

Б.г. 52
5434

КХН

ISSN 0372-5340

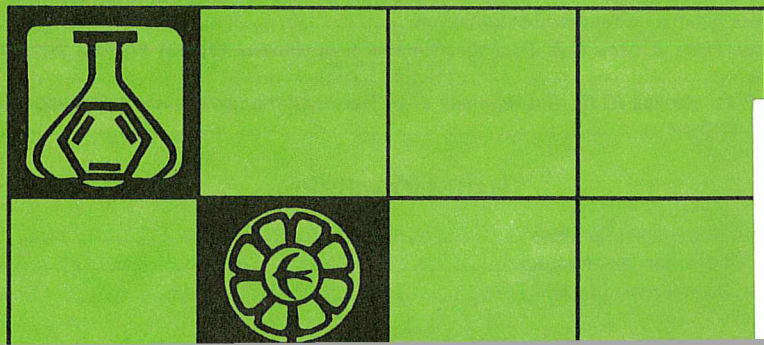
ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета

СЕРИЯ 2

Химия
Биология
География

3'98



Главный редактор В.Г. РУДЬ
Ответственный секретарь П.Н. БАРАНОВСКИЙ

Редакционная коллегия серии:

Ф.Н. КАПУЦКИЙ (*ответственный редактор*),
Г.А. БРАНИЦКИЙ, С.А. ВОРОБЬЕВА (*ответственный секретарь*),
Р.А. ЖМОЙДЯК, В.Н. КИСЕЛЕВ, Л.В. КОЗЛОВСКАЯ (*зам. ответ-*
ственного редактора), И.К. ЛОПАТИН, В.В. ЛЫСАК, В.А. ПРОКУ-

ЛЕВИЧ, Е.М. РАХМАНЬКО, В.В. СЕНЧУК (*зам. ответственного*
редактора), Л.С. СТАНИШЕВСКИЙ, А.В. ТОМАШЕВИЧ, В.М.ЮРИН

Учредитель:
Белорусский государственный университет

Регистрационный №805

ВЕСТНИК БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия 2: Хим. Биол. Геогр. 1998. №3.

Редактор И.А. Лешкевич
Художественный редактор Д.Е. Дивин
Технический редактор и корректор Г.И. Хмарун

Набор и верстка выполнены в редакции журнала Г.М. Добыш и В.А. Семеновым

Подписано в печать 16.06.98. Формат 70х108 1/16. Бумага офс. Печать офс. Усл.
печ. л. 7,0. Усл. кр.-отт. 7,52. Уч. изд. л. 8,12. Тираж 450 экз. Заказ 2526. Цена 25000 р.

Издательство "Універсітэцкае". 220048, Минск, пр.Машерова, 11. Адрес редакции:
220080, Минск, Университетский городок, тел. 220-65-42.

Отпечатано с готовых диалозитивов заказчика в типографии издательства "Белорусский
Дом печати". 220013, Минск, пр. Ф. Скорины, 79.

© Вестник Белгосуниверситета, 1998



УДК 547.458.6+661.185.223.2

И.Л.ОСТРОВСКАЯ, Т.Л.ЮРКШТОВИЧ, Ф.Н.КАПУЦКИЙ, Н.В.ГОЛУБ,
В.И.ТОРГАШОВ, А.Б.САМАЛЬ, Е.Н.ЛОЙКО

СИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИТРОСУЛЬФОЭФИРОВ КРАХМАЛА

Water-soluble nitrosulphoesters of starch and amilopectin with a degree of nitro groups 0,6–1,4 and sulpho groups 0,5–0,8 with antiaggregate and anticoagulant activities have been synthesized.

An affect of preliminary treatment, quantity of nitro groups and sulphating mixtures composition sodium pyrosulphate – dimethyl sulphoxide, temperature and sulfating reaction time on a degree of sulphating mixed ethers of amilopectin and starch has been studied.

Биологические свойства полимеров опосредованы не только проявлениями высокомолекулярной природы (форма и тип макромолекулярной матрицы, степень полимеризации), но и особой ролью входящих в состав макромолекул функциональных групп: карбоксильные, сульфатные, аминные и др. При этом большое значение имеет количество и однородность распределения заместителей по цепи макромолекулы. С этой точки зрения можно предположить, что целенаправленное регулирование биологической активности может достигаться варьированием в составе полимера набора функциональных групп.

Известно, что сульфатная группа в составе полимеров определяет широкий спектр медико-биологического действия, включая антикоагулянтное и антиатеросклеротическое [1], например: гепарин, хондроитинсульфаты, сульфаты декстрана, маннана и др. В то же время в медицине широко применяются органические нитриты (соединения, содержащие группы $-O-N=O$) и нитраты (содержащие группы $-O-NO_2$) в качестве средств, улучшающих кровоснабжение и метаболизм миокарда [2]. Однако фармакологическое действие подобных препаратов кратковременно. Пролонгирование эффекта можно было бы ожидать при использовании нитратов полисахаридов, но этому препятствует их нерастворимость в жидких средах организма.

В статье представлены результаты изучения условий синтеза смешанных нитросульфатов крахмала и амилопектина и оценка влияния функционального состава на их некоторые физико-химические и биологические свойства. Выбор крахмала в качестве объекта химической модификации обусловлен доступностью и легкой биоусвояемостью. Данный биополимер представляет собой не индивидуальное вещество, а смесь двух структурно различных полисахаридов – амилозы и амилопектина. Для получения стабильных результатов нитрования и сульфатирования нами проведено сравнительное изучение реагирования крахмала, в том числе прогидролизованного, и амилопектина.

Экспериментальная часть

В работе использовали картофельный крахмал и амилопектин (ТУ 6-09-10-391-75). Кислотный гидролиз крахмала и амилопектина проводили в 0,1 н растворе серной кислоты в течение 6 ч при 328 К и постоянном перемешивании [3]. Гидролизированные крахмал и амилопектин высаждали ацетоном, отмывали смесью вода–ацетон (объемное соотношение 1:1), фильтровали и сушили при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния.

Для ферментативного гидролиза крахмала и амилопектина использовали 1%-ный раствор панкреатина [4]. Высаживание, отмывку и сушку гидролизованных продуктов осуществляли так же, как и в случае кислотного гидролиза. Нитрование крахмала и амилопектина осуществляли смесями азотной ($d=1,5$ г/г), фосфорной ($d=1,7$ г/г) кислот и фосфорного ангидрида при различных соотношениях ингредиентов. Процесс проводили в течение 1 ч при 293К [5]. В полученных нитроэфирах определяли содержание азота по методу Кьельдаля [6]. Сульфатирование полисахаридов пироксернокислым натрием в среде диметилсульфоксида проводили по методу [7]. Затем реакционную массу нейтрализовали насыщенным раствором карбоната натрия до pH~8–9. Водорастворимые продукты реакции очищали от низкомолекулярных примесей диализом на целлофановых мембранах и лиофильно сушили. Обменную емкость водорастворимых сульфопроизводных определяли методом потенциометрического титрования, нерастворимых – барий-ацетатным методом [8]. Степень замещения по нитро- и сульфогруппам в нитросульфэфирах рассчитывали на основании данных о процентном содержании в образцах азота (C_N) и серы (C_S) по формулам:

$$C3_{No_2} = \frac{1296 \cdot C_N}{11200 - 360 \cdot C_N - 357 \cdot C_S};$$

$$C3_{so_3Na} = \frac{567 \cdot C_N}{11200 - 360 \cdot C_N - 357 \cdot C_S}.$$

Характеристическую вязкость нитросульфамилопектина и нитросульфокрахмала измеряли в 0,5 н растворе NaCl при 310К в вискозиметре Уббелюде с диаметром капилляра 0,54 [8]. Влияние сульфэфилов и нитросульфэфилов амилопектина и крахмала на свертывающую активность плазмы оценивали по изменению тромбинового времени. Тромбиновое время определяли по стандартной методике [9]. Ингибирующий эффект оценивали по изменению скорости агрегации относительно контроля, т.е. путем измерения скоростей АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов в отсутствие соединений (V_0) и в присутствии сульфо- и нитросульфэфилов амилопектина и крахмала (V) с последующим определением отношения V/V_0 [10]. В контроле, а также в отсутствие ингибирования это соотношение равнялось 1.

Результаты и их обсуждение

Смешанные сложные эфиры крахмала и амилопектина, содержащие нитро- и сульфогруппы, имеют общую формулу:



Для их получения формально может существовать два пути: нитрование с последующим сульфатированием или сульфатирование, а затем нитрование сульфатов полисахаридов. Учитывая тот факт, что сульфэфиры полисахаридов нестабильны в кислых средах, этерификацию образцов осуществляли первым путем. Отсутствие в литературе необходимых сведений о синтезе сульфатированных нитроэфиров полисахаридов требует специального исследования влияния количества нитроэфирных групп в полисахариде и условий проведения реакции сульфатирования на состав смешанных нитросульфатов.

Для установления взаимосвязи между химическим составом полисахарида и его биологическим действием желательно иметь набор нитросульфатов с разными величинами молекул. В связи с этим в работе проведено сравнительное изучение условий нитрования и сульфатирования исходных и подвергнутых кислотному и ферментативному гидролизу амилопектина и крахмала. Из представленных в табл.1 результатов по нитрованию крахмала и амилопектина смесями, состоящими из азотной, фосфорной кислот и фосфорного ангидрида, где два последних компонента выполняют роль водоотнимающих агентов, видно, что при одинаковых условиях получения значения

$C3_{NO_2}$, для крахмала и амилопектина сопоставимы. Для обоих образцов содержание азота в смеси можно регулировать влажностью исходных образцов, содержанием азотной кислоты и фосфорного ангидрида. При фиксированных условиях процесса нитрования содержание нитрогрупп в нитроэфирах увеличивается при переходе от исходных и кислотномодифицированных к полисахаридам, обработанным 1%-ным раствором панкреатина. Более высокая $C3_{NO_2}$ ферментативно обработанных крахмала и амилопектина обусловлена в основном резким уменьшением длины цепей, что позволяет образцам диспергироваться в нитрующей смеси. В результате достигается более равномерное нитрование и повышение степени замещения.

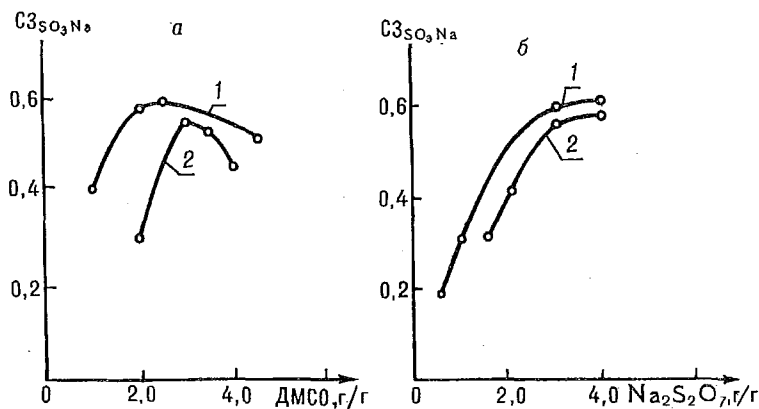
Таблица 1

Влияние состава нитрующей смеси, условий предварительной обработки и влажности полисахарида на содержание нитрогрупп

Нитрующая смесь	Условия обработки перед нитрованием	Влажность, %	Амилопектин		Крахмал	
			% азота	$C3_{NO_2}$	% азота	$C3_{NO_2}$
$HNO_3:H_3PO_4:P_2O_5=49:50:1$	—	9	4,5	0,7	4,5	0,7
	—	0	5,1	0,7	5,7	0,8
	0,1н H_2SO_4	9	4,1	0,6	4,2	0,6
	0,1н H_2SO_4	0	5,7	0,8	—	—
	1%-ный р-р панкреатина	0	8,8	1,4	8,8	1,4
$HNO_3:H_3PO_4:P_2O_5=70:25:5$	—	0	7,9	1,2	—	—
	0,1н H_2SO_4	0	6,2	0,9	7,8	1,2
$HNO_3:H_3PO_4:P_2O_5=49:40:11$	—	0	8,8	1,4	7,3	1,1
	1%-ный р-р панкреатина	0	10,8	1,9	9,6	1,6

Примечание: * — за абсолютно сухой образец условно принят полисахарид, высушенный при 323К в вакуумном шкафу.

Для выбора оптимальных условий, обеспечивающих получение водорасстворимых высокозамещенных сульфатов нитрокрахмала и нитроамилопектина, было исследовано влияние состава сульфатирующей смеси, времени, температуры реакции, а также степени замещения по нитрогруппам.



Зависимость $C3$ при сульфатировании амилопектина (1) и нитроамилопектина (2) ($N=4,5\%$) пиросульфатом натрия ($3г/г$) от:
а — количества растворителя и б — серосодержащей соли при жидкостном модуле 3 г/г

На примере нитроамилопектина (рисунок) отражено влияние количественного состава сульфатирующей смеси на степень замещения по сульфогруппам (условия реакции: время — 6ч, температура — 333К). Очевидно, что количество сульфогрупп в нитроэфирах амилопектина (НАП) в зависимости от содержания соли и жидкостного модуля достигает максимальных значений

при соотношении $\text{НАП}:\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7:\text{DMCO} = 1:2,5-3,0:3$. Аналогичные результаты получены для амилопектина, нитроэфиров амилопектина и крахмала разного состава. Для этой оптимальной смеси выход водорастворимых нитросульфатов составлял 58–93%, степень замещения по сульфогруппам 0,5–0,8.

Результаты влияния температуры и времени реакции на содержание серы представлены в табл.2. Видно, что повышение температуры в интервале 303–333К, так же как и увеличение продолжительности процесса сульфатирования, не вызывает дальнейшего возрастания степени замещения по сульфогруппам нитросульфатов полисахаридов с разным содержанием азота. Однако для получения частично замещенных сульфозэфиров полисахаридов, обладающих наибольшей однородностью, реакцию сульфатирования целесообразно проводить не менее 5–6 ч при температуре 333К. Такие условия проведения процесса сульфатирования способствуют набуханию полисахаридов в растворителе и получению более однородных по своему составу нитросульфозэфиров. Показателем повышения однородности нитросульфозэфиров амилопектина и крахмала с увеличением времени и температуры реакции может служить полная растворимость смешанного эфира амилопектина и уменьшение мутности растворов нитросульфозэфиров крахмала, которая обусловлена загрязнением их мелкодисперсной незамещенной фракцией.

Таблица 2

Влияние температуры и продолжительности сульфатирования на степень замещения нитросульфозэфиров амилопектина и крахмала

$C_3\text{NO}_2$	Т,К	Продолжи- тельность, ч	Характеристика эфиров		Содержание нераство- римой фрак- ции, %	Выход, %
			Степень замещения			
			-NO ₂	-SO ₂ Na		
АМИЛОПЕКТИН						
0	303	6	0	0,6	0	93
	318	6	0	0,6	0	91
	333	0,5	0	0,6	0	90
	333	1	0	0,6	0	90
	333	6	0	0,6	0	90
0,7	308	6	0,7	0,5	16	64
	318	6	0,7	0,7	10	63
	333	0,5	0,7	0,5	15	65
	333	1,5	0,7	0,6	3	67
	333	3	0,7	0,6	2	90
	333	6	0,7	0,6	0	70
1,2	308	6	1,2	0,6	24	34
	318	6	1,0	0,6	0	73
	333	6	1,2	0,6	0	58
КРАХМАЛ						
0	333	6	0	0	100	0
0,8	308	6	0,8	0,6	2	66
	318	6	0,8	0,7	0	70
	333	0,5	0,8	0,5	2	63
	333	1,5	0,7	0,6	0	65
	333	3,0	0,8	0,6	0	61
	333	6	0,7	0,6	0	90
1,1	318	6	1,1	0,7	0	74
	333	6	0,7	0,6	0	80

При всех изученных условиях проведения процесса сульфатирования для всех нитроэфиров амилопектина и крахмала со $C_3\text{No}_2 < 1,4$ содержание нитроэфирного азота в ходе реакции не изменялось. Более высокозамещенные азотнокислые эфиры ($C_3\text{No}_2 - 1,4-1,9$) в сульфатирующей среде

при 333К денитруются, и в данной работе не удалось получить нитросульфозэфиры крахмала и амилопектина со $C3_{NO_2} > 1,5$ (табл.3).

Таблица 3

Влияние предварительной обработки амилопектина
и крахмала на состав их нитросульфозэфиров

C3 _{NO₂}	Условия гидролиза	Характеристика эфиров				[η], дл/г	Содержание нераствори- мой фрак- ции, %	Выход, %
		содержание, %		C3				
		азот	сера	-NO ₂	-SO ₂ Na			
АМИЛОПЕКТИН								
0	—	0	8,5	0	0,6	0,09	0	51
	0,1н H ₂ SO ₄	0	4,4	0	0,3	—	15	60
	1%-ный панкреатин	0	9,4	0	0,7	0,05	0	52
1,2	—	6,7	6,3	1,2	0,5	0,05	0	91
1,1	0,1н H ₂ SO ₄	5,1	6,9	1,0	0,6	0,04	16	61
1,4	1%-ный панкреатин	4,8	7,3	0,9	0,6	0,01	0	30
1,9	1%-ный панкреатин	7,1	6,8	1,5	0,6	0,007	0	25
КРАХМАЛ								
0	—	0	0	0	0	—	100	0
	0,1н H ₂ SO ₄	0	0	—	0	—	100	0
	1%-ный панкреатин	0	10,4	0	0,8	0,04	14	72
1,1	—	3,6	7,6	0,6	0,7	0,06	0	75
1,2	0,1н H ₂ SO ₄	5,2	7,6	1,0	0,7	0,06	0	71
1,4	1%-ный панкреатин	3,8	8,2	0,7	0,7	0,05	0	50
1,7	1%-ный панкреатин	5,8	8,5	1,3	0,8	0,03	0	50

Примечание: температура сульфатирования 333К, продолжительность — 6 часов.

Предварительный гидролиз полисахаридов кислотой или ферментом (см. табл.3) не влияет на реакционную способность их нитроэфиров в процессе сульфатирования, т.е. при фиксированных условиях количество сульфогрупп в нитросульфозэфирах исходных и гидролизованных амилопектина и крахмала примерно одинаково (0,5–0,8). Однако обработка амилопектина и крахмала раствором панкреатина способствует понижению выхода смешанного эфира, характеристической вязкости их растворов, что свидетельствует об образовании наиболее низкомолекулярных смешанных эфиров.

Исследование влияния количества нитрогрупп в нитросульфополисахаридах на биологическую активность выявило следующие особенности (табл.4): во-первых, в результате введения сульфогрупп в нитрополисахариды получены водорастворимые смешанные эфиры с комбинированным антиагрегантным и антикоагулянтным действием. Антиагрегантная активность непосредственно связана с концентрацией растворов смешанных эфиров, количеством нитрогрупп в их составе и в зависимости от степени замещения

по нитрогруппам достигает максимальной величины при значениях 0,9–1,0. Для крахмала и амилопектина величины антиагрегантного эффекта примерно одинаковы. Во-вторых, для амилопектина антикоагулянтная активность нитросульфозфиров выше, чем у сульфатов, для крахмала наблюдается обратная зависимость. Такая различная последовательность изменения антикоагулянтной активности у смешанных эфиров полисахаридов может свидетельствовать о значительном влиянии на нее степени полимеризации. И в-третьих, наилучшим антиагрегантным действием при сравнительно высоком антикоагулянтном эффекте обладают нитросульфозфиров крахмала, имеющие степень замещения по нитрогруппам – 1,0, сульфогруппам – 0,7 и характеристическую вязкость – 0,06. Из табл.4 следует, что предварительный ферментативный и кислотный гидролиз полисахаридов перед нитрованием и сульфатированием не только не влияет на содержание сульфогрупп, но и не повышает биологическую активность смешанных эфиров.

Таблица 4

Антиагрегантная и антикоагулянтная активность сульфатов и нитросульфатов амилопектина и крахмала

Полисахарид	Условия обработки	Характеристика сульфатов			Концентрация, мг/мл				
		C_{3NO_2}	C_{3SO_3Na}	$[\eta]$, дл/г	1,0	3,0	6,0	0,085	0,13
					Скорость агрегации, отн.ед V/Vc			Тромбиновое время, с	
Амилопектин	—	0	0,6	0,09	1	1	1	21±1	25±1
	1%-ный панкреатин	0	0,7	0,05	1	1	1	—	—
	1%-ный панкреатин	0,9	0,6	0,01	0,38	0,25	0	45±4	98±3
	0,1н H ₂ SO ₄	0,9	0,6	0,06	0,28	0	0	37±1	58±1
	—	1,0	0,5	0,04	0,24	0,14	0	48±5	61±1
	1%-ный панкреатин	1,5	0,6	0,01	0,29	0,24	0,09	42±2	61±6
Крахмал	1%-ный панкреатин	0	0,08	0,04	1	1	1	75±5	143±4
	0,1н H ₂ SO ₄	0,7	0,5	0,1	0,7	0,65	0,34	43±3	67±3
	1%-ный панкреатин	0,7	0,7	0,05	0,24	0,14	0	21±2	31±2
	—	1,0	0,7	0,06	0,09	0	0	70±6	80±5
	1%-ный панкреатин	1,3	0,8	0,03	0,20	0,13	0	34±3	64±1
	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание: тромбиновое время в контроле –12±1 с.

Таким образом, сульфатирование нитрозэфиров крахмала и амилопектина Na₂S₂O₇ в ДМСО приводит к образованию смешанных эфиров со степенью замещения по нитро 0,6–1,4 и сульфогруппам 0,5–0,8. Равновесная степень замещения по сульфогруппам нитросульфополисахаридов определяется составом сульфатирующей смеси и содержанием нитрогрупп в крахмале и амилопектине. Полученные смешанные эфиры обладают комбинированным антиагрегантным и антикоагулянтным действием.

1. Пат. 0475383 Японии, С 08В, 37/00, А 61К 31/715, 1992.
2. Машковский М. Д. Лекарственные средства. Вильнюс, 1994. Ч.1. С.359.
3. Химия и технология крахмала. М., 1975. С.359.
4. Успехи химии целлюлозы и крахмала. М., 1962. С.431.
5. Сарыбаева Р. И., Щелохова Л. С. Химия азотнокислых эфиров целлюлозы. Фрунзе, 1967. С.164.
6. Губен-Вейль. Методы органической химии. М., 1967. С.1032.
7. Торгашов В. И., Герт Е. В., Капуцкий Ф. Н., Бильдюкевич А. В. // Докл. АН БССР. 1989. Т.33. №11. С.1017.
8. Петропавловский Г. А. Гидрофильные частично замещенные эфиры целлюлозы и их модификация путем химического сшивания. Л., 1988. С.298.
9. Лабораторные методы исследования в клинике (Справ.). М., 1987.
10. Самаль А. Б., Черенкевич С. Н., Хмара Н. Ф. Агрегация тромбоцитов: методы изучения и механизмы. М., 1990. С.80.

Поступила в редакцию 02.04.98.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛОВОЛОКОННЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОЛИСУЛЬФОНА

The method for the hollow-fibre polysulphone membranes preparation by extrusion through spinneret has been developed. The special test beds to study physical-mechanical and transport properties of the fibres have been designed and created. The test beds allow to determine the geometrical parameters, bursting pressure, bubble point, permeability and rejection.

Одним из перспективных и быстроразвивающихся направлений мембранной технологии является создание новых типов мембранных устройств на основе полимерных полуволоконных элементов. Благодаря ряду преимуществ перед традиционными аппаратами на основе плоских или трубчатых мембран (наиболее высокой плотности упаковки в единице объема, отсутствию застойных зон, пониженной засоряемости и возможности регенерации обратноточной импульсной промывкой) они все шире применяются для очистки жидкостей и газов в биотехнологии, пищевой, фармацевтической, химической, металлургической и других отраслях промышленности [1]. В СССР разработкой и производством мембран (обратный осмос, ультрафильтрация) в виде полового волокна (ПВ) и мембранных элементов на их основе занимались НПО "Химволокно" (г. Мытищи) и ОКБ тонкого биологического машиностроения (г.Кириши) [2]. После распада СССР и акционирования предприятий исследования и конструкторские разработки в этой области резко сократились и в значительно меньшем объеме выполнялись НПИКФ "МемТекс" (г.Мытищи) и НПК "Биотест" (г.Кириши). В настоящее время в СНГ производство ПВ мембран и мембранных элементов осуществляется в ограниченных масштабах, не удовлетворяющих потребностям промышленности. В связи с этим в 1997 г. ИФОХ НАНБ и НИИ ФХП БГУ начаты исследования по получению мембран в виде ПВ в рамках ОНТП "Разработать и внедрить оборудование для тонкой очистки воды и технологических сред для коммунальных и промышленных нужд с использованием полуволоконных и композиционных мембран".

В данной статье рассмотрены первые результаты исследований по получению ПВ на основе полисульфона (ПС).

В качестве исходных реагентов при получении мембран использовали ПС марки UDEL P-3500 (производства Union Carbide, США) и отходов ПС, образующихся при производстве одноразовых гемодиализаторов СП "Фребор" (г.Борисов), диметилацетамид (ДМАА) марки "ч", простые олигоэфирсы на основе окисей этилена и пропилена с молекулярной массой 200–500 Д.

Для получения ПВ использован метод свободного прядения нити на воздухе с подачей осадителя внутрь жидкой нити полимерного раствора. Благодаря высоким скоростям фазового разделения формовочных растворов [3] процесс удалось реализовать без использования "внешней" осадительной ванны, что позволило существенно упростить процесс производства с точки зрения применяемой аппаратуры. Так, стендовое оборудование для получения ПВ включает систему приготовления формовочных растворов, термостатируемые приемно-подающие емкости для формовочного раствора и осадителя, фильерную стойку с нитеводителями, приемную ванну и промывочные барки. Регулируемая подача в фильеру формовочного раствора и осадительной ванны осуществляется сжатым азотом и контролируется образцовым манометром.

Разработаны и изготовлены два типа конструкций фильер с капиллярами в отверстиях, различающихся формой капилляра. В первом случае капилляр цилиндрический, во втором – конусный. Формовочный раствор проходит через зазор, образованный корпусом фильеры и стенками капилляра. В канал капилляра подается осадительная ванна.

Для изучения физико-механических характеристик и транспортных свойств волокон разработаны и изготовлены специальные стенды. Оценка показателей

включала определение с помощью оптического микроскопа геометрических параметров волокна (диаметр, толщина стенок), а также давление разрыва ($P_{\text{разр}}$), точку пузырька (по воде и коэффициент задерживания (R) по раствору декстрана Т-70. Стендовое оборудование для изучения транспортных характеристик индивидуальных волокон, определения $P_{\text{разр}}$ и точки пузырька выполнено в одном блоке (рис.1).

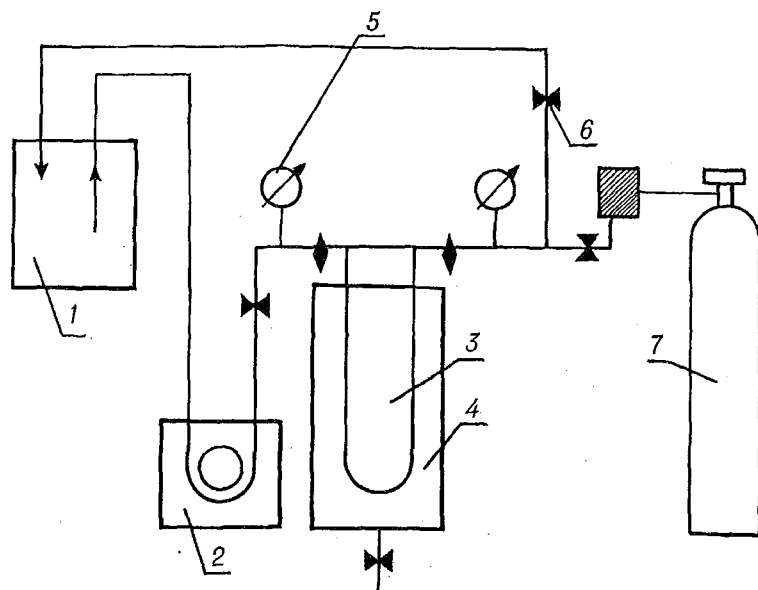


Рис.1. Испытательный стенд для оценки транспортных и механических характеристик ПВ:

1 – термостатируемая емкость для тестирующего раствора, 2 – перистaltический насос, 3 – полое волокно, 4 – сосуд-сборник, 5 – образцовые манометры, 6 – запорная арматура, 7 – баллон со сжатым воздухом и прецизионным манометром

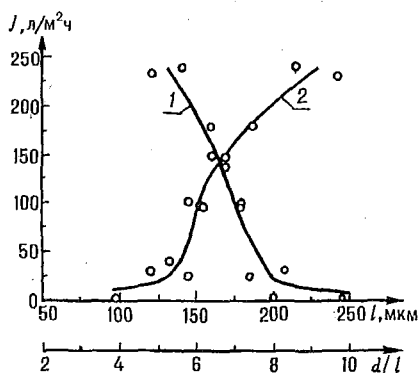


Рис.2. Зависимость удельной производительности ПВ от толщины стенки (1) и отношения d/l

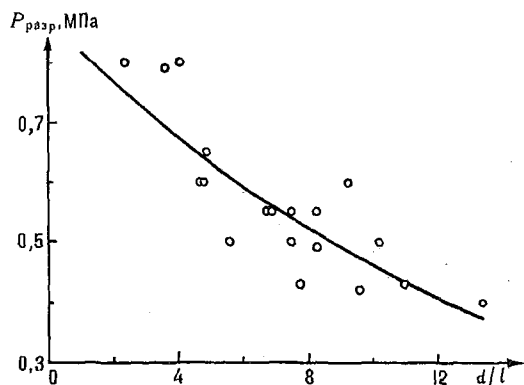


Рис.3. Зависимость давления разрыва волокна от отношения d/l

Установлено, что формирование ПВ из растворов ПС в ДМАА возможно на основе композиций, использованных нами ранее [4] для получения плоских мембран, однако некоторые составы с концентрацией ПС менее 20% оказались непригодными вследствие низких значений механической прочности первичного полимерного геля. В связи с этим дополнительно определены граничные области составов композиций ПС–ДМАА–порообразователь, а также параметры технологического процесса (скорость подачи формовочного раствора, температура, состав и скорость подачи осадительной ванны, фильерная вытяжка и др.), обеспечивающие устойчивое формирование волокна с заданными геометрическими размерами. Установлено, что основными факторами, определяющими получение проницаемых материалов, являются в первую очередь геомет-

рические размеры волокна (диаметр канала и толщина стенки), фильерная вытяжка и температура осадительной ванны. В частности, увеличение толщины стенок при постоянном диаметре ПВ со 100 до 200 мкм приводит к практически полной утрате гидравлической проницаемости (рис.2). С увеличением отношения диаметра волокна к толщине его стенок (d/l) проницаемость резко возрастает. Это свидетельствует о том, что формирование системы сквозных пор ПВ непосредственным образом связано с протеканием усадочных явлений в первичном полимерном геле. При блокировании процессов усадки (технически это осуществляется путем увеличения давления осадителя и приводит к возрастанию диаметра и утоньшению стенок волокна) возникающие внутренние напряжения приводят к появлению сквозных микротрещин и образованию системы сквозных пор. Аналогичным образом сказывается увеличение фильерной вытяжки: при постоянных значениях параметра d/l гидравлическая проницаемость возрастает, а давление разрыва фильтра уменьшается. Следует отметить, что поскольку полволоконные мембраны представляют собой безпорную конструкцию, работающую под давлением, $P_{\text{разр}}$ является одним из важнейших показателей, определяющим саму возможность практического использования ПВ. При фиксированной фильерной вытяжке, обеспечивающей удовлетворительные транспортные свойства, прочностные характеристики ПВ определяются параметром d/l (рис.3) и двумя постоянными, зависящими от условий формования и состава формовочной композиции: $P_{\text{разр}} = \exp(a \cdot d/l) + b$. В частности, увеличение концентрации полимера в формовочном растворе до 24–26% и оптимизация условий формования позволяют увеличить давление разрыва фильтра свыше 0,6–0,7 МПа при сохранении высоких значений проницаемости.

На основании полученных данных в лабораторных условиях отработан воспроизводимый процесс получения полых волокон с использованием растворов на основе ПС марки UDEL P-3500 (производства Union Carbide, США) и отходов ПС. Установлено, что на основе первого полимера возможно получение мембран с повышенными характеристиками задерживания, второй полимер целесообразно использовать для формования крупнопористых высокопроизводительных мембран.

1. Serra C., Moulin Ph., Rouch J.S. // *Proceeding of Euromembrane '95*. Bath. 1995. Vol.2. P.43.

2. Айзенштейн Э.М., Тиракьян А.С., Борцев А.П. // *Хим. волокна*. 1991. №2. С.35.

3. Соколова В.И., Коршунова Т.А., Бильдюкевич А.В. // *Коллоидн. журн.* 1994. Т.56. №5. С.703.

4. Бильдюкевич А.В., Ларченко Л.В., Капуцкий Ф.Н. // *Весті АН БССР. Сер. хім. наук*. 1991. №4. С.84.

Поступила в редакцию 21.05.98.

УДК 541.64+542.952.6:547(315.2+391.1'261)

Ф.Н.КАПУЦКИЙ, В.П.МАРДЫКИН, Л.В.ГАПОНИК, Т.Л.МИЛЬЧАНИНА

АЛЬТЕРНАНТНАЯ СОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ПИПЕРИЛЕНА С МЕТИЛМЕТАКРИЛАТОМ В ПРИСУТСТВИИ АНИЗОЛЯТА ИЗОБУТИЛАЛЮМИНИЙДИХЛОРИДА И ПЕРОКСИДА БЕНЗОИЛА

The present work continues the study of alternating copolymerization of piperilen with the use of $i\text{-BuAlCl}_2 \cdot \text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_5$ and benzoyl peroxide. Dependencies on an output and intrinsic viscosity of copolymer on concentration of benzoyl peroxide and copolymerization temperature have been established. The introduction of benzoyl peroxide increases the efficiency of copolymerization, as well as allows to reduce quantity of complexator in 2,5 times.

Известно, что в процессах альтернантной сополимеризации углеводородных мономеров с полярными мономерами, которые протекают спонтанно, могут применяться промоторы (органические пероксиды, кислород, а также УФ облучение) [1–3]. Наиболее часто в качестве промоторов используется пероксид бензоила [4]. Ранее нами было показано, что анизолят изобутил-

алюминийдихлорида является активным комплексообразователем в альтернантной сополимеризации пиперилена (П) с метилметакрилатом (ММА) [5]. В данной работе исследовалось активирующее действие на указанную систему пероксида бензоила (ПБ).

Экспериментальная техника (подготовка исходных компонентов, последовательность их введения, проведение сополимеризации, выделение продуктов реакции и т. д.) была аналогична описанной в [5]. В данном исследовании в сополимеризуемую смесь последней вводилась ПБ.

Полученные результаты представлены в таблице и на рис. 1, 2. Из приведенных данных следует, что при увеличении времени реакции с 4 до 10 ч возрастает выход альтернантного сополимера (СПЛ), т. е. в присутствии ПБ процесс образования сополимера более длителен по сравнению с выходом в системе, не содержащей ПБ [5]. С ростом концентрации ПБ возрастает выход СПЛ. При этом выход СПЛ и его характеристическая вязкость $[\eta]$ в зависимости от концентрации ПБ и температуры изменяются симбатно. Этим поведение эфиратного комплексообразователя (КО) отличается от поведения индивидуальных (свободных) этилалюминийхлоридов, в случае применения которых указанные зависимости в пределах от 10 до 60°C антибатны: с ростом температуры выход СПЛ растет, а $[\eta]$ уменьшается [4].

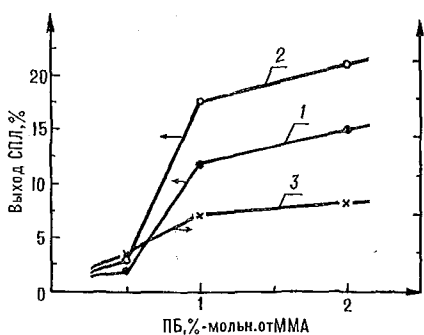


Рис. 1. Зависимость выхода и $[\eta]$ сополимера от количества ПБ: Т сополимеризации 20°C; 1 — время сополимеризации 4 ч; 2, 3 — время сополимеризации 10 ч

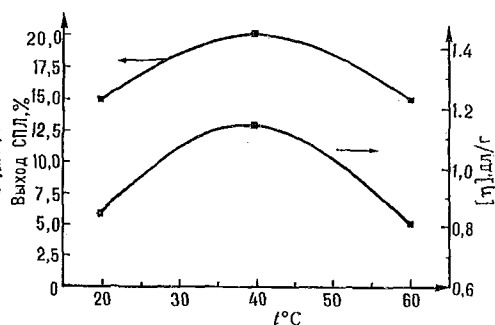


Рис. 2. Зависимость выхода и характеристической вязкости сополимера от температуры сополимеризации: ПБ 1% мольн. на ММА, время 10 ч

Из полученных зависимостей следует, что в интервале 20–60°C исследованная система проявляет признаки так называемых "живых" цепей, т. е. наблюдается одновременное увеличение молекулярной массы сополимера и его выхода. В целом при альтернантной сополимеризации выход СПЛ с увеличением температуры (до значения $T_{\max}$) всегда возрастает. Зависимости выхода СПЛ и молекулярной массы (пропорциональной $[\eta]$) от температуры могут быть:

1. Антибатными (этот случай встречается наиболее часто).
2. Выход СПЛ с температурой (также достаточно часто встречающаяся закономерность) растет при постоянной молекулярной массе сополимера.
3. Выход СПЛ с температурой растет, но если учитывать образование гомополимеров (что не всегда делается в публикациях), то выше $T_{\max}$ он начинает уменьшаться, такой же ход имеет и зависимость $[\eta]$ — Т.

Все три указанных типа зависимости обусловлены влиянием температуры на величину степени диссоциации промежуточных комплексов как непосредственно, так и через растворитель. Кроме того, с возрастанием температуры при альтернантной сополимеризации повышается скорость сопутствующих процессов гомополимеризации исходных мономеров. В общем случае это обусловлено диссоциацией промежуточных двойных [КО:полярный мономер] и тройных комплексов (интермедиатов {[КО:полярный мономер] неполярный мономер}) [6], приводящей к возрастанию концентрации свободных мономеров. У последних повышается вероятность гомополимеризации по катионному

(для неполярного мономера) и радикальному (неполярного и полярного мономеров) механизмам полимеризации.

