкократовые (существенно плагиоклазовые) и меланократовые (существенно клинопироксен-гранатовые) слойки и линзочки. Для изучения были отобраны ксенолиты пород

образцы ксенолитов основных пород из диатрем Беларуси – округлые обломки диаметром от менее 1 до 10 см черного и темно-зеленого цвета обычно мелко- или среднезернистой структуры и массивной текстуры. Однако в некоторых образцах иногда отмечается полосчатость с разделением на лейкократовые (существенно плагиоклазовые) и меланократовые (существенно клинопироксен-гранатовые) слойки и линзочки. Для изучения были отобраны ксенолиты пород



основного состава – гранат-пироксен-амфибол-плаггиоклазовые и гранат-биотит-пироксен-амфибол-плаггиоклазовые кристаллические сланцы, химический состав которых представлен в табл. 1.

Кристаллические сланцы нематогранобластовой, гранобластовой или, реже, порфиробластовой структуры, обусловленной присутствием в сравнительно мелкозернистой основной плаггиоклазовой массе более крупных зерен граната, амфибола, пироксена и биотита (рис. 1, 2). Минеральный состав сланцев довольно однообразен ( $Pig_{50-60} + Amf_{10-20} + cPx_{5-10} + G_{15-20} + oPx_{5-10} \pm Bi_{5-10}$ ), хотя количественные соотношения силикатных и феррических минералов в различных образцах варьируют. Химический состав основных минералов гранатовых сланцев дан в табл. 2. Преобладающим минералом изученных пород является средний плаггиоклаз (андезин) – 50–60 % от площади шлифа. Он представлен сравнительно мелкими полисинтетически сдвойникованными таблитчатыми или округлыми субизометричными зернами, иногда интенсивно замещенными соссюритом и хлоритом. Вероятно, изначально плаггиоклазы содержали большее количество аморфного компонента (об этом свидетельствуют продукты изменения плаггиоклаза, характерная ассоциация минералов и валовой химический состав пород).

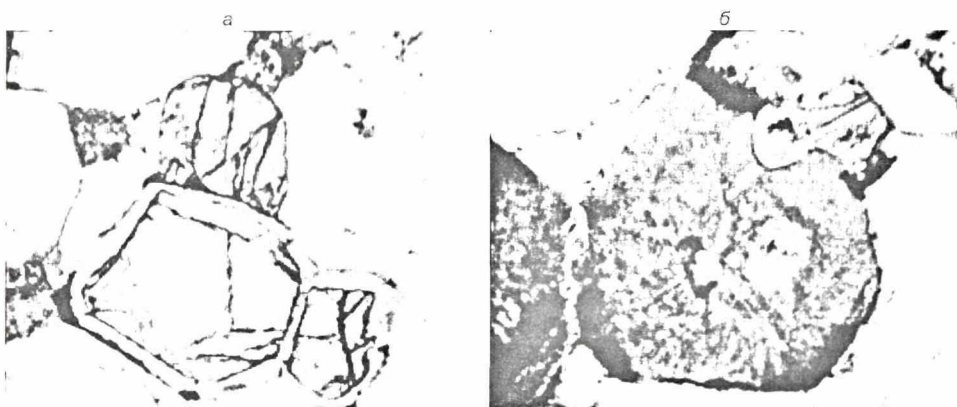


Рис. 1. Фотографии шлифов гранат-пироксен-амфибол-плаггиоклазовых кристаллических сланцев: а – тр. Княжевская, скв. 542, гл. 195,0 м, № 129 а; б – тр. Красницкая, скв. 541, гл. 182–194 м, № 128 а. На рис. 1 а изображены два зерна граната с узкими келифитовыми каймами, на рис. 1 б показаны полные магнетит-амфибол-биотитовые псевдоморфозы по гранату. Ширина поля зрения: а – 4, б – 3 мм. Без анализатора

Амфибол – болотно-коричневая или коричневая роговая обманка (10–20 % от площади шлифа) – представлен вытянутыми призматическими или субизометричными зернами, которые выделяются на фоне более мелкозернистой массы. Роговая обманка иногда опацифицирована или замещена хлоритом. Обращает на себя внимание присутствие двух видов роговой обманки, один из которых (назовем его роговая обманка-1) представлен неизменными зернами в ассоциации с относительно неизменным субизометричным гранатом, неизменным или слабо хлоритизированным клинопироксеном и плаггиоклазом. Второй тип роговой обманки (роговая обманка-2) – измененные зерна в ассоциации (часто в тесном сростании) с раздробленным гранатом или зерна, замещающие гранат (см. рис. 2).

Клинопироксен светло-зеленого цвета встречается в виде субизометричных зерен (5–10 %), иногда реликтов в уралит-хлоритовых псевдоморфозах. По оптическим константам (двупреломлению 0,035–0,036,  $cNg = 48^\circ$ , (+)  $2V = 60^\circ$ ) и химическому составу принадлежит к группе диопсид-авгита.

Ортопироксен (?) определяется предположительно по субизометричной форме хлорит-серпентиновых псевдоморфоз, присутствующих в шлифах сов-

\* Сокращенные обозначения минералов: *Pig* – плаггиоклаз, *Amf* – амфибол, *cPx* – моноклинный пироксен, *G* – гранат, *oPx* – ромбический пироксен, *Mgt* – магнетит, *Ap* – апатит, *Bi* – биотит, подстрочный символ – вариации процентного содержания минералов в шлифах изученных пород.

местно с неизменными клинопироксеном и роговой обманкой. Исследование при помощи микрозондового микроанализатора хлорита и серпентина из таких псевдоморфоз показало высокое содержание магния ( $MgO=20-26$  мас. %) и железа ( $FeO=7-10$  мас. %), т. е. первичные темноцветные силикаты, судя по химическому составу, были, вероятно, ортопироксенами или оливинами.

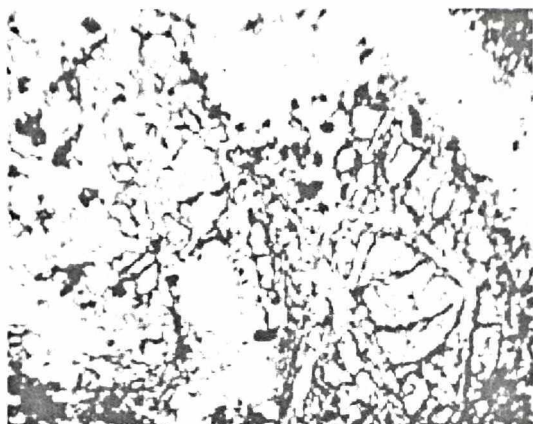


Рис. 2. Фотография шлифа гранат-пироксен-амфибол-плагиоклазового кристаллического сланца. Раздробленный и замещенный роговой обманкой гранат. Ширина поля зрения 5 мм. Без анализатора

Гранат в шлифе светлого оранжево-розового цвета чаще представлен субизометричными зернами (5–20 % от площади шлифа), реже – удлинённой или неправильной формы (см. рис. 1, 2). Во всех изученных шлифах он в разной степени изменен, причем в различных образцах можно наблюдать постепенные переходы от незначительного изменения, которое проявляется в виде тонкой светло-зеленой келифитовой каймы (см. рис. 1 а), вероятно, амфиболового состава, вплоть до полных псевдоморфоз буровато-го цвета предположительно магнетит-амфибол-биотитового состава [8] (см. рис. 1 б). В последнем случае о принадлежности

псевдоморфоз к минералам группы граната свидетельствуют характерные формы, а также многочисленные примеры постепенного превращения граната в агрегат вторичных минералов. Гранат с вытянутыми формами замещается светло-зеленым вторичным амфиболом, интенсивно раздроблен, иногда растащен по шлифу (развальцован), что свидетельствует об интенсивном катаклазе данных пород уже после кристаллизации граната (см. рис. 2).

Таблица 2

Химический состав породообразующих минералов кристаллического сланца из трубки Княжевская\*, мас. %

Оксиды	Клинопироксен		Гранат		Плагиоклаз		Амфибол	Биотит
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	50,15	50,16	38,53	38,83	55,97	55,15	40,46	38,31
TiO <sub>2</sub>	0,43	0,43	0,08	0,12	–	0,02	3,15	5,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,29	4,32	20,96	21,06	27,62	27,55	12,78	14,04
FeO*	10,49	11,26	25,72	23,97	0,06	0,07	11,95	12,37
MnO	0,23	0,21	1,06	0,86	–	–	0,09	0,02
CaO	21,30	20,47	6,37	6,43	10,07	10,32	12,13	12,13
MgO	11,65	11,78	6,94	8,46	–	–	11,89	15,23
K <sub>2</sub> O	0,01	0,02	–	–	0,57	0,35	2,77	9,38
Na <sub>2</sub> O	0,99	0,96	–	–	5,61	5,89	1,58	0,26
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,03	0,03	0,02	–	–	–	0,01
Σ	99,75	99,64	99,91	99,75	99,90	99,35	96,80	95,48

Примечание. \* Результат микрозондового исследования минералов одного шлифа. Образец № 129 а, скв. 542, гл. 195–200 м. FeO\* – неразделенное железо. Отличие суммы биотита и амфибола от 100 % показывает главным образом количество H<sub>2</sub>O в минералах; (–) – содержание ниже порога чувствительности прибора; микрозондовый анализатор Jeol 733 Superprob и совмещенный с ним сканирующий микроскоп (аналитик А.А. Вишневецкий, УГИМП, г. Киев).

Биотит насыщенного оранжево-коричневого цвета установлен только в одном ксенолите (диатрема Княжевская, скв. 542, гл. 195,0–200,0 м, образец № 129 а), где представлен относительно крупными (1–2 мм) вытянутыми лейстами без видимых следов вторичных изменений. Ассоциирует с роговой обманкой-1, сильно сосюритизированным плагиоклазом, сравнительно неизменным субизометричным гранатом, имеющим тонкую келифитовую кайму, и хлорит-карбонатными псевдоморфозами, вероятно, по пироксену.

Почти во всех образцах присутствуют мелкие неправильной формы зерна несдвойникового калиевого полевого шпата, мелкие зерна скаполита, раз-

вивающегося по плагиоклазам, а также карбоната, хлорита и серпентина – по первичным фемическим минералам. Во всех изученных гранатовых сланцах присутствуют значительные количества магнетита (5–10 % от площади шлифа), встречается ильменит, зерна апатита и сфена. Появление мелких зерен калиевого полевого шпата в породах основного состава указывает на то, что кристаллические сланцы претерпели высокотемпературный метасоматоз – гранитизацию (в химическом отношении это выражается в повышенном содержании калия).

Для выяснения термодинамических условий метаморфизма, при которых образовались или преобразовались изученные кристаллические сланцы, рассчитаем давление и температуру с помощью известных геотермометров и геобарометров. Для этого используем извлеченные и проанализированные пары сосуществующих минералов из отдельных ксенолитов. Применение термобарометрических расчетов для парагенетических ассоциаций минералов изученных ксенолитов дало следующие параметры давления и температуры. Гранат-пироксеновый геотермометр и геобарометр Д. Эллиса и Д. Грина [9]: температура 730–750 °С, давление 1,2 ГПа (диатрема Нижневская); амфибол-гранатовый геотермометр Л.Л. Перчука [10]: температура 620 °С (диатрема Княжевская); биотит-гранатовый геотермометр [10]: температура 710 °С (диатрема Княжевская); хлорит-гранатовый геотермометр [10]: температура 500 °С (диатрема Княжевская); амфибол-плагиоклазовый геотермометр [10]: температура 740 °С (диатрема Княжевская). Полученные расчеты указывают на принадлежность исследованных гранатовых кристаллических сланцев гранулитовой фации метаморфизма с температурами 710–750 °С и давлением около 1,2 ГПа, для которой равновесными ассоциациями являются клинопироксен – гранат, плагиоклаз – роговая обманка-1, биотит – гранат (а также, вероятно, ортопироксен – клинопироксен и ортопироксен – гранат). С понижением температуры до 620–500 °С возникли ассоциации позднего диафтореза: гранат – роговая обманка-2, хлорит – гранат; произошла деанортизация основного плагиоклаза с образованием мелкозернистого эпидота, альбита, хлорита и глинистых минералов (соскуритизация).

Предварительные исследования показали, что ксенолиты изученных гранат-содержащих кристаллических сланцев, вынесенные из кристаллического фундамента щелочно-ультраосновными расплавами в осадочный чехол, являются гранитизированными и диафторированными метаморфическими породами гнейсо-гранулитового комплекса, вероятно архейского субстрата протерозойского Осницко-Микашевичского вулканно-плутонического пояса. Однако для более полных и аргументированных выводов, касающихся принадлежности изученных гранат-пироксеновых кристаллических пород основного состава к архейским гранулитам, необходимо продолжить исследования в этой области и более детально рассмотреть все породы сходного минерального и химического состава, полученные из диатрем Беларуси.

1. Никитин Е.А., Левый М.Г., Дроздов В.А. и др. // Літасфера. 1994. № 1. С. 168.
2. Кручек С.А., Обуховская Т.Г. // Проблемы осадочной геологии. СПб., 1998. С. 102.
3. Кручек С.А., Обуховская Т.Г., Левый М.Г., Обуховская В.Ю. // Проблемы алмазоносности Беларуси. Мн., 1999. С. 57.
4. Геология Беларуси / Под ред. А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкого, А.В. Матвеева и др. Мн., 2001.
5. Толкачикова А. А. // Літасфера. 1999. № 10-11. С. 86.
6. Таран Л.Н. // Вещественный состав и рудоносность кристаллического фундамента Беларуси. Мн., 1997. С. 106.
7. Харьков А.Д., Вишневский А.А. // Зап. Всесоюз. минер. об-ва. 1989. Вып. 4. С. 27.
8. Стефан Л.В. // Проблемы алмазоносности Беларуси. Мн., 1999. С. 138.
9. Ваганов В.И., Соколов С.В. Термобарометрия ультраосновных парагенезисов. М., 1988.
10. Перчук Л.Л. Равновесия породообразующих минералов. М., 1970.

Поступила в редакцию 11.06.2004.

**Лариса Васильевна Стефан** – кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель кафедры динамической геологии.



## ЭТАПЫ ИЗМЕНЕНИЯ ТРОФНОСТИ ОЗЕР ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКИХ ПООЗЕРИЙ НА ПРОТЯЖЕНИИ ИХ РАЗВИТИЯ

The study of lake's sediments show the long evolution which manifested in changes of its biolimnological type. The certain type of sedimentation and complex of the biological rests correspond to certain type of ecosystem.

Эволюция озерных водоемов со времени дегляциации территории Беларуси служит отражением глобальных и локальных изменений природно-климатических условий, а в последнее столетие – антропогенного воздействия на озеро. Природно-антропогенные факторы влияют на поступление питательных веществ в экосистему озер и на формирование того или иного типа водоема и уровня трофности. Эти процессы определяют характер связи внутреннего состояния экосистемы с внешними условиями. Трофический статус озер, развитие и изменение биоты определяются количеством поступления в них биогенных веществ, их аккумуляцией и внутриводоемным преобразованием. Приток поверхностных и грунтовых вод с водосбора обеспечивает транспорт питательных веществ в озерные экосистемы. Объем и химический состав вод зависят от природно-климатических характеристик окружающей территории и антропогенного воздействия. Интегральной величиной, отражающей связь водоема и водосбора, можно считать период водообмена озера, исчисляемый отношением величины объема водной массы водоема и объема притока. Проточность водоемов за период существования современных озер изменялась в соответствии с обводненностью территории, развитием гидрографической сети и изменением уровня озер.

Конечным результатом переработки озерной системой автохтонного и аллохтонного вещества являются донные отложения, состоящие из смеси органического и минерального материала озерного и водосборного бассейнов. В небольших озерах с простыми водосборами отложения отражают происходящие локальные экологические изменения в них и на водосборе. При большой площади водосбора в осадках фиксируются глобальные изменения и события из обширных областей и регионов [1–3].

Анализ химического состава и основных биокомпонентов в осадках озер в сочетании с геоморфологическим методом исследования строения котловин (террасового комплекса) позволяет проводить реконструкцию гидрологических условий и палеоэкологической обстановки, а также диагностику трофического состояния экосистем водоемов.