Характеристическая вязкость сополимера, синтезируемого в присутствии модифицированной ПБ системы, по сравнению с системой, не содержащей ПБ, примерно в два раза меньше (см. данные таблицы и [5]), что вызывается присутствием ПБ, который выступает в качестве промотора инициирующей системы процесса альтернантной сополимеризации.

Что касается конкурирующих реакций (образование АДА, гомополимера пиперилена и ММА), то образование ГП (см. таблицу) в отличие от [7] наблюдается в малой степени (до 4%) даже при относительно высокой температуре (60°C). Возникновение ГММА обуславливается радикальным механизмом его полимеризации за счет инициирования ПБ, эффективность которого значительно увеличивается с ростом температуры, а также концентрации свободного ММА за счет диссоциации промежуточных комплексов.

Альтернантная сополимеризация пиперилена с метилметакрилатом в присутствии $i\text{-BuAlCl}_2\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_5$ и ПБ*

Условия сополимеризации			Выход, % от мономеров				$[\eta]$ СПЛ, дл/г
ПБ, %-мольн. от ММА	Температура, °C	Время, ч	СПЛ	АДА	ГП	ГММА	
0,5	20	4	1,1	30,6	—	—	—
1,0	20	4	12,1	25,1	—	—	—
2,0	20	4	15,0	28,9	—	2,3	—
1,0**	22	10	6,6	—	—	—	—
0,5	20	10	3,0	23,8	—	—	0,50
1,0	20	10	16,2	24,1	—	0,6	0,88
2,0	20	10	20,7	21,6	—	—	0,94
1,0	40	10	19,2	—	3,5	4,9	1,16
1,0	60	10	16,5	—	4,3	6,7	0,81

Примечание: * — соотношение ММА:П:Ал 1:1:0,18; ** — соотношение ММА:П:Ал 1:1:0,10; СПЛ — альтернантный сополимер; АДА — аддукт Дильса-Альдера; ГП — гомополимер пиперилена; ГММА — гомополимер ММА

Результаты свидетельствуют, что введение ПБ в систему чередующейся сополимеризации в присутствии анизолата изобутилалюминийдихлорида позволяет снизить расход комплексобразователя приблизительно в 2,5 раза, увеличить выход альтернантного сополимера и уменьшить количество аддукта Дильса-Альдера ~ в 1,5–2 раза. Одновременно с указанными эффектами в присутствии модификатора увеличивается продолжительность процесса в 2 раза и снижается молекулярная масса сополимера.

Среди возможных направлений использования указанного сополимера можно наметить следующие: пластификация, модификация ряда полимеров и их композиций, аппретирование волокон, тканей.

1. Kuran W., Pasynkiewicz S., Nedir K., Kowalewska B. // *Makromolek. Chem.* 1976. В.177. S. 1293.
2. Hirooka M. // *Pure and Appl. Chem.* 1981. Vol.53. P. 681.
3. Заявка ФРГ 4404320 оп. 17.08.1995; РЖХим. 1997. С318П.
4. Wu G. OI. Y., Lu G., Wei Y. // *Polym. Bull.* 1989. Vol.22. №4. P. 393.
5. Мардыкин В.П., Гапоник Л.В. // *Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2.* 1997. №2. С. 3.
6. Hirooka M. // *J. Polym. Sci. Part A.* 1996. Vol.34. №12. P. 2265.
7. Requena C., Polton A., Tardi M., Sigwalt P. // *Eur. Polym. J.* 1989. Vol.25. №12. P.1251.

Поступила в редакцию 19.05.98.

УДК 541.183.2.

С.А.МЕЧКОВСКИЙ, А.И.ЛЕСНИКОВИЧ, С.А.ВОРОБЬЕВА,
Ю.В.ЗАНЕВСКАЯ, А.Л.КОЗЫРЕВСКАЯ, Е.В.МОЛОТОК

ВЫСОКОДИСПЕРСНЫЕ МАГНИТОИЗВЛЕКАЕМЫЕ СОРБЕНТЫ

It were suggested methods of preparing composite sorbents, having selectivity to cesium, strontium and heavy metals ions by using of crushing ground wood, alkilresorcinol gas-expanded plastic, high-dispersion magnetite, sorptionactive fraction of foam and humic acids. It was established that distribution constants of selective sorption metals is increased with decrease of these metals concentration in solution. Possibility of the sorbents application for remediation of contaminated nature objects.

Сорбционно-активные материалы, обладающие высокой селективностью к ионам металлов и улучшенными кинетическими свойствами, привлекают внимание исследователей в связи с решением природоохранных проблем [1,2]. Придание этим материалам магнитных свойств может обеспечить значительное повышение эффективности их использования, поскольку открывается возможность вводить сорбенты в очищаемую среду в виде дисперсной фазы при контролируемой поверхности межфазного контакта и извлекать из среды физическим методом. Применяемые до последнего времени сорбенты в виде волокон или крупных гранул [2] недостаточно эффективны, главным образом в связи с ограниченной поверхностью межфазного контакта.

Как показали наши исследования, придание сорбентам магнитных свойств обычно не снижает емкости и селективности сорбции, а в ряде случаев улучшает эти характеристики, повышая также скорость процесса сорбции — десорбции. Известно также, что магнитные сорбенты способны улучшать ионообменные свойства почв [3], что указывает на возможность использования материалов данного типа для направленного изменения свойств биологических систем. Под действием высокодисперсных магнитных составляющих сорбентов, по-видимому, существенно изменяются информационные свойства структурированных слоев воды, прилегающих к поверхности микрочастиц [4], что может оказывать существенное влияние как на равновесие, так и на динамику массообмена. Однако сведений о закономерностях ионного обмена и сорбции в подобных системах в литературе недостаточно.

Авторами данной статьи разработаны методы получения дешевых сорбентов, селективных к ионам цезия, стронция и тяжелых металлов (Д-АРП-М, ФФ-М и др.), путем иммобилизации на измельченную древесину (размер частиц 0,25–0,5 мм) алкилрезорцинового пенопласта или фенолформальдегидной смолы (частицы <0,1 мм) и магнетита (частицы <0,001 мм) в соотношении по массе 5:5:2. В качестве связующего материала использовали полиметакрилат (12% от общей массы композиции) в виде раствора в хлороформе (1:6). Активирование сорбентов осуществляли смесью вода–ацетон в соотношении 1:1 по объему, затем 0,1 моль/л раствором HCl и 0,1 моль/л раствором NaOH.

Сорбционную способность полученных материалов по отношению к ионам металлов изучали в динамическом режиме при скорости потока 1 мм/с. По выходным кривым определяли обменную емкость (ОЕ) как площадь над кривой (в мг-экв/г) и коэффициенты распределения (К) металлов между фазами как отношение содержания металла в сорбенте и растворе (ммоль/см³) при условии полного насыщения сорбента в растворе заданной концентрации.

Модифицирование сорбентов малорастворимыми солями CaCO₃ и CaHPO₄ проводили путем пропитки по методике, описанной [5].

Кинетику ионного обмена изучали методом потенциометрического титрования со стеклянным электродом при времени контакта навесок сорбента в Н-форме с растворами гидроксида натрия переменной концентрации от 1ч до 30 сут.

На рис.1 приведена концентрационная зависимость обменной емкости и коэффициентов распределения для ионов цезия на сорбенте Д-АРП-М. Наблюдается четко выраженное возрастание коэффициентов распределения с уменьшением концентрации цезия в подвижной фазе. Это наиболее характерная особенность обмена на высокоселективных ионообменниках с мелкодисперсной активной фазой, где распределение реализуется в условиях развитой поверхности межфазного контакта. Имеет место возрастание свободной энергии переноса ионов металла в фазу сорбента. По-видимому, это обусловлено возрастанием мощности структурированного граничного слоя воды, сопровождающимся активизацией переноса селективно-сорбируемых ионов к функциональным группам ионообменника.

Аналогичными свойствами обладают и сорбционные системы, содержащие в своем составе высокодисперсные фракции глины. В связи с этим правомерно

предположение, что именно возрастанием коэффициентов распределения по мере уменьшения концентрации селективно-поглощаемого металла обусловлено наблюдаемое закрепление радиоактивного цезия в верхних слоях почвы в районах загрязнений, вызванных аварией на Чернобыльской АС. Сравнительные данные для композиционного сорбента на основе алкилрезорцинового пенопласта, содержащего высокодисперсный магнетит, и фракции глины (рис.2) указывают на то, что глинистые составляющие почв по селективности относительно ионов цезия заметно уступают полученным нами искусственным магнитоизвлекаемым сорбентам. Как видно, существует принципиальная возможность создания искусственных сорбционных барьеров для радионуклидов в почвах, а также очистки загрязненных мест от радионуклидов путем внесения высокодисперсного селективного сорбента и последующего извлечения его за счет магнитных свойств. При этом, как показывают данные рис.2, в качестве селективно-действующих составляющих сорбентов могут быть использованы природные гуминовые кислоты.

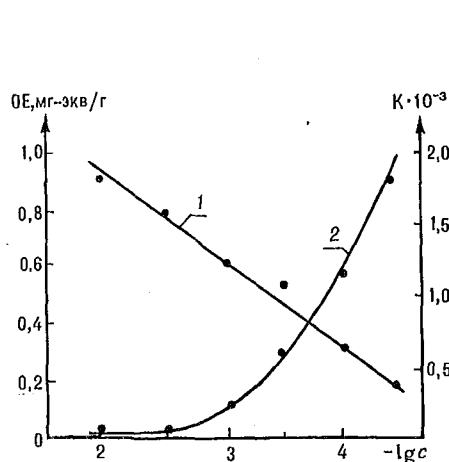


Рис.1. Зависимость обменной емкости (1) и коэффициента распределения (2) от концентрации ионов цезия в растворе. Сорбент Д-АРП-М

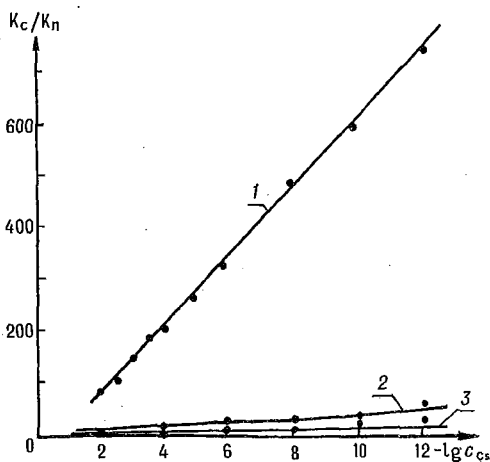


Рис.2. Отношение величин коэффициентов распределения для сорбента Д-АРП-М к коэффициентам распределения для составляющих почв: 1 — фракция глины (0,1 — 0,25 мм), 2 — фульвокислоты, 3 — гуминовые кислоты в зависимости от концентрации цезия в растворе

Данные о влиянии малорастворимых карбонатов и фосфатов металлов на селективность сорбентов к радионуклидам представляют интерес в связи с возможным использованием этих соединений в качестве мелиорантов. Как показано на рис.3, селективность сорбента Д-АРП-М практически не зависит от содержания карбоната кальция даже при его количествах, соизмеримых с количеством сорбента. В случае использования гидрофосфата кальция подобных эффектов не обнаружено при отношении массы соли к массе сорбента меньше 0,001. При более высоких содержаниях наблюдается уменьшение коэффициентов распределения цезия, интенсивно усиливающееся с увеличением содержания соли.

Экспериментальные данные, представленные на рис.4, иллюстрируют эффективность применения сорбента Д-АРП-М для извлечения ионов цезия из глинистых составляющих почвы. Видно, что при 30-суточном контакте сорбента с почвой имеет место 10-кратное снижение содержания цезия в максимально сорбирующей глинистой фракции при отношении массы сорбента к массе этой фракции, равном 0,01. Учитывая тот факт, что доля сорбционно-активной глины в почве сравнительно мала, и радиоактивный цезий, как правило, содержится в тонком слое почвы, можно считать, что в реальных условиях для дезактивации потребуются количества сорбента, соизмеримые с количествами вносимых в почву минеральных удобрений.

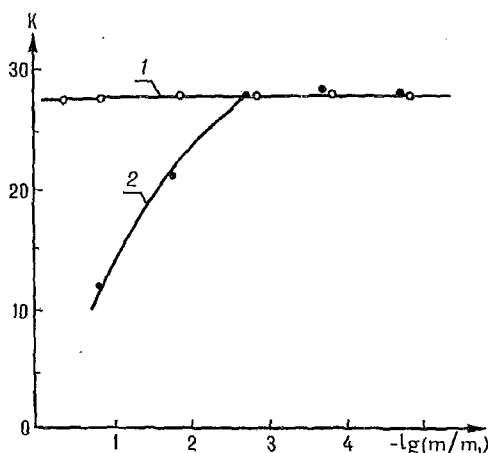


Рис.3. Зависимость коэффициента распределения цезия от соотношения масс модифицирующей соли и сорбента Д-АРП-М:
1 – CaCO_3 , 2 – CaHPO_4

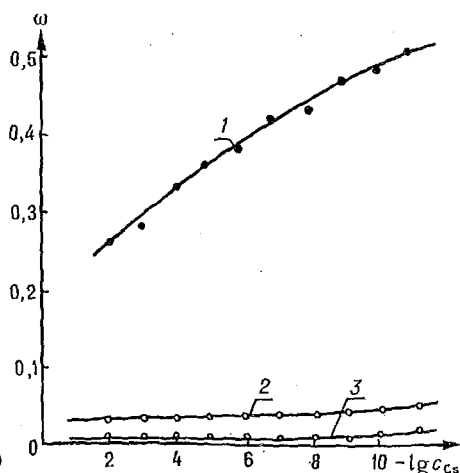


Рис.4. Массовая доля гуминовых кислот (1) и сорбента Д-АРП-М в их смесях с фракцией глины (0,1 – 0,25 мм), соответствующая 10-кратному снижению содержания цезия в глине, в зависимости от концентрации цезия в растворе:
1,2 – распределение в динамическом режиме;
3 – распределение в статическом режиме

Представляет интерес относительно высокая сорбционная способность гуминовых кислот и фульвокислот по отношению к ионам цезия (см. рис.2). Учитывая их доступность, можно говорить о перспективности включения этих веществ в композиционные магнитоизвлекаемые сорбенты в качестве вспомогательных фаз, обеспечивающих интенсификацию переноса цезия из среды к ионообменным центрам селективного искусственного сорбента.

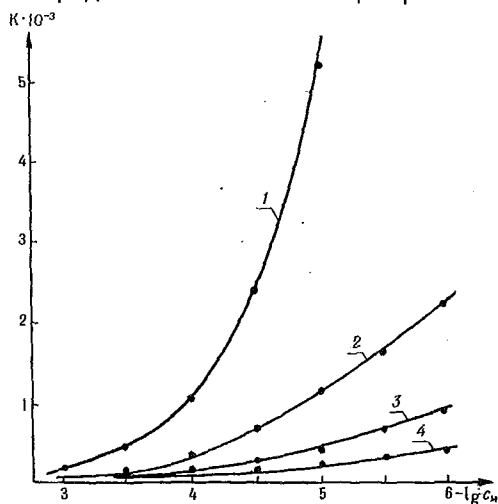


Рис.5. Коэффициенты распределения кобальта (1,2) и меди (3,4) в зависимости от их концентрации в растворе для сорбентов:
древесина – трепел (2,4) и древесины – трепелмагнетит (1,3)

Высокую селективность к ионам тяжелых металлов проявляют сорбенты на основе трепела (Ивановское месторождение в Беларуси). Как показывают данные (рис.5), введение высокодисперсного магнетита в композицию древесины – трепел – полиметакрилат приводит к резкому возрастанию селективности по отношению к ионам кобальта. Коэффициенты распределения для кобальта возрастают при этом примерно в 10 раз. Обменная емкость по кобальту (относительно растворов с концентрацией 10^{-4} моль/л) возрастает соответственно от 0,14 до 0,93 мг-экв/г в расчете на содержание трепела в композиции.

Таким образом, применение высокодисперсного магнетита как составной части композиционных сорбентов позволяет не только

получать магнитоизвлекаемые материалы с большой поверхностью межфазного контакта, но и направленно изменять селективность сорбции.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

1. Лукашев В. К. Искусственные сорбенты в прикладной и экспериментальной геохимии. Мн., 1992.
2. Малютин В. В., Гелис В. М., Пензин Р. А. // Радиохимия. 1993. №3. С.76.
3. Магнетизируемые вещества для улучшения свойств почв. Пат. 684089, Швейцария, МКИ⁵ С 01 G 49/02, G 01 C 57/00. 15.07.1994.
4. Дистлер Г. И., Кобзарева С. А. // Поверхностные силы в тонких пленках. М., 1979. С.71.
5. Технология катализаторов. Л., 1989. С.120.

Поступила в редакцию 22.05.98.

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ 5-АМИНОТЕТРАЗОЛЯТА НАТРИЯ

Thermal decomposition behavior of sodium salt of 5-aminotetrazole (SAT) was studied by high-resolution thermogravimetry, differential scanning calorimetry and thermal volatilisation analysis. SAT decomposes in three steps at 280–300, 300–330 and 420–520°C respectively. In the first step, the tetrazole ring cracks with evolution either sodium azide or hydrogen azide. SAT produces a thermally stable residue consisting of sodium salts of cyanomelamine and trisodium salt of tricyanomelamine.

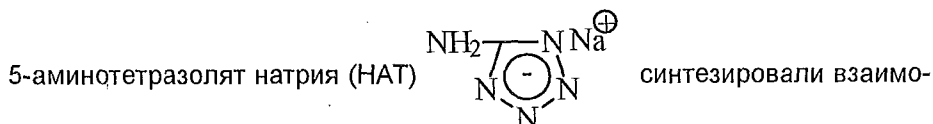
Исследование термического разложения тетразолов является актуальным в связи с необходимостью поиска новых эффективных компонентов газогенерирующих композиций – составов, выделяющих большой объем газов при горении или термическом разложении. Перспективными представителями соединений этого класса являются 5-аминотетразолы, содержащие значительное количество азота в молекулах (82% в 5-аминотетразоле, 84% в 1,5-диаминотетразоле).

К числу требований, предъявляемых к компонентам газогенерирующих композиций, относится максимальная газопроизводительность при минимальном образовании или полном отсутствии высококипящих продуктов, т.е. продуктов, летучих при температуре горения и конденсирующихся при комнатной температуре.

Ранее было показано [1], что при термическом разложении 5-аминотетразола образуются термостабильный остаток, состоящий из соединений симметричной структуры, и газообразные продукты, основным компонентом которых, наряду с азотом, является азотистый водород. Чтобы исключить выделение азотистого водорода, были изучены соединения, у которых атом водорода в положении "1" кольца 5-аминотетразола был замещен на функциональные группы, а также полимерные соединения с 5-аминотетразольным заместителем в боковой цепи. Однако было показано [2], что при термическом разложении 1-метил-5-аминотетразола и 1,5-диаминотетразола выделяются азотистый водород и цианистый водород. Основным газообразным продуктом термоллиза поли-1-винил-5-аминотетразола является азот; были идентифицированы также небольшие количества азотистого водорода [3].

В связи со сказанным был продолжен поиск других высокоэффективных генераторов газа в ряду тетразолов, которые не выделяют токсичных газов. Целью настоящего исследования является изучение закономерностей термического разложения натриевой соли 5-аминотетразола.

Материал и методика



действием спиртовых растворов 5-аминотетразола и этилата натрия, взятых в эквивалентных количествах. По окончании реакции растворитель удаляли под вакуумом. Продукт дважды перекристаллизовывали из бидистиллированной воды и сушили при 50°C в вакууме при 100 Па. Индивидуальность соединения контролировали методом тонкослойной хроматографии. Содержание натрия, оцененное методом пламенной фотометрии, составило 20,8% (расчетное 21,5%).

Термическое разложение НАТ изучали методами термогравиметрии высокого разрешения (ТГВР), дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термического волюмометрического анализа (ТВА). ТГВР- и ДСК-эксперименты проводили в проточной атмосфере азота (60 мл/мин) при скорости нагрева 10°C/мин, используя термоанализатор DuPont 2100 с модулями ТГА 2950 и ДСК в алюминиевых тиглях. ТВА-эксперименты были выполнены в вакууме (10⁻¹–10⁻² Па) при постоянной откачке продуктов реакции и скорости нагрева 10°C/мин.

Твердый остаток термолитза собирали на различных степенях разложения в ходе ТГВР-исследований. Выделяющиеся в ходе термолитза высококипящие, летучие кристаллические и газообразные продукты собирали в ловушках, охлаждаемых проточной водой (20°C) или жидким азотом (-196°C). Высококипящие летучие кристаллические продукты, а также твердый остаток исследовали методом Фурье ИК спектроскопии (ФИК). Газообразные продукты анализировали с помощью газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС), а также ФИК.

Для кинетических исследований были проведены ТВА эксперименты в статической атмосфере аргона при скоростях нагрева 0,63; 1,25; 2,5; 5; 10; 20; 40 град/мин (навеска образца 8÷15 мг) в стеклянной ампуле, которую помещали в печь. Объем выделяющихся газообразных продуктов регистрировали дифференциальным автоматическим газовым волюмометром ДАГВ-70-2М. Линейную скорость нагрева задавали прецизионным регулятором температуры ПРТ-1000.

Результаты и их обсуждение

На кривой ТГВР (рис.1) показаны три стадии потери веса, которые составляют 18, 10 и 16% соответственно, при температуре в интервалах 280–300, 300–330 и 420–520°C.

На рис.2 показана кривая ДСК термического разложения НАТ. В температурном интервале 280–320°C находится эндотермический пик сложной формы, являющийся следствием наложения двух эффектов – эндотермической реакции термолитза НАТ (так как температура начала этого эффекта совпадает с температурой начала потери веса на кривой ТГВР) и плавления образующихся продуктов реакции ($T_{\min}$ 307°C). Дополнительным изотермическим экспериментом, проведенным при 280°C, было подтверждено, что НАТ действительно разлагается без плавления. За эндотермическим эффектом плавления следует слабый экзотермический пик, который соответствует второй стадии потери веса. Два интенсивных экзотермических пика ($T_{\max}$ 493 и 554°C) соответствуют, вероятно, третьей стадии потери веса НАТ. Различие в температурах максимума ДТГ и ДСК связано с использованием различных программ нагревания в ТГВР и ДСК.

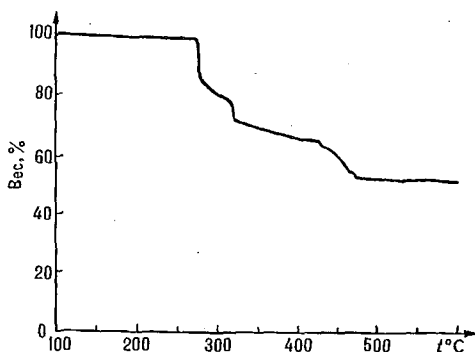


Рис.1. Кривая ТГВР термолитза НАТ:
скорость нагрева 10°C/мин; ток азота 60 мл/мин

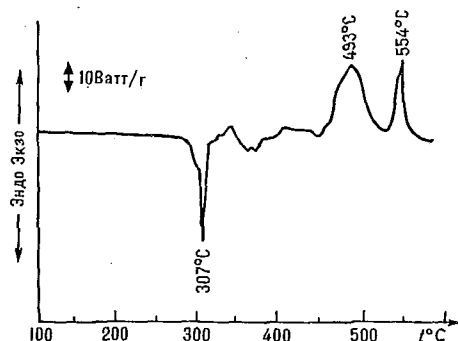


Рис.2. Кривая ДСК для НАТ:
скорость нагрева 10°C/мин; ток азота 60 мл/мин

В ТВА-экспериментах зарегистрировано две стадии выделения конденсирующихся газов в температурных интервалах 280–360°C ($T_{\max}$ 305°C) и 360–520°C ($T_{\max}$ 470°C). Неконденсирующиеся газообразные продукты начинают выделяться при 290°C. В температурном интервале 290–360°C наблюдаются две стадии их выделения ($T_{\max}$ 305 и 335°C) и одна стадия – при 360–520°C. Эти три процесса соответствуют трем стадиям потери веса ТГВР-экспериментов. Таким образом, в интервале 280–360°C наблюдается преимущественное выделение конденсирующихся продуктов, а в интервале 360–520°C – неконденсирующихся.

В ИК спектре исходного НАТ (рис.3, спектр а) к валентным колебаниям аминогруппы отнесены три полосы поглощения при 3425, 3338 и 3234 см^{-1} , а к деформационным – интенсивная полоса при 1623 см^{-1} и средней интенсивности полоса при 1006 см^{-1} . Основными полосами поглощения тетразольного цикла являются 1544, 1452 см^{-1} (валентные колебания кольца, основной вклад в которые вносят связи $\text{C}=\text{N}_{\text{эндо}}$ и $\text{N}=\text{N}$ соответственно [4]), 1136 и 1108 см^{-1} (скелетные колебания кольца [4]). Полоса сильной интенсивности 1249 см^{-1} отнесена к колебаниям экзоциклической связи $\text{C}-\text{N}$.

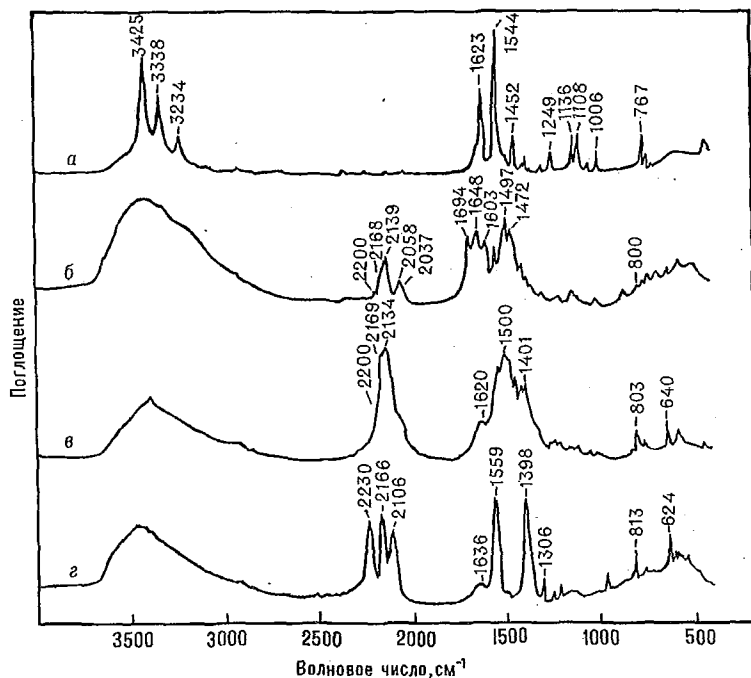


Рис.3. Спектры ФИК:

а – исходный НАТ. Твердые остатки, собранные в ТГВР: б – при 300°C, в – при 350°C и г – при 470°C

В ИК спектре твердого остатка, собранного в конце первой стадии разложения (спектр б), практически исчезли полосы валентных колебаний тетразольного цикла, что означает его разрушение. Одновременно появился ряд новых полос поглощения в области 2000–2200 см^{-1} . Два новых пика при 2139 и 2058 см^{-1} отнесены к валентным колебаниям N_3 в азиде натрия [5]. Азид натрия был также идентифицирован по реакции с ионом трехвалентного железа. Карбодиимидные структуры можно обнаружить по полосе 2168 см^{-1} . Две слабые, появляющиеся при 2200 и 800 см^{-1} полосы можно отнести к соли меламиноцианамида [6,7].

Новые полосы в области 1700–1600 см^{-1} , по-видимому, относятся к валентным колебаниям связи $\text{C}=\text{N}$ и деформационным колебаниям аминогруппы.

Из результатов анализа газообразных продуктов, выполненного при 300°C, следует, что на первой стадии главным образом выделяется азотистый водород. В ИК спектре газообразных продуктов зафиксирован также аммиак.

Таким образом, тетразольный цикл НАТ разлагается с выделением азотистого водорода. Так как у НАТ отсутствуют благоприятные возможности для элиминирования HN_3 (наличие атома водорода у циклического атома азота), мы можем предположить, что аминформа (1) НАТ изомеризуется в иминоформу (1а, уравнение), из которой и образуется HN_3 . Склонность 5-аминотетразолов к аминоиминной таутомерии ранее была показана на примере 5-аминотетразола, 1,5-диаминотетразола, 1-метил-5-аминотетразола, поли-1-винил-5-аминотетразола [1–3].

Гидроцианамид натрия (2), образующийся при выделении из НАТ HN_3 , имеет структуру карбодиимида и идентифицирован по полосе 2168 см^{-1} [8].

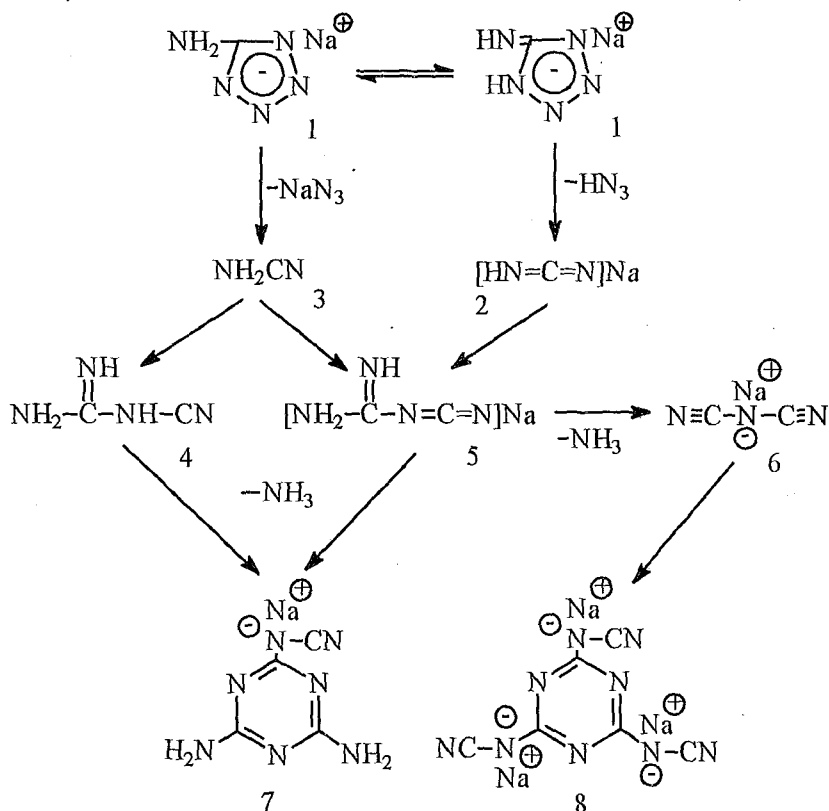
В твердом остатке термолиза зафиксирован также азид натрия. Это означает, что существует еще один путь раскрытия тетразольного цикла НАТ. Азид натрия может выделяться как из amino-, так и иминоформы НАТ с образованием в твердом остатке цианамид (3) либо его димера – дициандиамида (4).

Соединения (3) и (4) не были идентифицированы, но были определены конечные продукты химических реакций, в которых они участвуют, – меламинацианамид натрия (7) и натриевая соль трицианомеламина (8). Промежуточным продуктом, из которого получают эти соли, является дициандиамид натрия (5) и дициандиамид (4) взаимодействуют между собой, образуя меламинацианамид натрия (7). Было также показано [9], что натриевая соль дициандиамида (5) при нагревании превращается в натриевую соль дицианимида (6), которая тримеризуется в натриевую соль трицианомеламина (8).

В газообразных продуктах термического разложения, собранных в конце второй стадии разложения, идентифицированы азотистый водород, аммиак и следовые количества цианистого водорода.

Твердый остаток термолиза НАТ после второй стадии представляет собой вещество желтого цвета, легко растворимое в воде. В литературе [10] показано, что азид натрия разлагается при нагревании, выделяя азот и нитрид натрия. Твердые продукты термолиза NaN_3 окрашены в желтый цвет. Желтую окраску они могут придавать и твердому остатку термолиза НАТ.

ИК спектр твердых продуктов термолиза НАТ, собранных после второй стадии разложения, представлен на рис.3 (спектр в). В спектре отмечается: дальнейший рост полос поглощения карбодиимидной группы (2169 см^{-1}), солей меламинацианамид, трицианомеламина ($2200, 1550\text{--}1400, 803 \text{ см}^{-1}$), уменьшение интенсивности деформационных колебаний аминогруппы (1620 см^{-1}).



Вероятно, на второй стадии происходит окончательное разрушение тетразольного цикла НАТ и формирование твердого остатка термоллиза, состоящего из солей цианомеламина и трицианомеламина.

Основным газообразным продуктом, образующимся на третьей стадии, является азот. Газообразование на этой стадии происходит в основном за счет азидов натрия. В пользу этого свидетельствует также тот факт, что в ИК спектре твердого остатка, собранного после третьей стадии, отсутствуют полосы поглощения азидов натрия. В спектре присутствуют полосы карбонильных групп (2166 см^{-1}), цианогруппы (2230 см^{-1}).

Зависимость энергии активации (E) от степени разложения, рассчитанная по данным ТВА-эксперимента, свидетельствует о сложном механизме термоллиза НАТ. Эта зависимость, возрастающая с 215 до 295 кДж/моль на начальном этапе ($\alpha < 0,2$), затем убывающая до 135 кДж/моль, и характерна для процесса, включающего, по меньшей мере, две параллельные реакции [11]. Одной из реакций может быть распад тетразольного цикла с элиминированием азотистого водорода, второй – азидов натрия, который разлагается далее с выделением азота. На начальной стадии кинетика термического разложения определяется реакцией с большой величиной E . При увеличении температуры (степени превращения) ее парциальный вклад в процесс растет быстрее, чем реакции с меньшей величиной E , и эффективная энергия активации увеличивается, достигая 295 кДж/моль. Это значение приблизительно соответствует E одной из параллельных реакций термоллиза.

Уменьшение эффективной энергии активации в областях степеней превращения 0,2–0,95 ассоциируется с величиной парциального вклада реакции с меньшим значением E и постепенным торможением реакции с большим значением E . Величина $E=140$ кДж/моль, достигаемая при $\alpha=0,95$, соответствует энергии активации второй параллельной реакции.

Наиболее вероятная кинетическая функция термоллиза НАТ, найденная по методу, предложенному в [12], отвечает реакции первого порядка.

Таким образом, термическое разложение НАТ происходит в три стадии в температурном интервале 280–300, 300–330 и 420–520°C. На первой стадии разрушается тетразольный цикл, основными газообразными продуктами термоллиза являются азотистый водород и аммиак. При высокой температуре часть НАТ изомеризуется в иминоформу. Иминоформа разлагается с выделением азидов натрия, иминоформа – азотистого водорода. Промежуточные продукты, получающиеся при распаде обеих форм (цианамид и гидроцианамид натрия), взаимодействуют между собой, давая в итоге соли цианомеламина и трицианомеламина в твердом остатке термоллиза. Выделяющийся азид натрия также распадается с образованием азота.

Работа выполнена в рамках договора о сотрудничестве между Белорусским государственным университетом и Туринским университетом (Италия).

1. Levchik S.V., Ivashkevich O.A., Balabanovich A.I. et.al // Thermochim. Acta. 1992. Vol.207. №1. P.115.
2. Levchik S.V., Balabanovich A.I., Ivashkevich O.A. et.al // Thermochim. Acta. 1993. Vol.225. №1. P.53.
3. Levchik S.V., Balabanovich A.I., Ivashkevich O.A. et.al // Polym. Degr. and Stab. 1995. Vol.47. P.333.
4. Матвеева Н.А., Сушко Н.И., Макаревич Н.И. и др. // Журн. прикл. спектроскопии. 1992. Т.57. С.442.
5. Накамото К. ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений // М., 1991.
6. Финкельштейн А.И. // Оптика и спектроскопия. 1959. Т.6. Вып.1. С.33.
7. Сухоруков Б.И., Финкельштейн А.И. // Там же. Т.7. Вып.5. С.653.
8. Lesnikovich A.I., Printsev G.V., Ivashkevich O.A. et.al // Thermochim. Acta. 1991. Vol.184. №2. P.221.
9. Bann B., Miller S.A. // Chem.Rev. 1958. Vol.58. P.131.
10. Барал Л.И. Химия и технология взрывчатых веществ // М., 1975.
11. Vyazovkin S.V., Goryachko V.I., Lesnikovich A.I. // Thermochim. Acta. 1992. Vol.197. P.41.
12. Vyazovkin S.V., Goryachko V.I. // International Lambate. 1992. Vol.17. №1. P.21.



УДК 579.22:582.282

В.П.КУРЧЕНКО, В.В.СЕНЧУК, Н.В.ГАВРИЛЕНКО,
Т.А.КУКУЛЯНСКАЯ, В.Г.БАБИЦКАЯ, В.В.ЩЕРБА

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЛАНИНОВЫХ ПИГМЕНТОВ МАКРОМИЦЕТОВ *Phellinus igniarius* И *Inonotus* sp.

Melanin pigments were isolated from macromycetes *Phellinus igniarius* and *Inonotus* sp. Physico-chemicals and antioxidative properties of melanins were researched. Melanin pigments inhibit metabolic activation of aminobiphenils on the peroxidation pathway of oxidation.

В последнее десятилетие возрос интерес к меланиновым пигментам. Это связано с тем, что меланины обладают ярко выраженными антиоксидантными, фото- и радиопротекторными свойствами, способны аккумулировать металлы, в том числе радионуклиды [1–3]. В литературе имеются данные о биологической активности этих пигментов, однако сведений об их структуре, типе, а также взаимосвязи физико-химических свойств и биологической активности очень мало [11,12]. Меланины, являющиеся гетерополимерами фенольной природы, только в редких случаях подвергались детальному структурно-функциональному анализу.

Следует также отметить, что объектом исследования в основном являются меланины животного и растительного происхождения. Наиболее изученными пигментами, образуемыми микроорганизмами, в частности мицелиальными грибами, являются меланины грибов родов *Cladosporium* и *Stemphillium* [4–6], а также грибов рода *Verticillium* [7–10]. Меланины же многих других объектов, и особенно макромицетов, изучены недостаточно.