Изменение гидрологического режима озер Балтийских Поозерий зоны смешанных лесов в позднеледниковое время отразилось в эволюции озерных лимносистем, которая только в общих чертах с учетом закона нарастания их энтропии отражает закономерность изменения уровня трофности от олигомезотрофного состояния через эвтрофное к дистрофному и стадии болота.

Сформировавшиеся к настоящему времени основные генетические и биологические типы озер могут быть охарактеризованы определенными показателями [4, 5].

*Олиготрофные* озера на территории Балтийских Поозерий во временном отрезке ограничены позднеледниковьем; характеризуются чаще всего значительной глубиной, хорошо выраженной термической стратификацией, прозрачными, низкоминерализованными, богатыми кислородом водами, низким водообменом; стоковые или бессточные, с терригенным, терригенным-глинистым типом седиментации. Слабая обеспеченность питательными веществами определяет низкий уровень продукционных процессов и образования органического вещества. Остатки водорослей в минеральных отложениях этого времени встречаются ограниченно, в них преобладают диатомовые рода *Fragilaria Lyngb.*

Водоёмы *мезотрофного* типа являются промежуточной стадией между олиготрофными и эвтрофными при естественном обогащении экосистем биогенными элементами и неуклонном росте уровня трофности. Как правило, глубоководные и среднеглубокие, слабопроточные, с высокими характеристиками качества воды и биотерригенным или биохемогенным типом седиментации. Для водоёмов данного типа характерно богатство видового состава, особенно среди диатомовых водорослей. Общее количество остатков водорослей изменяется, как правило, от 1 до 4 млн экз. в 1 см<sup>3</sup> осадка естественной влажности. Осадки характеризуются четко выраженной стратифицированностью и частой сменой доминирующих групп водорослей, среди которых планктонные диатомовые водоросли родов *Cyclotella Kutz. Breb.*, *Aulacosira Thw.* и донные *Navicula Bory*, *Pinnularia Ehr.*, *Fragilaria Lyngb.*, *Amphora Ehr.*, *Girosigma Hass.*, кремнистые цисты золотистых водорослей, ткани погруженных растений [3, 6–8].

Наиболее сложный и разнообразный тип водоёмов – *эвтрофный*. Гидрохимические и гидробиологические показатели данного типа значительно варьируют в зависимости от морфологии и параметров котловин, степени водообмена и состава приточных вод. Эвтрофные озера отличаются высокой обеспеченностью питательными веществами (главным образом фосфором и азотом), поступающими из почв и пород водосборов. В слабопроточных озерах этого типа, как правило, формируются сапропели кремнеземистого и органического типов, а накопление органического вещества в экосистеме способствует формированию терригенного, биотерригенного, хемогенного типов седиментации. Хорошо прогреваемые, насыщенные кислородом воды даже в условиях ограниченной прозрачности благоприятствуют массовому развитию гидробионтов. Для стратиграфических разрезов водоёмов эвтрофного типа отмечено максимальное содержание остатков водорослей (до 12 млн экз. в 1 см<sup>3</sup> и более), характеризующихся стабильностью видового состава доминирующих групп водорослей. Основную группу биоостатков составляют диатомовые, главным образом планктонные водоросли *Aulacosira Thw.*, *Cyclostephanos Round.*, *Asterionella Hassal.*, *Synedra Ehr.* и обрастателей – *Fragilaria Lyngb.*, *Cymbella Ag.*, *Nitzschia Hass.*, *Gomphonema Ehr.* Наряду с диатомеями присутствуют водоросли других групп (сине-зеленые, протококковые, нитчатые) видов *Pediastrum duplex*, *Tetraedron minimum*. Доминанты летнего цветения вод – *Aphanizomenon sp.*, *Microcystis sp.* Показатели щелочности – оболочки *Phacotus sp.* и др.

*Дистрофный* тип, или иначе дистрофирующие водоёмы, развивается в условиях бедного биогенного питания и под сильным влиянием гумусированных вод болотного происхождения. Данный тип характеризуется низким развитием органической жизни, в том числе планктона и бентоса. В сапропелях дистрофных озёр отмечена наименьшая численность остатков водорослей, абсолютное их количество редко превышает 1 млн экз. в 1 см<sup>3</sup> осадка. Биоиндикаторы дистрофных вод представлены незначительным содержанием остатков эпифитных видов диатомовых рода *Fragilaria Lyngb.*, численность которых увеличивается при возрастании проточности водоёма, многими видами *Scenedesmus*, спорами и пыльцой, тканями водно-болотных растений, специфическими видами кальциефобных *Cladocera*. Часто в осадках преобладают протококковые и донные сине-зеленые водоросли рода *Lyngbia sp.* Озера характеризуются терригенным, биотерригенным, биогенным типами седиментации [3, 9, 10].

В зависимости от характера питания и степени проточности можно выделить стоковые, окруженные верховыми болотами озера с преобладанием автохтонного органического вещества, имеющие низкоминерализованные, бесцветные (неокрашенные), высокопрозрачные воды, и стоково-приточные, транзитно-аккумулятивные, получающие питание из низинных и переходных болот с преобладанием аллохтонного органического вещества и имеющие низкоминерализованные, желтоокрашенные воды с низкой прозрачностью.

Озера, достигающие предельно высоких стадий эвтрофии, определяются как *гипертрофные*, но они формируются не в естественных природных условиях, а исключительно в результате деятельности человека. В верхней части стратиграфических разрезов под влиянием увеличения притока питательных

веществ в водоемы происходят изменения в биологических сообществах. В видовом составе доминирующую роль занимают толерантные к высоким концентрациям азота и фосфора, т. е. происходит смена доминантных видов родов *Cyclotella Kutz. Breb.* и *Amphora Ehr.* на *Fragilaria Lyngb.* и *Stephanodiscus hantzschii*. Появляются виды – индикаторы антропогенной трансформации, идет сокращение донных видов, возрастает численность планктонных, а среди эпифитов превалирует космополит *Fragilaria construens et var.* В комплексах увеличивается численность видов, предпочитающих повышенную минерализацию воды и щелочную среду. Продукционные процессы на начальном этапе антропогенного эвтрофирования возрастают, а при гиперэвтрофировании – сокращаются. Аналогичным образом изменяется видовое разнообразие флоры.

Детальные палеогеографические и палеонтологические исследования отложений озер подзоны смешанных лесов, проведенные для Балтийских Поозерий (Беларуси и сопредельных территорий Литвы, Латвии, Центральной России) позволяют наметить основные этапы изменения трофности на протяжении эволюции озер. Полученные данные свидетельствуют не только о разной скорости повышения уровня трофности экосистем, но и доказывают, что водоемы могут длительное время сохранять постоянным или даже понижать свой трофический статус.

Возникновение котловин озер под действием активного льда, ледниковых вод и потоков в пределах Балтийских Поозерий происходило в конце позднего плейстоцена вплоть до среднего дриаса включительно. Формированию водной массы озер предшествовал спуск обширных приледниковых водоемов и образование в понижениях в условиях холодного арктического климата позднеледниковья неглубоких, замерзающих на длительный период водоемов дистрофно-олиготрофного типа, в которых проявлялись процессы термокарста и формировались глинисто-алевроитовые и песчаные отложения [8, 11]. Северная территория зоны (Литва, Латвия, запад России) освободилась от приледниковых вод несколько позже – в беллинге [1, 3, 9, 12, 13].

На протяжении арктического периода в водоемах развивались нетребовательные к условиям жизни виды, встречающиеся как в олиготрофных, так и в дистрофных водоемах. Типичные представители флоры: *Fragilaria breviatriata Grim.*, *F. pinnata Ehr.*, *F. construens* с разновидностями; широкое развитие получили *Amphora pediculus (Kutz.) Grun.*, *Gyrosigma attenuatum (Kutz.) Rabenh.* Для диатомовой флоры этой эпохи характерна бедность видового состава и преобладание представителей дна и перифитона [8].

Потепление климата в аллереде приводит к появлению первичных молодых озер в пределах моренных возвышенностей и равнин. Водоемы имеют олиготрофный характер и становятся бассейнами седиментации органо-минеральных, карбонатных осадков [2, 5]. В относительно глубоких озерах формируется богатая и количественно-разнообразная флора и фауна. Массовое развитие получают планктонные виды *Cyclotella Kutz. Breb.* (*C. antiqua W. Sm.*, *C. compta (Ehr.) Kutz.*, *C. kuetzingiana Thw.*, *C. meneghiniana Kutz.*, *C. ocellata Pant.*, *C. operculata (Ag.) Kutz.*). В мелководных водоемах развиваются бентосные виды родов *Fragilaria Lyngb.*, *Navicula Bory*, *Pinnularia Ehr.*, где им принадлежит доминирующая роль [1, 2, 8, 12–15].

Этап падения уровня озер совпадает с уменьшением флювиальной активности в речных бассейнах (около 10 тыс. л. н.) [12], исчезновением Балтийского ледникового озера (около 10,2 тыс. л. н.) и регрессивной фазой Иольдиевого моря (около 9,8 тыс. л. н.), что для территории Русской равнины соответствует половецкому потеплению (10 300–10 000 тыс. л. н.) [16, 17]. В начале голоцена практически во всех озерах северо-запада и юго-запада нашей страны отмечается также накопление осадков с повышенным содержанием карбонатов, что свидетельствует о повышении температуры воды и переходе ряда озер в мезотрофную фазу развития.

Предборелеальный период ознаменовался коренными изменениями в развитии озерных водоемов лесной зоны. Для этого времени характерно формирование водной массы озер в северной части зоны – Латвии [1, 12]. Комплексы фау-



ны и флоры озер соответствуют олиготрофному и мезотрофному типам. Озера южной части региона (Литвы, Беларуси, центра России) развивались в условиях континентального и относительно теплого климата. Изотопно-кислородные кри- вые, полученные при изучении карбонатных отложений в различных регионах Беларуси, фиксируют значительное потепление климата. В озерах, возникших в позднеледниковье, отмечается значительное синхронное понижение уровня и сокращение площади, повлекшее образование подсапропелевых торфянистых слоев озер Свитязь, Волосо, Езерище, Кривое, Богдановское, Ричи, Мошно и др. [11, 18, 19]. Радиоуглеродный возраст этих слоев изменяется от 10 000 до 9800 л. н. Сходные процессы происходили и на смежных территориях [20, 21].

В бореальный период отмечаются изменения климата как в сторону потепления, так и похолодания. Данные изучения динамики уровней озер показали, что около 8,5 тыс. л. н. в большинстве из них установились средние и низкие уровни [18, 22]. Исследования микрофоссилий также свидетельствуют о низком уровне существовавших озер. Поступление с грунтовыми и поверхностными водами питательных веществ обусловило резкую дифференциацию водоемов на различные биолимнические типы. Дистрофный характер мелких озер с малым объемом водной массы и низким водообменом сохраняется до сих пор. Проточные водоемы, хорошо обеспеченные питательными веществами, приобрели черты эвтрофных. Озера, расположенные в крупных, сильно врезанных в рельеф котловинах, но с замедленным водообменом при слабом развитии питающей гидрографической сети, сохраняли олигомезотрофный режим. Наряду с минеральными отложениями в водоемах формируются карбонатные сапропели. Комплекс биофоссилий отличается большим количеством развитием в богатых жизнью озерах и бедным видовым составом – в дистрофных. Для флоры характерно снижение роли планктонных и донных видов. Преобладают эпифитные виды родов: *Epithemia* *Breb.*, *Cymbella* *Ag.*, *Fragilaria* *Lyngb.* Часто встречаются *Cyclotella* *comta* (*Ehr.*) *Kutz.*, *Navicula* *bacillum* (*Kutz.*) *Pascher*. *Ehr.*, *Navicula* *oblonga* *Kutz.*, *Amphora* *ovalis* *Kutz.*, *Tabellaria* *fenestrata* (*Lyngb.*) *Kutz.* В осадках наиболее распространенного эвтрофного типа доминируют протококковые, вольвоксовые водоросли, фрагменты животных. Конец бореального периода (8400–7800 л. н.) отмечен похолоданием климата во многих регионах Европы [23, 24].

Атлантический период является временем температурного оптимума и повышенного количества осадков в голоцене. Изменения уровней озер на территории Беларуси и в смежных регионах происходили асинхронно. В южной Швеции и Эстонии в период 7,5–6,0 тыс. л. н. отмечались высокие и средние уровни, после 5,0 тыс. л. н. – низкие [25]. На территории Польши в атлантическом периоде доминируют низкие и средние уровни водоемов [23]. В большинстве озер нашей страны около 7,5–7,0 тыс. л. н. фиксируются низкие и средние уровни, а к 6,5–6,0 тыс. л. н. – высокие и средние [18]. В конце атлантического этапа (6000–5000 л. н.) на большей ее части отмечалась тенденция к падению озерных уровней, за исключением ряда водоемов Поозерья. Снижение уровней привело к накоплению торфянистых слоев и грубодетритового сапропеля в сублитеральных зонах озер, усилились процессы заболачивания древних озерных котловин. В большинстве случаев озерные отложения атлантического периода представлены смешанными, тонко- и грубодетритовыми сапропелями, илами. Процессы накопления известкового типа осадков продолжались в местах распространения карбонатных отложений на северо-западе и юго-западе Беларуси, при этом в их составе возросла роль органического вещества [2, 5, 11]. В условиях теплого и влажного климата значительно увеличилась проточность водоемов, возросло поступление питательных веществ с водами, дренирующими водосборы. Процессы эвтрофирования охватывают не только малые озера, но и крупные (Мястро, Нарочь, Друکشай). Дистрофные водоемы сохраняют свой статус, в них господствует фрагилияриевая флора. В широко распространенных озерах эвтрофного типа богатые и разнообразные флора и фауна характеризуются массовым развитием и доминированием в сообществах сине-зеленых водорослей, обильным развитием вольвоксовых, в осадках высока численность остатков животных и макрофитов.

В диатомовых комплексах преобладают планктонные виды родов *Aulacoseira* Thw., *Stephanodiscus* Ehr., *Cyclotella* Kutz. Breb. Субдоминантное положение в комплексе занимают *Fragilaria leptostauron* var. *martyi* (Herib.) Lange-Bertalot, *Fragilaria brevistriata* Grun., *Fragilaria construens* (Ehr.) Grun. et. var., *Navicula scutelloides* W. Sm., *Amphora ovalis* Kutz., *Amphora pediculus* Kutz. и др. [8, 12].

Пришедший на смену атлантическому суббореальный период отличался частыми колебаниями климата от похолодания до потепления. Повышение влажности, активизация флювиальных процессов и подъем уровней озер фиксируется около 5,0 тыс. л. н. между 4,7–4,3 и 3,3–2,8 тыс. л. н. [16, 21, 23, 24, 26]. Органическая жизнь в водоемах отличается бедностью видового состава и слабым развитием, вплоть до исчезновения отдельных видов. Господствуют бентосные виды родов *Fragilaria* Lyngb., *Cymbella* Ag., *Epithemia* Breb., *Pinnularia* Ehr. [27]. Отмечается массовое развитие водорослей других групп – сине-зеленых (максимальное содержание для стратиграфических разрезов – 40–60 %), протококковых, в осадках в изобилии представлены фрагменты животных. Высока степень развития водной растительности (ткани макрофитов составляют 20–30 % биоостатков).

Последний этап в эволюции озер (субатлантический период) характеризуется, с одной стороны, относительным похолоданием климата, вызвавшим увеличение обводненности озер, с другой – заселением территории лесной зоны на рубеже среднего и позднего голоцена человеком, чья хозяйственная деятельность наряду с природно-климатическим становится определяющим фактором развития озерных экосистем.

Водоемы данной эпохи отличаются пестротой и разнообразием лимнических типов, имеющих современные черты. Диатомовая флора богата и разнообразна за счет массового развития представителей родов *Aulacoseira* Thw., *Cyclotella* Kutz. Breb., *Stephanodiscus* Ehr. в планктонном сообществе, *Fragilaria* Lyngb., *Synedra* Ehr., *Achnanthes* Bory, *Amphora* Ehr., *Cymbella* Ag., *Gomphonema* Ehr. – в перифитоне, *Navicula* Bory, *Pinnularia* Ehr., *Girosigma* Hass., *Nitzschia* Hass. и др. – в донных альгоценозах [28, 29].