Цель настоящей работы – выделение меланинов из *Phellinus igniarius* и *Inonotus* sp. и изучение их физико-химических и антиоксидантных свойств.

Материал и методика

В работе использованы грибы, относящиеся к классу *Basidiomycetes*, которые выращивали глубинным способом на глюкозо-пептонной среде при температуре 25–27°C в течение 10–15 сут. После выращивания грибов мицелий отделяли от культуральной жидкости фильтрованием через плотную ткань, промывали дистиллированной водой и использовали для выделения меланина. Экстракцию пигмента проводили 2%-ным раствором NaOH с коэффициентом разбавления 1:10 в течение 2 ч на кипящей водяной бане. Полученный экстракт охлаждали, подкисляли до pH 2,0 концентрированной HCl и коагулировавший пигмент отделяли центрифугированием при 6000 g в течение 15 мин. Очистку пигментных препаратов проводили методом гель-фильтрации на сорбенте Тоуорел HW-65 (Япония) в 0,01 n NaOH и после диализа лиофильно высушивали. С целью идентификации меланиновых пигментов проводили качественные реакции с KMnO_4 , H_2O_2 , FeCl_3 [13,14].

Для определения содержания карбоксильных групп в образцах меланинов использовали титриметрический метод [15].

Спектральные измерения проводили на «Specord M-40» и СФ-26, ИК спектры поглощения снимали на «Specord M-80». Исследования электронного парамагнетизма проводили на спектрометре Varian E-112, в качестве эталона использовали Mn^{2+} в порошке MgO.

Реакцию пероксидазного окисления аминобифенилов проводили в 0,1 М цитратно-ацетатном буфере pH 5,5. Реакционная смесь объемом 2 мл содержала $7 \cdot 10^{-11}$ М пероксидазу хрена (ПХ; «Reanal»; RZ=2,8); 0,5 mM субстрат; 0,1 mM H_2O_2 . Реакционную смесь инкубировали при 30°C. Реакцию начинали добавлением H_2O_2 . За ходом реакции следили по накоплению окрашенных продуктов реакции [16].

Повреждение ДНК фага λ продуктами окисления о-дианизидина (о-ДА, 3,3'-диметоксibenзидина) определяли по изменению электрофоретической подвижности перекрестно сшитых молекул ДНК [18]. Экспонирование ДНК фага λ к продуктам пероксидазного окисления о-ДА проводили в 0,1 М цитратно-ацетатном буфере pH 5,5 при 30°C в течение 30 мин. Реакционная смесь содержала 10^{-5} М о-ДА, $2 \cdot 10^{-8}$ М ПХ, $4 \cdot 10^{-3}$ М H_2O_2 . ДНК фага λ добавляли в реакционную среду в концентрации 12 мкг/мл. Электрофорез проводили в 0,9% агарозном геле в 0,1 М *tris*-фосфатном буфере pH 8,0.

Результаты и их обсуждение

Отбор наиболее активных продуцентов меланина среди базидиальных грибов показал, что значительное количество пигмента образуют макромикеты из родов *Polyporus*, *Inonotus*, *Phellinus*. Поскольку наибольший выход пигмента был отмечен у грибов *Phellinus igniarius* (1,0 г/л) и *Inonotus sp.* (0,35 г/л), эти грибы были взяты в качестве объекта для дальнейших исследований. Установлено, что *Ph. igniarius* и *Inonotus sp.* накапливают пигмент как в мицелии, так и в культуральной жидкости.

О принадлежности образуемых исследуемыми грибами пигментов к меланинам судили на основании изучения ряда их физико-химических свойств. Это прежде всего способность растворяться в типичных для этих пигментов растворителях (NaOH, концентрированных H_2SO_4 и HNO_3), обесцвечиваться под воздействием H_2O_2 , бромной воды, $Na_2S_2O_4$ и $KMnO_4$, взаимодействовать с $FeCl_3$.

Как показали наши исследования, 0,1%-ные растворы пигментных препаратов в 0,1 н NaOH в присутствии 10%-ной перекиси водорода окислялись и обесцвечивались в течение суток. При добавлении перманганата калия окраска щелочных растворов изменялась с коричневой на зеленую, а затем происходило обесцвечивание раствора и выпадение осадка. Расход $KMnO_4$ для обесцвечивания меланина *Ph. igniarius* составил 13 ммоль/г и для *Inonotus sp.* – 11 ммоль/г.

Спектры поглощения растворов меланиновых пигментов имеют форму наклонных прямых, характерную для меланинов грибного происхождения [14,17]. В табл.1 приведены значения tg углов наклона спектров поглощения 0,01%-ных растворов меланинов в 0,1 н NaOH в диапазоне длин волн 250–500 нм.

Таблица 1

Физико-химические характеристики меланиновых пигментов
Phellinus igniarius и *Inonotus sp.*

Источник меланина	$A_{1cm}^{0,001\%}$ 465нм	tg угла наклона спектра поглощения ($\lambda=250-500$ нм)	Содержание COOH-групп, %	Концентрация ПМЦ, спин/г	Элементный состав, %			Молекулярная масса, кДа
					N	C	H	
<i>Inonotus sp.</i>	0,020	0,0025	0,93	$2,93 \cdot 10^{18}$	6,8	38,2	5,54	44–56
<i>Phellinus igniarius</i>	0,014	0,0024	0,1	$2,30 \cdot 10^{17}$	5,07	37,05	5,05	52–60

Для темноокрашенных меланиновых пигментов характерна высокая интенсивность светопоглощения. По мнению многих авторов [13,14], окраска темных пигментов обусловлена наличием кислородсодержащих групп, а окисление OH-групп до карбоксильных увеличивает интенсивность окраски за счет появления двойной C=O связи и увеличения цепи сопряжения [14]. Это заключение объясняет наличие корреляции в исследуемых нами меланинах между коэффициентом экстинкции и содержанием COOH-групп: $A_{1cm}^{0,001\%}$ *Inonotus sp.* 0,020, а [COOH] – 0,93% и для *Ph. igniarius* – 0,014 и 0,1% соответственно.

Важной идентификационной спектральной характеристикой меланиновых пигментов являются ИК спектры поглощения. В ИК спектрах исследуемых нами меланиновых пигментов имеется ряд полос, характерных для пигментов грибного происхождения. Широкие полосы в области $3300\text{--}3000\text{ см}^{-1}$, присутствующие в ИК спектрах всех образцов, и их сложный характер свидетельствуют о наличии ОН-групп, связанных водородными связями, а также =N-H-групп, имеющих валентные колебания при $3500\text{--}3300\text{ см}^{-1}$ в виде широкой полосы. Наиболее интенсивная полоса во всех спектрах в области $1710\text{--}1580\text{ см}^{-1}$ является характерной и принадлежит валентным колебаниям =C=O группы. Наличие в спектрах широких полос не позволяет получить более подробную информацию, однако свидетельствует о наличии кетонных, альдегидных карбониллов, а также карбониллов карбоксильных групп.

Меланиновые пигменты независимо от своей природы характеризуются большим количеством стабильных парамагнитных центров (ПМЦ). Высокая концентрация ПМЦ обеспечивает меланинам большую электронно-абсорбционную емкость, что позволяет этим пигментам выполнять роль радио- и фотопротекторов, дезактивировать природные радикалы, образующиеся в ряде физических и химических процессов [3,16,20].

У всех исследуемых нами препаратов был зарегистрирован характерный для меланиновых пигментов немного асимметричный синглетный сигнал [3,14,18]. Концентрация ПМЦ в меланинах из *Ph. igniarius* и *Inonotus sp.* составила соответственно $2,3 \cdot 10^{17}$ и $2,93 \cdot 10^{18}$ спин на 1г сухого вещества (см.табл.1), что согласуется с порядком величин, приводимых другими авторами [18–20].

В литературе имеется много данных о высокой антиоксидантной активности природных и синтетических меланинов [3,11,12]. В нашей работе были исследованы антиоксидантные свойства меланиновых пигментов грибного происхождения в реакции пероксидазного окисления аминобифенилов, являющейся радикальным процессом. В качестве окисляемых субстратов были использованы бензидин (БД) и его метильные производные 3,3'-диметилбензидин (ДМБД) и 3,3',5,5'-тетраметилбензидин (ТМБД). Эти соединения, как и прочие ароматические амины, являются канцерогенами непрямого действия, т.е. для превращения их в высокорективные метаболиты требуется метаболическая активация. В результате пероксидазного окисления аминобифенилов образуются электрофильные продукты, которые могут взаимодействовать с нуклеофильными группами макромолекул [16,19].

В табл.2 приведены кинетические параметры пероксидазного окисления ряда аминобифенилов [16]. Из данных таблицы видно, что отношение $K_{кат}/K_m$, которое является показателем эффективности катализа, возрастает в ряду БД–ДМБД–ТМБД, т.е. эффективность пероксидазного окисления при введении двух метильных заместителей в 3 и 3' положения молекулы бензидина возрастает в 7,5 и в 17 раз при введении четырех метильных заместителей в 3, 3', 5 и 5' положения.

Таблица 2

Кинетические параметры пероксидазного окисления аминобифенилов
в зависимости от их концентрации

Субстрат	$K_m \cdot 10^{-4}, M$	$K_{кат} \cdot 10^3, c^{-1}$	$K_{кат}/K_m \cdot 10^{-7}, M^{-1} \cdot c^{-1}$
БД	2,39	1,32	0,55
3,3'-ДМБД	0,68	2,80	4,12
3,3,5,5'-ТМБД	1,09	10,10	9,12

Ингибирование меланиновыми пигментами макромицетов *Phellinus igniarius* и *Inonotus sp.* процесса пероксидазного окисления бензидина и его метильных производных происходит с различной эффективностью. На рис.1 представлены кривые ингибирования пероксидазного окисления аминобифенилов меланином *Ph. igniarius*. Ингибирование этого процесса пигментом *Inonotus sp.* происходит аналогично. Концентрации меланиновых пигментов макромицетов *Ph. igniarius* и *Inonotus sp.*, ингибирующие 50% начальной скорости окисления ДМБД

более чем в 2 раза и ТМБД – более чем в 5 раз, выше, чем в реакции окисления БД (табл.3). Для меланинов наблюдается снижение эффективности ингибирования процесса пероксидазного окисления аминобифенилов в ряду БД–ДМБД–ТМБД, т.е. с увеличением числа метильных заместителей.

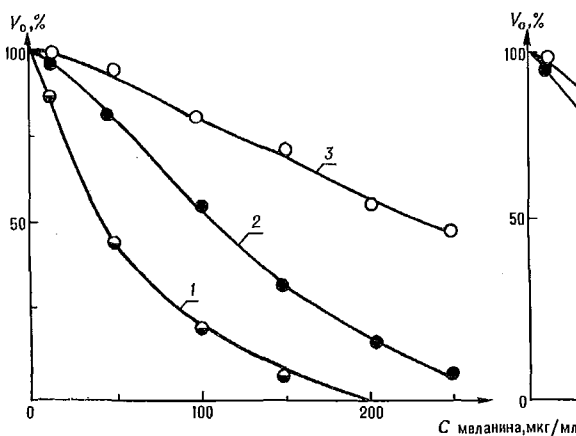


Рис.1. Ингибирование меланином *Phellinus igniarius* пероксидазного окисления аминобифенилов:

1 – бензидина; 2 – 3,3'-диметилбензидина; 3 – 3,3',5,5'-тетраметилбензидина. ([S] = 0,5 mM; [H₂O₂] = 0,1 mM; [PX] = 7 · 10⁻⁴ M; 0,1 M цитратно-ацетатный буфер, pH 5,5; 30°C)

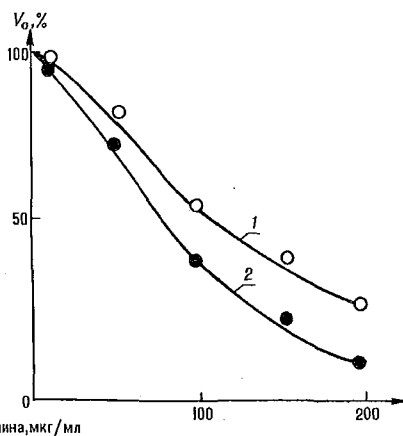


Рис.2. Ингибирование меланиновыми пигментами пероксидазного окисления о-дианизида (3,3'-диметоксибензидина):

1 – *Phellinus igniarius*; 2 – *Inonotus sp.* ([o-DA]=0,5 mM; [H₂O₂] = 0,1 mM; [PX] = 7 · 10⁻⁴ M; 0,1 M цитратно-ацетатный буфер, pH 5,5; 30°C)

Таблица 3

Концентрации грибных меланинов, ингибирующие пероксидазное окисление аминобифенилов (50% от V₀)

Субстрат	Меланин, мкг/мл	
	<i>Ph.igniarius</i>	<i>Inonotus sp.</i>
Бензидин	40	40
3,3'-Диметилбензидин (о-толидин)	110	80
3,3',5,5'-Тетраметилбензидин	250	220

Электрофильные продукты, образующиеся в процессе метаболической активации аминобифенилов, способны взаимодействовать с нуклеофильными группами биополимеров, в частности ДНК, приводя к образованию межмолекулярных сшивок ДНК-ДНК [19]. Влияние грибных меланиновых пигментов на этот процесс исследовалось нами в системе пероксидазного окисления о-дианизида (о-ДА, 3,3'-диметоксибензидина).

На рис.2 представлена зависимость начальной скорости окисления о-ДА от концентрации меланинов *Ph.igniarius* и *Inonotus sp.* в реакционной смеси. Как видно из рисунка, меланины в концентрациях более 20 мкг/мл ингибируют этот процесс. Концентрация пигментного препарата *Ph.igniarius*, снижающая скорость окисления о-ДА в 2 раза, составляет 150 мкг/мл, а *Inonotus sp.* – 90 мкг/мл, т.е. эффективность меланина *Phellinus igniarius* как ингибитора радикальной реакции пероксидазного окисления о-ДА значительно ниже, чем *Inonotus sp.*

Влияние меланинов *Ph.igniarius* и *Inonotus sp.* на процесс повреждения ДНК фага λ продуктами пероксидазного окисления о-ДА представлено на рис.3. Концентрация пигмента *Ph.ignori*us, уменьшающая число перекрестных сшивок ДНК-ДНК в 2 раза, составляет 2 мкг/мл, а *Inonotus sp.* – 8 мкг/мл. Меланины в концентрации 12 мкг/мл и 20 мкг/мл соответственно полностью предотвращают повреждение ДНК.

Как видно из рис. 2 и 3, меланин *Inonotus sp.* более эффективно ингибирует собственно процесс пероксидазного окисления о-ДА, чем предотвращает повреждение ДНК продуктами окисления. Меланиновый пигмент *Phellinus igniarius*, напротив, в меньшей концентрации ингибирует образование сшивок ДНК-ДНК, чем окисление о-ДА. Такое различие в поведении пигментов может быть связано с механизмом их ингибирующего действия.

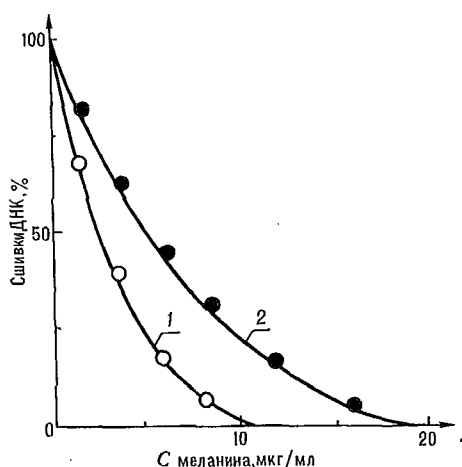


Рис.3. Предотвращение меланиновыми пигментами повреждения ДНК фага λ продуктами пероксидазного окисления о-дианизида (3,3'-диметоксибензида):

1 — *Phellinus igniarius*; 2 — *Inonotus* sp. ([ДНК] = 12 мкг/мл; [S] = 0,5 mM; [H₂O₂] = 0,1 mM; [ПХ] = 7 · 10⁻⁵ M; 0,1 M цитратно-ацетатный буфер, pH 5,5; 30°C, 30 мин)

В результате ингибирования уменьшается скорость накопления конечных продуктов реакции и увеличивается время экспонирования ДНК образующимися промежуточными радикалами. Поскольку процесс образования межмолекулярных сшивок ДНК-ДНК находится в прямой зависимости от времени протекания реакции пероксидазного окисления аминобифенилов, то это приводит к образованию большего количества повреждений ДНК.

Способность грибных меланинов взаимодействовать с радикалами, по мнению ряда авторов [3, 14], обусловлена количеством парамагнитных центров в пигментах. Концентрация ПМЦ в меланине *Inonotus* sp. в 10 раз больше, чем в *Ph.igniarius*. Активность меланина *Inonotus* sp. как ингибитора процесса пероксидазного окисления аминобифенилов также выше, чем *Ph.igniarius*.

Таким образом, нами были выделены и очищены меланины из макромицетов *Ph.igniarius* и *Inonotus* sp. и проведено сравнительное изучение физико-химических антиоксидантных свойств этих пигментов. Активность грибных меланинов как ингибиторов пероксидазного окисления аминобифенилов различна и коррелирует с концентрацией парамагнитных центров в пигментах.

1. Wheeler M.H., Bell A.A. // *Current Topics in Medical Mycology*. 1987. №2. P. 338.
2. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. М., 1986.
3. Жданова Н.Н., Василевская А.И. Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях. Киев, 1988.
4. Жданова Н.Н., Степаниченко Н.Н., Василевская А.И. // *Микробиол. журн.* 1985. Т.47. №6. С.43.
5. Жданова Н.Н., Мележик А.В., Школьный А.Т. // *Микробиол. журн.* 1993. Т.55. №1. С.79.
6. Борисюк Л.Г., Харатьян Е.Ф., Жданова Н.Н. // *Микробиол. журн.* 1991. Т.53. №6. С.10.
7. Тен Л.Н., Степаниченко Н.Н., Шевцова В.М. // *Химия природных соединений*. 1980. №3. С.393.
8. Тен Л.Н., Степаниченко Н.Н., Мухамеджанов С.З. // Там же. 1988. №3. С.401.
9. Шевцова В.М., Касьяненко А.Г., Тен Л.Н. // *Генетика*. 1982. Т.18. №11. С.1868.
10. Шевцова В.М., Тен Л.Н., Степаниченко Н.Н. // *Изв. АН Таджикской ССР*. 1983. №2. С.9.
11. Лях С.П., Рубан Е.Л. Микробные меланины. М., 1972.
12. Абрамова Ж.И., Оксигендлер Г.И. Человек и противокислительные вещества. Л., 1985.
13. Елинов Н.П., Юрлова Н.А. // *Научн. доклады ВШ. Биол. науки*. 1976. №7. С.108.
14. Лях С.П. Микробный меланиногенез и его функции. М., 1981.
15. Занис Г.Ф. Функциональный анализ лигнинов и их производных. Рига, 1987.
16. Савенкова М.И., Курченко В.П., Метелица Д.И. // *Изв. АН БССР*. 1983. №5. С.41.
17. Чеботарев Л.Н., Землянухин А.А. // *Микробиология*. 1973. Т. XLII. Вып.5. С. 845.
18. Рубан Е.Л., Фомин Г.В., Лях С.П. // *Докл. АН СССР*. 1968. Т.182. №5. С.1219.
19. Тарусова В.С. Химический канцерогенез. Сер. Онкология. М. 1986.

Поступила в редакцию 28.05.98.

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЭКОСИСТЕМЕ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР. I. ГОДОВАЯ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ В ВОДЕ АЗОТА И ФОСФОРА

Data of a long-time monitoring (1978–1997) are analysed. According to a trophic level the nutrients regime of lakes distinguished considerable. Reduction of the nutrients stock at the end of 1980 have take place. It has resulted the important changes in ecosystem of Narotch lakes.

Биогенные элементы, в первую очередь соединения азота и фосфора, являются материальной основой биотического круговорота и одним из основных факторов, определяющих уровень первичной продукции и, как следствие, трофический статус и качество воды в водных экосистемах.

В данной работе рассмотрена роль азота и фосфора в функционировании озера Нарочанской группы (Нарочь, Мясстро и Баторино), являющихся объектом долгосрочного гидроэкологического мониторинга [1–4]. Обобщение данных за 20 лет наблюдений включает анализ закономерностей годовой динамики общего запаса азота и фосфора в водной массе озер и тенденций его долгосрочных изменений, а также положение биогенных элементов в системе взаимосвязей между основными показателями качества воды.

Общие закономерности годовой динамики биогенных элементов рассмотрены по среднемесячным многолетним данным круглогодичных наблюдений на постоянных станциях в пелагической зоне озер в период с 1978 по 1990 г. В дальнейшем программа мониторинга несколько изменилась и с 1991 г. ежемесячные наблюдения на озерах проводятся лишь во время вегетационного сезона (май–октябрь). Эти материалы обсуждаются при анализе трендов изменения запаса азота и фосфора в озерной воде во время вегетационных сезонов (май–октябрь) 1978–1997 гг.

Химический анализ проводился в интегральной пробе, отобранной с учетом батиметрии водоемов и отражающей средний состав озерной воды с использованием стандартных гидрохимических методов [5,6].

Годовая динамика соединений биогенных элементов в исследованных озерах в общих чертах типична для водоемов умеренной зоны. В течение подледного периода содержание в воде органических растворенных и взвешенных форм уменьшается, а минеральных – возрастает, достигая к моменту вскрытия озер максимальных в годовом цикле величин. Во время вегетационного сезона концентрации органических растворенных и взвешенных форм биогенных элементов вновь увеличиваются, образуя один или несколько максимумов, а минеральных форм – уменьшаются, порой до нулевых значений. В то же время озера четко различаются по уровню содержания всех форм биогенных элементов (таблица).

**Среднемесячные многолетние (1978–1990 гг.) концентрации
общего и минерального азота и общего фосфора в воде Нарочанских озер**

Месяц	оз.Нарочь			оз.Мясстро			оз.Баторино		
	Нсум	Нвып-ер, мг/л	Рсум, мг/л	Нсум	Нвып-ер, мг/л	Рсум, мг/л	Нсум	Нвып-ер, мг/л	Рсум, мг/л
I	0,89±0,49	0,11±0,06	0,015±0,006	1,08±0,76	0,23±0,12	0,021±0,007	1,66±0,82	0,78±0,27	0,033±0,017
II	0,87±0,45	0,11±0,06	0,015±0,007	1,24±0,66	0,25±0,06	0,025±0,016	2,23±0,69	0,96±0,17	0,033±0,018
III	0,99±0,38	0,21±0,16	0,018±0,010	1,48±0,60	0,38±0,10	0,032±0,019	2,16±0,67	1,10±0,19	0,035±0,020
IV	1,04±0,42	0,17±0,09	0,017±0,007	1,42±0,54	0,39±0,07	0,058±0,060	2,30±0,64	0,83±0,22	0,067±0,043
V	1,01±0,45	0,13±0,07	0,021±0,009	1,38±0,44	0,29±0,15	0,045±0,024	1,83±0,65	0,58±0,30	0,063±0,027
VI	0,67±0,28	0,14±0,12	0,027±0,020	1,12±0,75	0,22±0,14	0,042±0,015	1,32±0,62	0,30±0,24	0,062±0,036
VII	0,87±0,37	0,10±0,05	0,028±0,017	0,94±0,25	0,17±0,09	0,040±0,016	1,56±0,50	0,23±0,13	0,067±0,025
VIII	0,91±0,28	0,11±0,09	0,025±0,012	1,15±0,29	0,22±0,23	0,058±0,035	1,69±0,63	0,22±0,15	0,092±0,037
IX	0,89±0,22	0,12±0,10	0,029±0,012	1,14±0,38	0,12±0,06	0,048±0,025	1,78±0,51	0,26±0,17	0,063±0,025
X	0,66±0,30	0,14±0,13	0,024±0,008	1,05±0,46	0,15±0,09	0,039±0,015	1,41±0,56	0,38±0,19	0,064±0,020
XI	0,81±0,31	0,12±0,16	0,023±0,009	1,11±0,49	0,24±0,27	0,042±0,022	1,44±0,70	0,60±0,28	0,042±0,014
XII	1,01±0,14	0,06±0,04	0,017±0,006	1,28±0,37	0,16±0,01	0,027±0,017	1,99±0,48	0,80±0,20	0,035±0,011

Годовая динамика четко выражена для всех отдельных форм соединений азота (органического растворенного и взвешенного, а также минерального, в том числе аммонийного, нитратного и нитритного азота), тогда как общий запас соединений этого элемента изменяется менее закономерно (годовой разброс колебаний в оз.Нарочь составляет 0,2–2,1 мг N/л, в оз.Мястро – 0,3–3,3 мг N/л и в оз.Баторино – 0,2–7,3 мг N/л). Соединения азота в воде озер представлены в основном растворенными формами. Содержание взвешенной фракции во всех трех озерах составляет 1,7–2,3% зимой, возрастая летом до 25–30%. В течение зимы в озерах Нарочь и Мястро органические соединения азота преобладают над минеральными, составляя в среднем соответственно 86 и 78% от общего запаса, тогда как в воде оз.Баторино их содержание почти одинаковое. В конце подледного периода содержание органического азота падает до минимальных в годовом цикле величин и вновь возрастает во время вегетационного сезона (до 80–85%). Среди минеральных форм в воде оз.Нарочь в течение всего года преобладает аммонийный азот (55–95% в сумме минеральных форм) и лишь к концу подледного периода соотношение аммонийного и нитратного азота может быть близко к единице. В воде озер Мястро и Баторино в зимнее время содержание нитратов возрастает с 20 до 60 % от общего количества минерального азота. В течение вегетационного сезона во всех трех озерах в сумме минеральных форм азота преобладает аммонийный, а концентрация нитратов уменьшается иногда до следовых количеств. Содержание нитритов невелико и в течение всего года не превышает 1–2% в сумме минеральных форм.

Общее содержание фосфора в воде оз.Нарочь в исследованный период колебалось от 0,007 до 0,060 мг P/л, оз.Мястро – от 0,010 до 0,090 мг P/л, а оз.Баторино – от 0,015 до 0,170 мг P/л, при экстремальных значениях соответственно 0,085, 0,205 и 0,220 мг P/л. В общем запасе соединений фосфора во всех трех озерах преобладают органические растворенные и взвешенные формы. Концентрация фосфатного фосфора лишь в экстремальных случаях превышала 0,010 мг P/л, оставаясь обычно близкой к аналитическому нулю. Исключение составляет ситуация в оз. Мястро, где в последние годы наблюдается рост содержания фосфатного фосфора в летне-осенний период до 0,015–0,030 мг P/л. Фосфор во взвешенной форме составляет в общем запасе в зимнее время 25–30 %, возрастая летом в среднем до 40% в оз.Нарочь, 70% в оз. Мястро и 90% в оз. Баторино.

Для оценки многолетней динамики запаса биогенных элементов в воде Нарочанских озер проанализированы данные ежемесячных наблюдений во время вегетационных сезонов (май–октябрь) 1978–1997 гг. (рис.1–3). На рисунках точками обозначены средние для вегетационного сезона текущего года величины, а сплошной жирной линией – тренд изменений параметра во времени.

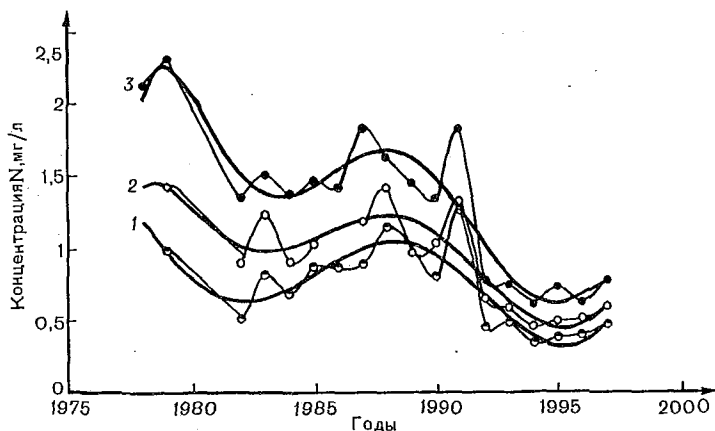


Рис.1. Многолетняя динамика запаса общего азота в воде озер Нарочь (1), Мястро (2) и Баторино (3): средние для вегетационного сезона величины и линии тренда, 1978–1997 гг.

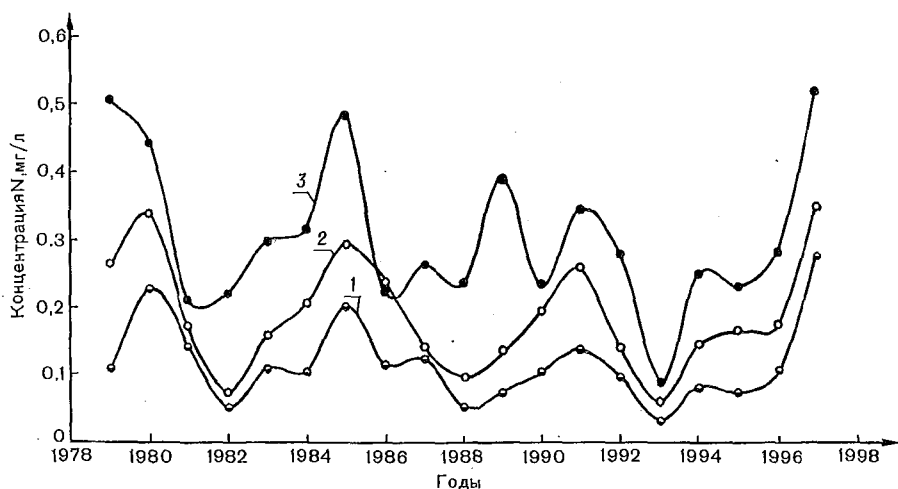


Рис.2. Многолетняя динамика запаса минерального азота в воде озер Нарочь (1), Мясно (2) и Баторино (3) по средним для вегетационного сезона величинам за 1978–1997 гг.

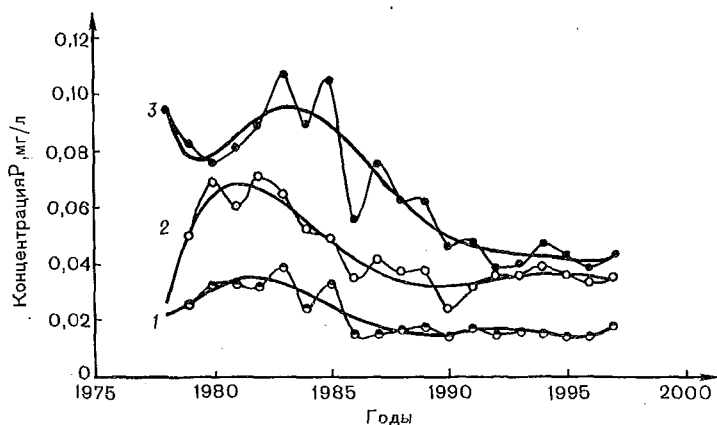


Рис.3. Многолетняя динамика запаса общего фосфора в воде озер Нарочь (1), Мясно (2) и Баторино (3): средние для вегетационного сезона величины и линии тренда, 1978–1997 гг.

Известно, что автотрофными организмами усваиваются лишь биодоступные, главным образом минеральные, формы биогенных элементов, однако высокие скорости потоков и быстрая трансформация соединений в процессе биотического круговорота существенно затрудняют интерпретацию результатов химического анализа. Поэтому для оценки продукционного потенциала водоемов общепринятым является анализ валового содержания соединений азота и фосфора в озерной воде.

Что касается многолетней динамики общего запаса азота в воде озер, то здесь, наряду с вариабельностью, год от года прослеживаются относительно долговременные периодические процессы, описываемые синусоидальной кривой (см.рис.1). Коэффициент достоверности аппроксимации R^2 равен 0,73 (оз.Нарочь), 0,80 (оз.Мясно) и 0,88 (оз.Баторино). Линейная аппроксимация трендов (на рисунке не показана) менее достоверна (R^2 соответственно 0,26, 0,53 и 0,68), но тем не менее позволяет говорить и о тенденции снижения общего запаса соединений этого элемента в воде всех трех озер. Наибольший наклон линии тренда, характеризующий интенсивность происходящих изменений, наблюдается в верхнем и наиболее высокотрофном оз.Баторино.

Многолетняя динамика содержания минерального азота (сумма аммонийного, нитратного и нитритного) в воде всех трех озер в течение 20-летнего периода также имеет синусоидальный характер со значительными колебаниями в пределах циклов при отсутствии четко выраженных трендов изменения

(см.рис.2). Следует подчеркнуть, что в общем запасе минеральных форм азота в безледный период преобладает аммонийная форма.

Многолетняя динамика изменения общего запаса соединений фосфора в воде всех трех озер представлена на рис.3. Как и в случае с общим азотом, здесь четко выражены тренды уменьшения запаса в водной массе (коэффициент достоверности аппроксимации трендов R^2 , показанных на рисунке для озер Нарочь, Мястро и Баторино, равен 0,85, 0,90 и 0,88, для линейной аппроксимации – соответственно 0,59, 0,50 и 0,71) и также с наибольшим наклоном для оз.Баторино.

Анализ многолетней динамики общего содержания азота и фосфора в воде Нарочанских озер позволяет выделить два периода с пограничным состоянием в конце 80–начале 90-х гг., резко различающихся по запасу биогенных элементов в озерной воде, что явилось одной из основных причин наблюдаемой в экосистеме Нарочанских озер перестройки [7]. Изменения в режиме биогенных элементов наиболее выражены в верхнем наиболее трофном оз.Баторино, имеющем наибольшую связь с водосборной территорией, а также самый высокий из трех озер водообмен.

1. Экологическая система Нарочанских озер / Под ред. Г.Г.Винберга. Мн., 1985.
2. Остапеня А.П., Ковалев А.А., Жукова Т.В. и др. / Экологический паспорт озера Нарочь. РНТЦ "Экомир" и Белгосуниверситет. Препринт №14. Мн., 1993.
3. Остапеня А.П., Ковалев А.А., Михеева Т.М. и др. / Экологический паспорт озера Мястро. РНТЦ "Экомир" и Белгосуниверситет. Препринт № 22. Мн., 1994.
4. Остапеня А.П., Ковалев А.А., Михеева Т.М. и др. / Экологический паспорт озера Баторино. РНТЦ "Экомир" и Белгосуниверситет. Препринт №23. Мн., 1994.
5. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Л., 1977.
6. Унифицированные методы анализа вод. М.1973.
7. Остапеня А.П. // Природные ресурсы. 1997. №3. С.95.

Поступила в редакцию 23.04.98.

УДК 574.52+504.455.058 (476.1)

Т.В.ЖУКОВА, Р.З.КОВАЛЕВСКАЯ

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЭКОСИСТЕМЕ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР. II. ПОЛОЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Correlation analysis of the ecological-chemical parametrs of Narotch lakes is submitted. The level of correlations grows with a increase of trophic state. Regression equations between total phosphorus, chlorophyll a, seston and transparency are designed.

Оценка системы взаимосвязей между основными эколого-гидрохимическими показателями необходима для понимания механизмов формирования качества воды в озерных экосистемах. Для Нарочанских озер с этой целью проводился анализ парных корреляций и расчет регрессионных уравнений на основании ежегодных и ежемесячных наблюдений во время вегетационных сезонов (май–октябрь) 1978–1997 гг. с числом степеней свободы для отдельных пар от 60 до 140 (табл.1–3).

Анализ корреляционных матриц проводился по четырем направлениям:

- 1) прозрачность как интегральный показатель качества воды;
- 2) параметры, отражающие интенсивность биохимических процессов в экосистеме и включающие общее содержание взвеси, в том числе органической, минеральной (зольности), автотрофной (хлорофилл а) и лабильной (БПК₅) компонент;
- 3) биогенные элементы как материальная основа продукционных процессов;
- 4) гидрологические и гидрофизические факторы (уровень воды, теплозапас водной толщи, кислородный режим и стратифицированность водных масс, показателем которой служат градиенты температуры и растворенного в воде кислорода между поверхностными и придонными слоями воды).

Прозрачность воды во всех трех озерах тесно связана с содержанием в ней взвешенных веществ, в том числе с автотрофной и органической компонентами, а в озерах Мястро и Баторино также с общим запасом органического вещества в воде и его лабильной составляющей (знак корреляций отрицательный). Соответственно рассмотренные показатели имеют достоверные положительные связи между собой.

Таблица 1

**Корреляционная матрица показателей качества воды
(ежемесячные данные для вегетационных сезонов 1978–1997 гг.; оз. Нарочь, малый плес)**

Показатели	Прозрачность воды	ВВ	Хлорофилл а	Зола	Собщ.	С _{звз}	БПК ₅	N _{общ.}	P _{общ.}	H, см	T, дж	O _{пов.}	O _{дно}	Дельта t	Дельта O
Прозрачность воды	1														
ВВ	<u>-0,64*</u>	1													
Хлорофилл а	<u>-0,67</u>	<u>0,72</u>	1												
Зола	-0,03	0,05	0,08	1											
Собщ.	-0,05	-0,13	-0,09	-0,19	1										
С _{звз}	<u>-0,42</u>	<u>0,46</u>	<u>0,32</u>	<u>-0,34</u>	<u>0,26</u>	1									
БПК ₅	-0,11	-0,01	0,10	0,02	-0,02	-0,06	1								
N _{общ.}	<u>-0,24**</u>	<u>0,23</u>	<u>0,23</u>	-0,11	0,00	0,17	0,03	1							
N _{мин.}	0,04	<u>0,28</u>	<u>0,19</u>	-0,14	-0,11	-0,08	0,01	0,13	1						
P _{общ.}	<u>-0,18</u>	<u>0,29</u>	<u>0,23</u>	-0,01	-0,13	0,13	-0,02	0,17	0,10	1					
H, см	-0,09	-0,02	<u>-0,27</u>	<u>-0,44</u>	0,16	0,01	0,03	0,11	-0,02	-0,16	1				
T, дж	0,28	<u>-0,29</u>	<u>-0,35</u>	0,02	0,10	0,10	<u>-0,39</u>	0,14	-0,11	0,11	0,14	1			
O _{пов.}	0,19	<u>-0,26</u>	<u>-0,26</u>	-0,17	0,15	-0,16	0,02	0,18	0,00	-0,11	0,17	-0,11	1		
O _{дно}	-0,16	<u>0,24</u>	0,22	0,14	-0,03	0,07	0,09	-0,13	0,03	0,00	-0,07	-0,10	1		
Дельта t	<u>0,50</u>	<u>-0,35</u>	<u>-0,38</u>	<u>-0,27</u>	0,12	<u>-0,21</u>	-0,03	0,14	-0,03	-0,03	<u>0,25</u>	0,12	<u>-0,36</u>	1	
Дельта O	0,14	<u>-0,26</u>	<u>-0,24</u>	-0,12	0,03	-0,10	-0,01	0,17	-0,01	-0,06	0,08	0,31	<u>-0,93</u>	0,35	1

Примечание: ВВ – концентрация взвешенных веществ; Зола – зольность сестона; C_{общ.} и C_{звз.} – общий и взвешенный органический углерод; N_{общ.} и N_{мин.} – общий и минеральный азот; P_{общ.} – общий фосфор; H, см – уровень воды над высотой нуля графика и T, дж – теплота суммарный (данные Госкомгидромета); O_{пов.} и O_{дно} – насыщение кислородом поверхностных и придонных слоев воды; Дельта t и Дельта O – градиенты температуры и содержания кислорода в поверхностном и придонном слоях; * – P ≤ 0,01, ** – P ≤ 0,05.