На основе рассмотрения комплексной седиментологической, палеонтологической, геохимической, хронометрической информации по 25 белорусским водоемам были проведены реконструкции изменения уровней озер и увлажненности [18].

Временные срезы 11,0 и 10,5 тыс. л. н. характеризуются высокими уровнями озер, которые затем (10 тыс. л.) сменились синхронным падением уровней. Позднеледниковые водоемы были спущены и превратились в болота. На рубеже 9,5 тыс. л. н. преобладали высокие и средние уровни, а 9,0 тыс. л. н. – средние и низкие. Около 8,5 тыс. л. н. в большинстве изученных озер установились низкие уровни, 8,0 тыс. л. н. доминировали высокие. Период низких уровней в озерах 7,5 тыс. л. н. сменился тенденцией к их повышению (7,0 тыс. л. н. – средние, 6,5 тыс. л. н. – высокие) и последующим падением (6,0 тыс. л. н. – средние, 5,5 тыс. л. н. – низкие). Повышение уровней озер отмечено 5,0 и 4,5 тыс. л. н., в последующие периоды голоцена преобладали средние уровни с тенденцией к понижению (4,0; 3,5; 2,5 и 0,5 тыс. л. н.) и повышению (3,0 тыс. л. н.). Около 2,0 и 1,0 тыс. л. н. гидрологический статус озер был однообразным.

Выявленные изменения уровней водоемов в сочетании с характеристикой растительности на водосборе позволяют выполнить реконструкцию климатических изменений. С максимальной точностью можно выделить: сухие климатические условия – 12,0 тыс. л. н.; влажные – 11,0; 8,0; 5,0; 4,5 и 3,0 тыс. л. н.; сухие – 10,0 и 8,5 тыс. л. н.; умеренные – 7,5; 2,0 и 1,0 тыс. л. н.

Изменения климатической обстановки и уровня водности вызывали флуктуацию в трофическом состоянии озер в пределах одного периода. Потепление климата и снижение уровня водоемов приводили к возрастанию трофности, развитию процессов эвтрофирования, похолодание и подъем уровня – к снижению трофического состояния (дизэвтрофированию). Колебания происходили как в пределах одного биолимнического типа, так и с переходом на более низкий уровень продуцирования.

Изменения эрозионных циклов отразились на строении котловин озер и их террасовых комплексов. Количество выделяемых террас изменяется от 1 до 5. Преобладающее количество озер имеют 3, реже 2 ярко выраженные надпойменные террасы, 4 и более – озера, приуроченные к краевым областям поозерского ледника, расположенные в макроложбинах, служащих долинами стока приледниковых вод. Первая аккумулятивная терраса гипсометрически на 0,5–0,7 м выше среднего многолетнего уровня озер, вторая прослеживается на высоте от 1,0 до 2,0 м. Террасы, расположенные еще выше, связаны преимущественно с эрозионной деятельностью вод и имеют высоты: третья – 5,0–7,0 и четвертая – 7,0–12,0 м.

Ниже современного уровня на глубине 0,5–0,7 м обнаружены подводные террасы и следы древних береговых линий. Террасы или их фрагменты имеют отчетливо выраженную площадку (шириной 2–10 м), бровку и уступ (высотой до 0,5 м). Сложены террасы чаще всего озерным песком, перекрытым наилком, или образованы плотным слоем слаборазложившегося торфа. Береговые линии маркированы валунами или пнями деревьев, сохранивших вертикальную ориентировку ствола и горизонтальную – корневой системы [30].

Анализ материалов комплексного био- и хемотратиграфического изучения озерных осадочных толщ при высокой детальности исследований позволяет выделять многовековые, вековые и внутривековые циклы на протяжении этапов голоцена. Неоднородность в развитии различных групп живых организмов, часто сменяющийся состав комплексов в сочетании с данными геохимического анализа осадков позволяют выделить стадии и фазы колебаний уровня трофности, связанные с макро- и микроклиматической цикличностью даже в пределах одного биологического типа [2].

1. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л., 1985.
2. Жуховицкая А.Л., Власов Б.П., Курзо Б.В., Кузнецов В.А. Озерный седиментогенез в голоцене Беларуси. Мн., 1998.
3. Кабайлене М.В. // Науч. тр. высш. учеб. заведений Литовской ССР. Геология. Вильнюс, 1983. Т. 4. С. 106.
4. Россоломо Л.Л. Изменение лимнических систем под влиянием антропогенного фактора. М., 1977.
5. Якушко О.Ф. Белорусское Поозерье. История развития и современное состояние озер северной Белоруссии. Мн., 1971.
6. Власов Б.П., Курзо Б.В. // История современных озер: Тез. докл. VII Всесоюз. симпоз. по истории озер. Таллин, 1986. С. 79.
7. Кабайлене М.В. // Стратиграфия четвертичных отложений и палеогеография антропогена Юго-Восточной Литвы. Вильнюс, 1965. Вып. 2. С. 302.
8. Хурсевич Г.К. История развития диатомовой флоры Нарочанского бассейна. Мн., 1976.
9. Власов Б.П. // Методы исследования озерных отложений в палеоэкологических и палеоклиматических аспектах: Тез. докл. междунар. симпоз. Вильнюс, 1986. С. 20.
10. Курзо Б.В. // Методы комплексного изучения торфяных и сапропелевых отложений: Межвуз. сб. науч. тр. Мн., 1983. С. 24.
11. Якушко О.Ф., Махнач Н.А. // Проблемы палеогеографии антропогена Белоруссии. Мн., 1983. С. 24.
12. Давыдова Н.Н. // Изменения в системе водосбор – озеро под влиянием антропогенного фактора. Л., 1983. С. 201.
13. Богдель И.И., Власов Б.П., Ильвес Э.О., Климанов В.А. // История озер СССР: Тез. докл. VI Всесоюз. совещ. Таллин, 1983. Т. 1. С. 30.
14. Гунова В.С. // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. М., 1976. № 6. С. 106.
15. Козыренко Т.Ф. // Вопросы голоцена. Вильнюс, 1961. С. 311.
16. Хотинский Н.А. Голоцен северной Евразии. М., 1977.
17. Veski S. // Pollen analytical studies of lake and bog sediments. *Striat*, 1998. Vol. 38. P. 21.
18. Зерницкая В.П., Власов Б.П., Махнач Н.А. // Палеоклиматы и эволюция палеогеографических обстановок в геологической истории земли: Тез. докл. междунар. симпоз. Петрозаводск, 1998. С. 36.
19. Кузнецов В.В., Жуховицкая А.Л., Еловичева Я.К., Власов Б.П. // Лито-сфера. Мн., 1995. № 3. С. 30.
20. Kabailiene M., Raukas A. // *Boreas*. 1987. № 16. P. 125.
21. Magny M. // *C.R. Acad. Sci. Paris*, 1993. Vol. 317. Ser. 2. P. 1349.
22. Tarasov P.E., Pushenko V.Ya., Harrison S.P. // NOAA Paleolimnological Program. Boulder, 1996. P. 224.
23. Ralska-Jasiewiczowa M. // Project Catalogue for Europe. 1986. LUNBDS (NBGK-3010). P. 1.



24. Starke L. // Evolution of the Vistula river valley during the east 15 000 years. Wrocław, 1996. Pt. 6. P. 102.
25. Harrison S.P., Digerfeldt G. // Quatern. Sc. Reviews. 1993. Vol. 12. P. 233.
26. Kalicki T. // Evolution of the Vistula river valley during the east 15 000 years. Wrocław, 1996. Pt. 6. P. 94.
27. Власов Б.П. // История озер. Рациональное использование и охрана озерных водоемов: Тез. докл. всесоюз. симпоз. Мн., 1989. С. 27.
28. Власов Б.П., Еловичева Я.К., Жуховицкая А.Л. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1990. № 2. С. 52.
29. Vlasov B.P., Khursevich G. // Paleohydrology of the temperate zone III. Mires and lakes. Tallinn, 1987. P. 167.
30. Власов Б.П., Архипенко Т.В. // Озера Белорусского Поозерья: современное состояние, проблемы использования и охраны: Материалы междунар. науч. конф. Витебск, 1999. С. 18.

Поступила в редакцию 24.06.2004.

**Борис Павлович Власов** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующий НИЛ озераведения БГУ.

УДК 577.486:627 (476)

А.И. ЗАРУБОВ

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИБРЕЖНОГО ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР БРАСЛАВСКОГО РАЙОНА

Species diversity of littoral zooplankton in 9 lakes (Voyso, Ilmenek, Nedrovo, Nespish, Potekh, Northern Volos, Snudy, Strusto, Ikazn) of Braslav district was carry out. 69 zooplankton species were determined. The numbers of zooplankton have changed in littoral zone from 65 (N. Volos) until 1320 ind/l (Ikazn). Maximal biomass of zooplankton has reached 4,68 mg/l in Ikazn like, minimal biomass is 0,39 mg/l in Northern Volos like. A Sorensen index for all lakes was calculated.

Водоемы Браславского района являются уникальными объектами, имеющими ряд природных особенностей, которые отражают их трофический статус – от олиготрофных до дистрофных. Одним из критериев стабильности экологических систем этих водоемов выступает структурированность доминирующих сообществ водных организмов, представленных такими крупными блоками, как нектон, планктон, бентос и перифитон, благодаря которым осуществляется трансформация вещества в озерах. Развитие биологических процессов в каждом из водоемов имеет свою специфику, формирующую широкий спектр трофических возможностей.

Систематические исследования (с 1972 г. [1]) зоопланктона Браславских озер нашло отражение в сводке по видовому составу зоопланктона озер Беларуси [2]. В результате мониторинга только в пелагиали и литорали оз. Ю. Волос установлено 140 видов и варьететов коловраток, являющихся доминирующей группой в водоемах нашей страны [3]. Проведенные ранее исследования оз. Струто и Потех позволили идентифицировать здесь в летний период 2000 г. 53 таксона зоопланктона [4]. Подавляющее большинство сведений о зоопланктоне водоемов изучаемого региона касается пелагической зоны озер.

Цель исследования – выявление видового состава и количественных характеристик прибрежного зоопланктона 8 озер Браславской группы (Войсо, Ильменек, Недрово, Неспиш, Потех, С. Волос, Снуды, Струто) и 1 озера Перебродской группы (Иказнь) в летний период (июль 2003 г.).

Все озера имеют различный трофический статус: от мезотрофного с признаками олиготрофии (оз. С. Волос) до сильно эвтрофных (оз. Войсо) [5], что определяется в первую очередь их морфометрическими характеристиками и степенью антропогенной нагрузки. Деятельность человека оказала заметное влияние на качество вод некоторых озер. Так, по имеющимся литературным данным [6], оз. Иказнь – слабо зарастающее (ширина надводной растительности в начале 1990-х гг. не превышала 10 м или вообще отсутствовала). Однако в 2003 г. полоса высшей водной растительности отмечалась повсеместно и достигала местами ширины 50 м.

В период исследования в литоральной зоне озер установлено 69 таксонов водных беспозвоночных организмов. Наиболее многочисленными являлись ко-

ловратки и ветвистоусые ракообразные, число видов которых составляло 43 и 14 соответственно. Практически во всех озерах число обнаруженных видов зоопланктона колебалось от 17 до 20, за исключением озер Войсо (12) и Потех (36) (табл. 1).

Помимо планктонных видов (коловратки, веслоногие и ветвистоусые ракообразные), в прибрежье озер отмечались планктобентические и перифитонные формы, к которым принадлежат представители *Chironomida*, *Oligochaeta* (*Chaetogaster limnaei* Baer, 1827), *Tardigrada*, *Ostracoda*, *Hydra*, личинки насекомых и клещей. Встречаясь единичными экземплярами, они вследствие значительной массы тела формировали биомассу прибрежья отдельных озер (Снуды и Войсо).

Численность зоопланктона колебалась в значительных пределах (рис. 1 а), флуктуируя от 65 экз./л (оз. С. Волос) до 1320 экз./л (оз. Иказнь). Основу численности, как правило, составляют эврибионтные виды, такие как *Polyarthra vulgaris* Carlin, 1943; *Keratella cochlearis cochlearis* (Gosse, 1851); *Anuraeopsis fissa* (Gosse, 1851); *Ascomorpha ecaudis* Perty, 1850; *Bosmina longirostris* (Muller, 1785); *Ceriodaphnia quadrangula* Muller, 1785; *Chydorus sphaericus* (Muller, 1785), а также науплиальные стадии веслоногих ракообразных. Эти виды отмечены повсеместно, однако их численность в каждом из обследованных озер различная. Например, численность коловратки *Polyarthra vulgaris* Carlin, 1943 изменялась в пределах от 2 экз./л (оз. С. Волос) до 276 экз./л (оз. Недрово), *Keratella cochlearis cochlearis* (Gosse, 1851) – от 1 экз./л (оз. Струсто и С. Волос) до 60 экз./л (оз. Недрово).

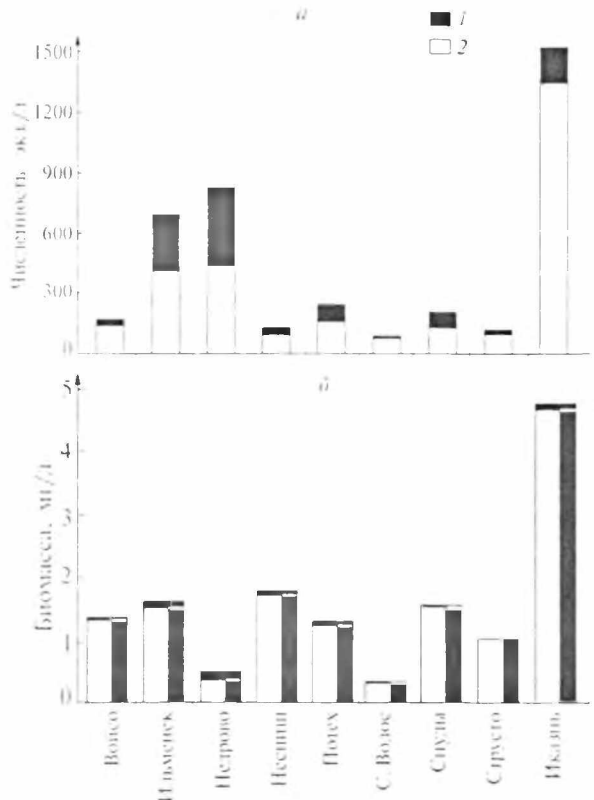
Наряду с широко распространенными формами водных беспозвоночных в прибрежье озер встречались редкие виды, к которым относятся *Cephalodella physalis* Myers, 1924; *Cephalodella ventripes* (Dixon-Nuttall, 1901); *Lecane signifera* (Jennings, 1896); *Notholca foliacea* (Ehrenberg, 1838); *Notholca labis* Gosse, 1887; *Platytias quadricornis* (Ehrenberg, 1832); *Trichocerca lata* (Jennings, 1894); *Trichocerca rattus* (Muller, 1776); *Polyphemus pediculus* Linne, 1778; *Scapholeberis mucronata* Muller, 1785. Указанные виды отмечены лишь в отдельных водоемах в количестве 1–2 экз./л.

По структурным показателям доминирующим ком-

Таблица 1

Видовое богатство прибрежного зоопланктона озер Браславского района (лето 2003 г.), экз./л

Озера	Общее число таксонов	Коловратки	Ветвистоусые ракообразные	Другие группы
Войсо	12	4	4	4
Ильменек	20	12	3	5
Недрово	19	12	4	3
Неспиш	20	11	2	7
Потех	36	22	8	6
С. Волос	17	6	8	3
Снуды	18	11	1	6
Струсто	19	10	3	6
Иказнь	19	11	5	3



Численность (а) и биомасса (б) прибрежного зоопланктона в озерах Браславского района (лето 2003 г.):

1 – Rotifera, 2 – всего

плексов зоопланктона в литоральной зоне исследованных озер могут преобладать ротаторные, ротаторно-кладоцерные либо копеподные сообщества. По степени снижения численности ротаторного планктона в прибрежной зоне озера Браславского района образуют следующий ряд: Недрово (92, 7 %) → Ильменек (73,6 %) → Снуды (68,4 %) → Иказнь (68,3 %) → Потех (63,3 %) → Неспиш (42,5 %) → Войсо (28,6 %) → Струсто (26,8 %) → С. Волос (10,8 %).