Таблица 2

Корреляционная матрица показателей качества воды
(ежемесячные данные для вегетационных сезонов 1978–1997 гг.; оз. Мястро, пелагиаль)

Показатели	Прозрачность воды	ВВ	Хлорофилл а	Зола	Собщ	Свзв	БПК ₅	N _{общ}	N _{амн}	P _{общ}	H, см	T, Дж	O _{пов}	O _{дно}	Дельта t	Дельта O
Прозрачность воды	1															
ВВ	<u>-0.81</u>	1														
Хлорофилл а	<u>-0.70</u>	<u>0.75</u>	1													
Зола	0,17	-0,19	<u>-0.27</u>	1												
Собщ	<u>-0.40</u>	<u>0.38</u>	<u>0.40</u>	<u>-0.23</u>	1											
Свзв	<u>-0.72</u>	<u>0.84</u>	<u>0.75</u>	<u>-0.35</u>	<u>0.48</u>	1										
БПК ₅	<u>-0.57</u>	<u>0.59</u>	<u>0.55</u>	<u>-0.28</u>	<u>0.41</u>	<u>0.52</u>	1									
N _{общ}	<u>-0.39</u>	<u>0.40</u>	<u>0.26</u>	0,04	0,19	<u>0.34</u>	<u>0.21</u>	1								
N _{амн}	0,03	-0,06	0,01	-0,15	-0,09	-0,10	0,00	<u>0.19</u>	1							
P _{общ}	<u>-0.53</u>	<u>0.58</u>	<u>0.67</u>	<u>-0.19</u>	<u>0.27</u>	<u>0.54</u>	<u>0.39</u>	0,05	-0,11	1						
H, см	0,13	0,04	<u>-0.23</u>	0,05	0,11	0,08	0,09	0,15	0,09	-0,18	1					
T, Дж	<u>-0.24</u>	-0,05	-0,14	0,14	0,05	-0,15	-0,01	-0,02	0,03	0,14	0,15	1				
O _{пов}	-0,10	-0,02	-0,02	<u>-0.28</u>	0,11	-0,08	<u>0.32</u>	0,11	<u>0.19</u>	-0,05	0,13	0,20	1			
O _{дно}	0,14	0,07	0,06	0,13	0,00	0,07	0,06	0,03	0,08	-0,09	0,06	<u>-0.51</u>	<u>-0.29</u>	1		
Дельта t	0,05	-0,15	<u>-0.21</u>	-0,16	-0,01	-0,18	0,09	0,04	0,02	<u>-0.19</u>	0,09	<u>0.35</u>	<u>0.53</u>	<u>-0.64</u>	1	
Дельта O	<u>-0.19</u>	-0,05	-0,03	<u>-0.19</u>	0,06	-0,08	0,07	0,05	0,03	0,08	-0,04	<u>0.50</u>	<u>0.63</u>	<u>-0.92</u>	<u>0.68</u>	1

Примечание: обозначения те же, что и в табл. 1.

Таблица 3

Корреляционная матрица показателей качества воды
(ежемесячные данные для вегетационных сезонов 1978–1997 гг.; оз. Баторино, пелагиаль)

Показатели	Прозрачность воды	ВВ	Хлорофилл а	Зола	Собщ	Свзв	БПК ₅	N _{общ}	N _{амн}	P _{общ}	O _{пов}	O _{дно}	Дельта t	Дельта O
Прозрачность воды	1													
ВВ	<u>-0.77</u>	1												
Хлорофилл а	<u>-0.57</u>	<u>0.65</u>	1											
Зола	0,09	<u>-0.25</u>	<u>-0.29</u>	1										
Собщ	<u>-0.69</u>	<u>0.78</u>	<u>0.53</u>	<u>-0.22</u>	1									
Свзв	<u>-0.72</u>	<u>0.96</u>	<u>0.63</u>	<u>-0.46</u>	<u>0.77</u>	1								
БПК ₅	<u>-0.41</u>	<u>0.44</u>	<u>0.52</u>	-0,19	<u>0.34</u>	<u>0.44</u>	1							
N _{общ}	<u>-0.29</u>	<u>0.40</u>	<u>0.38</u>	0,05	<u>0.25</u>	<u>0.33</u>	<u>0.50</u>	1						
N _{амн}	<u>0.30</u>	-0,15	-0,03	0,00	-0,17	-0,17	0,03	<u>0.25</u>	1					
P _{общ}	<u>-0.55</u>	<u>0.71</u>	<u>0.75</u>	<u>-0.22</u>	<u>0.59</u>	<u>0.68</u>	<u>0.46</u>	<u>0.36</u>	-0,07	1				
O _{пов}	0,12	-0,13	0,01	-0,03	-0,13	-0,11	0,12	0,10	0,17	0,02	1			
O _{дно}	0,11	0,04	0,02	0,11	-0,02	-0,02	<u>0.20</u>	<u>0.22</u>	0,15	-0,08	0,07	1		
Дельта t	0,09	-0,09	-0,07	-0,12	-0,11	-0,04	-0,12	-0,10	-0,01	-0,05	<u>0.40</u>	<u>-0.50</u>	1	
Дельта O	-0,07	-0,05	0,02	-0,11	-0,02	0,01	-0,12	-0,14	-0,07	0,13	<u>0.42</u>	<u>-0.86</u>	<u>0.60</u>	1

Примечание: обозначения те же, что в табл. 1.

Таблица 4

Эмпирические регрессионные зависимости между основными показателями качества воды озер
(по ежемесячным данным для вегетационных сезонов 1978–1997 гг.)

Связь	Нарочь	Мястро	Баторино	Экосистема в целом	Примечание
Фосфор – хлорофилл а	$Y = 2,4 + 49,8 X$, $n=124$, $r=0,23$, $P \leq 0,05$, $R^2=0,05$	$Y = -5,6 + 423,2 X$, $n=115$, $r=0,67$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,45$	$Y = -16,0 + 725,9 X$, $n=110$, $r=0,75$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,57$	$Y = -10,2 + 597,8 X$, $N=349$, $r=0,78$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,61$	Y – хлорофилл а, мкг/л; X – общий фосфор, мг P/л
Хлорофилл а – содержание взвеси	$Y = 1,26 + 0,13 X$, $n=130$, $r=0,46$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,33$	$Y = 2,12 + 0,17 X$, $n=118$, $r=0,75$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,60$	$Y = 8,06 + 0,15 X$, $n=115$, $r=0,65$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,42$	$Y = 2,42 + 0,23 X$, $n=362$, $r=0,77$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,60$	Y – взвесь, мг/л; X – хлорофилл а, мкг/л;
Взвесь – прозрачность воды	$Y = 5,69 X^{-0,35}$, $n=132$, $r=-0,64$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,50$	$Y = 5,36 X^{-0,63}$, $n=119$, $r=-0,81$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,79$	$Y = 3,50 X^{-0,58}$, $n=117$, $r=-0,77$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,69$	$Y = 5,73 X^{-0,73}$, $n=368$, $r=-0,72$, $P \leq 0,01$, $R^2=0,89$	Y – прозрачность воды, м; X – взвесь, мг/л;

Примечание: n – число пар измерений; r – коэффициент парной корреляции; R² – величина достоверности аппроксимации связи; P – уровень значимости.

Во всех трех озерах общие запасы соединений азота и фосфора имеют положительную связь с содержанием хлорофилла *a* и общим содержанием взвешенных веществ и соответственно отрицательную связь с прозрачностью воды, причем коэффициенты указанных корреляций в озерах Мясро и Баторино для фосфора заметно выше, чем для азота. Для этих двух озер характерна также связь запасов биогенных элементов в водной массе с общим содержанием органического вещества, в том числе с его взвешенной и лабильной фракцией.

Исследованные озера по типу перемешивания водных масс являются полимиктическими водоемами с непериодической стратификацией водных масс в период открытой воды и сильной ресуспензией донных отложений при ветровом перемешивании, что отражается на качестве воды. Об этом свидетельствуют статистически достоверные корреляции между градиентами температуры и кислорода в поверхностном и придонном слоях, с одной стороны, и содержанием взвешенных веществ, в том числе органической, минеральной и автотрофной компонент (отрицательные корреляции) и прозрачностью воды (положительная корреляция) в оз. Нарочь – с другой. Стратификация водных масс в озерах Мясро и Баторино в период открытой воды выражена слабее и заметно влияет лишь на кислородный режим (коэффициент корреляции между градиентами температуры и насыщением кислородом поверхностных слоев для всех трех озер положителен, для придонных слоев – отрицателен).

Отрицательная зависимость насыщения кислородом придонных слоев от теплозапаса в озерах Нарочь и Мясро объясняется значимостью деструкционных процессов, протекающих в донных отложениях. В оз. Нарочь прослеживаются слабые, но достоверные связи между теплозапасом водной массы и прозрачностью воды (положительная корреляция), содержанием в ней сестона и хлорофилла *a* (отрицательные корреляции), указывающие на значение деструкционных процессов в водной толще (уровень первичной продукции во время вегетационного сезона температурой не лимитируется).

Статистически достоверные связи показателей качества воды с таким важнейшим внешним фактором, как уровень воды в озере, получены лишь для автотрофной компоненты сестона в озерах Нарочь и Мясро и для зольности сестона в оз. Нарочь.

В целом, в каждом из исследованных озер довольно четко прослеживается система взаимосвязей рассмотренных параметров, отражающая важное значение биогенных элементов, в первую очередь фосфора, в процессах биотического круговорота. Общее число статистически достоверных корреляций и степень их связи возрастают с увеличением трофического статуса водоемов. Влияние гидрологических факторов наиболее выражено в оз. Нарочь.

На основании представленных данных рассчитан ряд эмпирических регрессионных зависимостей между запасом соединений фосфора в водной массе, уровнем первичной продукции, общим содержанием взвешенных веществ и прозрачностью воды в каждом из исследованных водоемов и экосистеме Нарочанских озер в целом (табл.4), что может быть использовано в прогностических целях.

Поступила в редакцию 30.04.98.

УДК 595.768.12:575.21

О.Ю.МИЛЯШЕВИЧ

ФЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЖИЛКОВАНИЯ КРЫЛЬЕВ *CHRYSOMELA POPULI* L. (Coleoptera, Chrysomelidae)

The phenetic analysis of *Chrysomela populi* L. wing ribbing in four populations from Belarus was carried out. 44 morphs were identified besides 15 from these were to be found almost in all selections with a high frequency. Quantified morph frequency gives it possible to obtain the interpopulation variability index and share of rare morphs for every selection. To compare populations and interpopulations selections of males and females the population similarity index and an identity criterion were employed.

Целью фенетики как основного направления изучения эволюционного процесса является исследование внутривидовой изменчивости признаков и свойств организмов для последующего решения различных теоретических и прикладных задач биологии [1,2]. Для изучения фенооблика популяций, и в частности популяционной изменчивости жилкования крыльев и сравнения популяций выбранного нами объекта, был использован фенетический подход,

основанный на выделении фенотипов – дискретных, альтернативных наследственных признаков особи, не подразделяемых далее на всем материале без потери качества [1,2]. Они отражают определенную генетическую конституцию конкретной особи, а частота их встречаемости – генетическую структуру популяции данного вида.

Целью данного исследования явилось изучение изменчивости жилкования крыльев жуков-листоедов *Chrysomela populi* L. и сравнение различных популяций данного вида по набору и частоте встречаемости выделенных морф (под морфами будем понимать различные варианты признака, т.е. фены).

Материал и методика

В качестве объекта исследования нами выбран жук-листоед *Chrysomela populi* – широко распространенный массовый вид, вредитель лесных и парковых древесных пород. Были проанализированы выборки из следующих популяций: 1 – о.п.Роща (окр. Минска), 2 – д.Радосховичи (Молодеченский р-н, Минская обл.), 3 – Березинский заповедник (Лепельский р-н, Витебская обл.), 4 – д. Задрачье (Городокский р-н, Витебская обл.). Материал был собран в период с мая по июль 1997 г., а в популяции о.п.Роща сбор производился и летом 1996 г. Выборка из каждой популяции подразделялась на две группы – самцов и самок. Всего по методике, предложенной В.И.Чикатуновым [2,3], было изготовлено 509 препаратов крыльев, из них 241 препарат крыльев самцов и 268 – самок.

Исходными данными для популяционного анализа являются частоты морф (фенов). На основании подсчитанных частот морф по методике, предложенной Л.А.Животовским [4,5], были вычислены: μ – показатель внутри-популяционного разнообразия и S_{μ} – его статистическая ошибка; h – доля редких морф в популяции и S_h – статистическая ошибка h ; r – показатель сходства популяций и m_r – его статистическая ошибка; I – критерий идентичности.

Результаты и их обсуждение

Крылья листоедов по строению относятся к кантаридному типу жилкования – без поперечных жилок и со слившимися в одну общую концевыми частями кубитальной и медиальной жилок [7]. По переднему краю крыла (рис.1.1) проходят слившиеся субкостальная (Sc) и костальная (C) жилки, радиальная жилка (R), оканчивающаяся замкнутой радиальной ячейкой (r_1). От основания идут кубитальная (Cu), анальная (A) и заметная в центре медиальная (M) жилки [2].

Всего было выделено 44 морфы, среди которых 15 встречаются во всех выборках с относительно высокой частотой. За стандарт была принята морфа, наиболее обычная и отмеченная во всех изученных выборках. Стандартное крыло и морфы, наиболее часто встречающиеся, представлены на рис.1.

Анализ морф жилкования крыльев в изученных выборках показал, что число морф в выборке прямо пропорционально ее величине. Морфы 1 и 5 встречаются почти во всех выборках и практически всегда с достаточно высокой частотой (рис.2,3) и у самцов и у самок. Можно сказать, что в исследованных популяциях эти морфы являются доминирующими (за редким исключением). Наряду с ними почти во всех выборках, но с меньшей частотой, отмечены морфы 16, 18, 2. Остальные морфы (из группы наиболее часто встречающихся) в различных выборках имеют разную частоту. Имеются различия между самцами и самками по частоте и набору разных морф, но их не больше, чем отличий между выборками самцов (или самок) из разных популяций. Об этом можно судить на основании вычисленных нами показателей сходства r (см. далее). Следует заметить, что в некоторых выборках отмечены морфы, присутствующие у особей одного пола и отсутствующие у противоположного. Но чаще это морфы, встречающиеся в небольших количествах или единично. Что касается группы редких морф вообще, то в больших выборках число редких морф выше, чем в выборках, представленных меньшим количеством особей (таких, как из популяции о.п.Роща, 1997 г., д.Радосховичи). Интересно отметить, что во всех выборках из изученных популяций (кроме д. Задрачье) число редких морф у самок несколько больше, чем у самцов.

Для ответа на вопросы, насколько разнообразна популяция по изучаемым полиморфным признакам, насколько различаются разные популяции по данным

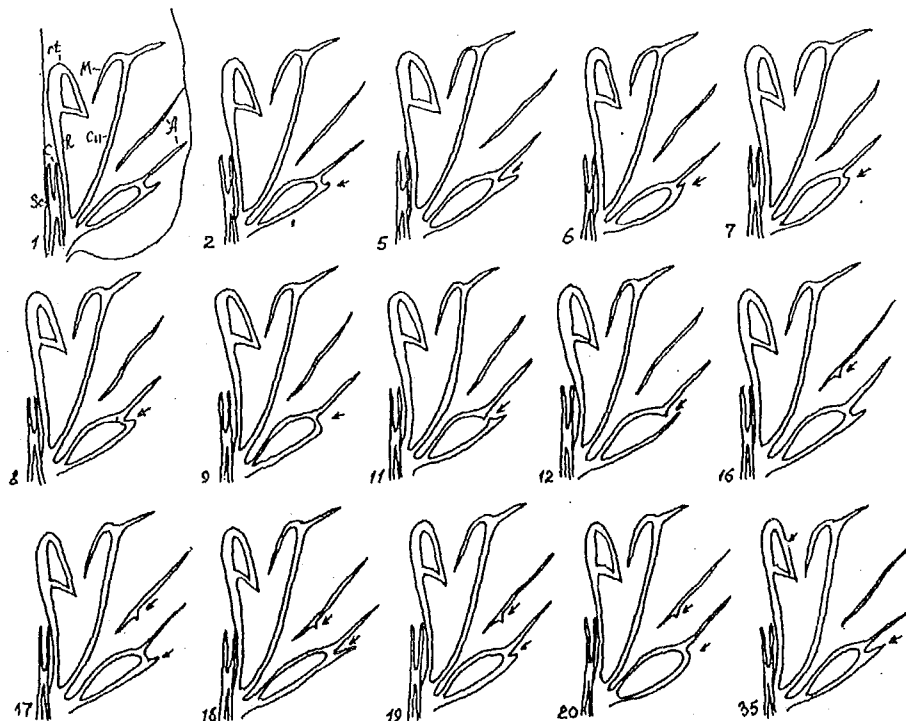


Рис.1. Стандартная форма жилкования крыла *Chrysomela populi* и наиболее часто встречающиеся морфы:

1 – стандартное крыло; 2 – укороченный отросток крайней анальной жилки; 5 – укороченная перемычка между анальными жилками; 6 – почти полное слияние отростков анальных жилок; 7 – отсутствие отростка крайней анальной жилки и укороченная поперечная перемычка; 8 – частичное исчезновение отростка крайней анальной жилки с образованием косой перемычки; 9 – отсутствие отростка крайней анальной жилки и обычная поперечная перемычка; 11 – разрыв в центральной части поперечной перемычки между анальными жилками; 12 – разрыв поперечной перемычки между анальными жилками со сдвигом к крайней анальной жилке; 16 – появление отростка на центральной анальной жилке; 17 – отросток на центральной анальной жилке при наличии укороченного отростка крайней анальной жилки; 18 – отросток на центральной анальной жилке при укороченной перемычке между анальными жилками; 19 – отросток на центральной анальной жилке при наличии укороченного отростка крайней анальной жилки и укороченной перемычки между анальными жилками; 20 – отросток на центральной анальной жилке при отсутствии отростка крайней анальной жилки; 35 – частичный разрыв радиальной ячейки при наличии укороченной перемычки между анальными жилками. Остальные морфы отнесены нами в группу редких морф, встречающихся лишь в отдельных выборках в незначительном количестве или в единственном числе

признакам, использовались показатели, предложенные Л.А.Животовским [4,5]. Полученные результаты представлены в табл.1,2. Для оценки внутрипопуляционного разнообразия служит показатель μ , обозначающий среднее число морф в выборке. Чем более равномерно распределены частоты морф, тем ближе значение μ к числу морф в данной выборке. Как видно из табл.1, наиболее близкими являются значения μ к m (числу морф) в небольших выборках с соответственно невысоким числом морф (выборки из окр. д.Радосковичи – самцы и о.п.Роца, 1997 г.) (см. табл.1).

Информацию о характере внутривнутрипопуляционного разнообразия дает показатель h – доля редких морф в популяции. Он оценивает структуру этого разнообразия [5]. Чем более неравномерно распределены частоты морф в популяции, чем больше редких морф, тем более h отличается от 0. Из табл.1 видно, что наиболее высока доля редких морф в выборке самок из популяции Березинского заповедника ($h = 0,906 \pm 0,041$). Несколько ниже h в выборках самцов из популяции д. Радосковичи ($0,423 \pm 0,071$).

Для сравнения популяций по частотам морф жилкования крыльев был использован показатель сходства популяций g . Его интерпретируют как частоту общих морф в сравниваемых популяциях [4–6]. Но для начала с помощью I – критерия идентичности – решают, различаются ли сравниваемые выборки. Если величина I больше табличного значения χ^2 [8] с заданным уровнем значимости, то между выборками существуют различия [5]. Результаты попарного сравнения выборок представлены в табл.2. При сравнении между собой выборок самцов и самок из каждой популяции оказалось, что выборки самцов из популяций Березинского заповедника ($r=0,600 \pm 0,052$; $I=42,24$) и д.Задрачье ($r=0,475$; $I=70,60$) достаточно сильно отличаются от выборок самок из этих же популяций. Значения g для этих популяций ниже, чем для других,

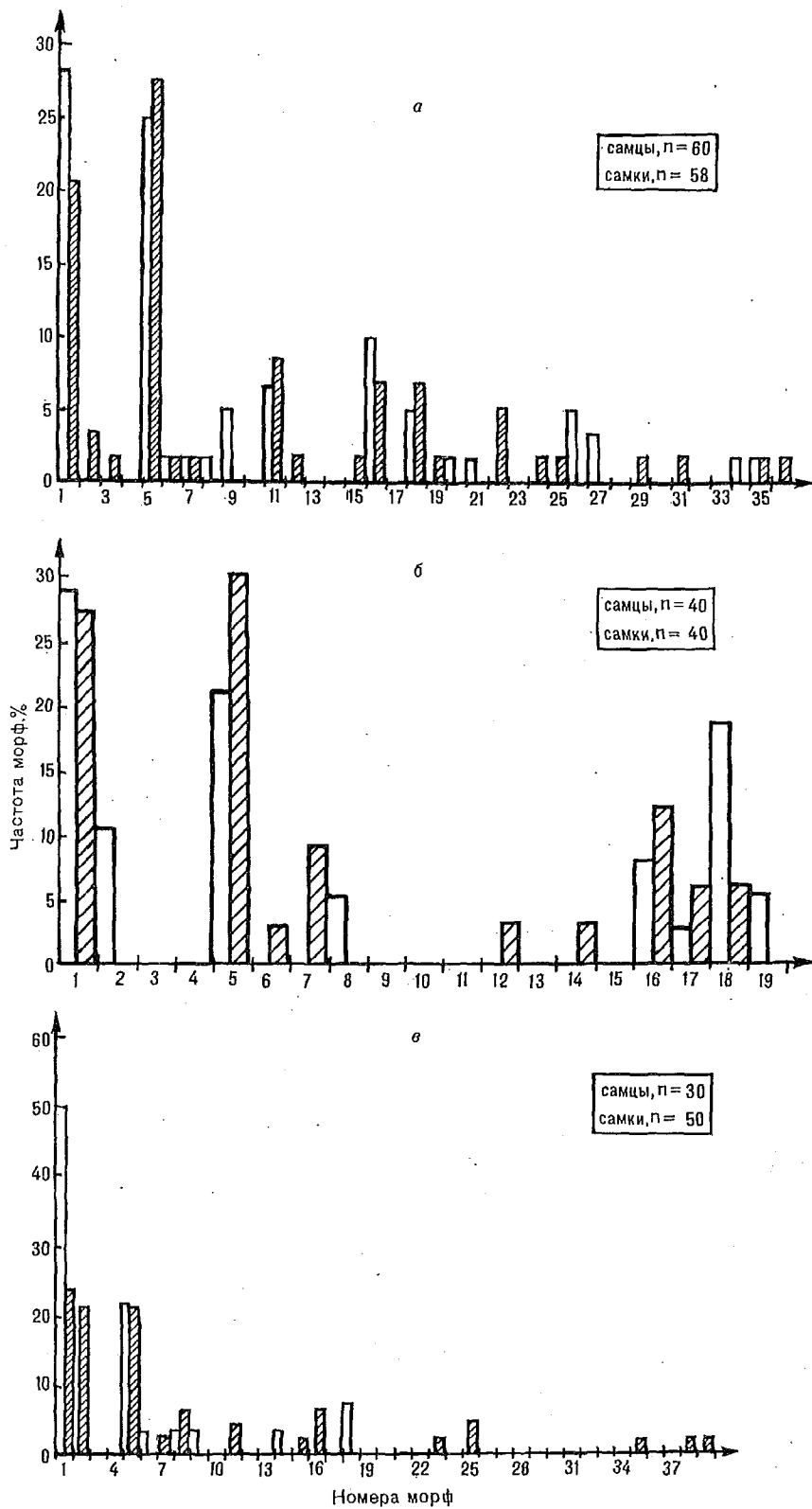


Рис.2. Частота морф жилкования крыльев *Chrysomela populi* из популяций:
а – о.п.Роца (1996); б – о.п.Роца (1997); в – д.Радосковичи (1997)

а значения I больше табличного, особенно для выборок из д.Задрачье. Это свидетельствует о различиях в наборе морф и в частоте их встречаемости в данных выборках (см.рис.2,3). В выборках из других популяций таких различий между самцами и самками не наблюдается. Значения показателей внутривидового разнообразия для них составили: о.п.Роца (1996 г.) – $r=0,774\pm0,039$; $I=26,31$; о.п.Роца (1997 г.) – $r=0,777\pm0,053$; $I=19,92$; д.Радосковичи – $r=0,727\pm0,058$; $I=22,34$.

Таблица 1

Показатели популяционной изменчивости жилкования крыльев *Chrysomela populi*

Показатель	1		2		3		4		5	
	M m=15	F m=19	M m=8	F m=9	M m=8	F m=13	M m=13	F m=18	M m=17	F m=14
$\mu \pm S_{\mu}$	9,63± 0,928	14,33± 1,074	7,03± 0,424	7,48± 0,533	6,05± 0,649	7,50± 0,927	9,67± 0,733	13,68± 1,076	14,24± 0,809	12,10± 0,619
$h \pm S_h$	0,358± 0,062	0,246± 0,057	0,125± 0,054	0,169± 0,059	0,244± 0,081	0,423± 0,071	0,256± 0,056	0,906± 0,041	0,162± 0,046	0,136± 0,044

Примечание: 1 – о.п.Роца, 1996 г.; 2 – о.п.Роца, 1997 г.; 3 – д.Радосковичи (Минский р-н), 1997 г.; 4 – Березинский заповедник (Лепельский р-н), 1997 г.; 5 – д.Задрачье (Городокский р-н), 1997 г.; M – самцы, F – самки, m – число морф, μ – показатель внутривидового разнообразия, h – доля мелких морф в популяции

Таблица 2

Показатель сходства популяций *Chrysomela populi*
по частотам морф жилкования крыльев r и критерий идентичности I

Популяция	о.п.Роца, 1996 г.	о.п.Роца, 1997 г.	д.Радосковичи	Березинский запо- ведник	д.Задрачье
Самцы					
о.п.Роца, 1996 г.	–	$r=0.730\pm0.051$ $I=27.73$	–	–	–
о.п.Роца, 1997 г.	–	–	$r=0.837\pm0.052$ $I=12.47$	$r=0.619\pm0.056$ $I=43.07$	$r=0.618\pm0.056$ $I=34.29$
д.Радосковичи	–	–	–	$r=0.442\pm0.056$ $I=44.76$	$r=0.608\pm0.068$ $I=34.06$
Березинский заповедник	–	–	–	–	$r=0.517\pm0.055$ $I=78.72$
д.Задрачье	–	–	–	–	–
Самки					
о.п.Роца, 1996 г.	–	$r=0.769\pm0.053$ $I=17.68$	–	–	–
о.п.Роца, 1997 г.	–	–	$r=0.639\pm0.059$ $I=29.61$	$r=0.612\pm0.068$ $I=40.26$	$r=0.397\pm0.063$ $I=52.94$
д.Радосковичи	–	–	–	$r=0.559\pm0.068$ $I=48.96$	$r=0.455\pm0.054$ $I=71.92$
Березинский заповедник	–	–	–	–	$r=0.407\pm0.029$ $I=80.21$
д.Задрачье	–	–	–	–	–

Попарное сравнение выборок из разных популяций отдельно по полу (см. табл.2) показало, что менее всего отличаются между собой по частоте общих морф выборки из популяций о.п. Роца (за 1997 г.) и д. Радосковичи, а также выборки самцов о.п. Роца (1997 г.) и д. Задрачье, д. Радосковичи и д.Задрачье ($I <$ табличного значения χ^2). Наибольшие отличия отмечены при сравнении следующих пар выборок: о.п. Роца (1997 г.) – д.Задрачье (самки), д.Радосковичи – д.Задрачье (самки), д.Радосковичи – Березинский заповедник (самцы, самки). Значения I для них гораздо выше табличного.

Сравнение выборок из популяции о.п.Роца, сделанных в разные годы, показало, что различия между ними по частотам общих морф небольшие (см. табл. 2). Об этом свидетельствуют достаточно высокие значения r ($I <$ табличного значения χ^2). Что касается отличия по набору морф и их числу, то оно, вероятно, связано с неравноценностью выборок по величине.

В результате проведенного фенетического анализа жилкования крыльев в четырех популяциях *Chrysomela populi* было выделено 44 морфы, среди которых 15 встречались во всех выборках с относительно высокой частотой.

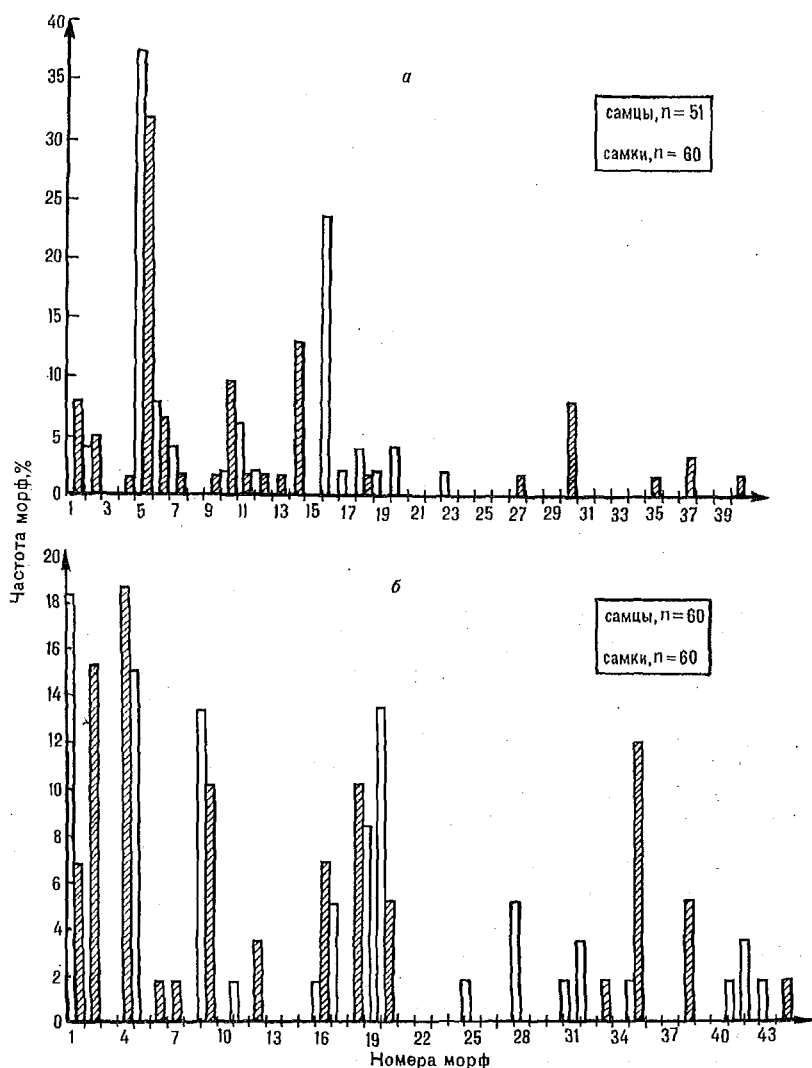


Рис.3. Частота морф жилкования крыльев *Chrysomela populi* из популяций:
а – Березинского заповедника (1997), б – д.Задрачье (1997)

Остальные морфы были отнесены в группу редких морф. Установлено, что число морф в выборке прямо пропорционально ее величине. Выборки самцов и самок из каждой популяции отличаются между собой по набору и частоте морф. Морфы, отмеченные у особей одного пола и отсутствующие у противоположного, относятся к группе редких.

При оценке внутривидового разнообразия установлено, что в небольших выборках с соответственно невысоким числом морф показатель внутривидового разнообразия μ наиболее приближен к m (числу морф). Доля редких морф h высока в больших выборках.

Отличия по набору и числу морф между выборками из окрестностей о.п.Роща, сделанными в разные годы, вероятно, связаны с неравноценностью выборок.

1. Яблоков А. В. // Журн. общ. биологии. 1976. Т.37. №5. С.29.
2. Чикатунов В. И., Крюков В. И. // Журн. общ. биологии. 1979. Т.40. №2. С.301.
3. Он же // Фенетика популяций. М., 1982. С.261.
4. Животовский Л. А. // Журн. общ. биологии. 1980. Т.41. №6. С.828.
5. Он же // Фенетика популяций. М., 1982. С. 38.
6. Бей-Биенко Г. Я. Общая энтомология. М., 1980.
7. Яблоков А. В. Фенетика. М., 1980.
8. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Мн., 1973.
9. Новожинов Ю. И. // Экология. 1970. №4. С.82.

Поступила в редакцию 05.05.98.

РАЗВИТИЕ ПАТОГЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ
НА ЛИСТЬЯХ ТОПОЛЕЙ

Some data on development of 6 species of pathogenic micromycetes on poplar leaves are presented. Fungi caused a rust, powdery mildew, spots and deformation of leaves.

Тополья являются наиболее быстрорастущими деревьями. Они хорошо переносят городские условия, поэтому сравнительно широко используются для зеленого строительства [1]. К сожалению, тополя часто повреждаются различными патогенными грибами, среди которых микромицеты – возбудители болезней листьев [2–7]. При интенсивном развитии патогенов рост деревьев ослабляется, уменьшается их прирост по высоте и диаметру.

Исследования по выявлению и изучению патогенных грибов на листьях тополей проводили на территории и в окрестностях Минска с 1965 по 1997 г. Обработан также микологический материал, собранный в ряде районов Минской области и на территории Бреста. При подготовке настоящей работы были изучены гербарные образцы патогенных микромицетов тополей, любезно предоставленные профессором А.Т. Федоруком.

В результате было установлено, что наиболее распространенным и вредоносным микромицетом на листьях тополей является макроциклический разнохозяйный гриб *Melampsora allii-populina* Kleb. Его урединии появлялись в конце июня – начале июля обычно на нижней стороне листьев под эпидермисом в виде оранжево-красных подушечек около 1 мм в диаметре, расположенных рассеяно или в группах. Урединиоспоры, как правило, продолговатые, реже овальные, иногда грушевидные, $28\text{--}38 \times 15\text{--}18$ мкм, с толстой, бесцветной, бородавчатой, на вершине гладкой оболочкой. В урединиях развивались также парафизы с булавовидными или округлыми головками. Урединиоспоры формировались в течение лета в нескольких генерациях, что обуславливало быстрое распространение патогена. В конце лета – начале осени преимущественно на нижней стороне листьев под эпидермисом появилось телиоспороношение. Телии округлые, до 1 мм в диаметре, буровато-черные, рассеянные или в группах. Телиоспоры неправильно-призматические, на концах закругленные, $30\text{--}65 \times 8\text{--}12$ мкм. Оболочка их светло-бурая, гладкая, на вершине немного утолщенная.

На *Populus balsamifera* L. (*P. tacamahaca* Mill.) и *P. langifolia* Fisch. ржавчина развивалась повсеместно и обильно, в результате листья уже в августе бурели и засыхали. В отдельные годы интенсивно поражался ржавчиной *P. trichocarpa* Torr. et A. Gray (г. Нарочь, 1977, 1978; г. Марьино Горка, 1978, 1979). Ржавчина отмечена также на *P. nigra* L. (г. Минск, ст. Восточная, 1996), *P. x canadensis* Moench. (г. Минск, ул. Академическая, 1982, 1997; ст. Ждановичи, 1978), *P. suaveolens* Fisch. (г. Минск, Уручье, ул. Козлова, ул. Столетова, 1982), *P. x rasumowskyana* (Schroed. ex Regel) Dipp. (г. Минск, ул. Академическая, 1982; г. Борисов, сквер им. Дзержинского, 1996).

На листьях тополей неоднократно отмечали пятнистость, вызванную дейтеромицетом *Septoria populi* Desm. Гриб проявлялся в виде округлых или угловатых, мелких, 2–5 мм в диаметре, некротических пятен, серых в центре, с бурой каймой, нередко сливающихся. На верхней стороне пятен развивались шаровидные коричневые пикниды, 90–220 мкм в диаметре. Стилоспоры цилиндрические, $30\text{--}45 \times 2,5\text{--}3,5$ мкм, прямые или согнутые, обычно с одной поперечной перегородкой.

На *Populus balsamifera* L. (Молодечненский район, усадьбы бывших хуторов, 1995–1997; г. Минск, Серебрянка, 1996), *P. nigra* L. (г. Минск, парк им. Челюскинцев, 1984; г. Минск, ст. Восточная, 1996), *P. rasumowskyana* (Schroed. ex Regel) Dipp. (Витебская обл., г. Докшицы, 1978).

Септориозные пятна сокращали ассимиляционную поверхность листьев, вызывая преждевременный листопад. Как показали наблюдения, септориозная пятнистость развивается на деревьях различного возраста, но наиболее опасна для молодых растений.

На листьях молодых тополей отмечена пятнистость, вызванная меланкониальным грибом *Marssonina populi* (Lib.) P. Magn. Форма и размер пятен весьма изменчивы. Вначале пятна мелкие, многочисленные, рассеянные по поверхности листьев, желтоватые, серые или бурые; затем пятна становятся

черными, расплывчатыми или резко очерченными, ограниченными от здоровой ткани. Ложа развивались на верхней стороне листа внутри клеток эпидермиса в виде мелких желтоватых или буроватых подушечек, при засыхании – плоских, в зрелом состоянии – беловатых. Конидиеносцы короткие, цилиндрические или конические. Конидии различной формы – от яйцевидных и продолговато-булавовидных до палочковидных, одноклеточные, затем с перегородкой, расположенной ближе к основанию, у перегородок более или менее перехлестчатые, бесцветные, реже желтовато-буроватые, $15-23 \times 6,7-8,3$ мкм.

На *Populus rasumowskyana* (Schroed. ex Regel) Dipp. (г. Борисов, сквер им. Дзержинского, 1978), *P. suaveolens* Fisch. (г. Минск, ул. Столетова, 1978, г. Борисов, сквер им. Дзержинского, 1978), *P. balsamifera* L. (Витебская область, г. Глубокое, 1978).

Листья тополей были поражены еще одним дейтеромикетом – грибом из рода *Gloeosporium*. К сожалению, установить его видовую принадлежность оказалось невозможным. Патоген проявлялся в виде серо-зеленых или серо-бурых мелких пятен, нередко сливающихся. Кайма пятен более темная, но не резко ограниченная от здоровой части листа. Ложа формировались преимущественно на верхней стороне пятен, под эпидермисом. Конидиеносцы палочковидные. Конидии сильно варьировали по форме и размерам – от прямых до согнутых, $3,3-8,5 \times 2-3,3$ мкм.

На *Populus longifolia* Fisch. (Витебская область, ст. Вороново, 1977; г. Витебск, 1978), *P. rasumowskyana* (Schroed. ex Regel) Dipp. (г. Борисов, 1978, 1996).

Во второй половине лета обнаруживалась мучнистая роса тополей, вызванная эризифальным грибом *Uncinula adunca* (Wallr.:Fr.) Lév. Белый плотный налет, состоящий из мицелия и конидий, развивался, как правило, на верхней стороне листьев в виде отдельных пятен, со временем сливающихся. Анаморфа типа *Pseudoidium*. Конидии эллипсоидальные, цилиндрические, $25-30 \times 9-11$ мкм. Клейстотеции до 140 мкм в диаметре, снизу вдавленные, расположены рассеяно или в группах. Придатки многочисленные, не более двух диаметров клейстотеция, прямые или изогнутые, на концах загнуты крючком или закручены в виде спирали. Сумки эллипсоидальные, на ножке, $50-70 \times 30-45$ мкм, с 3–6 спорами. Споры эллипсоидальные, $20-30 \times 10-15$ мкм.

На видах *Populus*, главным образом на поросли и листьях нижнего яруса. Отмечался ежегодно в разных районах г. Минска, а также в г. Бресте (парк культуры и отдыха, 1975), в г. Плещеницы Минской области (1978), в окрестностях ст. Дараганово Могилевской области (1986).

Нами отмечена деформация листьев тополей, вызванная голосумчатым грибом *Taphrina aurea* (Pers.) Fr. На листьях, зараженных аскоспорами, с весны и до второй половины лета развивались округлые пузырчатые вздутия до 1–3 см в диаметре, вначале золотисто-желтой, затем бурой окраски. Листовая пластинка в местах повреждений покрывалась сероватым налетом, который состоял из плотного слоя сумок. Сумки цилиндрические или булавовидные, $48-60 \times 17-20$ мкм, формировались на нижней, вдавленной поверхности вздутий. Споры шаровидные, около 4 мкм в диаметре, обычно почкующиеся, поэтому количество их в отдельных сумках строго не фиксировано.

На *Populus rasumowskyana* (Schroed. ex Regel) Dipp. (Гомельская область, п. Октябрьский, 1975; Витебская область, г. Докшицы, 1978).

Таким образом, на листьях тополей паразитируют 6 видов грибов, относящихся к аскомицетам, базидиомицетам и дейтеромикетам. Патогены вызывали ржавчину, пятнистость, мучнистую росу и деформацию листьев. При сильном развитии макромицетов на листьях рост деревьев замедлялся, в отдельных случаях наблюдался преждевременный листопад.

1. Федорук А. Т. Древесные растения садов и парков Белорусии. Мн., 1980.

2. Васильевский Н. И., Каракулин Б. П. Паразитные несовершенные грибы. Меланконидиальные. М.; Л., 1950. С. 2.

3. Гелюта В. П. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы. Киев, 1989.

4. Гирилович И. С., Лемеза Н. А. // Весці АНБ. Сер. біял. навук. 1996. № 2. С. 71.

5. Журавлев И. И., Селиванова Т. Н., Черемисинов Н. А. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников. М., 1979.

6. Купревич В. Ф., Ульянищев В. И. Определитель ржавчинных грибов СССР. Ч. 1. Сем. *Melampsoraceae* и некоторые роды сем. *Russiniaceae*. Мн., 1975.

7. Черемисинов Н. А., Негруцкий С. Ф., Лешковцева И. И. Грибы и грибные болезни деревьев и кустарников. М., 1970.

Поступила в редакцию 05.03.98.

НОВЫЕ НАХОДКИ ВОДНЫХ ГИФОМИЦЕТОВ ИЗ БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА И НЕКОТОРЫХ ВОДОТОКОВ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Seven species of aquatic hyphomycetes (*Filosporella annelidica*, *F. exilis*, *F. versimorpha*, *Flagellospora curvula*, *Tumularia aquatica*, *Varicosporium delicatum*, *Volucrispora graminea*) are reported for the first time in Belarus. Some peculiarities of colonies, conidia structure and development are discussed.

Водные гифомицеты являются экологической группой грибов, включающей анаморфы аско- и базидиомицетов, а также митоспоровые грибы, у которых отсутствуют половые стадии либо связь с соответствующими телеоморфами пока не установлена. По сборам из водоемов Беларуси известно 33 вида грибов данной группы [1–3]. Нами в ходе исследований водотоков Березинского биосферного заповедника, р.Страчи в окрестностях заказника "Голубые озера" и некоторых других водотоков Минской обл. были обнаружены новые для республики виды водных гифомицетов.

Filosporella annelidica (Shearer et J.L.Crane) J.L.Crane et Shearer 1976. *Mycotaxon* 6:28. = *Rogersia annelidica* Shearer et J.L.Crane 1976. *Mycologia* 68:949. = *Coeloanguillospora appalachensis* Dyko et B. Sutton 1978. *Nova Hedwigia* 29: 167.

Колонии (МА, 2%) со средней скоростью роста, серые или почти черные, воздушный мицелий серый, пышный в центре, умеренно развитый к периферии. Споруляция под водой. Конидиеносцы (рис.1а) ди- или трихотомически разветвленные, однако мы не наблюдали формирования спородохиев, пролиферация перкуррентная. Конидии (рис.1б) бесцветные, нитевидные, сильно изогнутые в трех плоскостях, (125–) 160 – 180 (–196) x 2–3 мкм, с перегородками. Часто после отделения конидий развивается короткий перкуррентный базальный придаток; в нашем материале также было отмечено формирование цилиндрических артроконидий и фиалидных микроконидий, что является характерным и для следующих представителей рода.

Изолят VG-88, погруженная разлагающаяся древесина, лишенная коры, р.Сергуч у д.Крайцы, Березинский биосферный заповедник, сент. 1996 г.

Filosporella exilis Gulis et Marvanová 1998. *Mycotaxon* 68:315.

Данный вид был недавно описан как новый для науки [4] на основании ряда изолятов, полученных с разлагающихся остатков злаков, стеблей *Equisetum fluviatile* L., ветви с хвоей *Picea abies* (L.) Karst., собранных в водотоках Березинского биосферного заповедника. Характерной особенностью данного вида является формирование трех дополнительных типов бесполой спороношений (синанаморф), что служит приспособлением к распространению спор в различных средах. Под водой образуются бластоконидии с последующей перкуррентной пролиферацией конидиогенных клеток (стадия *Filosporella*); как правило, над водой формируются более короткие артроконидии. Некоторые изоляты образуют также две микроконидиальные стадии, одна из которых может служить для сперматизации.

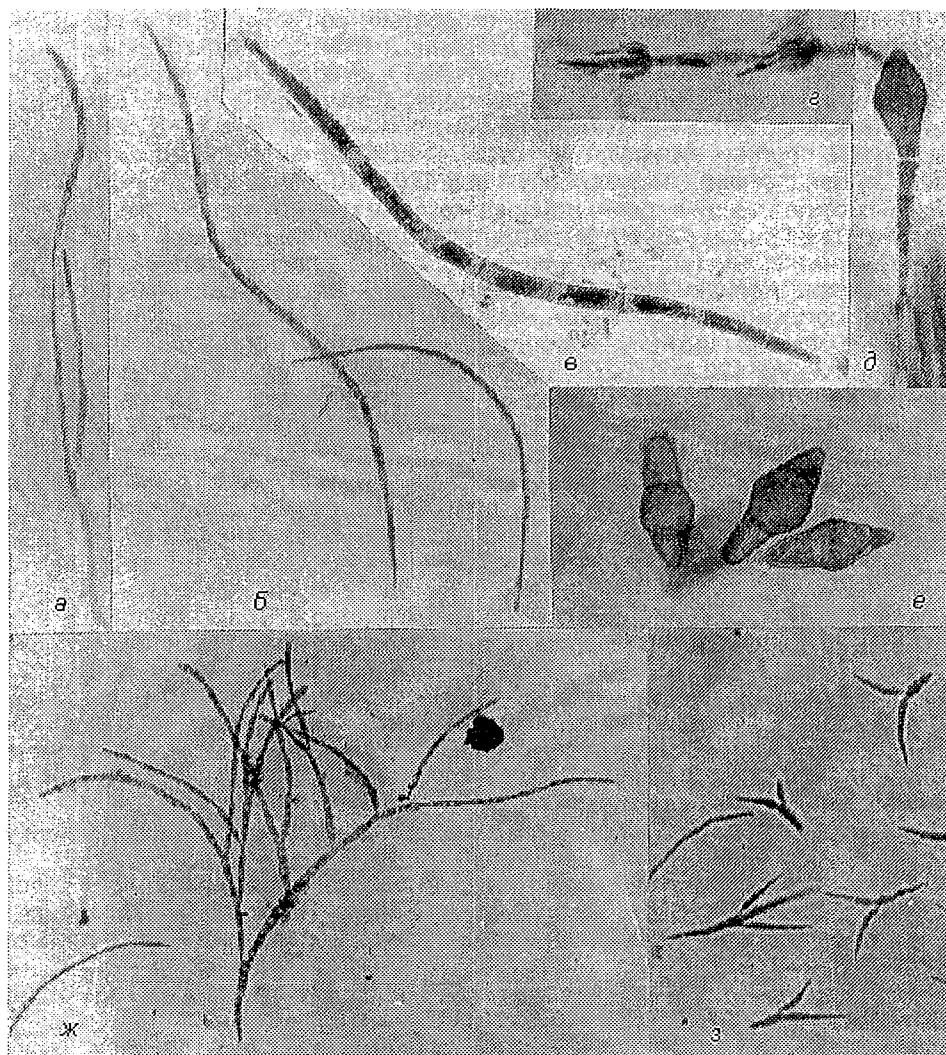
Filosporella versimorpha Marvanová et al. 1992. *Nova Hedwigia* 54: 151.

Колонии (МА, 2%) весьма напоминают *F. annelidica*. Бластоконидии формируются под водой на разветвленных конидиеносцах, пролиферация перкуррентная. Конидии (рис.1в) бесцветные, нитевидные, более или менее согнутые, (68–) 84–140 (–164) x 2,5–4 мкм, с 5–8 (–12) перегородками, реже почти прямые, в последнем случае трудно отличимы от формирующихся в воздушной среде очень вариабельных по длине артроконидий. В нашем материале также наблюдалось образование фиалид с явно выраженным удлинением воротничком и палочковидных микроконидий, 4–6 x 1–1,5 мкм (рис.1г).

Изоляты: VG-64 и VG-65, погруженные разлагающиеся злаки, р.Усяжа у д.Раубичи, Логойский р-н, нояб. 1994 г.; VG-121, тот же субстрат, р.Березина на СВ окраине г. Борисова, май 1997 г.

Flagellospora curvula Ingold 1942. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 25: 404.

Морфологию колоний см. [5]. Спорообразование под водой. Конидиеносцы разветвленные, фиалиды, 10–18 x 3 мкм, формируются терминально. Конидии бесцветные, нитевидные, серповидно или сигмовидно согнутые, 100–180 x 2–2,5 мкм, с 2–5 слабо заметными перегородками.



Особенности формирования конидий водных гифомицетов: а, д — конидиеносцы с развивающимися конидиями; б, в, г — конидии; г — микроконидиальная синанаморфа:

а, б — *Filospora annelidica* (x400); в, г — *Filospora versimorpha* (x600); д, е — *Tumularia aquatica* (x600); ж — *Varicosporium delicatum* (x400); з — *Volucrispora graminea* (x600)

Изоляты: VG-60 и VG-62, погруженные разлагающиеся листья *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., р. Усяжа у д. Раубичи, Логойский р-н, нояб. 1994 г.; VG-139, тот же субстрат, Сергучский канал у д. Кветче, Березинский биосферный заповедник, окт. 1997 г.

Tumularia aquatica (Ingold) Descals et Marvanová 1987. Trans. Br. Mycol. Soc. 89: 506. = *Pyricularia aquatica* Ingold 1943. Trans. Br. Mycol. Soc. 26: 111. = *Dactylella aquatica* (Ingold) Ranzoni 1953. Farlowia 4: 360.

Колонии (МА, 2%) со средней скоростью роста, сероватые, бурые или коричневые; воздушный мицелий хорошо развит в центральной части колонии, грязно-желтый или светло-коричневый. Желтый пигмент диффундирует в среду уже на ранних стадиях развития колонии, окрашивая агар далеко за ее пределами. Возможно, именно с синтезом пигмента связана антибиотическая активность некоторых изолятов этого гриба [6]. Споруляция под водой. Конидиеносцы простые, конидии терминальные, пролиферация перкуррентная (рис. 1д). Конидии (рис. 1е) бесцветные, широко веретеновидные, 28–36 x 12–16 мкм, трехклеточные, с характерными короткими конусовидными экваториальными выростами.

Изоляты: VG-145 и VG-146, проба пены из р. Страча, Мядельский р-н, окт. 1997 г.

Varicosporium delicatum S.H.Iqbal 1971. Trans. Br. Mycol. Soc. 56:343.

Колонии (МА, 2%) со средней скоростью роста от светло-серых до коричневых, воздушный мицелий умеренно развит в центре колонии, прижатый к периферии. Конидии формируются под водой, на границе раздела водной и воздушной фаз, а также на агаре; в последнем случае они слабо ветвятся или остаются короткими и нитевидными. Конидиеносцы, образующиеся под водой, простые или разветвленные, слабо дифференцированы. Конидии (рис. 1ж) бесцветные, имеют главную ось, (70–) 90–190 x 1,5–2 мкм, и 2–4 (5) боковых ответвлений первого порядка, которые могут быть таких же размеров и нести ответвления второго и третьего порядков. Главная ось и ответвления часто сильно изогнуты и слегка сужены в области каждой септы и в местах прикрепления. Конидии легко распадаются на фрагменты различной величины, которые могут пролиферировать, поэтому иногда довольно трудно оценить истинные размеры интактных конидий.

Изоляты: VG-129 и VG-157, погруженные разлагающиеся злаки, слабо-проточная канава на краю верхового болота у д. Домжерицы, Березинский биосферный заповедник, окт. 1997 г.; VG-148 и VG-158, листья *Juncus* sp., та же точка и дата.

Изоляты VG-129 и VG-148 были идентифицированы доктором Л. Марвановой (Чешская коллекция микроорганизмов), за что выражаем ей искреннюю признательность.

Volucrispora graminea Ingold, McDougall et Dann 1968. Trans. Br. Mycol. Soc. 51: 325.

Колонии (МА, 2%) медленно растущие, кремовые или желтоватые, воздушный мицелий белый, умеренно или слабо развитый. В целом колонии напоминают таковые у представителей р. *Alatospora*. Конидиеносцы латеральные, короткие, на вершине формируется кластер из 5–10 бластоспор. Конидии (рис. 1з) бесцветные, трирадиальные, с перегородками, главная ось 16–34 x 1,5–2 мкм, боковое ответвление, 10–18 x 1,5–2 мкм, сужено в месте прикрепления. Данный вид также встречается в наземных условиях на разлагающихся остатках злаков [7].

Изолят VG-122, погруженные разлагающиеся листья *A. glutinosa*, ручей у д. Великое село, Держинский р-н, май 1997 г.

Таким образом, на данный момент для республики приведено 40 видов водных гифомицетов. В нашей коллекции имеется и ряд неидентифицированных моноконидиальных изолятов, некоторые из которых, возможно, представляют новые виды.

1. Стефанович А. И., Галубкоў У. У. // Весті АН БССР. Сер. біял. навук. 1976. №5. С. 110.
2. Гулис В. И., Стефанович А. И. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. №2. С. 28.
3. Они же. // Весті АН Беларусі. Сер. біял. навук. 1998. №3. С. 53.
4. Gulis V. I., Marvanová L. // Mycotaxon. 1998. Vol. 68. P. 315.
5. Гулис В. И., Стефанович А. И. // Весті АН Беларусі. Сер. біял. навук. 1996. №3. С. 103.
6. Fisher P. J., Anson A. E. // Trans. Br. Mycol. Soc. 1983. Vol. 81. №3. P. 523.
7. Ingold C. T., McDougall P. J., Dann V. // Trans. Br. Mycol. Soc. 1968. Vol. 51. №2. P. 325.

Поступила в редакцию 15.04.98.

УДК 581.9-893

М.А.ДЖУС, А.Н.СКУРАТОВИЧ, И.И.ШИМКО

GALIUM TRIFIDUM L. ВО ФЛОРЕ БЕЛАРУСИ

Galium trifidum L. was not indicated for Belarus flora more than 90 years. Three new locations of this aboriginal species in Minsk and Vitebsk provinces were found. The drawings facilitating the determination of species are given.

В ходе подготовки к переизданию "Флоры Беларуси" при анализе видового состава рода *Galium* L. (подмаренник) нами были проанализированы гербарные и литературные сведения об одном из малоизвестных видов, а именно подмареннике трехраздельном – *Galium trifidum* L. (*G. ruprechtii* Pobed. p. max. p. incl. typo) [1]. В Гербарии ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург (LE), с территории Беларуси хранятся материалы И.К. Пачоского из окрестностей д. Колпень Козероужского с/с Лоевского р-на Гомельской обл. ("Минская губ., Речицкий уезд, Колпень"). По данным литературы [2–4], для территории республики этот вид приводится для Гомельской (Лоев) и Минской (Вилейский р-н, окр. оз. Вишневецкое) областей (гербарных материалов разыскать не удалось), а также для бывшей Могилевской губернии, без более точного указания местонахождения.

Длительное отсутствие новых сведений о виде (свыше 90 лет) привело к тому, что в последних флористических сводках по Беларуси он стал упоминаться в разряде литературных или, по-видимому, исчезнувших видов [5].

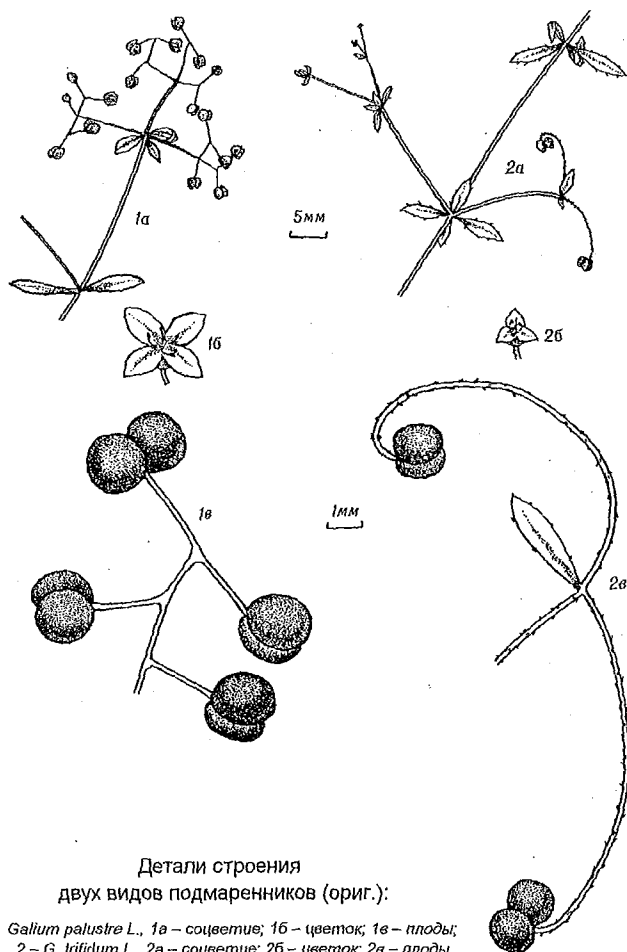
На протяжении полевых сезонов 1990–1997 гг. нами был собран гербарный материал по этому виду и подтверждено его произрастание на территории республики. Ввиду редкости таксона приводим полные данные о собранном материале:

1. Минская обл., Мядельский р-н, окр. д. Гатовичи ((2,5 км к Ю) Мядельского п/с. Северный берег оз. Бледное (Блядно). На узкой береговой сплавине из осок по берегу озера, редко, группами, на площади около 50 кв.м. Собр. Скуратович А.Н. №359, цв., пл. 29.06.1990, опр. Скуратович А.Н. 28.03.1996).

2. Витебская обл., Докшицкий р-н, окр. д. Поляне ((0,5 км к ЮЮВ) Парфьяновского с/с, пруд 60х40 м. По берегам на расстоянии 0,5–3 м от кромки воды на песчаных или оглеенных участках с верхним слоем торфа, часто, группами. Собр. и опр. Шимко И.И. № 1213, цв., пл. 13.07.1990).

3. Минская обл., г. Минск, у пересечения Минской кольцевой дороги с просп. Дзержинского (переходящего в Брестское шоссе), по восточному берегу переходного болота, в треугольнике между дорогами. Среди низинного омско-осокового болота (полосой за зарослями кустарника вокруг переходного болота), на кочках совместно с *Galium palustre* L. Часто. Собр. и опр. Джус М. №1102, 1112, цв., пл. 17.07.1997; № 1259, пл. 25.09.1997.

Таким образом, в настоящее время достоверно известно произрастание вида в Гомельской, Минской и Витебской областях. В целом же обширный разорванный ареал вида охватывает Северо-Западную, Северо-Восточную (Норвегия, Финляндия, Швеция) и Центральную Европу (воеводство Ольштын на северо-востоке Польши) [4,6–9], кроме того, изолированные местонахождения известны в Восточных Пиринеях и Альпах (на территории Австрии и Франции). Подмаренник трехраздельный указывается для стран Балтии, северных и некоторых центральных районов (до Заволжья) европейской части России, северной и восточной части Украины (Днепр.; Причерн.), Западной и Восточной Сибири, Средней Азии. Этот вид известен из Монголии, Китая, Кореи, Японии и Северной Америки, где встречается на торфяных и осоковых болотах, по берегам ключей, окраинам и сплавидам зарастающих



Детали строения
двух видов подмаренников (ориг.):

Galium palustre L., 1а – соцветие; 1б – цветок; 1в – плоды;
2 – *G. trifidum* L., 2а – соцветие; 2б – цветок; 2в – плоды

озер. На этом основании можно утверждать, что по территории Беларуси проходит фрагмент юго-западной границы ареала вида. Произрастает подмаренник трехраздельный в отдельных изолированных локалитетах и встречается очень редко.

Морфологические признаки	<i>G. trifidum</i>	<i>G. palustre</i> , <i>G. elongatum</i>
Соцветия	пазушные, малоцветковые (обычно 2–3-цветковые полузонтики)	многоцветковые полузонтики, часто образующие на верхушке обособленное соцветие
Цветки	1–1,5 мм в диаметре	2–4 мм в диаметре
Венчик	3-раздельный (изредка некоторые цветки – 4-раздельные) с 3 тычинками	4-раздельный (изредка некоторые цветки – 3-раздельные) с 4 тычинками
Цветоножки	при зрелых плодах отогнутые книзу или поникающие, нитевидные, шероховатые	при зрелых плодах растопыренные в стороны, голые

Морфологически *G. trifidum* L. довольно схож с обычным *G. palustre* L. и редким *G. elongatum* C. Presl. (см. таблицу и рисунок).

Различия в строении стебля и отчасти листьев отсутствуют или незначительны. Необходимо отметить, что экологически виды различить довольно сложно. В обнаруженных местонахождениях, принадлежащих к синтаксономическим классам *Phragmiti-Magnocariceta* и *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* (болотистые травяные сообщества и сообщества низинных травяных болот), *G. trifidum* может произрастать совместно с *G. palustre* часто на осоковых кочках (*Carex omskiana*, *C. appropinquata* и др.).

Собранный материал по *G. trifidum* хранится в Гербариях кафедры ботаники Белгосуниверситета (MSKU), Института экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАНБ (MSK), личной коллекции И.Шимко.

1. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. Спб., 1995. С.893.
2. Пачоский И. // Тр. императ. С.-Петербург. – об-ва естествоиспытателей. Отд. Ботаники. 1897. Т.27. Вып.2. С.253.
3. Флора БССР / Под ред. Б.К. Шишкина. Мн., 1955. Т.4. С.435.
4. Flora Polska. Rosliny naczyniowe Polski i ziem osciennych / Pod red. B. Pawlowskiego. Warszawa, Krakow, 1967. Т.11. S.320.
5. Парфенов В. И. Флора Белорусского Полесья: Современное состояние и тенденции развития. Мн., 1983. С. 270.
6. Флора Европейской части СССР / Под ред. А.А. Федорова. Л., 1978. Т.5. С.110.
7. Флора СССР / Под ред. Б.К. Шишкина, Е.Г. Боброва. М.; Л., 1955. Т.22. С.331.
8. Flora Europaea / Ed. T.G. Tutin, V.H. Heywood et al. Cambridge, 1976. V.4. P.21.
9. Flore de France / M.Guinochet, R.Vilmorin. Paris, 1975. Fasc.2. P.494.

Поступила в редакцию 30.04.98.

УДК 581. 17

Е.Е.РУДКОВСКАЯ, А.П.КУДРЯШОВ, Л.Э.АБАДОВСКАЯ, В.М.ЮРИН

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ПОСТУПЛЕНИЕ НИТРАТОВ В КЛЕТКИ ВОДОРОСЛИ CHLORELLA

Using ionselective electrodes the NO_3^- influxes in *Chlorella* cells were determined under different conditions of illumination, pH and concentrations of NO_3^- , ortovanadate, diethylstilbestrol and diurone in the medium. Constants of inhibition of NO_3^- uptake were established. The obtained data point to nitrate uptake process in *Chlorella* cells is directly linked with H^+ -ATPase of the plasmalemma.

Среди многих ионов, необходимых для роста и развития растительных организмов, анион NO_3^- имеет особое значение ввиду той фундаментальной роли, которую играет азот в метаболизме растений. Поступление веществ в растительные клетки в значительной мере зависит от факторов внешней среды, первичной мишенью действия которых является внешняя плазматическая мембрана – плазмалемма. Показателем модификации барьерно-транспортных свойств плазмалеммы являются, в первую очередь, изменения соответствующих ионных потоков через мембрану. Очевидно, что при изучении действия экзогенных факторов существенное значение имеет установление концентрационных и временных соотношений на уровне функциональной активности отдельных клеточных механизмов в условиях сохранения жизнеспособности объекта исследования.

В этой связи в настоящей работе сделана попытка на основании полученных данных по влиянию некоторых экзогенных факторов (свет, pH, ингибиторы метаболизма) высказать соображения о вероятных механизмах поступления NO_3^- в клетки *Chlorella*.

Объект и методы исследования

В качестве экспериментального материала использовали клетки водоросли *Chlorella vulgaris*, выращиваемые на среде Тамияй следующего состава (мм): 50 KNO₃; 10 MgSO₄·7H₂O; 9 KH₂PO₄; 0,01 FeSO₄·7H₂O; 0,13 EDTA, раствор микроэлементов в количестве 1 мл/л, pH 7,5 [1]. Суспензию клеток продували воздухом, обогащенным 1% CO₂, и освещали люминесцентными лампами в режиме свет-темнота (соотношение 10:14), освещенность 3000 лк.

На экспоненциальной фазе роста суспензию клеток *Chlorella* осаждали центрифугированием (5 мин при 1000 g). Осажденные клетки дважды промывали дистиллированной водой и затем ресуспендировали в 5 мм-фосфатном буфере (смесь одно- и двузамещенных фосфатов натрия, соотношение концентраций которых определялось величиной pH опытного раствора в пределах от pH 6,0 до pH 8,0).

Определение суммарного потока (нетто-потока) внутрь клетки проводили с помощью ионселективного NO₃⁻-электрода по динамике изменения концентрации нитрат-иона в экспериментальном растворе. Для измерения использовали термостатируемую ячейку (20±1°C). Концентрация клеток хлореллы в суспензии составляла не более 2·10⁸/мл (подсчет проводился с помощью камеры Горяева).

Ингибиторы вносили в суспензию клеток в виде спиртовых растворов.

Показания регистрировали с помощью иономера ЭВ-74 и самописца КСП-4. Перед каждым экспериментом строили калибровочную кривую NO₃⁻ электрода, по которой определяли концентрацию нитрата в среде.

Процедура определения величины входящего потока NO₃⁻ сводилась к построению кривой зависимости рNO₃⁻ от времени. Затем на основании калибровочного графика определяли концентрацию NO₃⁻ в растворе через определенные промежутки времени.

Скорость поглощения ионов NO₃⁻ (V) вычислялась по формуле:

$$V = \Delta C \cdot W / m \Delta t,$$

где ΔC — изменения концентрации NO₃⁻ в наружной среде за промежутки времени Δt ; W — объем наружного раствора; m — масса клеток.

Результаты и их обсуждение

Скорость поступления нитратов в значительной степени регулируется режимом освещения и экстраклеточной концентрацией NO₃⁻ [2]. Действительно, наибольшая активность транспортной системы NO₃⁻ ($V_{\max} = 0,62$ нмоль/мг·мин) наблюдалась после выдерживания суспензии клеток *Chlorella* на свету без добавления нитратов в течение 15–24 ч. Она превышала контрольное значение (транспорт нитрата в свежеприготовленной суспензии, $V_{\max} = 0,32$ нмоль/мг·мин) в 2,1 раза. Скорость транспорта в суспензии, прединкубированной на свету в присутствии 100 мкМ KNO₃, практически совпадала с контрольными значениями. В отличие от последнего варианта, клетки, выдержанные с той же концентрацией нитрата в темноте, имели $V_{\max} = 0,60$ нмоль/мг·мин, сходную со скоростью поглощения после инкубации на свету в отсутствие нитратов.

Полученные данные вероятнее всего объясняются тем, что в только что осажженной из среды культивации суспензии, так же как и при прединкубировании на свету в среде с нитратами, внутри клеток содержится значительное количество нитратов. Это приводит к увеличению выходящего из клетки потока NO₃⁻ в исследуемой области концентраций и, в свою очередь, к уменьшению нетто-потока NO₃⁻ [2,3]. При прединкубации же хлореллы в среде с нитратами в темноте не происходит заметного поглощения клетками NO₃⁻.

Зависимость скорости поступления нитратов в суспендированные клетки от концентрации NO₃⁻ представлена на рис.1. При увеличении концентрации NO₃⁻ до 1–5 мкМ скорость поглощения возрастала, а при более высоких концентрациях нитрата (выше 15 мкМ) — уменьшалась.

Поступление нитратов в клетки *Chlorella* в темноте было незначительным при всех концентрациях субстрата в среде (см. рис.1). При этом K_m (кажущаяся константа Михаэлиса) в темноте (15,4 мкМ) значительно превосходила таковую на свету (3,7 мкМ).

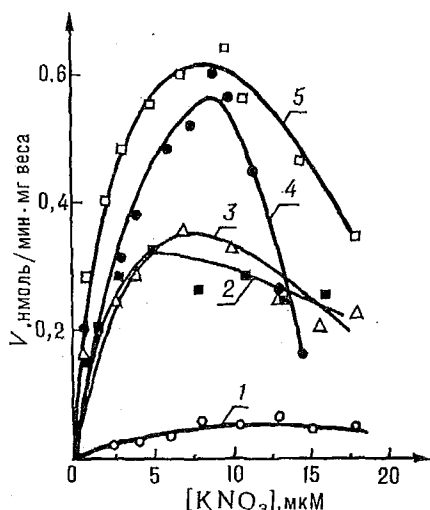


Рис.1. Зависимость скорости поступления NO_3^- в клетки *Chlorella* от концентрации KNO_3 в среде в темноте (1) и на свету (2,3,4,5) при различных режимах прединкубации: 2 – свежеприготовленная суспензия; 3 – прединкубация сутки на свету в 100 мкМ KNO_3 ; 4 – прединкубация сутки в темноте в 100 мкМ KNO_3 ; 5 – прединкубация сутки на свету без нитратов

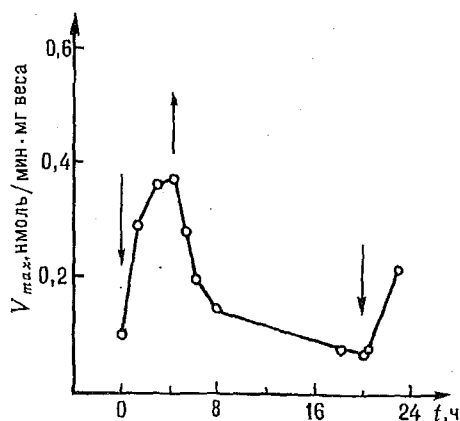


Рис.2. Влияние освещения на максимальную скорость поглощения нитратов клетками *Chlorella*. Стрелками обозначены моменты включения (↓) и выключения (↑) осветителя

После включения света (1000 лк) скорость поглощения увеличивалась, достигая максимума через 3–4 ч (рис.2). Выключение света вызывало постепенное снижение максимальной скорости поглощения: через 3 ч инкубации в темноте скорость уменьшалась в 2 раза, а через 15–18 ч – в 15–20 раз (см. рис.2).

Ингибирование активности транспортной системы NO_3^- в темноте было обратимым: через 2 ч после включения света максимальная скорость поступления NO_3^- увеличивалась в 11 раз, достигая 60% от уровня первоначальной скорости на свету.

Световую стимуляцию поступления нитратов объясняют двумя причинами – активацией H^+ -АТФазной помпы [4] и повышением активности нитратредуктазы [5]. Однако, с одной стороны, как было показано в работе [6], для активации нитратредуктазы и накопления NO_3^- в клетках микроводорослей необходим синий свет, спектр действия которого соответствовал бы спектру поглощения флавинов [7].

С другой стороны, данные измерения нетто-поток в суспензии клеток *Chlorella* при действии света, ингибиторов метаболизма, варьировании pH, приведенные в работе [8], свидетельствуют о наличии на плазмалемме активируемой pH-зависимой протонной помпы.

В этой связи для подтверждения первого положения провели эксперименты по pH-зависимости накопления нитратов и действию ингибиторов метаболизма.

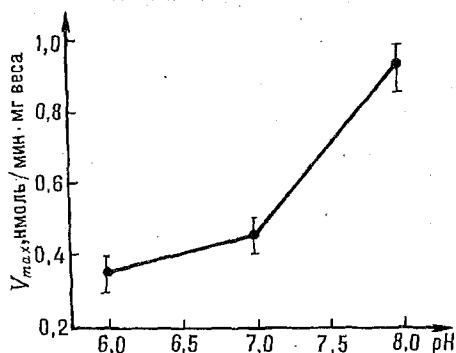


Рис.3. Зависимость максимальной скорости поглощения нитрата клетками *Chlorella* от pH среды

В наших экспериментах максимальная скорость поступления NO_3^- увеличивалась в интервале от pH 6,0 до pH 8,0 (рис.3). Полученная закономерность влияния pH на транспорт нитратов внутрь клеток, вероятно, отражает изменения градиента электрохимического потенциала ионов водорода на плазмалемме [10]. В слабощелочной среде (pH 8,0) в результате более активного функционирования H^+ -АТФазной помпы на плазмалемме генерируется большая по сравнению со слабокислой средой (pH 6,0) разность электрохимических потенциалов H^+ [9], что ведет к возрастанию электрохимического градиента H^+ , который и является движущей силой транспорта NO_3^- внутрь клетки.

Использованные ингибиторы метаболизма в диапазоне концентраций 1–100 мкМ значительно подавляли транспорт нитратов в клетки хлореллы.

Диурон, специфический ингибитор фотосистемы 2, в концентрации 2 мкМ ингибировал поступление нитратов на 50% (таблица). Подавление диуроном поступления нитратов подтверждает не только тесную связь между фотосинтезом и ассимиляцией нитрата, но и прямую зависимость переноса NO_3^- от активности H^+ -помпы, поскольку было показано ингибирование последней как диуроном, так и темнотой [10–12].

Влияние некоторых ксенобиотиков на скорость поступления нитратов в клетки *Chlorella vulgaris*

Ксенобиотик	Диапазон испытанных концентраций, мкМ	Концентрация погумаксимального ингибирования, IC_{50} , мкМ
Na_2VO_4	1–100	51,5±4,6
ДЭС	1–50	5,1±0,5
Диурон	1–50	2,3±1,1

* Каждое значение IC_{50} получено из 3–4 повторностей

Специфические ингибиторы H^+ -АТФазы плазмалеммы ортованадат и диэтилстилбестрол (ДЭС) подавляли на 50% транспорт NO_3^- при концентрации ~ 50 мкМ и ~2 мкМ соответственно.

Таким образом, приведенные данные по действию pH среды, освещенности и ингибиторов метаболизма свидетельствуют о том, что транспорт NO_3^- в клетках *Chlorella* непосредственно связан с работой H^+ -АТФазной помпы плазмалеммы.