Биомасса прибрежного зоопланктона во всех обследованных озерах почти исключительно слагалась либо из рачкового планктона, либо из бентических форм (олигохеты, хирономиды, остракоды, гидры, клещи, нематоды). Коловратки, доминируя по численности, вследствие малых размеров тела не составляют больших величин биомассы (рис. 1 б). Максимальных значений биомасса достигает в подверженном сильной эвтрофикации оз. Иказнь – 4,68 мг/л, минимальных – в прибрежье мезотрофного с признаками олиготрофии оз. С. Волос (0,39 мг/л). Для других озер (за исключением оз. Недрово – 0,43 мг/л) этот показатель колеблется в пределах 1,06–1,75 мг/л.

Практически все Браславские озера соединены с р. Друйка либо связаны друг с другом сетью проток и ручьев. Поэтому планктонные сообщества каждого из 9 обследованных озер имеют определенное сходство. Чтобы оценить его степень, был рассчитан коэффициент видового сходства по формуле Серенсена [7] (табл. 2). Как видно из табл. 2, максимальное видовое сходство фауны прибрежного зоопланктона отмечается в оз. Недрово и Неспиш с оз. Ильменек, а минимальное – оз. Снуды и С. Волос.

Таблица 2

Коэффициент видового сходства зоопланктона, рассчитанный по Серенсену, для озер Браславского района (лето 2003 г.)

Озера	Войсо	Ильменек	Недрово	Неспиш	Потех	С. Волос	Снуды	Струсто	Иказнь
Войсо	x	0,50	0,40	0,40	0,31	0,40	0,40	0,43	0,40
Ильменек	0,44	x	0,52	0,52	0,53	0,22	0,43	0,45	0,35
Недрово	0,39	0,62	x	0,45	0,55	0,35	0,27	0,57	0,27
Неспиш	0,38	0,60	0,46	x	0,55	0,12	0,27	0,29	0,45
Потех	0,38	0,54	0,51	0,54	x	0,14	0,24	0,25	0,36
С. Волос	0,41	0,38	0,50	0,32	0,30	x	0,12	0,25	0,24
Снуды	0,35	0,43	0,28	0,32	0,26	0,18	x	0,38	0,18
Струсто	0,39	0,41	0,42	0,41	0,25	0,33	0,44	x	0,29
Иказнь	0,52	0,46	0,37	0,46	0,44	0,44	0,28	0,32	x

Примечание. В верхней части таблицы индекс рассчитан для коловраток, в нижней – для всего зоопланктона.

Таким образом, исследование показало, что 9 озер Браславского района, обладая общим сходством фауны прибрежного зоопланктона, имеют особенности в формировании структурных характеристик основных групп водных беспозвоночных, их численности и биомассы.

1. Галковская Г. А. Ротаторный планктон озера Южный Волос (БССР): видовой состав и аспекты биоиндикации. Мн., 1990. 9 с. Деп. в ВИНТИ 31.01.90, № 1263-В90.
2. Галковская Г. А., Вежновец В. В., Рощин В. Е. Таксономическая структура зоопланктона пелагиали озер Беларуси. Мн., 1993. 25 с. Деп. в ВИНТИ 24.03.93, № 707-В93.
3. Галковская Г. А., Вежновец В. В. // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. 2000. № 3 (17). С. 81.
4. Зарубов А. И., Войтко С. Г., Курлович А. В., Драб Д. Г. // Красная книга РБ: состояние, проблемы, перспективы. Витебск, 2002. С. 101.
5. Якушко О. Ф. Озероведение. Мн., 1981.
6. Блакітная кніга Беларусі. Мн., 1994.
7. Sørensen T. // Vidensk. Selsk. Biol. Skr. 1948. Vol. 5 (4). P. 1.

Поступила в редакцию 12.01.2004.

**Александр Иванович Зарубов** – кандидат биологических наук, доцент кафедры географической экологии.



## ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НОРМАЛИЗАЦИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАЗВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

The problems associated with unification and standardization of geographic names, methods and techniques for the creation of the Geographic Names Catalog (of Belarus).

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О геодезической и картографической деятельности» на Комитет по земельным ресурсам (далее – Комзем) в лице Госкартгеоцентра возложена очень важная государственная задача по стандартизации, учету и упорядочению употребляемых географических названий, имеющая большое социальное и экономическое значение. С процессом стандартизации географических названий тесно связаны такие важные направления деятельности госучреждений, как создание и обновление топографических и общегеографических карт, атласов, учебных пособий, содержащих картографические материалы, а также вопросы демаркации границ, создания нормативных справочников и др. [1–7].

Пятилетний опыт работы отдела по учету и регистрации физико-географических объектов, существующая нормативная база позволили выявить в этом направлении круг проблем как общегосударственного, так и внутриведомственного значения.

В настоящее время остро ощущается отсутствие закона о географических названиях, который должен внести ясность в терминологию, четко обозначить обязанности и функции государственных и советских учреждений в плане упорядочения их написания. Первоначально Госкартгеоцентру вменялось в обязанность вести учет и контроль за правильным написанием только названий физико-географических объектов, затем были добавлены названия населенных пунктов, количество которых составляет 26 тыс. из 40,6 тыс. всех географических объектов, находящихся на территории Беларуси (табл. 1), что является правильным и рациональным решением.

Таблица 1

Количественная характеристика наименований географических объектов территории Республики Беларусь (данные в объеме масштаба карт 1:100 000)

Области	Заповедники, национальные парки	АТЕ и их центры	Населенные пункты	Гидрография	Урочища	Орография	Железнодорожные станции	Памятники природы	Всего по областям
Брестская	53	275x2	2203	527	1015	29	–	43	4394
Витебская	93	321x2	7596	1805	628	27	–	69	10860
Гомельская	93	272x2	2773	919	710	10	–	35	5272
Гродненская	21	254x2	4563	517	530	26	–	51	6211
Могилевская	75	255x2	3579	525	323	–	–	45	5057
Минская	215	373x2	5275	647	669	35	–	80	7667
Объекты республиканского значения	100	–	–	–	–	64	975	–	1139
Всего по типам	650	1850x2	25 989	4940	3875	191	975	323	40 600

При установлении написания должен осуществляться принцип единства подхода на основе современной топонимической теории, практики, а также с учетом местных особенностей названий географических объектов.

При рассмотрении материалов на регистрацию названия необходимо учитывать мнение ученых, специалистов географов, правоведов, историков. Основная роль при этом отводится Топонимической комиссии при Совете Министров Республики Беларусь, Топонимическим комиссиям при НАН Беларуси, при ОО «Белорусское географическое общество», мнения отдельных ученых, спе-

циалистов-рецензентов должны иметь рекомендательную роль. По результатам рецензирования списков отдельных географических названий Топонимическая комиссия принимает окончательное решение и рекомендует советским органам законодательно их утвердить. В отдельных случаях географические названия направляются на экспертизу ведущим филологам, географам, историкам для окончательного выявления генезиса, истории формирования топонима и обоснования того или другого названия объекта. Издания, подобные нормативному справочнику «Назвы населенных пунктаў Рэспублікі Беларусь. Мінская вобласць» (Мн., 2003), должны в обязательном порядке рецензироваться ведущими специалистами-географами, а спорные вопросы решаться на заседании Топонимической комиссии.

Основой для нормализации написания физико-географических (гидрография, орография, природные комплексы) и социально-экономических (города, деревни, хутора, сельские советы и др.) объектов служит единый Каталог географических названий, создаваемый Госкартгеоцентром, отдел географических названий которого учитывает все утвержденные и зарегистрированные названия, контролирует и фиксирует их изменения (образование новых, упразднение исчезнувших на местности, утверждение написания существующих), готовит документы для снятия географических названий с учета. Вся информация вносится в электронный Каталог, который представляет собой совершенную автоматизированную систему (ГИС), удобную для накопления, хранения и практического использования географических названий и сопутствующей информации о них. Принципиальная технологическая схема создания Каталога представлена на рисунке.

Автоматизированный Каталог позволяет обрабатывать географические названия, вести поиск, классифицировать географические объекты по необходимому заданному признаку. Положительным моментом такой системы является возможность подготовки к изданию тематических, территориально-административных справочников (районных, специальных бюллетеней вновь выявленных объектов и др.). Государственный Каталог наименований географических объектов является основой для создания нормативных справочников населенных пунктов, объектов гидрографии и т. д. Его возможности неограниченны.

Создание Каталога – длительный, сложный и трудоемкий процесс. Как показала практика подготовки справочников названий населенных пунктов Минской и других областей, существует проблема установления написания наименования географического объекта, т. е. национальной формы, и определения правильной его передачи на русском языке. Для этого необходима четкая система внутриведомственных нормативных актов в виде инструкций: положения о правилах сбора топонимической информации, инструкции о спорных названиях, о порядке учета и регистрации географических названий и т. д.

Подготовлен проект такого документа, разработанный Топонимической комиссией при НАН Беларуси, собственных географических названий Республики Беларусь на русском языке. Здесь важна четкая работа отлаженной системы нормативных документов: закон – постановление Совета Министров – нормативные документы Комзема – рекомендации Госкартгеоцентра – нормативные решения Советов депутатов разного уровня, а также группы горизонтальных и вертикальных связей. В центре этих связей должен находиться Госкартгеоцентр Комзема.

**О нормативности географических названий.** Госкартгеоцентр решает вопросы упорядочения и стандартизации географических названий. Однако существующие в настоящее время нормативные документы, связанные с географическими названиями, устарели, изменился подход к написанию названий. Так, если раньше при переводе названия с одного языка на другой ранее предпочтение отдавали методу *транскрибирования*, то в настоящее время в международной практике пользуются методом *транслитерации*.

В результате на практике начались отступления от существовавших норм написания географических названий как органами государственной власти, так и отдельными учеными. На наш взгляд, учитывая сложность и неоднозначность,

а порой и противоречивость написания географических названий в Республике Беларусь, при передаче их с белорусского языка необходимо по возможности сохранить устоявшийся вариант на русском языке в тех случаях, когда нет расхождений с написанием в официальных источниках информации.



Принципиальная технологическая схема создания Каталога названий географических объектов

Чтобы исключить субъективизм и найти выход из правового тупика, необходимо в экстренном порядке определить основные временные положения для нормализации географических наименований. Здесь существуют две проблемы: национальное написание названий и их передача с белорусского на русский язык. Необходимо, во-первых, определить общее направление, т. е. сформулировать общие методы и принципы написания, во-вторых, выработать конкретные правила для случаев, которые вызывают наибольшие трудности.

При национальном написании географических названий можно принять следующие общие установки: сохранение исторических корней, сложившихся традиций, местное произношение при комплексном подходе к решению проблемных вопросов. Наиболее рационально и правильно, на наш взгляд, *национальную форму написания географических названий Республики Беларусь давать в соответствии с современным литературным белорусским языком и с сохранением сложившихся традиций написания, если они не противоречат орфографии.*

Исходя из международного опыта, мы предлагаем *русскую передачу географических названий Республики Беларусь осуществлять при помощи метода транслитерации с учетом сохранившейся традиции написания, основанной на близком родстве белорусского и русского языков.*

При национальной форме написания наиболее часто встречаются следующие расхождения:

- раздельное, слитное или дефисное написание сложных географических названий,
- приставное «в»,
- названия на *-щина, -щизна,*
- написание числительных в географических названиях,
- образование прилагательных (касается названий административно-территориальных единиц);



при передаче с белорусского языка на русский:

- удвоенные согласные,
- названия, связанные с переводом,
- упорядочение одноименных названий разных родов объектов.

**Раздельное или дефисное написание сложных географических названий.** Назрела проблема отмены § 95, п. 86 «Правил белорусской орфографии и пунктуации» 1959 г., предусматривающего *дефисное написание географических названий, которые состоят из существительного и прилагательного, например: Магілёў-Падольскі, Гусь-Хрустальны.*

В проекте Инструкции по русской передаче географических названий Республики Беларусь (раздел IV, § 1) предлагается следующее: *«Названия, состоящие из двух слов (прилагательного и существительного), по-белорусски и по-русски пишутся раздельно (каждая составная часть с прописной буквы). Порядок слов (прямой или инверсионный) значения не имеет: Алізараў Стаў – Олизаров Став; Горная Кайміна – Горная Каймина; Вулька Аброўская – Вулька Обровская и др.»*

Вопрос о снятии дефиса в сложных названиях, когда на первом месте стоит существительное, а на втором – прилагательное, поднимался при обсуждении нового проекта правил орфографии русского языка в России, но не был принят. Предлагаемое изменение соответствует польскому варианту. Эта проблема возникла при подготовке Национального Атласа Беларуси, когда обращалось внимание на то, что в польских названиях дефис дается только в тех случаях, если название населенного пункта состоит из двух названий, например: Bielsko-Biała, Golub-Dobrzyń. А такие названия, как Домброва Бялостоцка, Чарна Бялостоцка, Острв Пулноцны, даются без дефиса, так как второе слово – прилагательное.

В белорусском языке в названиях населенных пунктов отсутствует дефис в издании нормативного справочника населенных пунктов Минской области Республики Беларусь, а также во многих изданиях картографической продукции, хотя вопрос о снятии дефиса в белорусском языке нигде не поднимался. На запрос в Институт языкознания НАН Беларуси о правильном написании (раздельном, слитном или дефисном) сложных названий населенных пунктов рекомендовано воздержаться от каких-либо правок до принятия официального решения Топонимической комиссией при Совете Министров Республики Беларусь. Но данный вопрос до настоящего времени не решен. В результате процесс снятия дефиса практикуется не только при создании карт, но и органами власти на местах. Это ведет к полному хаосу в написании географических названий, о чем свидетельствуют примеры из Реестра административно-территориального деления Республики Беларусь: *Тюрли Саковские, Руда Яворская, Слижи Подгребальные, Загорье-Делятичское, Пуца-Липичанская, Яцково-Корчемное и др.* Предлагаем: **в географических названиях, которые состоят из существительного с последующим прилагательным, сохранить дефис в соответствии с «Правилами белорусской орфографии и пунктуации» 1959 г. (§ 95, п. 86).**

Необходимо также решить вопрос о целесообразности внесения дополнения в следующее правило белорусской орфографии § 95, п. 8а: **«Пишутся через дефис географические названия, которые состоят из двух существительных, например: Буда-Кошелёво, Сэрца-Камень, Пераяслаў-Хмяльніцкі».**

В упоминавшемся проекте Инструкции предлагается следующее дополнение: **«§ 3. Названия, представляющие собой сочетания двух несогласованных существительных, первое из которых восходит к нарицательному названию какого-нибудь географического объекта, второе – к собственному названию этого объекта, по-белорусски и по-русски пишутся раздельно (каждая составная часть с прописной буквы): в. Асада Яхімаўшчына – д. Осада Яхимовщина; в. Выселка Рагачы – д. Выселка Рогачи; в. Аколица Баранавічы – Околица Барановичи; в. Кардон Падліп'е – д. Кордон Подлипье».** Одновременно необходимо упорядочить написание сложных названий населенных пунктов, которые начинаются со слов **хутор, двор**. Например: *Двор Поречье, Двор Низголо-*

во, Хутор Повежа, Хутор Сергеев Двор-Плино, Двор-Жары, Хутор-Борок, Хутор-Дедино и т. д. В этих целях Госкартгеоцентр предлагает **оставить без изменения правило белорусской орфографии (§ 95 п. 8а)** и исключить поправку к нему, предлагаемую в проекте Инструкции.

**Приставное «в».** Предлагается **за основу при написании приставного «в» в национальной форме написания принять правило, сформулированное в нормативном справочнике «Назвы населеных пунктаў Рэспублікі Беларусь. Мінская вобласць» (с. 37), со следующим дополнением: «В спорных вопросах правописания приставного «в» необходимо руководствоваться формой, зарегистрированной на месте, которая сложилась традиционно и не противоречит современному литературному белорусскому языку.** Например: *Орсічы, но не Ворсічы; Орля, но не Ворля».*

**Правописание названий на -щина, -щизна.** Принято считать, что присутствие «з» в суффиксе **-щизна** привнесено с польского языка и не характерно национальной форме написания. Поэтому авторы нормативного справочника рекомендовали снять букву «з». На запрос в Топонимическую комиссию при Совете Министров Республики Беларусь о выявленной непоследовательности в названиях на **-щина, -щизна** и рекомендации ученых-языковедов получен ответ, что на данном этапе вопрос еще не решен. Мы считаем, что **при расхождении в написании названий на -щина, -щизна необходимо отдавать предпочтение суффиксу -щина. Суффикс -щизна сохранять в названиях, зарегистрированных официально или по просьбе местных органов власти.**

**Написание числительных.** В географических названиях употребляется цифровое обозначение числительных и написание прописью. До настоящего времени употреблялись арабские цифры, соединенные дефисом с грамматическим окончанием, согласно официальному изданию «Руководство по сбору и установлению географических названий...» 1985 г. и «Правилам белорусской орфографии и пунктуации» 1959 г.

Сейчас органами государственной власти снимается дефис с окончанием во многих географических названиях на основании проекта Инструкции по русской передаче географических названий Республики Беларусь, например: *Тесновая 1, но не Тесновая 1-я; Боброво 2, но не Боброво 2-е и др.* Снятие окончаний в указанном случае при звуковом воспроизведении названия практически приводит к его изменению (Тесновая Один, а не Тесновая первая), что равноценно переименованию географических объектов. В результате вносится путаница в написание названий. Поэтому необходимо **при употреблении порядковых числительных с арабской цифрой в географических названиях сохранить дефисное соединение с грамматическим окончанием для исключения возможности двоякого прочтения числительного.**

При написании в географических названиях порядковых числительных прописью и согласовании белорусской и русской форм стоит проблема перевода. Считаем допустимым **сохранить в существующей переводной форме в русском варианте географические названия с порядковыми числительными прописью,** так как это обусловлено традициями и близким родством белорусского и русского языков, например: *Першамайскі – Первомайский; Залог Пяцігодкі – Залог Пятилетки.*

**О написании названий сельских Советов.** В названиях сельсоветов, образованных в виде прилагательных от одноименных населенных пунктов, а также при передаче их с белорусского языка на русский часто встречаются расхождения в написании, например: *Ровенскослободской или Ровенскослободский сельсовет* (от названия деревни *Ровенская Слобода*).

Для устранения расхождений в образовании прилагательных необходимым условием является наличие в национальной форме ударения, принятого на местах, так как местное произношение отражает именно белорусскую норму. Установлено, что местное произношение на белорусском языке – *Ровенскасладбодскі, значит, на русском должно быть Ровенскослободский, но не Ровенскослободской,* что характерно для русского языка.

Написание географических названий должно соответствовать новейшим официальным документам, издаваемым государственными органами Респуб-



ки Беларусь. Как вспомогательный материал можно использовать «Слоўнік назваў населеных пунктаў (по областям)» Я.Н. Рапановича, так как в указанном справочнике предложены названия с учетом орфографических особенностей белорусского и русского языков, исторических фактов и местных традиций.

Анализ расхождений по русской передаче названий с белорусского языка выявил следующие наиболее многочисленные их группы.

**Удвоенные согласные.** Для многих географических названий не характерно удвоенное «с», существующее в настоящее время в названиях населенных пунктов на русском языке, например: *Расолішкі – Рассолишки, Прусы – Пруссы, Уса – Усса, Чаркасы – Черкассы*. К сожалению, до настоящего времени еще не определен порядок написания соответствующих названий.

**Названия, связанные с переводом.** Несмотря на то что географические названия не подлежат переводу, часто встречаются переводные формы написания, как правило, в сложных названиях со словами *вялікі – большой, чырвоны – красный, шлях – путь, вёска – деревня* и др. Данный вопрос необходимо вынести на рассмотрение Топонимической комиссии. На начальной стадии упорядочения названий, связанных с переводом, целесообразно решить общие вопросы, т. е. **рекомендации Топонимической комиссии по наиболее часто встречающимся несоответствиям в названиях, связанных с переводом, довести до сведения облисполкомов и затем в установленном порядке провести уточнения названий соответствующими решениями на местах.**

Это уменьшило бы наполовину количество расхождений в написании существующих названий. На следующем этапе уже можно было бы индивидуально подходить к каждому названию для уточнения его написания.

В силу сохранившейся традиции **можно допустить незначительные искажения названий, связанных с переводом, в пределах их узнаваемости**, например: *Першамайск – Первомайск; Вераб'евічы – Воробьевичи*.

**О расхождении в названиях на русском языке.** Нередко расхождения одной буквы в написании географических названий на русском языке объясняются безграмотностью или механическими опечатками. Анализ таких разночтений позволил выделить наиболее часто встречающиеся: **-а или -о, -а или -я, -я или -е, -ы или -и, -о или -ё, -у или -ю.** Для устранения указанных расхождений, руководствуясь методом транслитерации, необходимо отдавать предпочтение варианту, приближенному по произношению или звучанию к белорусскому языку. Например:

- а(о) *Беларусь (бел.) – Беларусь, а не Белорусь, Падар (бел.) – Падар (рус.), а не Подар, Кабыльчыцы (бел.) – Кабыльчицы (рус.), а не Кобыльчицы, Багута (бел.) – Багута (рус.), а не Богута;*
- а(е) *Крамец (бел.) – Крамец (рус.), а не Кремец, Шалухі (бел.) – Шалухи (рус.), а не Шелухи, Машчаница (бел.) – Мощаница (рус.), а не Мощеница;*
- я(е) *Целяшэвічы (бел.) – Теляшевичи (рус.), а не Телешевичи, Ярмолічы (бел.) – Ярмоличи (рус.), а не Ермоличи, Лясіны (бел.) – Лясины (рус.), а не Лесины;*
- а(я) *Сцеберакі (бел.) – Стебераки (рус.), а не Стеберяки, Рабцы (бел.) – Рабцы (рус.), а не Рябцы, Макраны (бел.) – Мокраны (рус.), а не Мокряны;*
- ы(и) *Закрынічча (бел.) – Закрыничье (рус.), а не Закриничье, Дыбрынёва (бел.) – Добрынёво (рус.), а не Добринёво;*
- о(ё) *Шчомыслица (бел.) – Щомыслица (рус.), а не Щёмыслица, Чарвячова (бел.) – Червячово (рус.), а не Червячёво;*
- у(ю) *Крукі (бел.) – Круки (рус.), а не Крюки.*

В итоге следует отметить, что, несмотря на объективные и субъективные проблемы стандартизации географических названий Беларуси, работа ведется в правильном направлении. Для успешного ее завершения необходимо:



- совершенствовать государственно-правовую и нормативную базы в области нормализации географических названий,
- придать Госкартгеоцентру самостоятельность в решении вопросов нормализации географических названий,
- создать временный Совет (рабочую группу) при Госкартгеоцентре, в который входили бы специалисты из разных областей науки – географы, филологи, историки, топографы,
- разработать проект программ НИР в данной области, выделив целевое госбюджетное финансирование для создания каталогов по областям и на основании их соответствующих справочников и др.,
- уточнить Инструкцию по транслитерации географических названий Республики Беларусь буквами латинского алфавита для передачи национального написания географических объектов на другие языки,
- провести научную конференцию или рабочее совещание по проблеме стандартизации географических названий, организатором которой должен стать Комзем совместно с географической общественностью (НАН Беларуси, БГУ, БелГПУ и др.).

Решение поставленных задач будет способствовать упорядочению в написании географических названий, исключению субъективизма при установлении правильного (стандартного) наименования географических объектов, что даст ощутимый социальный и экономический эффект.

1. Закон Республики Беларусь «О геофизической и картографической деятельности» от 10 мая 1999 г. № 254-З. Мн., 1999.

2. Марцинкевич Г.И., Клицунова Н.К., Счастливая И.И., Якушко О.Ф. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 2001. № 1. С. 85.

3. Национальный Атлас Беларуси. Мн., 2002.

4. Положение о регистрации и учете наименований географических объектов, изданий словарей и справочников наименований географических объектов, создании и ведении Государственного каталога географических названий. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 3 июля 2000 г. № 487 // Геодезия и картография. 2000. № 7 (июль). С. 2.

5. Порядок наименования и переименования предприятий, учреждений, организаций, железнодорожных станций, аэропортов, расположенных на территории Республики Беларусь, а также физико-географических объектов: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 05.08.1998 г. № 1238.

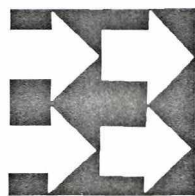
6. Положение о Топонимической комиссии при Совете Министров Республики Беларусь: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 05.08.1998 г. № 1238.

7. Порядок учета и регистрации административно-территориальных и территориальных единиц Республики Беларусь: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 05.08.1998 г. № 1238.

Поступила в редакцию 01.03.2004.

*Петр Степанович Лопух* – доктор географических наук, доцент, заведующий кафедрой общего землеведения.

*Раиса Николаевна Лопух* – заведующая отделом физико-географических названий Госкартгеоцентра.



УДК 581.1

Н.Ш. МАНГАЛАДЗЕ, Д.А. ОНИАНИ, В.М. ЮРИН, Т.И. ОНИАНИ

## СОДЕРЖАНИЕ ЙОДА В ЛИСТЬЯХ И ПЛОДАХ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

The leaves *Chamomilla officinalis*, *Humulus lupulus*, *Sambucus nigra*, *Foeniculum vulgare*, *Hyppophae rhamnoides*, *Simphitum officinalis*, *Vaccinium myrtillus*, *Laurus nobilis* are shown comprising iodine in significantly higher concentrations as compared *Origanum vulgare*, *Astragalus caucasicus*, *Carum carvi*, *Plantago major*, *Achillea millefolium*, *Veronica officinalis*.

At the same time iodine content in the leaves is highest in the spring, while in summer the content of iodine is markedly decreased. Thus, to include the green mass of plants examined in iodine-containing diet, collection of leaves is recommended in spring. The fruits of plant under examination do not contain iodine.

В настоящее время особое значение приобретает так называемое здоровое (оптимальное) питание, при котором в максимальной степени удовлетворяются потребности человека в энергетических и регуляторных соединениях. Не последнее место среди этих веществ играет йод, недостаток которого в организме человека приводит к различным расстройствам. Для поддержания необходимого уровня йода в крови широко используются различные йодсодержащие препараты, в том числе биологически активные добавки, включающие растительное сырье, которые могут более эффективно восполнить его дефицит в пищевых продуктах.

Известно, что ряд растений, например цитрусовые, шпинат и водоросли, содержат йод в значительных количествах. Другие виды растений также могут содержать высокие концентрации йода в отдельных органах и тканях.

В настоящее время в ряде лекарственных растительных препаратов, обладающих широким спектром действия, в частности предназначенных для лечения сердечно-сосудистой, мочеиспускательной, нервной и других систем [1–4], содержится йод.

Нами была предпринята попытка выявить содержание йода в некоторых широко применяемых в медицине растениях.

### Материал и методика

Были выбраны растения, влияющие на метаболические реакции в организме человека. К ним относятся *Chamomilla officinalis*, *Origanum vulgare*, *Astragalus caucasicus*, *Sambucus nigra*, *Foeniculum vulgare*, *Hyppophae rhamnoides*, *Carum carvi*, *Simphitum officinalis*, *Vaccinium myrtillus*, *Plantago major*, *Achillea millefolium*, *Laurus nobilis*, *Veronica officinalis* и *Humulus lupulus* [1, 4].

Для изучения динамики изменения содержания йода в листьях и плодах экспериментальных растений их листья в количестве 60 шт. для каждого растения отбирались в апреле, мае, июне и июле, а плоды – по мере созревания (июнь, июль).

Для анализа содержания йода использовался спектрофотометр Specord M-40. Обработка данных проводилась на компьютере с использованием специализированной программы.

## Результаты и их обсуждение

Анализ полученных результатов показал, что в плодах исследуемых растений практически не содержится йод. В листьях его содержание значительно в весенний период, тогда как в июне и июле у большинства растений установлено его отсутствие (таблица). Исключением являлись растения видов *Chamomilla officinalis*, *Vaccinium myrtillus* и в какой-то степени *Hyppophae rhamnoides*. Вероятно, отсутствие йода в большинстве растений объясняется тем, что они метаболизуют йод в процессе своего развития.

Содержание йода в листьях некоторых растений

Вид растения	Содержание йода в листьях по месяцам, мг/кг			
	Апрель	Май	Июнь	Июль
<i>Chamomilla officinalis</i>	200±12	200±14	100±8	50±4
<i>Astragalus caucasicus</i>	40±3	40±2	–	–
<i>Origanum vulgare</i>	30±2	30±2	–	–
<i>Sambucus nigra</i>	150±10	150±9	–	–
<i>Foeniculum vulgare</i>	150±11	150±8	–	–
<i>Hyppophae rhamnoides</i>	150±12	150±9	50±5	–
<i>Carum carvi</i>	60±3	60±4	–	–
<i>Simphitum officinalis</i>	250±15	250±14	–	–
<i>Vaccinium myrtillus</i>	250±13	250±11	–	–
<i>Plantago major</i>	70±4	70±4	–	–
<i>Achillea millefolium</i>	40±1	40±2	–	–
<i>Veronica officinalis</i>	40±3	40±4	–	–
<i>Laurus nobilis</i>	150±12	150±14	–	–
<i>Humulus lupulus</i>	100±10	100±8	–	–

Большое количество йода содержится в листьях таких видов растений, как *Chamomilla officinalis*, *Laurus nobilis*, *Humulus lupulus*, *Simphitum officinalis* и *Vaccinium myrtillus*. Уместно отметить, что наиболее богаты йодом морские водоросли, в частности ламинария, известная под названием морской капусты, содержание которого в растении достигает 0,3 % при концентрации его в морской воде около 0,0001 % [5]. В количественном отношении листья *Simphitum*

*officinalis*, *Vaccinium myrtillus* и *Chamomilla officinalis* приближаются по содержанию йода к морским водорослям. Собранные весной, они могут быть использованы в пищевых добавках.

1. Копалиани Л. Лекарственные растения Грузии. Кутаиси, 2002. На груз. яз.
2. Хуцишвили Е. Лекарственные растения в домашних условиях. Тбилиси, 1993.
3. Виноградова Б.Ю., Мартынов В.Б. Полная энциклопедия практической фитотерапии. М., 1998.
4. Носов А.В. Лекарственные растения. М., 1998.
5. Галактионов С.Г., Юрин В.М. Ботаники с гальванометром. М., 1979.

Поступила в редакцию 14.09.2004.

**Нина Шотаевна Мангаладзе** – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии растений Кутаисского государственного университета им. А. Церетели.

**Джаба Ардеванович Ониани** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой гидробиологии и токсикологии Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили.

**Владимир Михайлович Юрин** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и биохимии растений БГУ.

**Тамара Ираклиевна Ониани** – научный сотрудник лаборатории экологической биофизики Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили.

УДК 581.1

В.М. ЮРИН, Н.Ш. МАНГАЛАДЗЕ, Д.А. ОНИАНИ

## ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА СОДЕРЖАНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ЛИСТЯХ РАСТЕНИЙ РАЗНЫХ ВИДОВ

Content of ascorbic acid in the leaves of *Chenopodium album*, *Heracleum*, *Urtica urens*, *Amarantus speciosus*, *Ornithogalum pyrenaicum* and *Portulaca oleracea* did not change significantly in medium enriched with Co as compared to control specimen. The amount of ascorbic acid was decreased significantly in experimental specimen of *Heracleum* and *Amarantus speciosus* in Zn-rich medium, while in the rest of plants examined, content of ascorbic acid in the leaves remained unchanged.