- 1 Рудковская Е.Е., Соколик А.И., Юрин В.М. // ДАНБ. 1991. Т.40. С.85.
2. Deane-Drummond C.E. // Plant Sci. Let. 1982. Vol.24. P.79.
3. Deane-Drummond C.E. // Plant Cell Environ. 1984. Vol.7. P.317.
4. Kessler E. // Ann. Rev. Plant Physiol. 1964. Vol.15. P.57.
5. Ulrich W.R. Nitrogen metabolism of plants. Clapendon Press. Oxford, 1992. P.121.
6. Kamiya A. // Plant Cell Physiol. 1995. Vol.36. P.481.
7. Witt F.G., Aparicio P.J. // Photocem. Photobiol. 1995. Vol.61. P.619.
8. Гусев В.В., Бобров В.А., Юрин В.М. // Теоретические и экспериментальные вопросы процессов в сложных молекулярных и биологических системах. Мн., 1981. С.16.
9. Smith F.A., Raven J.A. // Ann. Rev. Plant Physiol. 1979. Vol.30. P.289.
10. Юрин В.М., Соколик А.И., Кудряшов А.П. Регуляция ионного транспорта через мембраны растительных клеток. Мн., 1991.
11. Воробьев Л.Н. // Итоги науки и техники. Сер. Физиология растений. М. 1988. Т.5. С.106.
12. Петрушенко В.В. // Харовые водоросли и их использование в исследовании биологических процессов клетки. Вильнюс, 1973. С.350.

Поступила в редакцию 05.05.98.

УДК 581.132

Л.В.КАХНОВИЧ, И.О.ЖУК

ВЛИЯНИЕ ПРОМЕТРИНА НА ПИГМЕНТНЫЙ АППАРАТ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ

The effect of herbicide prometryn on content and state of photosynthetic pigments in barley plants has been investigated. It has been shown that prometryn can decrease pigment content in pigment-protein complexes of the photosynthetic membrane.

Среди средств химизации сельскохозяйственного производства значительное место занимают гербициды – активные синтетические химические соединения, обладающие в большинстве своем явно выраженной селективной фитотоксичностью действия.

Механизм действия ряда гербицидов как ксенобиотиков связан с процессами фотосинтеза, от интенсивности которого значительно зависит рост и развитие растений [1–5]. Однако на данном этапе изученности механизма действия гербицидов-ксенобиотиков, ингибирующих фотосинтез, нет достаточных данных, позволяющих выделить специфические аспекты действия отдельных ингибиторов на структуру фотосинтетического аппарата и его функциональную активность на его разных уровнях. В то же время физиологическая активность многих широко используемых в сельском хозяйстве гербицидов реализуется именно в хлоропласте. К таким гербицидам относятся производные сим-

триазина, представителем которых является прометрин (2-метилтио-4,6-бис-(изопропиламина)-1,3,5-триазин). Следует отметить, что реакция растений на изменение интенсивности фотосинтеза отражает степень чувствительности их к действию гербицида и может свидетельствовать о наличии или отсутствии процесса детоксикации препарата.

Действие прометрина на процесс фотосинтеза связывают в первую очередь с ингибированием потока электронов в фотосистеме II [6,7]. Однако, по всей вероятности, этим не ограничивается действие прометрина на структуру и функцию фотосинтетического аппарата как на уровне хлоропласта, так и на уровне листа. Кроме того, изменение в скорости потока электронов в электрон-транспортной цепи может быть обусловлено изменением как в структуре фотосинтетических мембран, так и перераспределением фотосинтетических пигментов в функциональных пигмент-белковых комплексах.

В связи с этим исследовали действие прометрина – одного из наиболее активных ингибиторов фотосинтеза в группе сим-триазиновых гербицидов – на содержание и состояние фотосинтетических пигментов в зависимости от времени его воздействия.

Материал и методика

Опыты проводили с растениями ярового ячменя (сорт Зазерский-85) на ранних этапах роста с учетом того факта, что начальные фазы развития растений характеризуются высокой чувствительностью к действию экзогенных факторов. Прометрин вносили в среду питания растений, использовали концентрацию прометрина 20 мг/л, оказывающую, как было показано предыдущими опытами, ингибирующее действие на ряд показателей фотосинтетического аппарата на разных уровнях его организации. Анализы проводили через 24, 48 и 72 ч после внесения в среду питания ксенобиотика. Контролем служили растения, выращенные в тех же условиях, но без внесения препарата.

Формирование и состояние пигментного аппарата оценивали по содержанию и состоянию фотосинтетических пигментов [8], их распределению в пигмент-белковых комплексах фотосистем [9], активности хлорофиллазы (хлорофиллидо-гидролазы хлорофиллов, КФ 3.1.1.14) и прочности связи хлорофилла с белками [10].

Повторность анализов 5-кратная, полученные различия статистически достоверны.

Результаты и их обсуждение

Полученные данные показывают, что прометрин в концентрации 20 мг/л оказывает влияние на ряд показателей структуры и функции фотосинтетического аппарата. Под действием прометрина изменяется содержание как основных, так и вспомогательных фотосинтетических пигментов (табл.1). После 24 ч воздействия препарата разница в содержании хлорофилла а между контрольными и опытными растениями составляла 20,5%. Различия в содержании хлорофилла а сохранялись через 48 и 72 ч после внесения в среду питания прометрина. Аналогичная зависимость прослеживается и по содержанию хлорофилла в.

Таблица 1

Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях растений ячменя в зависимости от времени воздействия прометрина, мг/г сырой массы

Вариант опыта	Время воздействия прометрина, ч	Хлорофилл			Каротиноиды
		а	в	а+в	
Контроль	24	0,569±0,010	0,192±0,009	0,761	0,184±0,007
Прометрин		0,453±0,008	0,151±0,010	0,604	0,158±0,004
Контроль	48	0,534±0,005	0,214±0,008	0,748	0,166±0,008
Прометрин		0,450±0,011	0,123±0,009	0,573	0,142±0,006
Контроль	72	0,501±0,007	0,218±0,010	0,719	0,158±0,007
Прометрин		0,420±0,008	0,116±0,011	0,536	0,140±0,009

Исследование изменения содержания каротиноидов как вспомогательных пигментов под действием гербицида выявили меньшую степень снижения

их концентрации (см.табл.1) по сравнению с хлорофиллом. Разница между контрольными и опытными растениями была в пределах 11–14%.

Таким образом, под влиянием прометрина снижается содержание хлорофилла $a+b$, что может быть связано как с изменением соотношения специфических пигментных комплексов, так и состояния молекул хлорофилла, участвующих в работе фотосистем. Это подтверждают данные о прочности связи молекул хлорофилла с белком (табл.2). Фотоактивный хлорофилл в фотосинтетических мембранах хлоропластов находится в связи с белками. Нарушение этой связи под действием какого-либо фактора может вызвать уменьшение хлорофилла в функционально активных пигмент-белковых комплексах хлоропластов. Прометрин оказывал влияние на прочность связи хлорофилла с белками, способствуя увеличению содержания менее прочно связанного с белками хлорофилла (в 1,6–2,0 раза больше, чем в контрольных растениях).

Таблица 2

Прочность связи хлорофилла с белками и активность хлорофиллазы в листьях ячменя при действии прометрина, %

Вариант опыта	Время воздействия прометрина, ч	Хлорофилл			Активность хлорофиллазы
		a	b	a+b	
Контроль	24	81,42	66,31	75,92	5,7
Прометрин		37,29	47,62	44,05	11,9
Контроль	48	75,66	83,77	77,41	4,0
Прометрин		38,89	46,52	43,73	5,7
Контроль	72	57,78	62,26	57,03	2,7
Прометрин		28,38	24,15	26,25	7,9

Уменьшение содержания хлорофилла a , b , $a+b$, индуцированное прометрином, может быть связано также с активностью некоторых ферментов, поскольку образование новых молекул хлорофилла осуществляется полиферментными комплексами. Одним из компонентов хлорофилл-синтезной системы является хлорофиллаза – фермент, завершающий в реакции этерификации формирование молекулы хлорофилла a . Исследование активности хлорофиллазы дает возможность изучить некоторые аспекты пигментной адаптации к действию ксенобиотиков, так как ответная реакция растения на действие ксенобиотиков может быть связана с изменением направленности действия ферментов, определяющих соотношение процессов синтеза и гидролиза.

Полученные нами данные (см.табл.2) свидетельствуют о взаимосвязи между активностью хлорофиллазы и содержанием хлорофилла при действии прометрина. Эта связь выражается обратной зависимостью между активностью хлорофиллазы и содержанием хлорофилла. В контрольных растениях такая зависимость не выражена.

Следовательно, одной из причин снижения содержания хлорофилла в листьях растений при действии прометрина может быть повышение гидролитической активности хлорофиллазы.

Снижение концентрации хлорофилла в хлоропластах под действием прометрина может быть также связано со значительными изменениями в структуре белковых комплексов, в состав которых входят пигменты и в первую очередь хлорофилл. Такого рода нарушения могут способствовать изменению распределения пигментов в пигмент-белковых комплексах. В связи с этим был проведен расчет содержания хлорофилла, относящегося к комплексу реакционного центра и светособирающего комплекса. Данные свидетельствуют (табл.3) о довольно существенном влиянии прометрина в данной концентрации на содержание хлорофилла $a+b$ в светособирающих комплексах. Разница между контрольными и опытными растениями составляет 21–47% в зависимости от времени воздействия препарата. Установлены также различия в содержании хлорофилла a в комплексе реакционного центра при действии прометрина по сравнению с реакционными центрами контрольных растений. Снижение содержания хлорофилла a при действии прометрина в данном случае составляет 20 %.

Таблица 3

**Содержание и соотношение хлорофилла (Хл), реакционного центра (РЦ)
и светособирающих комплексов (ССК) в листьях растений ячменя
в зависимости от времени воздействия прометрина**

Вариант опыта	Время воздействия прометрина, ч	Хл а РЦ	Хл а ССК	Хл в ССК	Хл а+в ССК	Хл ССК/Хл РЦ
		(мг/г сырой массы)				
Контроль		0,339	0,231	0,192	0,422	1,24
Прометрин	24	0,272	0,181	0,151	0,332	1,22
Контроль		0,277	0,247	0,214	0,471	1,70
Прометрин	48	0,202	0,148	0,123	0,271	1,34
Контроль		0,239	0,262	0,218	0,479	2,00
Прометрин	72	0,180	0,139	0,116	0,225	1,25

Таким образом, исследование пигментного аппарата растений при введении в среду питания ксенобиотика выявило отрицательное действие прометрина на содержание, состояние и распределение в пигмент-белковых комплексах фотосинтетических пигментов. Это обусловлено замедлением их биосинтеза и усилением гидролитической активности хлорофиллазы. Данные изменения в метаболизме пигментов определяют нарушения в работе фотосинтетического аппарата.

1. Лапина Т.В., Ходеева Л.В., Мережинский Ю.Г. // Физиология и биохимия культурных растений. 1981. Т.13. №3. С.301.
2. Лапина Т.В., Ходеева Л.В. // Там же. 1982. Т.14. №3. С.232.
3. Мережинский Ю.Г., Лапина Т.В., Ходеева Л.В. // Механизм действия гербицидов и синтетических регуляторов роста растений. Уфа, 1984. С.3.
4. Федтке К. Биохимия и физиология действия гербицидов. М., 1985.
5. Паролинская Л.Н. // Физиология растений. 1986. Т.33. №3. С.588.
6. Метцгер У., Бэмс А. // Механизм действия гербицидов и синтетических регуляторов роста растений. Уфа, 1984. С.165.
7. Preuss M., Hall E. // Anal Chem. 1995. Vol.67. №63. P.1940.
8. Шлык А.А. // Биохимические методы в физиологии растений. М., 1971. С.154.
9. Рубин А.Б., Венедиктов Н.С., Кренделева Т.Е. и др. // Фотосинтез и продукционный процесс. М., 1988. С.29.
10. Специальный практикум по биохимии и физиологии растений. Калининград, 1981. С.27.

Поступила в редакцию 15.04.98.

УДК 582:539.1.047

Г.Г.ДЕМКО, А.И.СОКОЛИК, В.М.ЮРИН

**ВЛИЯНИЕ ОТНОШЕНИЯ КАЛЬЦИЙ/МАГНИЙ, КАЛИЕВОГО ФОНА
И КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАКОПЛЕНИЯ
РАДИОЦЕЗИЯ ПРОРОСТКАМИ ЯЧМЕНЯ**

Using the model object influence of calcium/magnesium relation, potassium level and environment acidity on the radiocaesium accumulation by seedling roots from solution has been studied. It was shown, that rate of radiocaesium accumulation by seedling depends on relative share of selective and unselective pathways of radionuclide entering a root. Radiocaesium accumulation in plants is of minimal value on normal potassium level, neutral pH and relation of calcium/magnesium 2-5, when share of selective way is prevailed.

В связи с тем, что на загрязненных после аварии на ЧАЭС территориях живут люди и ведется хозяйственная деятельность, остается насущной проблема снижения накопления радионуклидов в продукции растениеводства. Успешное решение данной проблемы с наименьшими затратами времени и средств возможно только на основе знания как механизмов переноса радионуклидов из почвы в растения, так и влияния на этот процесс различных почвенных характеристик. Однако в столь сложном процессе, как переход почва – корневая система растений, трудно разделить влияние конкретных почвенных факторов, с одной стороны, на доступность радионуклидов (РН) для корневого усвоения, с другой – непосредственно на поглонительную способность корня.

По данным [1,2], полученным в полевых опытах, кальций изменяет буферную емкость почвы для различных ионов, которая, в свою очередь, зависит от кислотности среды и уровня обменных катионов; поэтому действие кальция на процесс накопления радиоцезия (РЦ) неоднозначно, даже если не рассматривать его влияние на механизмы корневого поглощения. Эффект магния изучен недостаточно, известно только, что внесение в почву доломитовой муки, содержащей 52% Са и 46% Mg, в меньшей степени снижает накопление РН по сравнению с известью [3]. Таким образом, влияние кальция на поглощение радионуклидов из почвы корнями растений проявляется достаточно сложным образом и зависит от большого числа почвенных факторов и состояния корневой системы. Полевые эксперименты не позволяют выявить, в какой степени этот эффект обусловлен изменением доступности РЦ в почве или реакцией растения. Моделирование перехода РН из почвенного раствора в корень позволяет выявить влияние конкретных почвенных характеристик на этот процесс в той степени, в которой оно обусловлено изменениями поглотительной способности корня.

В настоящей работе в модельных экспериментах изучали комбинированное влияние изменения отношения кальций/магний, калиевого фона и кислотности среды на характеристики накопления РЦ растениями.

Материал и методика

В качестве объекта исследования использовали 4–5-дневные проростки ячменя (*Hordeum vulgare*) сорта Зазерский-85, выращенные в водной культуре. Основа среды выращивания – раствор Кнопа [4] и аналогичные растворы с варьированием уровня калия, отношения кальций/магний и рН. Отношение кальций/магний изменяли за счет уровня магния. Величина этого отношения в испытуемых растворах задавалась следующими четырьмя величинами: 0,6; 2; 5; 14, охватывая практически весь возможный диапазон, наблюдаемый в почвенных растворах [3]. Уровни калия и рН принимали по два значения: $4 \cdot 10^{-3}$ М и $2 \cdot 10^{-4}$ М и 5,5, 7,5 соответственно. Состав растворов подбирали таким образом, чтобы свести к минимуму вариации содержания фосфатов и нитратов.

Регистрацию накопления РЦ проводили путем непосредственного измерения радиоактивности проростков с помощью сцинтилляционного гамма-счетчика с блоком детектирования БДЭГ-2-39-СП1. Радиоактивный ^{137}Cs использовали в виде хлорида. Удельная активность раствора составляла 50–100 кБк/мл, концентрация ионов цезия 10^{-7} М.

Временной ход накопления РН в растениях устанавливали следующим образом: корни проростка помещали в сосуд с меченым раствором, через определенные промежутки времени извлекали проросток, в течение пяти минут выдерживали в низкосолевым искусственно-почвенном растворе (НИПР: 10^{-3} М KCl, $2 \cdot 10^{-4}$ М CaCl₂, 10^{-3} М NaCl) для удаления активности РЦ из ионообменной емкости апопласта. Затем проросток помещали на подставку и измеряли накопленную активность, которую либо относили к единице площади поверхности корня, либо рассчитывали коэффициенты накопления (K_n) и дискриминации (K_d) радиоцезия растениями (относительно калия) за время эксперимента [5].

Результаты и их обсуждение

На основе измерений были построены кривые временного хода накопления активности РЦ в проростках ячменя (рис.1). Видно, что во всех испытуемых растворах зависимости накопления РЦ растениями имеют тенденцию к насыщению; наклон начальных линейных участков кривых определяет скорость поступления радионуклида в клетки корня. Результаты показывают, что дефицит калия в среде выращивания повышает скорость накопления радиоцезия во всех вариантах растворов, кроме случая, когда отношение кальций/магний равно 14 при рН 7,5 (рис.2). В наибольшей степени (в 4 раза) скорость

накопления возрастает при величине отношения кальций/магний, равном 2, pH 5,5. Гораздо слабее этот эффект проявляется при pH 7,5, а при отношении кальций/магний, равном 14, становится противоположным – скорость входа РЦ убывает при переходе к дефицитной по калию среде.

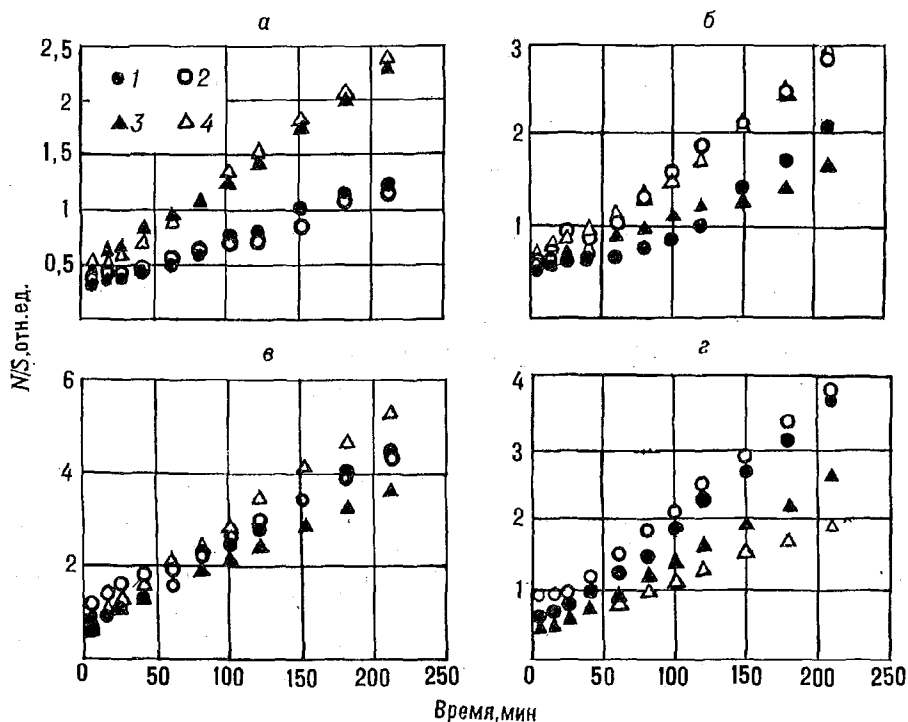


Рис.1. Временной ход накопления радиоцезия корнями проростков ячменя при варьировании уровня калия, отношения кальций/магний и pH среды:

а – pH=5,5, концентрация калия соответственно $4 \cdot 10^{-3}$ М и $0,2 \cdot 10^{-3}$ М;
б – pH=7,5, концентрация калия соответственно $4 \cdot 10^{-2}$ М и $0,2 \cdot 10^{-2}$ М

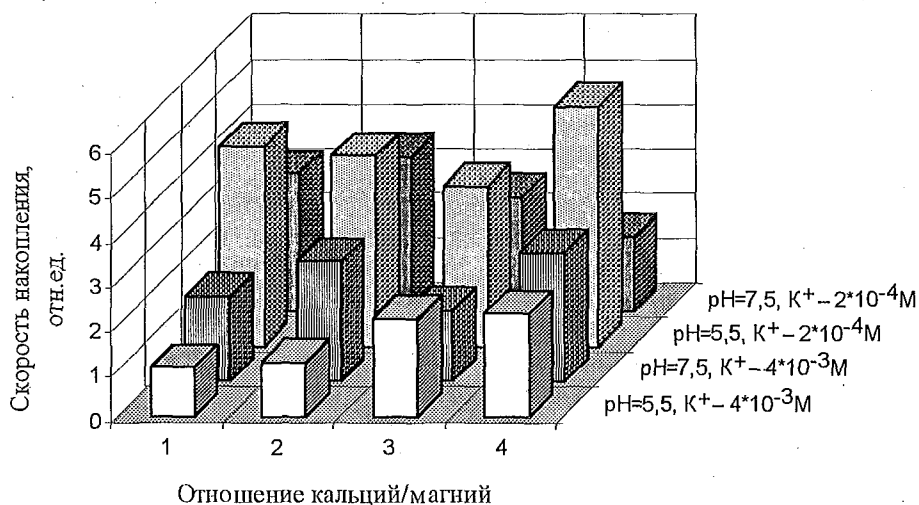


Рис.2. Скорость накопления радиоцезия корнями проростков ячменя в зависимости от отношения кальций/магний, pH и уровня калия в среде выращивания:

1–4 – отношение кальций/магний соответственно равно 0,6, 2, 5 и 14

Изменение кислотности наружного раствора оказывает различный эффект на скорость входа РЦ в зависимости от величины отношения кальций/магний. Подщелачивание наружного раствора ускоряет вход РЦ на нормальном

калиевом фоне как при малой (0,6 и 2), так и при большой (14) величине отношения кальций/магний, замедляя его только при отношении, равном 5. В то же время для пониженного калийного фона подщелачивание среды вызывает замедление входа РЦ во всем диапазоне отношений кальций/магний, которое достигает максимальной величины (около 2,5 раз) при отношении, равном 14.

Аналогично скорости изменяется и коэффициент накопления радиоцезия: он минимален на нормальном уровне калия, при близкой к нейтральной реакции среды и отношении кальций/магний, равном 2–5; принимает максимальное значение в кислой среде на низком уровне калия при отношении кальций/магний, равном 14. Ранее для этого же объекта нами было показано, что при понижении уровня кальция в полной среде Кнопа возрастает доля симпластического пути, связанного с переносом веществ через плазматическую мембрану [6]. В этом случае должна повышаться роль соотношения избирательного и неизбирательного путей в общем входе нуклида в корень, которая в значительной степени определяется величиной K_d .

Результаты экспериментов показывают, что величина K_d в изученном диапазоне отношений кальций/магний варьирует в 40 раз для высокого калия и до 10 раз на низком калиевом фоне (рис.3). На нормальном калиевом фоне и рН 7,5 K_d принимает максимальное значение при оптимальном отношении кальций/магний. При дефиците калия K_d увеличивается во всех вариантах отношения, особенно сильно при его максимальном значении. С изменением рН картина меняется: при подкислении среды снижение уровня калия приводит к уменьшению K_d радиоцезия за исключением случая, когда отношение кальций/магний равно 14.

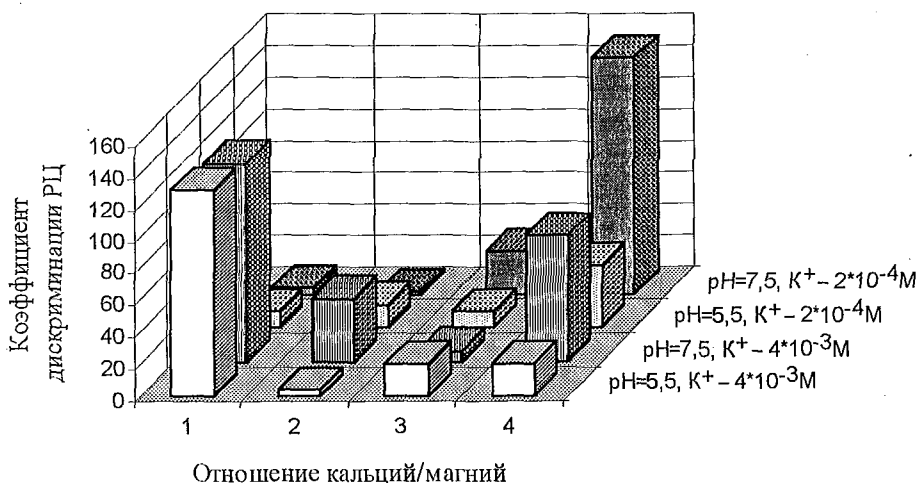


Рис.3. Коэффициент дискриминации радиоцезия (относительно калия) при варьировании в среде отношения кальций/магний, уровня калия и кислотности:

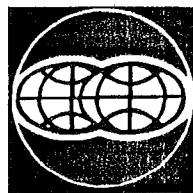
1–4 отношение кальций/магний соответственно равно 0,6, 2, 5 и 14

Сопоставление величин скорости накопления и коэффициентов дискриминации РЦ показывает практически полную отрицательную корреляцию между ними: чем выше K_d , тем медленнее идет накопление во всех вариантах. Вероятно, это свидетельствует о значительной доле избирательного пути накопления РЦ, которая тем больше, чем выше величина K_d . При нормальном уровне калия на низком кальциевом фоне снижение содержания магния приводит к увеличению значения K_d , следовательно, увеличивается доля избирательного пути поступления нуклида в поглотительные клетки корня, за счет чего снижается уровень накопления РЦ в растениях. При нормальном уровне кальция для обоих значений рН снижение уровня магния вызывает уменьшение значения K_d (уменьшается вклад избирательного поступления РЦ) и соответственно увеличивается накопление РЦ растениями.

Таким образом, непосредственный эффект величины отношения кальций/магний зависит как от pH среды, так и от уровня калийного питания. На нормальном уровне калия и близкой к нейтральной реакции среды скорость накопления РЦ минимальна при отношении кальций/магний 2–5. При подкислении среды минимум смещается в направлении меньших величин отношений кальций/магний (0,6–2). В случае дефицита калия в среде минимум скорости накопления РЦ при обоих значениях pH сдвигается в сторону больших величин отношения кальций/магний. Вероятно, в данных условиях снижение скорости входа РЦ происходит за счет возрастания вклада избирательного пути в общий вход РЦ в поглотительные клетки корня.

1. Сельскохозяйственная радиозэкология / Под ред. Р.М.Алексахина и Н.А. Корнеева. М., 1992.
2. Nisbet A. F. // The Science of the Total Environment. 1993. Vol.137. P.99.
3. Можар К.Т., Барсуков С.С. Известкование кислых почв при интенсивном земледелии. Мн., 1990.
4. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетативного метода. М., 1968. С.266.
5. Соколик А.И., Демко Г.Г., Горобченко Н.В., Юрин В.М. // Радиационная биология. Сер. Радиозэкология. 1997. №5. С.787.
6. Sokolik A., Demko G., Demidchik V. // Proceedings of the first international conference "The radiological consequences of the Chernobyl accident". Mn., 1996. P.165.

Поступила в редакцию 27.06.98.



УДК 63:551.5(0.31)

В.И.МЕЛЬНИК, П.А.КОВРИГО

ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАННИХ ЯРОВЫХ КУЛЬТУР НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

The summarized long-term data of the study of Belarusian meteorological stations network determined the most important periods of the spring crops growth.

Ранние яровые культуры (ячмень, овес) занимают одно из ведущих мест в зерновом хозяйстве Беларуси. В 1997 г. под их посев было отведено примерно 45% площадей от всех зерновых и зернобобовых культур, из них около 70% – под ячмень [1,2].

Средняя урожайность яровых за последние годы составляла по республике 20–25 ц/га. Этот показатель для яровых, как и для озимых, подвержен существенным колебаниям по годам, причем повторяемость (частота) таких колебаний у яровых значительно выше, чем у озимых. Это объясняется большей восприимчивостью яровых культур к неблагоприятным погодным условиям в течение периода вегетации, особенно в период закладки и формирования колоса. Оценка агроклиматического потенциала (агроклиматических ресурсов) роста и формирования урожайности яровых культур имеет важное практическое значение для перспективного планирования развития сельскохозяйственного производства на региональном и республиканском уровнях. Поэтому цель данной работы – анализ складывающихся агроклиматических условий различных регионов Беларуси для основных периодов развития яровых культур (ячменя и овса) и определение основных типов неблагоприятных погодных условий и их повторяемости*.

При анализе и оценке агроклиматических факторов произрастания яровых культур особое внимание уделялось оценке условий сева и периода выход в трубку – колошение, в котором происходят закладка и формирование колоса.

Своевременный сев является важным фактором, оказывающим существенное влияние на дальнейший рост и развитие растений. Раннее и дружное появление всходов имеет большое значение для формирования урожая. Семена ячменя начинают прорастать при температуре почвы 1–2°C. Однако благоприятные условия для сева создаются при просыхании почвы до мягкопластичного состояния и достижения температуры пахотного слоя почвы 5°C и выше. Исходя из этих критериев и многолетних данных были рассчитаны средние оптимальные сроки сева яровых культур на территории республики (см. рисунок), которые складываются на юге и юго-западе территории республики в начале второй декады апреля, в центральной части – в конце второй декады, северных районах – в конце апреля. В то же время многолетние фактические сроки сева яровых, особенно в южных и центральных областях, существенно отличаются от оптимальных (табл.1). Ко времени массового сева яровых культур на большей части территории республики влагозапасы оптимальные и составляют в пахотном слое 45–50 мм, лишь в

* Использованы средние многолетние данные всей сети метеорологических станций наблюдений с 1955 по 1995 г.

южной части республики на легких и песчаных почвах в 10–30% лет за период наблюдений они могут быть менее 20 мм (табл.2)*.



Оптимальные сроки сева ранних яровых культур (ячмень, овес) на территории Беларуси

Таблица 1

Дата посева и массового наступления фаз развития ячменя и овса

Область	Посев	Всходы	3-й лист	Кущение	Выход в трубку	Копашение	Спелость		
							молочная	восковая	полная
Ячмень									
Витебская	4.V	17.V	27.V	5.VI	12.VI	3.VII	21.VII	5.VIII	15.VIII
Минская	1.V	13.V	23.V	31.V	8.VI	28.VI	16.VII	30.VII	9.VIII
Гродненская	26.IV	12.V	21.V	29.V	6.VI	28.VI	15.VII	30.VII	9.VIII
Могилевская	2.V	16.V	25.V	31.V	8.VI	28.VI	15.VII	30.VII	10.VIII
Брестская	21.IV	6.V	17.V	24.V	31.V	23.VI	11.VII	25.VII	5.VIII
Гомельская	21.IV	6.V	16.V	22.V	30.V	22.VI	9.VII	22.VII	31.VII
Овес									
Витебская	4.V	18.V	30.V	6.VI	14.VI	7.VII	31.VII	13.VIII	24.VIII
Минская	29.IV	13.V	26.V	5.VI	11.VI	3.VII	24.VII	6.VIII	17.VIII
Гродненская	23.IV	10.V	22.V	1.VI	8.VI	1.VII	22.VII	5.VIII	16.VIII
Могилевская	4.V	18.V	28.V	6.VI	11.VI	4.VII	24.VII	8.VIII	17.VIII
Брестская	19.IV	5.V	18.V	26.V	4.VI	26.VI	16.VII	31.VII	10.VIII
Гомельская	20.IV	6.V	19.V	26.V	3.VI	27.VI	17.VII	31.VII	10.VIII

Сроки сева яровых могут задерживаться из-за переувлажнения почвы, когда запасы влаги превышают наименьшую влагоемкость. В отдельных, особенно северных, районах республики повторяемость таких лет с переувлажнением даже в конце третьей декады апреля превышает 50–60% (табл.3). В отдельные годы оптимальное состояние почвы может наступить в конце первой декады мая.

* Повторяемость лет, в данном случае означает 1–3 года в 10 лет.

Таблица 2

Средние запасы продуктивной влаги в почве под яровыми зерновыми культурами по декадам за период наблюдений, мм

Область	Механический состав почв	Слой почвы, см	IV			V			VI			VII			VIII	
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Витебская	Суглинистая	0-20	-	-	54	50	48	43	40	40	37	36	34	34	33	33
		0-50	-	-	123	115	109	102	93	92	84	83	79	77	76	76
Минская	Супесчаная	0-20	-	48	45	40	38	35	31	31	27	25	25	26	25	-
		0-50	-	106	101	93	88	82	71	69	59	56	54	55	56	-
Гродненская	Супесчаная	0-20	-	48	45	42	38	35	29	32	29	28	28	26	-	-
		0-50	-	110	103	99	92	83	70	76	68	64	65	63	-	-
Могилевская	Суглинистая	0-20	-	51	49	43	40	36	32	31	26	26	27	26	27	-
		0-50	-	117	110	100	92	81	72	70	59	57	59	57	57	-
Брестская	Супесчаная	0-20	44	39	36	35	31	27	23	24	19	19	19	21	21	-
		0-50	99	90	83	83	73	64	54	55	45	42	42	48	48	-
Гомельская	Супесчаная	0-20	44	40	37	34	32	30	27	26	22	23	22	24	-	-
		0-50	102	91	88	82	77	71	62	60	52	52	52	53	-	-

Таблица 3

Повторяемость лет с переувлажнением почвы в слое 0-20 см по декадам в период сева и уборки ранних яровых культур, %

Район	Механический состав почвы	Апрель			Май	Июнь	Август	
		1	2	3	1	3	1	2
Витебский	Суглинистая	73	64	53	42	9	6	5
Полоцкий	Супесчаная	-	62	49	29	12	7	17
Минский	Суглинистая	90	67	54	32	8	2	4
Слуцкий	"	-	41	29	21	4	-	-
Гродненский	"	68	51	38	29	11	12	6
Лидский	Супесчаная	49	38	18	20	7	4	-
Могилевский	Суглинистая	86	95	77	59	9	9	9
Горецкий	"	-	-	65	29	6	-	2
Брестский	Песчаная	23	16	6	6	-	-	-
Ивацевичский	Супесчаная	40	27	24	10	2	3	3
Речицкий	Песчаная	32	16	16	9	1	1	-
Лельчицкий	"	38	38	22	24	8	2	2

Исследования показывают, что всхожесть семян ячменя в значительной степени зависит от состояния почвы и погодных условий. Наибольшая гибель семян наблюдается в условиях понижения температуры при переувлажненной почве, почвенных корках, при недостатке осадков и пересыхании верхних слоев почвы (табл.4). В этих случаях степень всхожести составляет лишь 65-70%, в то время как при нормальных погодных условиях она достигает 80-90%.

Таблица 4

Оценка условий развития яровых культур при ранних сроках сева

Районы	Посев	Появление всходов	Продолжительность периода посев-всходы, дни	Вероятность повреждения всходов заморозками, %
Дрогичинский	20.III	10.IV	21	37
	31.III	18.IV	17	29
	4.IV	28.IV	23	14
Лунинецкий	4.IV	30.IV	26	14
Каменецкий	16.III	10.IV	25	49
	28.III	16.IV	19	46
	8.IV	28.IV	20	17
Ганцевичский	18.III	16.IV	29	20
Лидский	20.III	18.IV	29	29

Всходы яровых обычно появляются через 10-15 дней после посева (см.табл.1), при дружной и теплой весне (14-16°C) - через 7-8 дней, при затяжной и холодной (6-8°C) - 20 и более дней. Особо неблагоприятные условия для всходов складываются в период с интенсивными похолоданиями

(ниже 0°C) при избыточно увлажненной почве. В таких условиях вегетационный процесс растягивается до 20–25 дней, а всхожесть семян падает до 70%. Анализ фенологических наблюдений на всей сети станций Госкомгидромета показывает, что при очень ранних сроках сева яровых продолжительность периода посев–всходы затягивается, а вероятность повреждения растений заморозками может достигать 40–50% (см. табл. 4).

Через 10–15 дней после всходов у яровых появляется 3-й лист, а еще через 6–9 дней наступает массовое кущение. Период кушения у яровых, как правило, протекает в благоприятных климатических условиях, хотя в Гомельской области на легких почвах повторяемость лет с почвенными засухами составляет 37%. Начало фазы выхода в трубку приходится на конец мая – первую декаду июня. В этот период происходит интенсивный прирост растительной массы, формирование цветочных органов и зачаточного колоса. Недостаток почвенной влаги, так же как и высокая температура воздуха (выше 23°C), оказывают отрицательное действие на формирование цветочных органов, приводят к уменьшению развитых колосков, что в итоге снижает урожайность. Оптимальные запасы влаги в пахотном слое в этот период составляют 30–50 мм. В суглинистых и глинистых почвах в период выхода в трубку достаточные запасы влаги в слое до 20 см составляют 40–45 мм, на связных супесях – 30–35 мм, на рыхлых супесях и песках – от 25 до 30 мм. При средних запасах влаги (25–30 мм) значительно возрастает вероятность лет с недостаточным увлажнением пахотного слоя, а примерно в 25–30% лет на большей части территории республики возможны почвенные засухи. Такие явления чаще всего наблюдаются в юго-восточной части Беларуси. Оценка неблагоприятных условий погоды вегетационного периода свидетельствует о том, что яровые культуры значительно сильнее страдают от засушливых условий, чем озимые. Это вызвано формированием зачаточного колоса у яровых при более высоких температурах воздуха и дефиците влажности. Массовая уборка ярового ячменя на большей части территории республики приходится в южных районах на конец июля – начало первой декады августа, в центральных и северных – на конец первой декады – середину августа. Развитие овса и его уборка опаздывают примерно на 5–10 дней (см. табл. 1).

Качество и продолжительность уборки яровых, как и озимых, складываются в зависимости от погодных условий (количества выпадающих осадков, числа дней с осадками, величины среднесуточного дефицита насыщения воздуха). Переувлажнение почвы в период уборки яровых – явление довольно редкое (см. табл. 3). Чаще всего проведение уборки затрудняется выпадающими осадками и полеганием. Наилучшие условия для уборки складываются в южных и юго-восточных районах, относительно хуже в северо-западных и северных районах на тяжелых суглинистых и глинистых почвах.

1. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / Под ред. М.А. Гольберга, В.И. Мельника. Мн., 1985.
2. Гольберг М.А., Волобуева Г.В., Фалей А.А. Опасные явления погоды и урожай. Мн., 1988.
3. Ковриго П.А. Микроклимат болотных экосистем и его оптимизация. Мн., 1995.

Поступила в редакцию 09.04.98.

УДК 911.5 (476)

Н.Ф.ВОРОНКОВА, С.А.ЮДАЕВ

ВОДОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ г.МОЛОДЕЧНО

The example of Molodechno demonstrates some of the aspects of water supply sufficiency and problems of efficient use of water resources for the supplying city population with good quality drinking water and making optimum conditions for living and recreation.