Недостаток в организме человека аскорбиновой кислоты приводит к развитию цинги, при которой наблюдается поражение кровеносной системы и воспа-



ление ротовой полости, сопровождаемое кровоточивостью десен и выпадением зубов [1]. Организм не способен синтезировать аскорбиновую кислоту и должен получать ее с пищей. В этой связи, с одной стороны, поиск растений, содержащих в значительных количествах аскорбиновую кислоту, а с другой – выяснение возможностей регуляции ее синтеза с использованием различных факторов представляют определенный интерес и практическую значимость.

Живые организмы нуждаются в катионах металлов, обеспечивающих протекание многих жизненно важных процессов. Многие из металлов необходимы для всех форм жизни [2]. Ряд тяжелых металлов играет важную роль в процессе роста и развития растений. Известно, что такие металлы, как цинк и кобальт, являясь микроэлементами, оказывают значительное влияние на рост и плодоношение растений [3].

Целью настоящей работы было выявление действия этих металлов на содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) в листьях некоторых видов растений, наиболее широко распространенных на территории Грузии.

#### Материал и методика

В эксперименте использовались следующие виды растений: *Chenopodium album*, *Heracleum*, *Urtica urens*, *Amarantus speciosus*, *Ornithogalum pyrenaicum*, *Portulaca oleracea*, которые выращивались на сбалансированных по элементам питательных растворах [4]. Металлы  $Zn^{2+}$  и  $Co^{2+}$  добавлялись в питательный раствор в концентрации 0,001 г/л. Контрольными вариантами служили проростки экспериментальных растений, выращенных в отсутствие тяжелых металлов. В каждом варианте опыта использовались 40 проростков каждого вида растений. Содержание аскорбиновой кислоты измеряли в мае, июне и июле общепринятыми методами [5].

#### Результаты и их обсуждение

Данные по содержанию аскорбиновой кислоты в исследуемых видах растений приведены в таблице.

Известно, что наиболее богаты витамином С плоды шиповника, незрелые грецкие орехи, черная смородина, капуста. Содержание аскорбиновой кислоты в указанных растениях составляет от сотен до нескольких тысяч миллиграммов на 100 г продукта [6]. Содержание витамина С в исследуемых растениях варьировало в зависимости от вида и яруса листьев приблизительно от 1 до 7 тыс. мг на 100 г сырой массы, причем для каждого вида растения в контроле была характерна своя закономерность распределения витамина по ярусам.

Содержание аскорбиновой кислоты в листьях разных ярусов некоторых видов растений, г/кг сырого веса

Вид растения	Нижний ярус			Средний ярус			Верхний ярус		
	Контроль	Со	Zn	Контроль	Со	Zn	Контроль	Со	Zn
<i>Heracleum</i>	66,0±6,2	81,0±12,1	15,0±4,1	80,0±6,9	79,0±9,1	70,0±8,5	40,0±3,5	45,0±3,6	20,0±3,2
<i>Amarantus speciosus</i>	21,2±2,1	20,1±3,4	12,0±1,0	13,0±2,1	14,3±2,0	13,0±2,1	19,6±2,8	21,0±3,1	10,0±1,5
<i>Urtica urens</i>	12,4±1,3	12,4±1,5	10,0±0,6	24,0±1,9	23,0±2,1	20,0±2,9	13,0±1,5	12,3±1,7	12,0±0,9
<i>Chenopodium album</i>	16,0±2,1	16,0±2,0	16,0±1,8	11,0±1,9	10,0±1,0	10,0±1,3	5,1±0,6	5,0±0,5	10,0±1,1
<i>Portulaca oleracea</i>	71,0±8,1	71,0±7,5	67,0±6,0	42,0±3,2	41,0±4,1	45,0±5,1	13,4±1,3	11,0±1,3	10,0±0,9
<i>Ornithogalum pyrenaicum</i>	25,0±2,7	25,0±1,9	30,0±3,2	13,0±1,5	14,0±1,1	14,0±1,7	26,0±2,9	23,5±2,9	25,1±3,0

Как видно из таблицы, содержание аскорбиновой кислоты в листьях растений под действием кобальта изменялось незначительно по отношению к контрольному варианту. Различия в содержании аскорбиновой кислоты при внесении в питательную среду цинка по отношению к контролю были более заметными, в частности, отмечалось ее достоверное уменьшение в *Heracleum* и *Amarantus speciosus*, тогда как в листьях других растений не было изменений по сравнению с контролем. Очевидно, в листьях *Heracleum* и *Amarantus speciosus* реакции синтеза аскорбиновой кислоты наиболее чувствительны к действию цинка. В то же время эффект  $Zn^{2+}$  в большей мере проявляется на листьях

верхнего и нижнего ярусов, тогда как в среднем ярусе содержание аскорбиновой кислоты сравнимо с контрольными вариантами.

1. Комов В. П. Биохимия. М., 2004.
2. Альберт А. Избирательная токсичность. М., 1989.
3. Битюцкий Н. П. Микроэлементы и растение. СПб., 1999.
4. Чертавина И. А., Потапов Н. Г., Косулина Л. Г., Кренделева Т. Е. Большой практикум по физиологии растений. М., 1978.
5. Туркина М., Соколова С. Биохимические методы в физиологии растений. М., 1971.
6. Кретович В. Л. Биохимия растений. М., 1980.

Поступила в редакцию 17.09.2004.

**Владимир Михайлович Юрин** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и биохимии растений БГУ.

**Нина Шотаевна Мангаладзе** – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии растений Кутаисского государственного университета им. А. Церетели.

**Джаба Ардеванович Ониани** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой гидробиологии и токсикологии Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили.



## БЕЛОРУССКОМУ ГЕОГРАФИЧЕСКОМУ ОБЩЕСТВУ – 50 ЛЕТ

На географическом факультете БГУ 5 октября 2004 г. состоялся очередной VII съезд общественно-общественного объединения «Белорусское географическое общество».

В его работе приняли участие представители научных и общественных организаций, преподаватели высших и средних учебных заведений, учителя географии. В качестве почетных гостей были приглашены академики НАН Беларуси А.В. Матвеев, Р.Г. Горецкий, В.И. Парфенов. Из избранных на съезд 73 делегатов присутствовали 62.

Открыла съезд почетный член ОО БГО профессор О.Ф. Якушко, которая предложила считать данный форум первым конгрессом белорусских географов.

В приветственном слове декан географического факультета профессор И.И. Пирожник отметил, что БГО является правопреемником Русского географического общества и за 50 лет – с начала самостоятельной деятельности (1954 г.) – внесло большой вклад в развитие географической науки в нашей стране. С 1962 г. ОО БГО работает на географическом факультете, который в отсутствие профильного научного института является центром географической науки и образования в Республике Беларусь.

С обращением к съезду выступил один из организаторов БГО доцент Ф.С. Фещенко. В разные годы председателями общества были известные ученые: И.С. Лупинович (с 1954 по 1957 г.), К.И. Лукашев (с 1957 по 1960 г.), Т.С. Горбунов (с 1960 по 1962 г.), В.А. Дементьев (с 1962 по 1974 г.), В.А. Жучкевич (с 1974 по 1983 г.), В.С. Аношко (с 1983 г. по настоящее время).

Профессор В.С. Аношко зачитал обращение к VII съезду БГО президиума Русского географического общества, в котором отмечаются тесные научные контакты между членами географических обществ России и Беларуси, а также существенный вклад географов нашей страны в развитие мировой географической науки.

С приветственным словом к съезду обратился академик НАН Беларуси председатель Ботанического общества Беларуси В.И. Парфенов. В своем выступлении он подчеркнул значение географических исследований для ботанической науки, высоко оценил создание Национального Атласа Беларуси, отметил совместную работу географов и ботаников по проблемам Полесья. От имени членов ботанического общества он преподнес в подарок Атлас биологического разнообразия лесов Европейской России и сопредельных территорий и карту растительности Беларуси.

С докладом о деятельности Ученого совета БГО за 2000–2004 гг. выступил председатель ОО БГО профессор В.С. Аношко.

Председатель ревизионной комиссии профессор Г.И. Марцинкевич доложила о результатах работы, внесла ряд предложений по улучшению деятельности БГО, в частности региональным отделам представлять ежегодный финансовый отчет в центральную организацию и отчислять 20 % средств для оплаты членского взноса в Международный географический союз.

Делегаты съезда заслушали выступления представителей отделов ОО БГО: А.В. Грибко (Брестский отдел), И.Н. Шарухо (Могилевский отдел), В.Е. Пашука (Гомельский отдел), В.Л. Белой (секция школьной географии), И.А. Захаренко (секция белорусского востоковедения). С пожеланиями успешной работы выступили один из создателей Могилевского отдела общества П.А. Лярский и краевед В.Н. Киселев.

VII съезд общественного объединения «Белорусское географическое общество» единогласно принял постановление, в котором говорится:

- Деятельность Ученого совета ОО БГО признать удовлетворительной.
- Отметить хорошую работу Брестского и Могилевского отделов БГО.
- Утвердить отчет ревизионной комиссии.
- Активизировать деятельность ОО БГО с целью повышения роли географической науки в решении актуальных научных задач, направленных на обеспечение устойчивого социально-экономического развития Беларуси. Расширить комплексные региональные географические исследования.
- Усилить связи ОО БГО с производственными, научными, проектными учреждениями для совместного решения проблем рационального природопользования.
- Оказывать научно-методическую помощь общественным организациям, деятельность которых направлена на решение экологических задач глобального, регионального и локального уровня.



• Усилить работу региональных отделов ОО БГО: активизировать их деятельность по повышению количественного состава, сконцентрировать внимание на проблемах устойчивого развития регионов, повышения уровня исследований, качества научных, научно-методических и учебных географических изданий.

• Принять участие в проведении научных географических экспертиз крупных социально-хозяйственных проектов, программ и т. д.

• Активизировать работу по изучению географических аспектов проблем устойчивого развития Беларуси и ее отдельных регионов, а также в плане геоэкологического образования населения.

• Больше внимания уделять подготовке географических кадров, содействовать изданию учебников, учебно-методических пособий, проведению географических олимпиад разного уровня, научно-методических семинаров для учителей. Проводить обсуждение и экспертизу новых учебников, пособий и других изданий по географии.

• Принять участие в разработке программ географических дисциплин в связи с переходом на двухуровневую систему образования в вузах Беларуси. Провести научную конференцию по проблемам преподавания географических дисциплин в вузах.

• Уделять больше внимания вопросам преподавания географии в средней школе. Вместе с Министерством образования Республики Беларусь провести научно-практическую конференцию по этой тематике.

• Активизировать работу по подготовке научной литературы. В 2005–2010 гг. издать не менее двух научных трудов членов ОО БГО: организовать выпуск научно-методической литературы по географии для учителей средних школ страны.

• Пропагандировать географические знания среди населения. Активно использовать для этой цели СМИ.

• Продолжить работу по организации научных чтений, посвященных известным белорусским географам и важным географическим событиям.

• Усилить связи с географическими обществами СНГ и других стран.

В постановлении был отражен и ряд организационных вопросов.

По предложению доцента В.М. Яцухно почетными членами ОО БГО единогласно были избраны В.С. Аношко и В.Я. Науменко (Брестский отдел).

Состоялись выборы нового состава Ученого совета БГО, председателей БГО и ревизионной комиссии. В состав Ученого совета БГО были избраны: Е.А. Антипова, С.В. Артеменко, В.Л. Белая, А.Н. Витченко, А.В. Грибко, В.Н. Губин, В.В. Жуковский, А.К. Карабанов, И.И. Кирвель, Н.В. Клебанович, Л.А. Лисовский, П.С. Лопух, А.И. Павловский, Г.И. Пиловец, И.И. Пирожник, И.М. Прокопович, Г.В. Ридевский, М.И. Струк, А.И. Тарасенок, И.Н. Шарухо, В.М. Яцухно.

Председателем БГО был избран доктор географических наук, заведующий кафедрой общего землеведения, доцент П.С. Лопух, председателем ревизионной комиссии – доктор географических наук, профессор Г.И. Марцинкевич.

*А.Н. Витченко, П.С. Лопух, Г.А. Палюх*

# Наши юбиляры



## ОЛЕГ АНАТОЛЬЕВИЧ ИВАШКЕВИЧ

Исполнилось 50 лет директору Учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», заведующему лабораторией физико-химии конденсированных сред, члену-корреспонденту НАН Беларуси, доктору химических наук Олегу Анатольевичу Ивашкевичу.



После окончания химического факультета БГУ в 1976 г. О.А. Ивашкевич начал свою трудовую деятельность инженером отдела высокомолекулярных реакций БГУ и поступил в заочную аспирантуру при кафедре неорганической химии. Затем работал старшим инженером, младшим, старшим и ведущим научным сотрудником, заведующим научно-исследовательской лабораторией общей химии университета. В 1993 г. был переведен в НИИ ФХП БГУ на должность заместителя директора по научной работе, а в 1997 г. назначен директором этого института. В 1981 г. защитил кандидатскую, а в 1998 г. – докторскую диссертации. В 2004 г. избран членом-корреспондентом НАН Беларуси.

О.А. Ивашкевич является крупным специалистом в области физико-химии азотсодержащих гетероциклических соединений, а также физической химии процессов термического разложения и горения конденсированных систем. Под его руководством и при непосредственном участии разработано новое поколение материалов для специальной техники, выявлен и исследован новый вид горения, который получил название жидкопламенного. В начале 1990-х гг. в НИИ ФХП под руководством О.А. Ивашкевича начали развиваться квантовохимические исследования сложных молекулярных систем и был выполнен цикл работ по квантовохимическому моделированию реакций с использованием производных тетразола, а также систематическому исследованию электронного строения и энергетических характеристик азолов и кластеров некоторых переходных металлов.

Олег Анатольевич является одним из инициаторов и активным сторонником формирования инновационного подхода к развитию научно-технической сферы Республики Беларусь. Возглавляемый им институт проводит политику сбалансированного развития фундаментальных исследований и прикладных разработок, причем последние в своем большинстве доводятся до стадии практической реализации. В 1994–1996 гг. при непосредственном участии О.А. Ивашкевича создано новое научное направление, в рамках которого разработаны технологии переработки промышленных отходов, содержащих драгоценные металлы. На базе лаборатории химии драгоценных металлов института и Центра химии драгоценных металлов БГУ было создано Республиканское научно-производственное унитарное предприятие «Унидрагмет БГУ» по переработке техногенных отходов и производству специальных продуктов, содержащих драгоценные металлы, а также выпуску их слитков для пополнения Госфонда Беларуси. В 2001 г. создано Республиканское унитарное предприятие «Унихимпром БГУ», основным видом деятельности которого является организация в нашей стране производства дизельного биотоплива из возобновляемого сырья – рапса на основе технологий, разработанных в институте.

Возглавляемый О.А. Ивашкевичем НИИ ФХП БГУ является головной организацией-исполнителем двух государственных научно-технических программ «Лекарственные средства» и «Малотоннажная химия», Государственной программы «Драгоценные металлы», двух государственных программ ориентированных фундаментальных исследований и двух государственных программ прикладных исследований.

О.А. Ивашкевич – автор более 200 научных трудов, в том числе 112 статей, 40 из которых опубликованы в ведущих международных изданиях, а также 25 изобретений.

Научную и педагогическую работу Олег Анатольевич успешно сочетает с научно-организационной и общественной деятельностью: является научным руководителем Государственной научно-технической программы «Лекарственные средства», а также Государственной программы «Драгоценные металлы», членом экспертного совета по химическим технологиям и легкой промышленности при Государственном комитете по науке и технологиям Республики Беларусь, заместителем председателя научно-технического совета Государственной научно-технической программы «Малотоннажная химия», членом двух специализированных советов по защите докторских диссертаций.

За большой вклад в развитие научных исследований, организаторскую и инновационную деятельность О.А. Ивашкевич неоднократно был награжден Почетными грамотами ГКНТ, Министерства образования Республики Беларусь и БГУ.

Профессорско-преподавательский коллектив, научные сотрудники химического факультета и НИИ ФХП БГУ, редколлегия серии 2 журнала «Вестник БГУ» сердечно поздравляют Олега Анатольевича Ивашкевича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, счастья и новых творческих успехов.

## РЕФЕРАТЫ

УДК 542.61

Егоров В.В., Рахманько Е.М., Помеленок Е.В. Влияние стерической доступности обменного центра высших четвертичных аммониевых солей на анионообменную экстракцию однозарядных анионов // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Определены константы анионообменной экстракции 14 однозарядных анионов четвертичными аммониевыми солями различной структуры. Установлено, что константы обмена существенно изменяются при изменении стерической доступности обменного центра, причем характер этого изменения зависит от размеров обменивающихся анионов. Результаты объясняются особенностями ионной ассоциации однозарядных анионов с четвертичным аммониевым катионом.

Библиогр. 14 назв., табл. 2, ил. 2.

УДК 537.31:621.78.011:621.785.36:54-165

Савицкий А.А., Клындюк А.И. О замещении иттрия висмутом в  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $0 < x \leq 0,5$ ) // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

В системе  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $0 < x \leq 0,5$ ) установлено образование твердых растворов при  $x \leq 0,05$ , а также новой фазы  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Параметры элементарной ячейки  $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $0 \leq x \leq 0,05$ ) увеличиваются, а коэффициент линейного термического расширения и электропроводность уменьшаются с ростом  $x$ . Фаза  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ , относящаяся к тетрагональной сингонии, на воздухе термически стабильна вплоть до 1223 К, ее  $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , а электропроводность слабо зависит от  $p(O_2)$  и изменяется в пределах  $10^{-4} \pm 10^{-2} \text{ См см}^{-1}$  в интервале температур 400±1100 К с аномалией вблизи 823 К, связанной, очевидно, с изменением механизма проводимости  $Y_{0,5}Bi_{0,5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

Библиогр. 17 назв., табл. 3, ил. 4.

УДК 678.5.046

Потапенко Л.Т., Тимошенко М.В., Лютынский В.В., Шишко Г.В., Шевченко Г.П. Получение оптических стоматологических масс альгинатного типа // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Показана возможность получения отечественных оптических материалов альгинатного типа для замены аналогичных составов импортного производства. Изучены физико-химические свойства компонентов оптической массы и определены требования, предъявляемые к основным компонентам для получения оптического материала хорошего качества.

Библиогр. 19 назв., табл. 2, ил. 1.

УДК 595.7:591.55:577.49

Пикулик М.М. Структура и динамика сообщества насекомых в консорции *Arctium tomentosum* Mill. // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Исследовано сезонное изменение сообщества насекомых в консорции *Arctium tomentosum*. Зафиксировано 17 видов насекомых, связанных с этим растением. Проанализировано изменение структуры доминирования видов, динамика показателей видового разнообразия и равномерности распределения, а также рангового распределения обилий.

Библиогр. 4 назв., табл. 2, ил. 3.

УДК 594.1+595.132

Мастицкий С.Э., Гагарин В.Г. Нематоды, инвазирующие моллюска *Dreissena polymorpha* (Bivalvia: Dreissenidae) в Нарочанских озерах // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Впервые приводятся сведения о видовом составе нематод Нарочанских озер, проникающих в мантийную полость моллюска *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). В дрейссене из озер Баторино, Мястро и Нарочь обнаружено 20, 10 и 10 видов червей соответственно. Все найденные нематоды являются свободноживущими организмами, в норме обитающими в составе перифитона и/или бентоса пресных водоемов. Наиболее обычными оказались представители семейства Chromadoridae, в частности вид *Chromadorina bioculata* (Schultze in Carus, 1857). Впервые для водоемов бывшего СССР указывается червь *Eumonhystera pseudobulbosa* (Daday, 1896).

Библиогр. 10 назв., табл. 1, ил. 1.

УДК 581.9

Джус М.А. Костенец зонтичный (*Holosteum umbellatum* L.) – новый вид для флоры Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Приводятся сведения о нахождении в 1997–1999 гг. нового для Беларуси вида цветковых растений *Holosteum umbellatum* L. В настоящее время в стране известно 2 местонахождения этого вида – в г. Бресте и Гродно. Высказано предположение, что, по крайней мере, в одном из них (в г. Гродно) вид произрастает естественно.

Библиогр. 22 назв., табл. 1, ил. 2.

УДК 577.475:577.1 + 591.524.1:577.1

Жукова А.А. Продукционно-деструкционные параметры эпифитона с различных видов макрофитов оз. Нарочь // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Проведены исследования продукционных параметров эпифитона на различных видах макрофитов в оз. Нарочь. Рассчитана продукция единицы массы водорослей эпифитона, удельная концентрация хлорофилла, процентное содержание водорослевой компоненты в сообществе. Проведен



анализ изменений продукционных свойств перифитона, развивающегося на тростнике, в начале и конце вегетационного сезона.

Библиогр. 20 назв., табл. 5.

УДК 582.281.24

Сушинская Н.В., Кукулянская Т.А., Курченко В.П., Сенчук В.В. Характеристика меланина, полученного из *Inonotus obliquus* (Pers.:Fr.) Pil. f. *sterilis* (Vanin) Nicol // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

*Inonotus obliquus* (Pers.:Fr.) Pil. f. *sterilis* (Vanin) Nicol – стерильная форма трутовика скошенного, чага является источником меланина, отнесенного к группе алломеланинов пентакетидной природы. Меланин из *I. obliquus* обладает ярко выраженными антиоксидантными свойствами. В низких концентрациях ингибирует пероксидазное окисление аминокбицинилов с эффективностью, убывающей в ряду: БД – ДМБД – ДМОБД – ТМБД. Обладает высокой сорбционной емкостью в отношении тяжелых металлов.

Библиогр. 9 назв., ил. 3.

УДК 581.9

Тихомиров Вал. Н. Критические заметки о некоторых группах высших споровых растений флоры Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Приводятся новые данные о распространении в Беларуси видов и гибридов родов *Diphasiastrum*, *Dryopteris* и *Pteridium*. Приводятся карты распространения на территории республики 6 видов и гибридов: *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub, *Diphasiastrum tristachyum* (Pursh) Holub, *Diphasiastrum x zeileri* (Rouy) Holub, *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *Dryopteris assimilis* S. Walker и *Dryopteris x sarvelae* Fras.-Jenk. et Jermy. Впервые для Восточной Европы указывается *Pteridium pinetorum* C.N. Page et R.R. Mill.

Библиогр. 39 назв., ил. 1.

УДК 576.851.49:663.1

Селезнева Ю.В., Семак И.В., Евтушенков А.Н., Прокулевич В.А. Идентификация мутаций бактерий *Pantoea agglomerans*, приводящих к изменению пигментации колоний // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Определены нуклеотидные последовательности клонированных хромосомных фрагментов ДНК из мутантных штаммов и проведено их сравнение с известными базами данных. Это позволило установить высокую степень гомологии дефектного гена *P. agglomerans* 1' с геном *crtY P. agglomerans pv milletiae* (кодирует ликопинциклазу). Мутантный ген из штамма *P. agglomerans* 3ESm/Cm оказался гомологичным гену *crtZ*, кодирующему β-каротингидроксилазу бактерий *P. agglomerans pv milletiae*.

С помощью биохимических методов (HPLC) показано, что у исследуемых штаммов изменен конечный продукт каротиногенеза по сравнению с исходными бактериями. В клетках штамма *P. agglomerans* 1' основным пигментом является ликопин, а в клетках *P. agglomerans* 3ESm/Cm – β-каротин.

Библиогр. 8 назв., ил. 3.

УДК 582.288:591.151.3

Поликсенова В.Д., Грушецкая З.Е. Идентификация внутривидового полиморфизма гриба *Cladosporium fulvum* Cooke по признаку вирулентности // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Гриб *Cladosporium fulvum* Ске. вызывает бурую пятнистость листьев томата (*Lycopersicon esculentum* Tourm.). Патоген формирует физиологические расы, которые способны преодолевать гены устойчивости (Cf), введенные селекционерами в современные сорта томата. Исследован внутривидовой полиморфизм белорусской популяции *C. fulvum* на основании результатов заражения трех коллекций близкородственных линий томата с определенными генами устойчивости.

Библиогр. 14 назв., табл. 2.

УДК 579.083.13

Феклистова И.Н., Максимова Н.П. Влияние ионов металлов на активность и синтез ключевых ферментов ароматического пути бактерий *Pseudomonas aurantiaca* B-162 // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Исследовано влияние ионов металлов на активность и синтез ДАГФ-синтазы, ФЕП-синтазы и трансальдозы бактерий *P. aurantiaca* B-162. Установлено, что ДАГФ-синтаза и ФЕП-синтаза являются металлоферментами, активность и синтез которых зависят от присутствия ионов металлов ( $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$ ). Трансальдоза исследуемых бактерий не регулируется ионами металлов.

Библиогр. 21 назв., табл. 2, ил. 2.

УДК 595.763.33-155:502.4(476)

Дерунков А.В. Видовое разнообразие жуков стафилинид (*Coleoptera*, *Staphylinidae*) в сосновых культурах разного возраста в Березинском заповеднике // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Исследования проведены в сосновых культурах мшистого типа двух классов возраста. Жуков собирали почвенными ловушками. Всего в сосновых культурах Березинского заповедника отмечено 55 видов стафилинид, 43 из них – в культурах II класса возраста и 34 – в культурах III класса возраста. Установлено, что в зависимости от возраста сосновых культур происходит изменение структуры доминирования в сообществах стафилинид. Степень доминирования одной группы лесных видов возрастает, а другой снижается в культурах старшего возраста, как и видовое разнообразие жуков.

Библиогр. 10 назв., табл. 1, ил. 1.

УДК 551.482 (476)

Кольмакова Е. Г. **Методика оценки антропогенных изменений стока растворенных веществ рек** // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Предлагается методический подход для индикации нарушений ионного и биогенного стока рек на начальном этапе антропогенного воздействия. На примере бассейна р. Неман установлены границы фонового и природно-техногенного периодов в динамике стока растворенных веществ рек. Обсуждаются методики количественной оценки антропогенной составляющей выноса химических веществ с речным стоком.

Библиогр. 17 назв., табл. 2, ил. 2.

УДК 550.4:551.4 (476)

Чертко Н. К., Карпиченко А. А. **Геохимическая структура холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов Беларуси** // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Изучена латеральная и радиальная геохимическая структура холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов Беларуси. Выделены основные факторы формирования структуры и ее пространственного распределения. По характеру накопления элементов в пределах катены и различных почвенных горизонтах определена следующая геохимическая структура для холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов: латеральная как асцендиальная, радиальная как равномерная гумусово-иллювиальная.

Библиогр. 5 назв., табл. 3, ил. 1.

УДК 551.40(075.8)

Счастливая И. И. **Оценка ландшафтного разнообразия рекреационных систем Беларуси** // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Проведен территориальный и количественный анализ рекреационных систем провинций Беларуси. Проанализирована их ландшафтная структура. Определены степени разнообразия природных комплексов в пределах рекреационных систем и рекреационных ландшафтов. Выполнена интегральная оценка и выделены комплексы максимального, оптимального и минимального ландшафтного разнообразия.

Библиогр. 6 назв., табл. 3, ил. 2.

УДК 552.32/33 (476.2)

Штефан Л. В. **Ксенолиты основных кристаллических сланцев из диатрем Жлобинской седловины** // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

На основании проведенных исследований предполагается, что ксенолиты кристаллических гранат-пироксеновых пород из диатрем Беларуси (Жлобинская седловина) являются диафторированными и гранатизированными породами архейского субстрата Осницко-Микашевичского вулканоплутонического пояса. Проведенные термодинамические расчеты указывают на принадлежность исследованных пород гранулитовой фации метаморфизма с температурами 710–750 °С и давлением около 1,2 ГПа. Последующие низкотемпературные изменения пород происходили при температуре 620–500 °С.

Библиогр. 10 назв., табл. 2, ил. 2.

УДК 551.481.1(476)

Власов Б. П. **Этапы изменения трофности озер восточной части Балтийских Поозерий на протяжении их развития** // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Изучение стратиграфии, химического состава и биологических остатков в донных отложениях озер Белорусского Поозерья позволяет провести реконструкцию гидрологических условий и палеоэкологической обстановки, установить трофическое состояние экосистем водоемов. Эволюция лимносистем проявляется в изменении биолимнического типа водоемов. Каждому временному этапу соответствует определенный тип экосистем, характер осадконакопления и комплекс биологических остатков. Комплексный метод изучения отложений в сочетании с геоморфологическим исследованием котловин позволяет провести реконструкцию изменения уровней озер и выделить этапы изменения увлажненности территории.

Библиогр. 30 назв.

УДК 577.486:627(476)

Зарубов А. И. **Сравнительная характеристика прибрежного зоопланктона озер Браславского района** // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Проведено исследование литоральной зоны 9 озер Браславского района в летний период (июль) 2003 г. (Войско, Ильменек, Недрово, Неспиш, Потех, С. Волос, Снуды, Струсто, Иказнь). Установлено 69 таксонов водных беспозвоночных организмов, среди которых наиболее многочисленными являлись коловратки и ветвистоусые ракообразные. Максимальных значений биомасса достигает в подверженном сильной эвтрофикации оз. Иказнь, где она составляет 4,68 мг/л, минимальных – в прибрежье мезотрофного с признаками олиготрофии оз. С. Волос (0,39 мг/л). Для других озер (за исключением оз. Недрово – 0,43 мг/л) этот показатель колеблется в пределах 1,06–1,75 мг/л. Рассчитан коэффициент видового сходства по Серенсену. Установлено, что максимальное видовое сходство фауны прибрежного зоопланктона отмечается в оз. Недрово и Неспиш с оз. Ильменек, а минимальное – оз. Снуды и С. Волос.

Библиогр. 7 назв., табл. 2, ил. 1.

УДК 811.2

Лопух П.С., Лопух Р.Н. Пути решения проблемы нормализации и стандартизации географических названий в Республике Беларусь // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Рассмотрены проблемы унификации и стандартизации географических названий, пути и технология создания Каталога географических названий Республики Беларусь. Предлагаются варианты национального написания наименований географических объектов. Обсуждаются задачи и возможности решения проблем нормализации географических названий.

Библиогр. 7 назв., ил. 1.

УДК 581.1

Мангаладзе Н.Ш., Ониани Д.А., Юрин В.М., Ониани Т.И. Содержание йода в листьях и плодах некоторых видов лекарственных растений // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Установлено, что листья лекарственных растений *Chamomilla officinalis*, *Humulus lupulus*, *Sambucus nigra*, *Foeniculum vulgare*, *Hyppophae rhamnoides*, *Simphitum officinalis*, *Vaccinium myrtillus*, *Laurus nobilis* содержат йод в гораздо большем количестве, чем *Origanum vulgare*, *Astragalus caucasicus*, *Carum carvi*, *Plantago major*, *Achillea millefolium*, *Veronica officinalis*.

Наибольшее количество йода в листьях указанных растений обнаружено весной, поэтому они пригодны в качестве йодсодержащей пищевой добавки. В плодах растений йод не был обнаружен.

Библиогр. 5 назв., табл. 1.

УДК 581.1

Юрин В.М., Мангаладзе Н.Ш., Ониани Д.А. Влияние тяжелых металлов на содержание аскорбиновой кислоты в листьях растений разных видов // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3.

Добавление кобальта в питательный раствор не влияло на содержание аскорбиновой кислоты в листьях исследуемых растений *Chenopodium album*, *Heracleum*, *Urtica urens*, *Amarantus speciosus*, *Ornithogalum pyrenaicum*, *Portulaca oleracea*. В присутствии цинка наблюдалось значительное уменьшение количества аскорбиновой кислоты в листьях *Heracleum* и *Amarantus speciosus*, тогда как в других растениях ее количество не изменялось по сравнению с контрольными образцами.

Библиогр. 6 назв., табл. 1.