Вода – один из важнейших природных ресурсов Земли. Трудно оценить ту роль, которую играет вода в жизни живой природы. В современном мире нет ни одной отрасли хозяйства, где бы не использовалась вода.

Сделанные ранее прогнозы, основанные на линейной экстраполяции, оказались ошибочными. Во-первых, потому что современные технологии ориентируются на рост потребления ресурсов, а не на их рециркуляцию. Во-вторых, хозяйственная деятельность связана с увеличением объемов выбросов (загрязнителей) в воздух, почву и водоемы.

По характеру использования воды отрасли народного хозяйства можно разделить на водопользователей и водопотребителей. К первой группе относятся водный транспорт, рыбное хозяйство и др. Водопользователи, как правило, не уменьшают потенциальные возможности воды (не осуществляют безвозвратный забор воды и не ухудшают ее качество). Ко второй группе относятся промышленность, коммунальное хозяйство, сельское хозяйство и др. Они осуществляют отъем воды из источника, как правило связанный с ее безвозвратным использованием или качественным ухудшением. Отсутствие очистных сооружений, несвоевременный ввод и неправильная их эксплуатация, нарушение норм водопотребления, иногда преступная небрежность могут привести к тому, что в ряде районов вода окажется в дефиците.

Научно обоснованное нормирование водопотребления является одним из важных аспектов социально-экономического планирования, которое необходимо обеспечить не только в масштабах страны или регионов, но и в рамках отдельно взятого города.

Водообеспечение и водопотребление, равно как и охрана водных ресурсов, является важной проблемой и для Молодечно с прилегающими к нему территориями.

Молодечно – сравнительно небольшой по численности населения город, но в его черте протекает пять различных по величине рек: р. Уша, а также небольшие реки Молодечанка, Липки, Буховка и Здемелевка. Реки, протекающие в пределах Молодечненского района и города, относятся к бассейнам Балтийского и Черного морей. Кроме рек на территории района находятся небольшие водохранилища, такие как Вишневопольское, Васьковское и др. Реки Уша и Рыбчанка относятся к Вилейско-Минской водной системе (ВМВС), однако ни одна из рек не используется городом в качестве источника питьевой воды.

В связи с этим важнейшую роль для г. Молодечно играют подземные воды, которые обеспечивают в настоящее время водоснабжение города. В пределах города и на прилегающей территории размещаются 27 действующих и 4 наблюдательные артезианские скважины. Молодечно обеспечивается питьевой водой от водозаборов «Геленово», расположенного в черте города (мощностью 29,3 тыс. м³/сут), «Криница» (мощностью 35,1 тыс. м³/сут) и «Молодечненский» (мощностью 6,6 тыс. м³/сут), расположенных за чертой города. На данный момент запасы этих источников (71 тыс. м³/сут) удовлетворяют потребности города. В настоящее время разведаны и готовятся к эксплуатации еще два водозабора – «Кожево» (мощностью 22 тыс. м³/сут) и «Лебедево» (мощностью 12 тыс. м³/сут). Общее потребление воды в городе в настоящее время составляет 38,6 тыс. м³/сут. На нужды населения используется 31% от общего потребления, коммунально-бытовые нужды составляют 41%. Хотя промышленность города имеет довольно сложную отраслевую структуру, потребление ею воды составляет 28%. Существуют и неучтенные расходы воды – не более 8% от всего водопотребления, что не превышает положенной нормы.

С ростом промышленности в городе будет увеличиваться и потребление воды на производственные нужды. Техническими условиями на строительство новых и функционирование старых предприятий предусмотрено увеличение потребления питьевой воды до 91 тыс. м³/сут (до 2000 г.). Однако расширение мощностей водозаборов задерживается из-за недостатка необходимых строительных материалов, финансов на данные материалы и вспомогательные работы.

Общая протяженность городской водопроводной сети в г. Молодечно составляет 134 км. Уже на данный момент значительно расширилась сеть водопровода в районе индивидуальной застройки, выполняются работы по прокладке водопровода и канализации к частным домовладениям, а также по

установке городских водозаборных колонок. В настоящее время установлено более 280 таких колонок. Вместе с тем подключение частных домов к городским водопроводным сетям ограничивается из-за отсутствия городской канализационной сети в районе частной застройки. В благоустроенных квартирах городского жилого фонда более 50 тыс. человек (около 50% населения) потребляют как холодную, так и горячую воду. Суточное потребление воды на душу населения в благоустроенных квартирах города составляет около 250 литров (в крупных городах — 300 литров). В год в г. Молодечно подается 15193 тыс. м³ воды, однако 6,3% из данного количества не соответствует требованиям ГОСТа 2874-82 «Вода питьевая». Однако в целом вода, подаваемая в водопроводные сети города, соответствует требованиям по органическим и химическим показателям.

В г. Молодечно самый большой процент потребления воды промышленностью по всей Минской области — 28%. Однако нет технического водопровода, и для промышленных нужд используется артезианская вода. Ввиду этого возникает необходимость водообеспечения промышленности г. Молодечно из Вилейско-Минской водной системы. Строительство технического водопровода, которое предложено заводу легких металлоконструкций на долевых началах с ПО Электромодуль, станкозаводом, ЗПМ и др., из-за недостатка финансирования и стройматериалов затягивается.

С целью уменьшения потребления воды на производственные нужды 27 предприятиям города ежегодно устанавливаются лимиты. За последние годы ни одно предприятие г. Молодечно не использовало воды больше установленного лимита. Более того, отдельные предприятия сокращают потребление на 2–3 тыс. м³ в месяц, что дает довольно ощутимые результаты.

Для более рационального использования воды на предприятиях вводятся в эксплуатацию системы оборотного и повторно-последовательного ее использования. Системы оборотного водоснабжения функционируют на станкозаводе, гормолзаводе, ПО «Электромодуль», заводе «Спутник», мясокомбинате, виноконсервном комбинате и др. В то же время на таких крупных предприятиях города, как завод ЖБК, котельная ПЭС №2, нет системы оборотного водоснабжения и технически чистая вода поступает в канализацию или сбрасывается в ливневку.

Для отведения сточных вод и их очистки служит система сетей и сооружений канализации. Протяженность городской канализационной сети составляет 88,7 км. В загородной зоне (5 км от города) в д. Бушевица построены очистные сооружения для водоотведения и очистки сточных вод. Проектная мощность данных сооружений составляет 31 тыс. м³/сут. В год эта цифра достигает 11,708 млн м³ воды при плане 12 млн м³. На очистных сооружениях канализации все сточные воды проходят как полную механическую, так и полную биологическую очистку. Контроль за качеством сточных вод осуществляет химико-бактериологическая лаборатория очистных сооружений. Контроль ведется и на р. Уша до и после смешивания со сброшенными водами, а также за качеством стоков промышленных предприятий, сбрасываемых в городскую канализацию. Однако на все проводимые мероприятия по очистке используемой воды в городе существуют сверхнормативные загрязнения стоков. Для предотвращения попадания сверхнормативно загрязненных сточных вод в канализацию промышленные предприятия используют локальные очистные сооружения, которые работают не всегда эффективно.

Большое внимание в городе уделяется санитарно-техническому состоянию сетей и сооружений водопровода. Совместно с СЭС проводятся промывки и хлорирование водопроводных сетей и резервуаров чистой воды. Однако профилактические работы на резервуарах питьевой воды проводятся неудовлетворительно:

- отсутствуют простые емкости для приготовления дезинфицирующего раствора;
- дезинфекция воды сводится к простому высыпанию хлорной извести из мешка в резервуар, что приводит к дополнительному ухудшению показателей цветности и мутности воды.

Определенную долю загрязнения питьевой воды дают врезки с целью подключения индивидуальных домовладений. Информация о врезках в СЭС не поступает, что исключает возможность контроля, профконтроля и гигиенической надежности применяемых стройматериалов. Бесконтрольные врезки, кроме бактериального загрязнения воды и водопровода, могут привести к загрязнению воды токсическими веществами, опасными для здоровья человека.

На сегодняшний день необходимо отметить неудовлетворительное состояние артезианских скважин: не в полном объеме выполнена герметизация устьев артезианских скважин, не везде работает охранный сигнализация павильонов артскважин, не удовлетворяют требованиям ограждения зон строгого режима.

Задача обеспечения населения г. Молодечно доброкачественной питьевой водой является первоочередной в деле предупреждения инфекционных заболеваний, создания оптимальных условий жизни и отдыха. С целью охраны и рационального использования водных ресурсов в г. Молодечно предусмотрено увеличение объемов оборотного водоснабжения и строительства локальных очистных сооружений на предприятиях, строительство новых и реконструкция действующих систем очистки, намечено выполнить работы по защите водосточных ручьев в черте города и за его пределами, организация централизованного обеспечения водой городского частного сектора за счет средств городского бюджета и средств населения.

Однако нагрузка на поверхностные воды не ограничивается сточными водами. Большое количество загрязняющих веществ поступает в водные объекты с талыми и ливневыми водами с урбанизированных территорий, с сельскохозяйственных угодий и других источников загрязнения, не имеющих системы отведения и очистки. Поэтому предотвращение или уменьшение объемов поступления загрязнителей возможно лишь путем сочетания мероприятий по совершенствованию технологии очистки сточных вод, упорядочению землепользования, создания водоохраных зон, борьбы с эрозией и т. д.

Поступила в редакцию 22.05.98.

УДК 911.2.+631.47

В.М. ЯЦУХНО, Ю.П. КАЧКОВ, О.Ф. БАШКИНЦЕВА

ЛАНДШАФТНО-ЭРОЗИОННОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

It's shown that an intensity and dimension of the potential soil erosion by water and wind on the territory of Belarus are depend on landscape conditions. Methodical basis and results of the regionalization landscape erosion typical of Belarus are considered.

Как известно, ландшафт в научном контексте ассоциируется со структурой и функционированием природно-территориальных систем, организация которых обуславливается сложным взаимодействием естественных и антропогенных факторов. Неодинаковое соотношение и различная средообразующая роль последних определяют не только разнообразие ландшафтов, но и множество их качественных и количественных характеристик. Наряду с определением реальных потерь слагающих ландшафты почв от эрозионных (дефляционных) процессов важное прикладное значение имеет выявление величины потенциала этих процессов. Так же с потерей продуктивности (от 15 до 50%) агроэкосистем и ухудшением экологической ситуации водно-эрозионные и дефляционные процессы ведут к заметному усложнению почвенного покрова в ландшафтах. Так, за 30-летний период наших исследований в эродлируемых холмисто-моренных ландшафтах неоднородность почвенного покрова увеличилась на 20%, а в дефлированных осушенных с катастрофической сработкой торфа – почти в 10 раз [1,2].

Предварительный анализ основных факторов, от которых зависит проявление водной эрозии и дефляции почв, позволил выполнить первое почвенно-эрозионное районирование территории Беларуси [3]. Было выделено 5 районов,

в которых в той или иной степени проявляется водная эрозия, 1 район ее отсутствия и 1 район проявления дефляции почв. Это был первый вариант типологического эрозионного районирования Беларуси, основанный на качественной оценке развития эрозионных процессов. В дальнейшем на этапе накопления количественных показателей оценки эрозионных процессов и условий их проявления были составлены карта распространения форм линейной эрозии (всего на территории Беларуси выделено 307 участков ее проявления) и карта интенсивности плоскостного смыва (применительно к 799 водосборным бассейнам, диапазон колебаний величин потенциального смыва почв в которых чрезвычайно велик — от 0,1 до 100 т/га и более при средневзвешенной величине по республике 10,7 т/га) [4]. Для определения величины их потенциального смыва использовались соответствующие математические модели, адаптированные для природных условий Беларуси. Составляющими их были геоморфологические (длина и крутизна склонов), климатические (осадки), почвенные (содержание гумуса, водопроницаемость, соотношение фракций гранулометрического состава) параметры. В результате появилась возможность осуществить вначале типологическое районирование плоскостной и линейной эрозии, а затем и региональное водно-эрозионное. Схема последнего включает 32 района, объединенные в 5 областей [5].

Для изучения особенностей территориальной дифференциации эрозионных и дефляционных процессов перспективным является использование ландшафтных подходов. Это обусловлено тем, что ландшафт представляет собой единый взаимосвязанный территориальный комплекс всех, прежде всего природных, компонентов и их характеристик, поэтому он наиболее полно отражает все факторы возможного проявления потенциального смыва и дефляции почв. Решающее значение среди них (особенно для потенциального смыва) имеет рельеф, поэтому в качестве территориальной единицы для детального анализа были приняты морфологические группы ландшафтов, отличающиеся степенью выраженности форм рельефа и тесно связанными с ними морфометрическими показателями. По этому принципу на территории Беларуси все разнообразие ландшафтных структур [6] сведено в 21 морфологическую группу ландшафтов и определен удельный вес этих групп (рис.1). Для каждой выделенной таким образом на ландшафтной карте группы путем совмещения ее контуров с составленной ранее картой потенциального смыва почв установлены средневзвешенные величины смыва (т/га, рис.2) и их удельный вес. Это дало возможность определить не только интенсивность, но и масштабы проявления потенциального смыва почв.

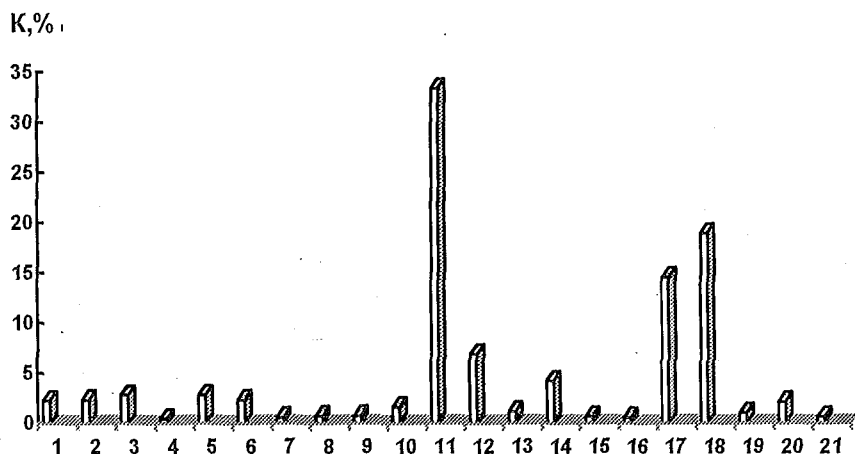


Рис.1. Удельный вес (К, %) морфологических групп ландшафтов в общей ландшафтной структуре Беларуси.

Морфологические группы: 1 — мелкохолмистые; 2 — мелкохолмисто-грядовые; 3 — мелкохолмисто-увалистые; 4 — мелкохолмисто-котловинные; 5 — среднехолмистые; 6 — среднехолмисто-грядовые; 7 — среднехолмисто-котловинные; 8 — крупнохолмистые; 9 — крупнохолмисто-грядовые; 10 — платообразные; 11 — волнистые; 12 — холмисто-волнистые; 13 — бугристо-волнистые; 14 — волнисто-увалистые; 15 — волнисто-ложбинные; 16 — волнисто-западинные; 17 — плоские; 18 — плоско-волнистые; 19 — плоско-увалистые; 20 — плоско-бугристые; 21 — плоско-грядистые

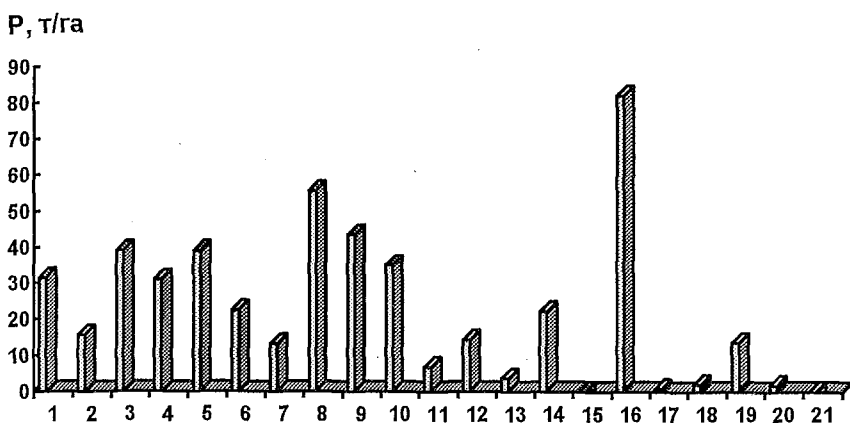


Рис.2. Средневзвешенные показатели потенциальной водной эрозии почв (P, т/га) морфологических групп ландшафтов Беларуси

Исследования показали, что практически для всех морфологических групп ландшафтов характерны существенные ландшафтные различия показателей потенциального смыва. Лишь в 6 (частично или целиком) из 21 группы ландшафтов Беларуси отсутствуют условия для проявления водной эрозии. В остальных она имеет те или иные предпосылки для своего развития. Рассчитанные с учетом площади возможного проявления и уровня интенсивности показатели потенциального смыва почв свидетельствуют о существенных различиях между морфологическими группами ландшафтов. Так, наибольшие средневзвешенные величины смыва характерны для крупнохолмистого (55,3 т/га), крупнохолмисто-грядового (43,3), среднехолмистого (38,8), мелкохолмисто-увалистого (38,9), платообразного с развитой овражно-балочной сетью (34,8 т/га) ландшафтов. Максимальная же величина потенциального смыва (81,6 т/га) зафиксирована в волнисто-западинных ландшафтах (см. рис.2).

Ландшафтный анализ позволяет воспроизводить более точную картину проявления водной эрозии. Так, средневзвешенная величина смыва в средне- и мелкохолмистом ландшафтах не отражает, вероятно, полных возможных потерь от эрозии, поскольку водная эрозия почв усугубляется и дополняется здесь механической (агротехнической). Проявление последней связано с систематическим механическим передвижением пахотного слоя вниз по склону при основной и дополнительной обработке земель, чему благоприятствует преобладание в этих ландшафтах коротких склонов, небольших рассеивающих водосборных площадей и значительной распаханности. Активизация механической (агротехнической) эрозии почв в последнее время вызвана применением современных быстроходных почвообрабатывающих машин и орудий, приводящих к потенциальному обнажению нижележащих низкоплодородных генетических горизонтов. В результате на отдельных участках в данных ландшафтах площадь эродированных почв может достигать 50–60 % и более [7].

Сходные геоморфологические и технолого-хозяйственные условия наблюдаются в волнисто-западном ландшафте, где отмечена максимальная величина потенциального смыва. Она обусловлена сочетанием двух факторов – сильно развитой овражной сетью и очень высокой степенью эрозионной податливости лёссов и лёссовидных пород, слагающих этот ландшафт. Последнее обстоятельство (характер и особенности литологических пород) приобретает решающее значение при формировании более укрупненных групп (градаций) с близкими количественными показателями потенциального смыва почв (всего было выделено 8 групп градаций в случаях, если они находятся в разных геоморфологических условиях (рис.3)). Так группа, где практически отсутствует потенциальный смыв, включает ландшафты с волнисто-ложбинным, плоско-грядистым, плоским, плоско-волнистым, волнистым и плоско-бугристым рельефом. Перечисленные ландшафты распространены преимущественно на обширных пространствах древнеаллювиальных и водно-ледниковых низин, сложенных рыхлыми породами (песками, супесями).

В то же время плоско-волнистый, волнистый, местами плоский и бугристо-волнистый рельеф типичен для моренных равнин, реже водно-ледниковых низин Центральной и Северной частей Беларуси, в литологическом строении которых ведущее положение занимают водоупорные породы (суглинки и супеси). Совокупность этих условий создает определенные предпосылки для более выраженного потенциального смыва – до 10,0 т/га, (см. рис.3). Еще более широкий диапазон колебаний показателей потенциального смыва в среднехолмистом типе рельефа (в чистом виде или в сочетании с другими формами), который объединяет три градации (10,0–40,0 т/га, см. рис.3). Подобная разноречивость величин потенциального смыва свидетельствует, с одной стороны, о преобладающем влиянии на его формирование характера и генезиса литологических пород (лёссовидные, моренные, водно-ледниковые), с которыми, в свою очередь, связан уровень антропогенной преобразованности ландшафтов (см. рис. 3). С другой стороны, роль геоморфологического фактора существенно возрастает на более высоком уровне генерализации (обобщения) морфологических структур ландшафтов, когда все их разнообразие сведено к трем основным формам – холмистым, волнистым и плоским (рис.4). При этом довольно четко вырисовывается тенденция повышения значимости рельефа (на фоне снижения роли литогенного фактора) при наиболее значительных величинах потенциального смыва почв, распространенных на 10,9% территории республики. Интервалы смыва 1,0–10,0 и 10,1–30,0 т/га (они занимают соответственно 27,6 и 16,1%) характерны для волнистых групп ландшафтов. Плоским ландшафтам (к ним относится 37,2% территории) свойственны, естественно, наиболее низкие величины потенциального смыва почв.

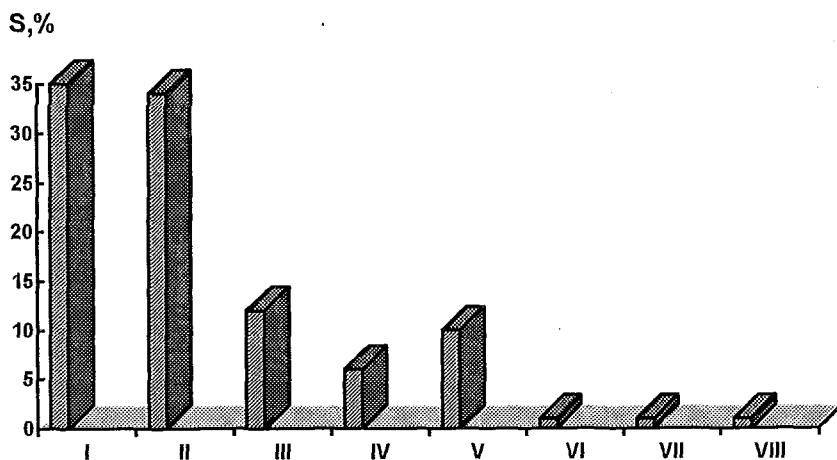


Рис.3. Распределение площадей (S,%) с одинаковыми градами потенциальной водной эрозии почв (P, т/га) в основных морфологических группах ландшафтов
Градации: I – отсутствует; II – 0,1–10,0; III – 10,1–20,0; IV – 20,1–30,0; V – 30,1–40,0; VI – 40,1–50,0; VII – 50,1–60,0; VIII – >60,0 (т/га)

В то же время эти ландшафты, сложенные рыхлыми породами, отличается при наличии большой открытости высокая степень дефляционной опасности. Ее точное определение связано со значительными и трудоемкими расчетами, поэтому приходится пользоваться менее надежными методами, основанными, например, на учете удельного веса дефляционно-опасных почв. В соответствии с указаниями по ведению земельного кадастра для стран бывшего СССР [8] и опытом анализа и обобщения материалов крупномасштабных почвенных обследований, к дефляционно-опасным почвам отнесены рыхлосупесчаные, подстилаемые песками, песчаные автоморфные и заболоченные осушенные, а также осушенные торфяные и торфянисто-минеральные почвы. В зависимости от степени этой опасности выделены 4 группы: первая – до 10% дефляционно-опасных почв, вторая – 10,1–30,0 третья – 30,1–60,0 и четвертая – более 60% [9].

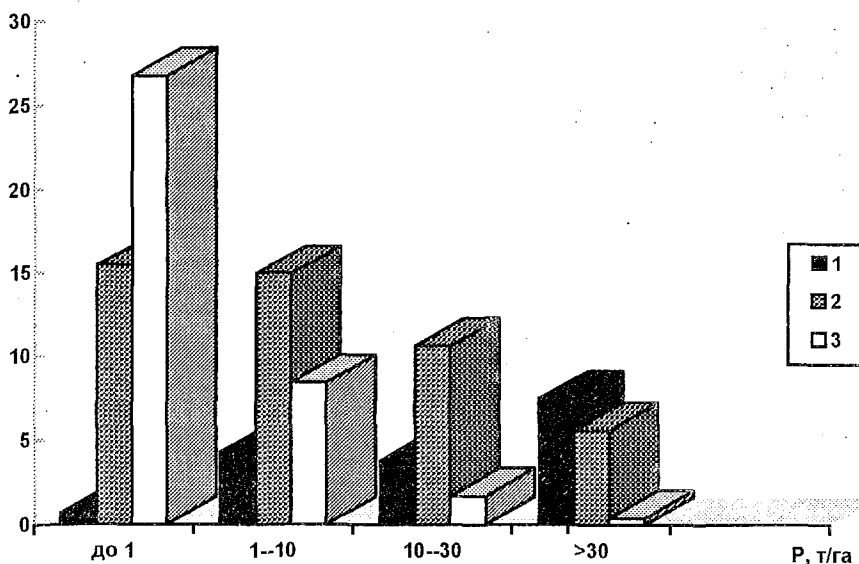


Рис.4. Распределение площадей (S,%) с одинаковыми градациями потенциальной водной эрозии почв (P,т/га) в холмистых, волнистых и плоских морфологических группах ландшафтов Беларуси:

1 – холмистые, 2 – волнистые, 3 – плоские

Результаты определения потенциального смыва и возможной дефляции почв, рассчитанные применительно к ландшафтам, позволяют выйти на ландшафтно-эрозионное районирование – вначале на уровень типологического, а в дальнейшем и регионального. В основу объединения отдельных групп ландшафтов был положен принцип относительной однородности природных факторов (и прежде всего геоморфологических и литогенных), обуславливающих реальные возможности плоскостного смыва и дефляции почв и, как следствие, близость показателей их абсолютных величин, позволяющих сгруппировать показатели в 8 градаций. Была составлена в масштабе 1:600 000 ландшафтно-эрозионная карта Республики Беларусь, имеющая типологический характер. В схематическом виде она была представлена в "Методических указаниях по проектированию почвозащитной системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории в разных ландшафтных зонах республики Беларусь" [9]. В ее легенде были выделены 5 провинций, содержание которых наполнено составом с разным соотношением степеней потенциальной эрозии и дефляции почв (таблица) и границы которых были увязаны с контурами морфологических групп с близкими количественными показателями.

Поозерская и Белорусская возвышенная провинции обладают значительным потенциалом развития водной эрозии, более выраженным в последней [10]. В то же время примерно на 1/2 их территории существуют преимущественно слабые предпосылки проявления дефляции, которые могут быть реализованы, например, при интенсификации использования распространенных здесь определенных агроландшафтов. В Восточно-Белорусской провинции эти возможности увеличиваются до 2/3 ее площади, сохраняя при этом большой потенциал развития водной эрозии (см. таблицу). На территории Предполесской провинции опасность в слабой степени выраженной дефляции почв распространяется на подавляющей ее части, сохраняя при этом на 2/3 площади возможности главным образом слабого проявления водной эрозии. Потенциал последней резко уменьшается в Полесской провинции, где возможно возникновение и широкое развитие дефляционных процессов (в том числе и в сильной степени). Она является ареной возможного в разной степени, в том

* Оригинал карты ландшафтно-эрозионного типологического районирования Беларуси находится в научном архиве лаборатории экологии ландшафтов географического факультета БГУ.

числе и сильного, возникновения и широкого развития дефляционных процессов. В дальнейшем по мере получения уточненных количественных данных по потенциальной водной эрозии и дефляции почв появляется возможность внутри ландшафтных провинций выделить, обосновать и охарактеризовать подразделения более низкого таксономического ранга.

Количественные и качественные характеристики потенциальной водной эрозии и дефляции почв ландшафтных провинций Беларуси

№ провинций	Наименование ландшафтных провинций	Количественные характеристики степени выраженности потенциальной эрозии почв, %								Качественные характеристики степени выраженности потенциальной эрозии почв	
		водной				ветровой				водной	ветровой
		отсутствует	слабая	средняя	сильная	отсутствует	слабая	средняя	сильная		
I	Поозерская провинция озерно-ледниковых, моренно- и холмисто-моренно-озерных ландшафтов	10	70	20	5	50	35	10	5	слабая, в меньшей степени средняя	слабая
II	Белорусская возвышенная провинция холмисто-моренно-эрозионных и вторично-моренных ландшафтов	5	35	50	10	55	25	15	5	слабая и средняя	слабая
III	Предполеская провинция вторичных водно-ледниковых и моренно-зандровых ландшафтов	30	60	10	—	15	35	40	10	слабая	слабая и средняя
IV	Восточно-Белорусская провинция вторично-моренных ландшафтов	5	60	30	5	35	45	15	5	слабая	слабая
V	Полеская провинция аллювиальных террасированных, болотных и вторичных водноледниковых ландшафтов	90	5	5	—	5	20	45	30	практически отсутствует	средняя, в меньшей степени слабая и сильная

Примечание: К слабой степени выраженности потенциальной водной эрозии отнесен смыл почв 0,1–20,0 т/га, средней – 20,1–40,0, сильной – более 40,0 т/га; к слабой степени дефляционной опасности – наличие 10–30% дефляционно-опасных почв; 30,1 – 60,0 – средней, сильной степени – более 60%. Присутствие менее 10% дефляционно-опасных почв характеризует группу с практическим отсутствием условий возможной дефляции. Площади потенциальной водной и ветровой эрозии почв в конкретной ландшафтной провинции определялись отдельно, в сумме составляя каждый раз 100%, и являются ориентировочными в первом приближении.

Указанная работа выполнена в рамках Республиканской научно-технической программы "Природопользование и охрана окружающей среды".

1. Яцухно В.М., Качков Ю.П., Ковриго П.А. Геоэкологический анализ холмисто-моренных территорий и рациональное использование земель. Мн., 1990.

2. Зайко С.М., Вашкевич Л.Ф., Горблюк А.В. Классификация минеральных почв, образовавшихся на месте сработки торфяных. Мн., 1977.

3. Жилко В.В., Паярская А.И. Водная эрозия почв в БССР. В кн. Эрозия почв и борьба с ней. Мн., 1968.

4. Павловский А.И. Закономерности проявления эрозионных процессов на территории Беларуси. Мн., 1994.

5. Матвеев А.В., Павловский А.И., Сачок Г.И. Типизация и районирование территории Беларуси по водно-эрозионным процессам. Мн., 1988. С.4.

6. Марцинкевич Г.И., Клицунова Н.К., Хараничева Г.Т. и др. Ландшафты Белоруссии. Мн., 1989.

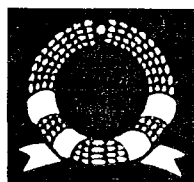
7. Медведев А.Г., Качков Ю.П., Яцухно В.М. // Докл. АН БССР 1976. Т.ХХ. №8. С.845.

8. Указания по ведению земельно-кадастровой книги предприятия, организации и учреждения. М., 1986. С.56.

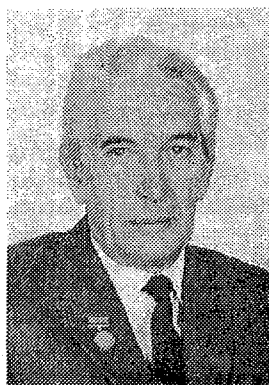
9. Методические указания по проектированию почвозащитной системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории в разных ландшафтных зонах Республики Беларусь / Под ред. А.Ф.Черныша. Мн., 1997. С.44.

10. Якушко О.Ф. Ученые записки БГУ им.Ленина. Сер. геолого-географ. Вып.21. 1954. С.45.

Наши юбиляры



ИГОРЬ КОНСТАНТИНОВИЧ ЛОПАТИН



Исполняется 75 лет со дня рождения и 50 лет научной, педагогической и общественной деятельности известного ученого и педагога, заведующего кафедрой зоологии БГУ, доктора биологических наук, профессора Игоря Константиновича Лопатина.

И.К.Лопатин родился 13 ноября 1923 г. в Полтаве в семье педагогов. Закончил биологический факультет Харьковского университета (1946 г.), а позднее аспирантуру по специальности "энтомология". Свою профессиональную деятельность Игорь Константинович начал в заповеднике "Аскания Нова". Результаты исследований энтомофауны степей юга Украины легли в основу его кандидатской диссертации, защищенной в 1950 г. в Одесском университете, где после защиты Игорь Константинович работал старшим научным сотрудником Зоологического музея, а затем старшим преподавателем кафедры зоологии.

С 1953 г. педагогическая и научная деятельность И.К.Лопатина связана с Таджикским государственным университетом. С этого времени начался период интенсивного изучения энтомофауны Средней Азии. Им было организовано более 10 экспедиций по всем среднеазиатским республикам, исследованиями были охвачены ландшафтные зоны от пустыни Каракум до высокогорий Памира. Результатом этой работы явились десятки публикаций с описанием новых для науки видов насекомых, материалы которых обобщены в монографии "Жуки-листоеды Средней Азии и Казахстана", изданной в 1977 г. в Алма-Ате. В 1984 г. эта монография была переведена на английский язык и издана в США по заказу департамента сельского хозяйства.

В 1965 г. в Зоологическом институте АН СССР И.К.Лопатин защитил докторскую диссертацию, в 1966 г. ему было присвоено ученое звание профессора, он возглавил кафедру зоологии и стал деканом биологического факультета Таджикского государственного университета.

С 1970 г. до настоящего времени И.К.Лопатин заведует кафедрой зоологии БГУ. Блестящие способности зоолога, энтомолога-систематика определили влияние профессора И.К.Лопатина на формирование в Беларуси и за ее пределами специалистов в этой важной области зоологии. Им подготовлены 18 кандидатов и 2 доктора биологических наук, активно работающих в нашей стране и за ее пределами. Результаты многолетних исследований обобщены в 19 монографиях и 198 статьях, из которых 41 статья опубликована в научных периодических изданиях Германии, Нидерландов, Венгрии, Чехии, Италии и др. Специалисты разных стран мира пользуются консультациями и помощью И.К.Лопатина при таксономической диагностике энтомологического материала.

В течение последних 28 лет под руководством И.К.Лопатина в Беларуси проводятся комплексные эколого-фаунистические исследования луговых и лесных систем, животного населения урбанизированных и заповедных территорий.

Широкая эрудиция, глубокие знания позволили И.К.Лопатину подготовить ряд учебников для университетов. В 1980 г. вышли в свет "Основы зоогеографии", очень быстро разошедшиеся в СССР и за его пределами, а в 1989 г. издан дополненный и переработанный учебник "Зоогеография", который был переведен и издан в Югославии (1995 г.) и в Словении (1996 г.). В 1983 г. И.К.Лопатиным написан учебник "Общая зоология".

Большое внимание уделяет И.К.Лопатин учебной и педагогической деятельности. Им подготовлен ряд специальных курсов, а также общие курсы "Зоология беспозвоночных" и "Функциональная зоология".

Весьма обширна и разнообразна общественная деятельность И.К.Лопатина. В течение многих лет он является президентом Белорусского энтомологического общества; членом президиума Все-союзного, а сейчас Русского энтомологического общества; членом редакционных советов журналов "Энтомологическое обозрение" и "Вестник БГУ", членом специализированных ученых советов Института зоологии НАН РБ и Белорусского НИИ защиты растений; членом Постоянного оргкомитета международных симпозиумов по энтомофаунистике Центральной Европы; членом секции биологии Белорусского фонда фундаментальных исследований.

За заслуги в развитии науки и подготовке научных и педагогических кадров И.К.Лопатин награжден медалями "За доблестный труд" и "Ветеран труда". В 1984 г. он стал лауреатом Государственной премии БССР, присужденной за учебник "Зоогеография". В 1990 г. ему присвоено звание Заслуженного работника народного образования, а в 1993 г. он стал лауреатом премии им.А.Н.Севченко. В 1991 г. в Будапеште И.К.Лопатину была присуждена и вручена медаль "За выдающиеся заслуги в энтомофаунистике Европы". За большой вклад в развитие энтомологической науки и подготовку научных кадров в 1994 г. И.К.Лопатин избран почетным академиком Петровской академии наук. Он неоднократно награждался Почетными грамотами Министерства образования и Белгосуниверситета.

Профессорско-преподавательский коллектив, студенты, сотрудники университета сердечно поздравляют Игоря Константиновича со славным юбилеем, желают ему доброго здоровья, благополучия, дальнейшей плодотворной деятельности.

ВАЛЕРИЙ СТАНИСЛАВОВИЧ АНОШКО



Исполнилось 60 лет со дня рождения и 40 лет научной, педагогической и общественной деятельности заведующего кафедрой почвоведения и геологии БГУ, доктора географических наук, профессора Валерия Станиславовича Аношко.

В.С.Аношко родился в д.Гайдукова Слободка Червенского района Минской области в крестьянской семье. Окончив Рованичскую среднюю школу, В.С.Аношко поступил на географический факультет БГУ. Первая научная работа была им выполнена в втором курсе под руководством О.Ф.Якушко. В дальнейшем вся студенческая научная работа В.С.Аношко проходила под руководством академика И.С.Лупиновича.

В 1964 г. В.С.Аношко зачисляется на штатную должность младшего научного сотрудника в формируемую в то время Лабораторию почвенной биогеохимии Белгосуниверситета, где стал заниматься биогеохимическими исследованиями почвенного покрова Беларуси,

а точнее — изучением содержания и роли основных микроэлементов в почвах, растениях, водах и других компонентах ландшафта.

В 1965 г. В.С.Аношко поступает в аспирантуру, продолжает участвовать в решении той же биогеохимической проблемы, но тема исследования была сужена до изучения содержания и поведения микроэлемента цинка в компонентах ландшафтов. Одновременно проводились опыты по эффективности микроудобрений, в том числе получаемых из отходов производства. Кафедра, научная лаборатория и группа аспирантов — это был единый коллектив, прекрасно организованная школа академика И.С.Лупиновича. Итогом проведенных работ стала коллективная монография "Микроэлементы в почвах БССР и эффективность микроудобрений" (1970 г.).

Еще будучи аспирантом, В.С.Аношко занялся преподавательской работой (полевые практики, руководство дипломными и курсовыми работами, чтение курса "Основы мелиорации"), которую продолжил после окончания аспирантуры в 1968 г.

Спецкурс "Основы мелиорации" стал переходным мостиком от идей И.С.Лупиновича по разработке эффективных способов и методов снижения отрицательного влияния неблагоприятных природных условий и явлений на сельскохозяйственное производство к идее географического обоснования этих способов, методов и целых мелиоративных систем. Изучение данных вопросов стало началом мелиоративной географии — нового направления, одним из общепризнанных родоначальников которого является В.С.Аношко. Всестороннее освещение и развитие разрабатываемые проблемы получили в его работах "Географические основы мелиорации" (1974 г.), "Мелиоративная география Белоруссии" (1978 г.), в учебнике "Мелиоративная география" (1987 г.), других крупных работах, выполненных с участием В.С.Аношко: "Эволюция почв мелиорируемых территорий Белоруссии" (1990 г.), "Белорусское Поозерье: анализ эколого-мелиоративного состояния" (1992 г.).