# УКАЗАТЕЛЬ статей, опубликованных в 2004 г.

## ХИМИЯ

Бокшиц Ю.В., Осипович Н.П., Стрельцов Е.А., Шевченко Г.П. Подпотенциальное осаждение свинца на наноразмерные частицы серебра и золота .....	1	16
Егоров В.В., Николаев Б.А., Турбина Е.А. ИСЭ с высокой перекрестной чувствительностью для мультисенсорных систем типа «электронный язык» .....	2	3
Егоров В.В., Рахманько Е.М., Помеленок Е.В. Влияние стерической доступности обменного центра высших четвертичных аммониевых солей на анионообменную экстракцию однозарядных анионов .....	3	3
Зимницкий Д.С., Юркитович Т.Л., Бычковский П.М. Влияние структуры целлюлозы и условий ее окисления оксидом азота(IV) на физико-химические свойства монокарбоксилцеллюлозы .....	2	7
Мардыкин В.П., Костюк С.В., Гапоник Л.В., Мильчанина Т.Л., Капуцкий Ф.Н. Малеинизация углеводородных полимеров .....	1	11
Потапенко Л.Т., Тимошенко М.В., Лютынский В.В., Шишко Г.В., Шевченко Г.П. Получение оптических стоматологических масс альгинатного типа .....	3	13
Савицкий А.А., Клындюк А.И. О замещении иттрия висмутом в $Y_{1-x}V_iBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ( $0 < x \leq 0,5$ ) .....	3	7
Сережкина С.В., Шевченко Г.П., Рахманов С.К. Формирование ультрадисперсных частиц серебра в наноструктурированных пленках $SiO_2 - GeO_2$ .....	2	15
Хижняк Е.А., Юхневич А.В. Самоформирование микрорельефа поверхности монокристаллического кремния при анизотропном травлении .....	2	22
Чернявская А.А., Ковальчук Т.В., Логинова Н.В., Полозов Г.И., Шадыро О.И. Особенности взаимодействия ионов серебра(I) с пространственно-затрудненными производными пирокатехина .....	1	20
Юркитович Т.Л. Влияние физико-химических параметров бинарных растворителей на набухание целлюлозных сорбентов .....	1	3

## БИОЛОГИЯ

Барановский К.В. Сообщества птиц остепненно-мезофитных лугов юго-востока Беларуси .....	2	59
Бородин О.И. Биотопическая приуроченность фоновых видов цикадовых Западно-Белорусской ландшафтно-географической провинции .....	1	40
Буга С.Ф., Артемова О.В., Ильюк А.Г. Динамика патогенеза колоса озимой пшеницы при инокуляции грибами <i>Fusarium</i> spp. ....	2	48
Деренговская Р.А., Ковалевская Р.З., Никитина Л.В. Автотрофная и гетеротрофная компоненты в сестоне и осаждающейся взвеси мезотрофного озера .....	1	43
Дерунков А.В. Видовое разнообразие жуков стафилинид ( <i>Coleoptera</i> , <i>Staphylinidae</i> ) в сосновых культурах разного возраста в Березинском заповеднике .....	3	53
Джус М.А. Костенец зонтичный ( <i>Holosteum umbellatum</i> L.) – новый вид для флоры Беларуси .....	3	25
Дремук И.А., Самаль А.Б. Влияние аспирина на АТФ-индуцированную дезагрегацию тромбоцитов .....	2	36
Жукова А.А. Продукционно-деструкционные параметры эпифитона с различных видов макрофитов оз. Нарочь .....	3	29
Корик Е.О., Наумова М.В., Найдун С.Н., Решетников В.Н., Юрин В.М., Семак И.В. Восстановление лигандсвязывающего потенциала вне- и внутриклеточных транспортных систем при внепеченочном холестазах с помощью экстрактов из семян расторопши, лопуха, горчицы и душицы .....	1	26
Мастыцкий С.Э., Гагарин В.Г. Нематоды, инвазирующие моллюска <i>Dreissena polytomorpha</i> (Bivalvia: Dreissenidae) в Нарочанских озерах .....	3	22
Мелешко Ж. Е., Бородин О. И., Петров Д. Л., Буга С. В. Равнокрылые хоботные насекомые ( <i>Insecta: Notoptera</i> ) в консорции осины ( <i>Populus tremula</i> L.) в Беларуси ...	1	54
Нестерова О.Л. Географическая структура и генезис фауны листоедов ( <i>Coleoptera</i> , <i>Chrysomelidae</i> ) Беларуси .....	1	50
Петров Д.Л. Фоновые виды тератформирующих насекомых Беларуси .....	2	63
Пикулюк М.М. Структура и динамика сообщества насекомых в консорции <i>Arctium tomentosum</i> Mill. ....	3	18
Полксенова В.Д. Многолетняя динамика микозов культуры томата в защищенном грунте Беларуси. Ч. 2. Фузариоз. Ботритиоз.....	1	59
Полксенова В.Д., Грушецкая З.Е. Идентификация внутривидового полиморфизма гриба <i>Cladosporium fulvum</i> Cooke по признаку вирулентности .....	3	44
Савицкий Б.П., Кучмель С.В., Бурко Л.Д., Цвирко Л.С. Роль млекопитающих в циркуляции и сохранении возбудителей болезней человека. Ч. 1. Заболевания вирусной природы .....	1	35

Самович Т.В., Кудряшов А.П., Аверина Н.Г. Аккумуляция 1,10-фенантролина в клетках хлореллы и транспорт CO <sub>2</sub> через плазмалемму .....	1	31
Сандаков С.Б. Сезонная динамика вечерней тяги вальдшнепа ( <i>Scolopax rusticola</i> ) в Беларуси .....	2	56
Селезнева Ю.В., Евтушенков А.Н., Прокулевич В.А. Получение мутантов бактерий <i>Pantoea agglomerans</i> с измененной продукцией каротиноидных пигментов .....	2	29
Селезнева Ю.В., Семак И.В., Евтушенков А.Н., Прокулевич В.А. Идентификация мутаций бактерий <i>Pantoea agglomerans</i> , приводящих к изменению пигментации колоний .....	3	41
Скобляков С.А., Мямин В.Е., Лагоненко А.Л., Николаичик Е.А., Песнякевич А.Г. Влияние мутаций в генах <i>peIW</i> и <i>kdgR</i> на продукцию пектатлиаз у <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>atroseptica</i> .....	2	40
Сушинская Н.В., Кукулянская Т.А., Курченко В.П., Сенчук В.В. Характеристика меланина, полученного из <i>Inonotus obliquus</i> (Pers.:Fr.) Pil. f. <i>sterilis</i> (Vanin) Nicol .....	3	33
Тухомиров Вал. Н. Критические заметки о некоторых группах высших споровых растений флоры Беларуси .....	3	36
Ткачев С.В., Шевляков В.В., Ушков А.А., Половинкин Л.В. Влияние многокомпонентных медьсодержащих композиций на процессы окислительной модификации белков и некоторые показатели неспецифического гуморального иммунитета .....	2	25
Феклистова И.Н., Максимова Н.П. Влияние ионов металлов на активность и синтез ключевых ферментов ароматического пути бактерий <i>Pseudomonas aurantiaca</i> B-162 .....	3	48
Хвир В.И., Мелешко Ж.Е. Фоновые виды жесткокрылых ( <i>Insecta, Coleoptera</i> ) фитофагов растений семейства гречишных ( <i>Polygonaceae</i> ) в Беларуси .....	2	53
Храмцов А.К., Купреенко Н.П. Фитопатоконплексы с участием грибов рода <i>Botrytis</i> Michell на луке репчатом ( <i>Allium cepa</i> L.) при хранении .....	1	64
Шамова Е.В., Самаль А.Б. NO-индуцированная дезагрегация тромбоцитов и уменьшение внутриклеточной концентрации ионов кальция .....	2	33
Юрин В.М., Шалпиц М.П., Кудряшов А.П. Влияние факторов среды на жизнеспособность иммобилизованных и суспендированных клеток табака .....	2	45

## ГЕОГРАФИЯ

Витченко А.Н., Скриган А.Ю. Методика геоэкологической оценки климата административных регионов .....	1	100
Власов Б.П. Этапы изменения трофности озер восточной части Балтийских Поозерий на протяжении их развития .....	3	78
Галай Е.И. Климатические особенности загрязнения атмосферного воздуха городов Гомельской области .....	2	89
Давыдик Е.Е., Яцухно В.М. Общеввропейская экологическая сеть и перспективы ее создания на территории Беларуси: географический аспект .....	1	74
Зарубов А.И. Сравнительная характеристика прибрежного зоопланктона озер Браславского района .....	3	84
Зарубов А.И., Бахрамов А.Н. Особенности сукцессии прибрежного зоопланктона р. Сож в осенний период .....	1	79
Иотко Т.Г. Минский столичный регион: экономико-географические особенности формирования .....	2	93
Клицинова Н.К. Ландшафтное разнообразие городских поселений Беларуси .....	2	84
Ковхута А.М., Пархомов М.Д., Ткачев В.А., Козлова А.С. Выделение трещинных коллекторов в девонских отложениях Припятского прогиба методом анализа кривизны пласта .....	2	76
Козловская Л.В., Шлопак А.С. География инвестиций в Беларуси: особенности и тенденции переходного периода .....	1	105
Кольмакова Е.Г. Методика оценки антропогенных изменений стока растворенных веществ рек .....	3	57
Красовский К.К. Естественное движение городского населения Беларуси .....	2	106
Лопух П.С., Лопух Р.Н. Пути решения проблемы нормализации и стандартизации географических названий в Республике Беларусь .....	3	87
Лопух П.С., Некрасова Л.А., Данилович И.С. Анализ воднобалансовых характеристик и урвневого режима оз. Нарочь за многолетний период .....	1	87
Макаревич А.А., Сафронов А.М. Влияние осушительной мелиорации на сток р. Припять .....	2	81
Мечковская О.А. Особенности использования рекреационных ресурсов стран Центральной и Восточной Европы для развития международного туризма .....	1	94
Пирожник И.И., Брилевский М.Н., Смоляков Г.С. Географический факультет Белорусского государственного университета в национальной системе образования (1934–2004) .....	2	69
Строчко О.Д. Особенности и тенденции развития территориальной структуры промышленности Витебской области .....	2	100

<i>Счастливая И.И.</i> Оценка ландшафтного разнообразия рекреационных систем Беларуси .....	3	68
<i>Токарчук О.В.</i> Некоторые аспекты трансформации гидрографической сети в черте современного г. Бреста в XIX–XX вв. ....	1	69
<i>Чертко Н.К., Карличенко А.А.</i> Геохимическая структура холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов Беларуси .....	3	63
<i>Чижевская Ж.А.</i> Историко-географические особенности развития малых городов Беларуси .....	1	82
<i>Штефан Л.В.</i> Ксенолиты основных кристаллических сланцев из диатрем Жлобинской седловины .....	3	73

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<i>Мангаладзе Н.Ш., Ониани Д.А., Юрин В.М., Ониани Т.И.</i> Содержание йода в листьях и плодах некоторых видов лекарственных растений .....	3	94
<i>Юрин В.М., Мангаладзе Н.Ш., Ониани Д.А.</i> Влияние тяжелых металлов на содержание аскорбиновой кислоты в листьях растений разных видов .....	3	95

#### ХРОНИКА

<i>Аношка В.С.</i> Пяцьдзесят гадоў грамадскай дзейнасці на карысць беларускай географіі .....	2	113
<i>Витченко А.Н., Лопух П.С., Палюх Г.А.</i> Белорусскому географическому обществу – 50 лет .....	3	98
<i>Власов Б.П., Яцухно В.М.</i> Сохранение биоразнообразия экосистем Беларуси: новые подходы и пути решения .....	2	114
<i>Лопух П.С., Власов Б.П.</i> Международная научно-практическая конференция «Теоретические и прикладные проблемы современной лимнологии» (Минск, 20–24 октября 2003 г.) .....	1	111

#### НАШИ ЮБИЛЯРЫ

<i>Олег Анатольевич Ивашкевич</i> .....	3	100
---	---	-----

#### РЕЦЕНЗИИ

<i>Высоцкий Э.А., Комаровский М.Е.</i> Полезные ископаемые Беларуси: геология месторождений и рациональное недропользование / Сост. Э.А. Высоцкий и др. ....	2	116
--	---	-----

#### ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ БЕЛАРУСИ

<i>Губин В.Н.</i> Академик Н.Ф. Блиодухо – геолог, ученый и организатор геологического образования .....	1	112
Рефераты .....	1	114
	2	117
	3	101



# CONTENTS

## CHEMISTRY

Egorov V.V., Rak'hmanko E.M., Pomelenok E.V. The influence of the steric accessibility of the high quaternary ammonium salt exchange center on the anion-exchange extraction of single-charged anions.....	3
Savitsky A.A., Klyndyuk A.I. On the substitution of yttrium by bismuth in $Y_{1-x}Bi_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ( $0 < x \leq 0,5$ ).....	7
Potapenko L.T., Timoshenko M.V., Liutynski V.V., Shishko G.V., Shevchenko G.P. Production of dental alginate impression materials.....	13

## BIOLOGY

Pikulik M.M. Structure and dynamics of insects community in the Arctium tomentosum Mill. consortium.....	18
Mastitsky S.E., Gagarin V.G. Nematodes, which infect the mollusc <i>Dreissena polymorpha</i> (Bivalvia: Dreissenidae) in Narochanskie Lakes.....	22
Dzhus M.A. Jagged chickweed ( <i>Holosteum umbellatum</i> L.) – a new species for Belarussian flora.....	25
Zhukova A.A. Production-destruction parameters of the epiphytic communities from different macrophyte species in Lake Naroch.....	29
Sushynskaya N.V., Kukulianskaya T.A., Kurchenko V.P., Sentchouk V.V. The characteristic of melanin isolated from <i>Inonotus obliquus</i> (Pers.:Fr.) Pil. f. <i>sterilis</i> (Vanin) Nicol.....	33
Tikhomirov Val.N. Critical notes about some groups of non-flowering hinger plants in the flora of Belarus.....	36
Selezneva Yu.V., Semak I.V., Evtushenkov A.N., Prokulevich V.A. Mutation identification of bacteria <i>Pantoea agglomerans</i> leading to changing of pigmentation of colonies.....	41
Polyksenova V.D., Grushetskaja Z.E. The identification of fungus <i>Cladosporium fulvum</i> intraspecific polymorphism by index of virulence.....	44
Feklistova I.N., Maximova N.P. Metal ions induction on the activity and synthesis of the key aromatic pathway enzymes in <i>Pseudomonas aurantiaca</i> B-162.....	48
Derunkov A.V. Species diversity of staphylinid beetles ( <i>Coleoptera</i> , <i>Staphylinidae</i> ) in the pine plantations of different age in Berezinsky reserve.....	53

## GEOGRAPHY

Kolmakova E.G. Methods of evaluation of chemical runoff modification in rivers due to human activity.....	57
Chertko N.K., Karpichenko A.A. Geochemical structure of hill-moraine-erosion landscapes of Belarus.....	63
Schastnaya I.I. Assessment of landscape diversity for recreational systems of Belarus.....	68
Shtefan L.V. Xenoliths of the basic crystalline shales of the diatremes of Globinsk saddle.....	73
Vlasov B.P. Stages of change of trophic of lakes which situated on the east part of Baltic Poozerie during their development.....	78
Zarubov A.I. The comparative description of litoral zooplankton in Braslav district lakes.....	84
Lopuch P.S., Lopuch R.N. The problems of the geographic names standartisation and catalogue makin in the Belarus.....	87

## BRIEF COMMUNICATIONS

Mangaladze N.Sh., Oniani D.A., Yurin V.M., Oniani T.I. Iodine content in the leaves and fruits of some officinal plant species.....	94
Yurin V.M., Mangaladze N.Sh., Oniani D.A. Effect of heavy metals on content of ascorbic acid in the leaves of different plant species.....	95

## CHRONICLE

Vitchenko A.N., Lopukh P.S., Palyukh G.A. 50 th Anniversary of the Belarussian Geographical Society.....	98
--	----

## OUR JUBILEE

Oleg Anatolievich Ivashkevich.....	100
Summary.....	101
Index of articles published in 2004.....	105