Признанием лидерства и авторитета В.С.Аношко в мелиоративно-географическом научном направлении в стране явилось избрание его на VIII съезде Географического общества СССР заместителем председателя Комитета по мелиоративной географии при Совете ГО СССР, а на IX съезде – председателем этого комитета. Начиная с 1974 г. В.С.Аношко участвовал в организации и проведении девяти всесоюзных симпозиумов по мелиоративной географии и трех всесоюзных конференций по природно-мелиоративному мониторингу.

В 1982 г. он избирается заведующим кафедрой почвоведения и геологии БГУ. В 1983 г. на III съезде белорусских географов В.С.Аношко был избран Президентом Географического общества БССР.

Для В.С.Аношко как педагога характерно стремление постоянно обновлять учебный процесс, разрабатывать новые курсы. Кроме уже названного курса мелиоративной географии им разработаны и читаются основы географического прогнозирования (с 1980 г.), экологические основы мелиораций (1978–1986 гг.), инженерная география (с 1992 г.), история почвоведения Беларуси (с 1992 г.). По каждому из данных курсов В.С.Аношко написаны учебные или учебно-методические пособия.

В учебной и учебно-организационной работе кафедры В.С.Аношко сумел не только сохранить все прошлые наработки и добрые традиции, но и создать новые. Только за последние пять лет кафедра стала базой для организации двух новых специальностей: геология и геоинформационные системы, по которым готовятся специалисты по земельному кадастру и геологии. Эти специалисты крайне нужны хозяйству Беларуси.

В 1990 г. В.С.Аношко защитил докторскую диссертацию "Мелиоративно-географический анализ крупного региона (на примере территории Беларуси)". В 1991 г. В.С.Аношко присвоено ученое звание профессора.

В.С.Аношко много внимания уделяет школьному географическому образованию. По его инициативе, начиная с 1991 г., проводятся олимпиады школьников по географии. Он является одним из авторов учебника "Общая география" (X класс, 1997 г.) и "Учебного атласа Беларуси" (вышли два издания).

В 1992 г. правительство Беларуси приняло решение о разработке схемы рационального природопользования Белорусского Поозерья с тем, чтобы изыскать возможности компенсации потерь земельных угодий, происшедших в результате аварии на ЧАЭС. Коллектив ученых (свыше 70 чел.) возглавил В.С.Аношко. Результаты исследований обобщены в монографии "Рациональное природопользование Белорусского Поозерья", одним из авторов и научным редактором которой был В.С.Аношко.

В 1993 г. была организована Международная академия экологии. В.С.Аношко избирается вначале членом-корреспондентом, а в 1995 г. – академиком этой Академии, в 1994 г. – членом-корреспондентом Международной академии наук Евразии.

В 1995 г. в Москве вышел учебник В.С.Аношко, К.Н.Дьяконова "Мелиоративная география", рекомендованный Госкомитетом Российской Федерации по высшему образованию для студентов-географов, участвовал в подготовке книги "Беларусь" (более 16,0 п.л.) для немецкого читателя и др. В 1997 г. он вошел в состав Научно-технического совета Госкомитета по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь.

Много сил и энергии отдает Валерий Станиславович общественной работе. В разные годы он входил в состав и возглавлял методическую комиссию, совет молодых ученых, был членом Научно-технического совета Минприроды РБ, экспертом Совета фонда фундаментальных исследований АН Беларуси, членом совета "Проблемы Полесья", членом бюро Совета по биосфере и экологической комиссии АН Беларуси, членом редакционного совета Белорусской энциклопедии, заместителем председателя экспертного совета ВАК, председателем секции географии, геологии, геодезии и картографии научно-методического центра Минобразования РБ.

Большая научно-педагогическая и общественная работа В.С.Аношко получила высокую оценку. Он награжден медалью Франциска Скорины, Грамотой Министерства высшего и среднего специального образования СССР, четырьмя Почетными грамотами Министерства образования РБ, девятью Почетными грамотами ректората БГУ, тремя Почетными грамотами Географического общества СССР и др.

Валерий Станиславович Аношко – ученый широкой эрудиции, большой трудоспособности, умеющий заинтересовать и организовать людей, особенно молодых исследователей. Он в постоянном поиске, полон новых идей и замыслов, творческих сил и энергии. Все географы Беларуси, коллеги и ученики сердечно поздравляют Валерия Станиславовича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, сохранения на долгие годы веры в будущее, постоянного творчества во имя развития географической науки на благо родной Беларуси.

Р.А.Жмойдяк, М.Н.Брилевский, В.И.Шабанова

ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ ЛЫСАК



Декану биологического факультета, кандидату биологических наук, доценту Владимиру Васильевичу Лысаку исполнилось пятьдесят лет. Родился В.В.Лысак 2 сентября 1948 г. в д.Косаричи Глусского района Могилевской области в крестьянской семье. После окончания в 1966 г. средней школы он в течение двух лет работал старшим пионервожатым. В 1968 г. В.В.Лысак поступил на биологический факультет Белгосуниверситета. С этого времени его педагогические, научные и организаторские способности связаны с жизнью, интересами и проблемами факультета. В 1973 г. с отличием закончил учебу и был принят на работу на кафедру микробиологии на которой специализировался в течение трех лет.

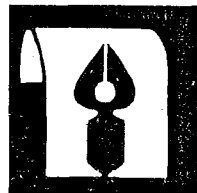
В последующие годы он занимал должность ассистента, а с 1990 г. – доцента кафедры микробиологии. В это же время был назначен заместителем декана биологического факультета. В 1983 г. В.В.Лысак защитил кандидатскую диссертацию, посвященную таким приоритетным и современным направлениям биологии, как молекулярная генетика, молекулярная биология, молекулярная микробиология. Он является одним из исследователей, начавших работы по изучению факторов и механизмов вирулентности фитопатогенных бактерий, особенностей их генетической организации. Прикладное значение имеют и проводимые им в настоящее время исследования, связанные с изучением генетической регуляции и ферментативным контролем синтеза биологически активных соединений. Результатом многолетней научной деятельности В.В.Лысака являются более 60 научных статей, 6 авторских свидетельств и патентов. Разработанные с его участием биопрепараты "Бактофил", "Бацилофил" и "Гербикофил" для защиты растений неоднократно демонстрировались на республиканских и международных выставках.

Научную работу В.В.Лысак успешно сочетает с плодотворной педагогической деятельностью. Он читает лекции по нескольким общим и специальным курсам для студентов и магистрантов, а также в городском, областном и республиканском институтах усовершенствования учителей, руководит курсовыми и дипломными работами студентов. Много сил и умения вложил Владимир Васильевич в организацию учебного процесса на кафедре микробиологии: он является автором 20 учебно-методических изданий и статей.

С 1996 г. В.В.Лысак – декан биологического факультета. Это определяет круг его новых задач и приложения организаторских способностей: реконструкция Нарочанского стационара, организация полевой практики студентов, заботы о развитии кафедр и научных подразделений и многое другое. За успешную многолетнюю научно-педагогическую деятельность в 1996 г. В.В.Лысак был награжден Почетной грамотой Верховного Совета Республики Беларусь.

Для преподавателей, сотрудников и студентов факультета В.В.Лысак – пример научной требовательности, принципиальности и бескомпромиссности, человеческой тактичности, доброты и мудрости – всего, что так высоко ценится во взаимоотношениях.

Весь коллектив факультета, бывшие выпускники и нынешние студенты поздравляют Владимира Васильевича Лысака с юбилеем и награждением знаком "Отличник образования Республики Беларусь", желают крепкого здоровья, успехов в труде и реализации творческих замыслов.



НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА (к 20-летию образования)

Институт был организован в 1978 г. на базе научно-исследовательских подразделений химического факультета Белорусского государственного университета.

Решение о создании Научно-исследовательского института физико-химических проблем Белорусского государственного университета (НИИ ФХП БГУ) было принято на заседании коллегии ГКНТ при Совете Министров СССР 27 сентября 1977 г. 22 ноября 1977 г. Совет Министров БССР принял соответствующее постановление, с 1 марта 1978 г. институт начал функционировать. В институте на момент его организации работал 181 человек, из них 123 научных сотрудника, в том числе 33 кандидата наук. Штат сотрудников был укомплектован в основном за счет исследовательских групп при кафедрах химического факультета.

Первоначальная организационная структура института была определена приказом Минвуза БССР от 4 октября 1978 г. Помимо административно-управленческого аппарата в состав института входило 9 научно-исследовательских лабораторий: химии фотографических процессов, физической химии целлюлозы, физической химии твердого тела, радиационной химии, высокотемпературных реакций, полупроводниковой керамики, модификации и стабилизации полимеров, органического синтеза, экстракционных и сорбционных процессов.

Большая работа по организации института была проделана проректором по научной работе Белгосуниверситета академиком АН БССР Л.В.Володько, заместителем министра высшего и среднего специального образования БССР Ф.Н.Капуцким, который выполнял функции директора института в 1978–1979 гг., деканом химического факультета Г.А.Браницким (заместитель директора по научной работе в 1978–1989 гг.) и В.В.Свиридовым (директор института в 1979–1993 гг.). В дальнейшем институт возглавляли С.К.Рахманов (1993–1997 гг.) и О.А.Ивашевич (с мая 1997 г.).

Решениями ГКНТ при СМ СССР и Совета Министров БССР институту были определены два основных направления научной деятельности: 1) исследование закономерностей химического действия света на твердые тела с целью создания новых материалов для фотохимической записи информации (научный руководитель В.В.Свиридов); 2) разработка методов улучшения физико-химических свойств целлюлозы с целью создания новых промышленно важных материалов (Ф.Н.Капуцкий). Значительная часть исследований выполнялась по третьему направлению, связанному с разработкой и изучением свойств новых материалов специального назначения и, в частности, представляющих интерес для создания энергетических устройств новой техники. Работы велись главным образом в двух областях: химия конденсированных систем с регулируемой горючестью (научные руководители А.И.Лесникович и В.В.Свиридов) и химия высокотемпературных неорганических материалов (А.А.Вечер и И.Ф.Кононюк). В институте на начальной стадии его существования наряду с основными выполнялись исследования и по другим направлениям: радиационная химия (научный руководитель Е.П.Петряев), химия экстракционных процессов (Г.Л.Старобинец), синтез органических соединений (И.Г.Тищенко), химия высокомолекулярных соединений (П.А.Матусевич, Т.С.Притыцкая), химия низких температур (В.А.Лишневикий) и некоторые другие.

Проблематика исследований на протяжении длительного периода была такова, что разрабатывалось небольшое количество фундаментальных проблем, относящихся к нескольким разделам химии, а на основе получаемых научных результатов решались различные прикладные задачи, представляющие главным образом межотраслевой интерес. При этом упор делался на то, чтобы прикладные задачи решались совместно с отраслевыми организациями и предприятиями.

Основные направления научной деятельности института не претерпели существенных изменений на протяжении длительного времени. Вместе с тем по мере развития института появлялись новые задачи, что нашло отражение в расширении и конкретизации тематики проводимых исследований.

Проблематика исследований, выполняемых в институте в настоящее время и планируемых на ближайшие годы, относится к следующим научным направлениям:

– *химия твердого тела*: физико-химия и научные основы практического применения ультрадисперсных и наноструктурированных систем, получаемых химическими и электрохимическими методами; получение тонких металлических и оксидных пленок и покрытий; изучение реакций термического разложения твердых тел, разработка твердых электролитов, керамических материалов, катализаторов, композиционных материалов и др. (В.В.Свиридов, А.И.Лесникович, Г.А.Браницкий, А.А.Вечер);

– *фотохимия, фотоэлектрохимия и химия фотографических процессов*: фотохимические процессы на поверхности твердых тел, электро- и фотоэлектрохимия полупроводников, разработка новых фотографических материалов и процессов, разработка новых фототехнологических процессов (В.В.Свиридов, Г.А.Браницкий, С.К.Рахманов, А.И.Кулак);

– *исследование процессов химического модифицирования природных и синтетических полимеров*, в том числе целлюлозы, и создание на их основе новых материалов медицинского и технического назначения: создание лекарственных препаратов на основе целлюлозы и других полисахаридов, разработка различных типов мембран, создание негорючих полимеров, разработка методов модифицирования синтетических полимеров путем полимержаналогичных превращений, сшивания, прививочной полимеризации, получение дисперсных термопластиков (Ф.Н.Капуцкий, А.И.Лесникович, Л.П.Круль, О.А.Ивашкевич);

– *термодинамика органических веществ*: разработка научных основ прогнозирования термодинамических свойств органических веществ и термодинамического обоснования энерго- и ресурсосберегающих технологий органического синтеза (Г.Я.Кабо);

– *разработка новых методов химического анализа*: создание новых химических сенсоров для определения горючих и токсичных газов, а также кислорода; разработка ионоселективных электродов (Е.М.Рахманько, Г.А.Браницкий, В.В.Егоров, А.В.Юхневич);

– *разработка новых методов синтеза органических соединений*: соединения ряда азолов, термо- и светостабилизаторы полимеров, компоненты горючих и термически деструктурируемых систем, лиганды координационных соединений (О.А.Ивашкевич, П.Н.Гапоник, В.П.Прокопович);

– *разработка технологий переработки природного и вторичного сырья*, разработка научных основ процессов утилизации различных видов техногенных отходов и химических методов выделения из них полезных элементов и соединений, в том числе благородных металлов (С.К.Рахманов, О.А.Ивашкевич, Г.М.Корзун);

– *синтез и исследование свойств биологически активных соединений белково-пептидной группы* (В.М.Шкуматов).

В настоящее время в состав института входит 16 научных подразделений: лаборатории – физической химии и модификации целлюлозы (заведующий – Ф.Н.Капуцкий), лекарственных средств на основе модифицированных полисахаридов (Т.Л.Юржтович), растворов целлюлозы и продуктов их переработки (Д.Д.Гриншпан), структурно-химического модифицирования полимеров (Л.П.Круль), термодинамики органических веществ (Г.Я.Кабо), химии конденсированных сред (О.А.Ивашкевич), химии тонких пленок (Г.А.Браницкий), химии фотографических процессов (С.К.Рахманов), физической химии твердого тела (Е.Н.Наумович), физико-химии поверхности (А.В.Юхневич), газовых сенсоров и систем мониторинга (В.Г.Гуслев), экстракции и ионометрии (В.В.Егоров), химии драгоценных металлов (Г.М.Корзун), биохимии лекарственных препаратов (В.М.Шкуматов); сектор огнетушащих материалов (В.В.Богданова) и сектор высокотемпературных реакций (С.В.Левчик), а также аппарат управления.

Структура института постоянно изменяется, адаптируясь к реальным условиям, в которых функционирует сегодня научное учреждение. Наряду с традиционными отделами, лабораториями и секторами в последнее время получили развитие новые формы: научно-инженерные и научно-производственные центры, а также лаборатории двойного подчинения. В 1997–1998 гг. на базе научных подразделений института, химического факультета и других подразделений БГУ были созданы Химико-аналитический центр, Научно-производственный центр по проблемам малотоннажной химии и Научно-производственный центр по химии драгоценных металлов. Группа малотоннажной химии института и кафедра технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов Белорусского государственного технологического университета стали базой для создания лаборатории стабилизации пластмасс, резин и волокон (В.П.Прокопович), а лаборатория физической химии и модификации целлюлозы и Борисовский завод медпрепаратов – химико-фармацевтической лаборатории (Ф.Н.Капуцкий, Т.Л.Юржтович). Главная задача данных структур – создание собствен-

ной производственной базы для практической реализации прикладных разработок института и химического факультета с привлечением к их осуществлению научно-технического потенциала коллективов других научных организаций.

НИИ ФХП тесно координирует свою научно-исследовательскую и учебно-методическую деятельность с химическим факультетом БГУ. Наиболее квалифицированные сотрудники института систематически читают лекции, проводят семинарские, лабораторные и практические занятия для студентов. На базе лабораторий института организованы и проводятся в течение многих лет спецпрактикумы по рентгенографии, электронной микроскопии, электронографии, ИК спектроскопии, калориметрии, термометрии, хроматографии и др. В подразделениях института около 100 студентов химического факультета ежегодно выполняют научно-исследовательские работы, в том числе магистерские, дипломные и курсовые. Сотрудниками института совместно с преподавателями Белгосуниверситета издано 8 учебных пособий для студентов химических специальностей.

На протяжении всего времени существования института проводится целенаправленная работа по подготовке кадров высшей квалификации. В 1978–1997 гг. на научной базе института подготовлено и защищено 11 докторских и 106 кандидатских диссертаций. Институт полностью удовлетворяет собственные потребности в кадрах высшей квалификации. Многие сотрудники института в дальнейшем работают преподавателями в БГУ, других вузах, а также в учреждениях и организациях республики.

В настоящее время в штате института состоят 230 работников, в том числе 150 научных сотрудников, включая 7 докторов и 72 кандидата наук. В институте работают три академика и один член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси. Кроме этого, к проведению научных исследований в институте ежегодно привлекается более 200 совместителей, из них более 30 – доктора и кандидаты наук.

Созданные в институте научный и кадровый потенциалы позволили ему выдвинуться в число ведущих научных учреждений химического профиля республики. В 1991–1995 гг. НИИ ФХП являлся головной организацией по республиканской комплексной программе фундаментальных исследований "Твердофазные реакции" (научный руководитель В.В.Свиридов), а с 1996 г. координирует фундаментальные исследования по двум межвузовским программам: "Химия наноструктурированных систем", которая входит самостоятельным разделом в государственную программу фундаментальных исследований "Вещество" (В.В.Свиридов), и "Химия драгоценных металлов" (С.К.Рахманов). В 1991–1996 гг. институт возглавлял выполнение заданий одного из разделов республиканской научно-технической программы 43.01р "Лекарственные препараты", а с 1997 г. является головной организацией-исполнителем государственной научно-технической программы под тем же названием (научный руководитель – Ф.Н.Капуцкий).

В последние годы коллектив института выполняет большую работу для органов государственного управления и регулирования (Министерство экономики, Министерство финансов, Министерство промышленности, Комитет государственного контроля, Совет безопасности, Таможенный комитет и др.) по разработке нормативных документов, концепций, программ и т.п.

Значительно расширилось сотрудничество научных подразделений института с зарубежными партнерами, среди которых наиболее тесные контакты установлены с Термодинамическим исследовательским центром Техасского А&М университета (США), Туринским университетом (Италия), Тюбингенским университетом, Институтом прикладной физики университета г.Карлсруэ, Хан-Мейтнер институтом, Институтом физической химии Гамбургского университета (Германия), Бруклинским политехническим университетом (США), Объединенным институтом ядерных исследований (Российская Федерация) и др.

По результатам выполненных исследований сотрудниками института опубликовано более 5000 научных трудов, в том числе 21 монография и 2570 статей. Созданные в институте разработки защищены 775 авторскими свидетельствами СССР и патентами на изобретения.

Перспективы развития института связаны в первую очередь со сбалансированным развитием фундаментальных и прикладных исследований, ориентированных на реальные запросы народного хозяйства и социального комплекса и сферы Республики Беларусь, в том числе в рамках государственных научно-технических программ и отдельных научно-технических проектов. Имеющийся в институте научно-технический потенциал позволяет решать сложные комплексные проблемы в различных областях химии и химической технологии и осуществлять научно-техническое обеспечение как отдельных производств, так и некоторых отраслей в целом. Это относится к предприятиям концерна "Белнефтехим" и фармацевтической промышленности, а также к деятельности, связанной с переработкой различных техногенных отходов и организацией малотоннажных наукоемких химических производств.

Основные результаты фундаментальных и прикладных исследований, выполненных в институте за 20 лет его существования, обобщены в "Химические проблемы создания новых материалов и технологий": Сб. статей к 20-летию НИИ ФХП БГУ / Под ред. В.В.Свиридова. Мн., 1998. 588 с.

САПЕГА АЛЕКСАНДР АНТОНИЙ (к 225-летию со дня рождения)

В этом году географическая наука отмечает славную дату – 225 лет со дня рождения одного из основоположников белорусской географической литературы, путешественника и естествоиспытателя, мецената и политического деятеля Александра Сапеги.

Александр Сапега родился 3 сентября 1773 г. во Франции в семье полковника Юзефа Сапеги из старинного магнатского рода, представители которого в XV–XVIII вв. занимали высшие государственные и военные должности в Великом княжестве Литовском. Раннее детство провел в Страсбурге, куда родители переехали сразу же после поражения Барской конфедерации (вооруженного союза белорусской шляхты против польского короля Станислава Понятовского и царской России) и 1-го раздела Речи Посполитой в 1772 г. В начале 1777 г. Сапеги вернулись на родину. Александр жил в имениях "Семятичи" и "Коцк" под Брестом у тетки Анны Яблонской из рода Сапегов, под влиянием которой с детства проявил интерес к естествознанию. Получил прекрасное домашнее образование, его учителями были опытные педагоги Я.Сведерский и Р.Ладовский, а позже француз Н.Вотрен. Мать, Теофилия Сапега-Яблонская воспитанием сына почти не занималась. Большое значение на формирование Сапеги как естествоиспытателя имело знакомство с Жаном Жилибером (1714–1816), профессором истории естествознания Главной школы в Вильнюсе и основателем первой в Беларуси медицинской академии в Гродно, с которым Сапега всю жизнь поддерживал дружбу и научные связи.

В 1792 г. Сапега познакомился со Станиславом Стащицем (1755–1826), основателем Горной школы в Кельце, на базе которой впоследствии была учреждена знаменитая Краковская горная академия. Оба интересовались геологией восточных районов Польши. Спустя два года они отправились в Вену для усовершенствования знаний в области геологических наук, побывали в Альпах, на Апеннинском полуострове во Франции. В 1797–1802 гг. Сапега самостоятельно исследует геологию Восточной Польши, Волыни и Литвы, главным образом его интересует минералогия кристаллических пород. Результатом этих исследований явились две книги по минералогии (1800, 1801 гг.). В 1800 г. по рекомендации Стащица Сапега становится членом "Общества друзей науки" в Варшаве и занимается стандартизацией мер и весов в Польше, Беларуси и Литве по образцу метрической системы Западной Европы. Публикует на польском и французском языках (1802 г.) свою работу "Сравнительная таблица новых французских и литовских (польских) мер и веса". Отдельными изданиями для массового пользования выходят его таблицы перевода мер и веса, распространенных в Польше, Беларуси и Литве, в метрические, принятые в Европе (Варшава, 1802 и 1805 гг.). Публикует в польских журналах ("Pamiętnik warszawski" и др.) ряд статей по геологии, географии и этнографии, издает на польском языке учебник по неорганической химии.

В начале XIX в. Сапега осуществляет продолжительное путешествие по Балканам вдоль Адриатического моря (1802–1804 гг.). Во время путешествия посетил Далмацию (Хорватию), Боснию, Герцеговину, Черногорию и Албанию, находившиеся тогда под австрийским и турецким владычеством, что было для него небезопасно. Пересечь границу Италии с Далмацией, присоединенной в 1797 г. к Австрии, было не так-то просто. Сапеге пришлось обратиться за помощью к русскому консулу в Триесте Мелиссину, который сопровождал путешественника на судне до о.Крк. А в Дубровнике ему пришлось искать защиты у русского консула Фонтана. В 1804 г. по пути из Италии во Францию через перевал Мон-Сени пылкий натуралист поднялся на высочайшие вершины Альп и сообщил об этом восхождении в июле этого же года на заседании Лионской Академии наук, литературы и искусств под председательством своего друга Ж.Жилибера (рукопись доклада хранится в архиве академии). На Балканах Сапега осмотрел практически все уникальные объекты природы, проявив интерес к римским и славянским древностям, а также к экономике и промышленности на фабриках и рудниках. В Истрии посетил единственные в Европе того времени ртутные рудники, мраморные каменоломни, где венецианцы добывали мрамор для облицовки своих знаменитых каналов. Исследовал руины Скардоны – древней столицы римской провинции Либурнии. Изучал геологию акватории Адриатики. Впечатления о путешествии опубликовал (Париж, 1808 г.) в виде писем к Жилиберу в Лион. Эта книга является подлинным памятником географической литературы начала XIX в.

Возвращался Сапега на родину (1806 г.) через Париж. Непродолжительное пребывание во Франции имело большое значение: Сапега стал приверженцем Наполеона. В мае этого же года сообщил "Обществу друзей науки" о завершении своего путешествия, а в декабре сделал в Варшаве доклад. В январе 1807 г. участвовал в организации приезда Наполеона в Варшаву, подготовил многочисленные материалы о состоянии страны (по вопросам политики, культуры, экономики) и вскоре стал близким к окружению императора – был включен в почетную гвардию Наполеона, награжден орденом Почетного легиона и высшим орденом Франции "Золотой орел Почетного легиона". Во время пребывания Наполеона в Варшаве прочел доклад о Балканах "От Афин до Лиона", который в области региональной геологии стал новаторским. Зимой 1807–1808 гг. Сапега проводит в Париже при дворе Наполеона; 28 сентября 1808 г. находится в его Великой свите при встрече с русским

императором Александром I в Эрфурте. В Эрфурте был избран почетным членом Академии наук, а также членом научных товариществ в Турине и Лионе.

В 1809–1811 гг. Сапега проводит геологические исследования в Польше, путешествует по Галиции, готовит к изданию свои дневники "Путешествие по славянскому краю". Первая часть книги с описанием пути от Триеста до Дубровника (1802–1803 гг.) была издана во Вроцлаве в 1811 г. и переиздана в 1856 г. Вторая часть (1803–1804 гг.) вышла в свет только в 1983 г. Книга подробно освещает вопросы геологии и географии, археологии и этнографии, описывает памятники культуры. Сам факт опубликования своих дневников он объяснял так: "Для путешественника преступно не замечать обычаев народа и не описывать их".

Сапега идеализирует славянские народы, вся книга пронизана духом истинного славянофила. В связи с этим небезынтересен следующий факт. Во время путешествия Сапеги по Балканам его выслеживали австрийские агенты. Они полагали, что эта "поездка" осуществляется по политическим соображениям, и пытались выяснить на кого "работает" белорусский магнат – на Россию или Францию. Французская полиция подозревала Сапегу в секретной службе на пользу России, а Талейран в переписке с Наполеоном ставил в вину Сапеге его неприязнь к французам. Польские исследователи на этот счет однозначного ответа не дают. Вместе с тем книги и научные статьи Сапеги свидетельствуют о его патриотизме и любви ко всем славянам.

Осенью 1812 г. на охоте в Беловежской пуще Александр Сапега был ранен диким кабаном, развилась гангрена. 8 сентября он умер в Деречине под Зельвой – имении Францишка Сапеги, генерала литовской артиллерии, и там же был похоронен. Спустя 9 лет, 25 сентября 1821 г., его останки были перевезены в Вишницы для захоронения в семейном склепе. После смерти А.Сапеги осталась неизданной рукопись "Об обычаях и литературе славянской".

В.А.Ермоленко

ШПИЛЕВСКИЙ ПАВЕЛ МИХАЙЛОВИЧ (к 175-летию со дня рождения)

Известный белорусский этнограф, путешественник и публицист П.М.Шпилевский родился 12 ноября 1823 г. в д.Шпилювичи Бобруйского уезда Минской губернии в семье священника. Закончил Минскую семинарию (1843 г.) и Петербургскую духовную академию (1847 г.). В совершенстве владел латинским, греческим, немецким и французским языками. Еще во время учебы в академии опубликовал ряд научных работ по этнографии Западного края, составил "Слоўнік беларускай мовы" (1845 г., рукописный отдел библиотеки Петербургской АН).

По окончании академии преподает словесность в Варшавском духовном училище. В этот период в Петербурге издается его первая крупная работа "Описание посольства Льва Сапеги в Москву в 1600 году". Эта работа, хорошо воспринятая столичными учеными, была подготовлена на основе рукописей, обнаруженных Шпилевским в библиотеке Пусловского на Слонимщине. В июне 1852 г. Шпилевский оставляет работу в Варшавском училище.

С 1853 г. П.М.Шпилевский постоянно живет и работает в Петербурге. Продолжительным и плодотворным становится его сотрудничество с журналом "Пантеон", где он издает серию этнографических статей о белорусах (1853–1856 гг.), которые были положительно оценены Чернышевским и Добролюбовым. Московский журнал "Москвитянин" опубликовал весьма ценную работу Шпилевского о белорусских поверьях "Исследования о вурдалаках" (1853 г.), в которой, в частности, отмечается: "На страницах наших журналов постоянно появляются разные исследования о древностях Афин и Рима. А древности Западной России, особенно Беларуси, как будто считаются излишне малозначащими... Беларусь же по справедливости можно назвать столицей древней славянорусской мифологии, там – исток всех языческих верований предков наших".

Шпилевский периодически осуществляет экспедиционные этнографические поездки в Западный край и Польшу. В серии очерков "Путешествие по Полесью и Белорусскому краю" ("Современник", 1853–1855 гг.) приводит интересные сведения по истории городов, местечек и деревень, дает описание быта белорусского народа. Эта весьма ценная в историческом, этнографическом и краеведческом плане работа была вскоре (1858 г.) издана отдельной книгой. Много внимания в ней было уделено Минску и Минщине. Издает "Очерки Жмуди" (1855 г.) и работу "Мозырьщина. С путешествия по западнорусскому краю" (1859 г.), указывая в них на самобытность белорусского языка.

Скончался Павел Шпилевский 29 октября 1861 г. и похоронен в Петербурге. Белорусский народ отдает дань уважения Павлу Михайловичу Шпилевскому, стоявшему у истоков национальной этнографии.

В.А.Ермоленко

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ СИДОР



17 июля 1998 г. на 62-м году жизни скончался известный белорусский экономикогеограф, педагог, доктор педагогических наук, профессор Сергей Иванович Сидор. Не стало человека, имя которого широко известно ученикам и учителям школ, студентам и преподавателям географических факультетов вузов, географической научной общности Беларуси.

С.И.Сидор родился 25 мая 1937 г. в деревне Яновщина Зельвенского района Гродненской области в крестьянской семье. Закончил Туловскую среднюю школу, а затем Волковысское педучилище. С 1959 по 1967 г. работал в школах Гродненской области, вначале учителем Котчинской и Зарудовской школ Мостовского района, а затем директором Индурской школы рабочей молодежи Гродненского района. Заочно закончил географический факультет БГУ и как один из лучших студентов был рекомендован в аспирантуру. Учебу в аспирантуре С.И.Сидор завершил на кафедре географии Минского пединститута защитой в 1971 г. кандидатской диссертации на тему "Несельскохозяйственные сельские поселения БССР: проблемы и перспективы их развития".

После окончания аспирантуры работал научным сотрудником НИИ педагогики Министерства просвещения БССР (1970–1971 гг.), а затем старшим преподавателем Могилевского пединститута (1971–1974 гг.).

В 1974 г. С.И.Сидор был приглашен на кафедру экономической географии СССР географического факультета БГУ. Здесь он работал старшим преподавателем, и.о.доцента, доцентом свыше 18 лет. Это был очень плодотворный период его деятельности. Сергей Иванович занимался решением важных для республики проблем географической подготовки учащихся средних школ. Им были опубликованы десятки статей по методике преподавания географии в журналах "География в школе", "Народная асвета", "Географія: праблемы выкладання" и других изданиях. В 1986 г. им подготовлен "Географический словарь школьника" и "Пособие по географии для поступающих в вузы" и др. В 1989 г. рукопись учебника по географии Беларуси, подготовленная С.И.Сидором, победила в республиканском конкурсе и была издана. Это был первый полноценный учебник для средних школ Беларуси. С.И.Сидор реализовал на практике идею глубоко почитаемого им профессора А.А.Смолича о необходимости детального и всестороннего изучения родного края. Учебник С.И.Сидора переиздавался уже более 10 раз с дополнениями и уточнениями автора.

Большой вклад внес С.И.Сидор в подготовку специалистов-географов и послевузовскую переподготовку учителей географии. Для студентов-географов он читал основные учебные курсы по экономической географии, в том числе по экономической и социальной географии Беларуси. Им подготовлено большое количество учебно-методических пособий и разработок, составлены программы по читаемым курсам, а также циклы лекций для слушателей республиканского и областных институтов усовершенствования учителей, с которыми Сергей Иванович выступал ежегодно.

В 1991 г. С.И.Сидор защитил докторскую диссертацию на тему "Социально-экономическая география СССР: наука и учебная дисциплина", которая явилась результатом многолетней творческой работы над проблемой и обобщением опыта педагогической деятельности. Период после 1991 г. отличается еще большей творческой активностью С.И.Сидора. С его участием выходят "Хрестоматия по экономической географии СССР" (1991 г.), "Энциклопедический справочник по географии Беларуси" (1992 г.), "Занимательная география Беларуси" (1995 г.) и др. Кроме того, С.И.Сидор опубликовал множество теоретических статей по экономической географии и проблемам ее преподавания в школах и вузах.

С.И.Сидор был руководителем авторского коллектива, созданного Министерством образования Республики Беларусь для разработки концепции географического образования в школах Беларуси. Много работал над проблемой реформирования школьного образования.

Многогранной и плодотворной была общественная деятельность С.И.Сидора. Он был членом ряда учебно-методических объединений, советов, секций, работал в составе двух специализированных советов по защите диссертаций (БГУ, БГПУ), был членом совета и председателем отделения учебной географии Белорусского географического общества, заместителем главного редактора журнала "Географія: праблемы выкладання" и др.

Сергей Иванович Сидор пользовался большим авторитетом и уважением среди коллег и студенческой молодежи. Он оставил о себе добрую память как человек доброжелательный, интеллигентный, скромный и внимательный к людям. Светлая память о Сергее Ивановиче Сидоре, настоящем педагоге и ученом, навсегда останется в сердцах его коллег, тысяч выпускников, всех, кто его знал.

И.И.Пирожник, В.С.Аношко, Л.В.Козловская

РЕФЕРАТЫ

УДК 547.458.6+661.185.223.2

Островская И.Л., Юркштович Т.Л., Капуцкий Ф.Н., Голуб Н.В., Торгашов В.И., Самаль А.Б., Лойко Е.Н. **Синтез и биологические свойства нитро-сульфоэфиров крахмала** // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Получены водорастворимые нитросульфозиферы крахмала и амилопектина со степенью замещения по нитрогруппам 0,6–1,4 и сульфогруппам 0,5–0,8, обладающие антиагрегантным и антикоагулянтным действием. Изучено влияние предварительной обработки, количества нитрогрупп, а также состава сульфатирующей смеси пироксернокислый натрий–диметилсульфоксид, температуры и времени реакции на степень сульфатирования смешанных эфиров амилопектина и крахмала.

Библиогр. 8 назв., табл.4, ил.1.

УДК 678.06:278:66.067.2.38

Бильдюкевич А.В., Варслова Е.С., Бильдюкевич Т.Д., Ларченко Л.В. **Получение полволоконных мембран на основе полисульфона** // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Разработан метод получения полисульфоновых (ПС) мембран в виде полого волокна методом свободного прядения нити на воздухе с подачей осадителя внутрь жидкой нити полимерного раствора. Разработаны и изготовлены специальные стенды для изучения физико-механических характеристик и транспортных свойств волокон. Оценка показателей включала определение геометрических параметров волокна (диаметр, толщина стенок), давление разрыва ($P_{\text{разр}}$), точку пузырька, удельную производительность по воде и коэффициент задерживания (R) по раствору декстрана Т-70.

Библиогр. 4 назв., ил.3.

УДК 541.64+542.952.6:547(315.2+391.1'261)

Капуцкий Ф.Н., Мардыкин В.П., Гапоник Л.В., Мильчанина Т.Л. **Альтернантная сополимеризация пиперилена с метилметакрилатом в присутствии анизолята изобутирпаллуминийдихлорида и пероксида бензоила** // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Изучен процесс альтернантной сополимеризации пиперилена с метилметакрилатом на комплексе $i\text{-BuAlCl}_2 \cdot \text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_5$ с добавками пероксида бензоила. Получены зависимости выхода сополимера и его характеристической вязкости от количества пероксида бензоила и температуры реакции. Установлено, что использование пероксида бензоила увеличивает эффективность сополимеризации и уменьшает расход комплексобразователя в 2,5 раза.

Библиогр. 7 назв., табл.1, ил.2.

УДК 541.183.2.

Мечковский С. А., Лесникович А.И., Воробьева С.А., Заневская Ю.В., Козыревская А.Л., Молоток Е.В. **Высокодисперсные магнитоизвлекаемые сорбенты** // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Предложены методы получения композиционных сорбентов, селективных к ионам цезия, стронция и тяжелых металлов, с использованием измельченной древесины, алкилрезорцинового пенопласта, высокодисперсного магнетита, сорбционно-активных фракций глин и гуминовых кислот. Установлено возрастание констант распределения селективно-сорбируемых металлов с уменьшением их концентрации в растворе. Рассмотрена возможность применения полученных материалов для восстановления загрязненных объектов природной среды.

Библиогр. 5 назв., ил.5.

УДК 543.226+547.796

Балабанович А.И., Левчик С.В., Лесникович А.И., Ивашкевич О.А., Коста Л. **Термическое разложение 5-аминотетразолята натрия** // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Термическое разложение 5-аминотетразолята натрия (НАТ) изучено методами термогравиметрии высокого разрешения, дифференциальной сканирующей калориметрии и термического волюметрического анализа. Разложение НАТ проходит в три стадии в температурных интервалах 280–300, 300–330 и 420–520°C соответственно. На первой стадии происходит разрушение тетразольного цикла с выделением азидата натрия или азотистого водорода. Твердый остаток термолитиз НАТ является термически стабильным и состоит из натриевых солей циано- и трицианомеламина.

Библиогр. 12 назв., ил.3.

УДК 579.22:582.282

Курченко В.П., Сенчук В.В., Гавриленко Н.В., Кукулянская Т.А., Бабицкая В.Г., Щерба В.В. Сравнительная характеристика меланиновых пигментов макромицетов *Phellinus igniarius* и *Inonotus sp.* // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Установлено, что базидиомицеты *Phellinus igniarius* и *Inonotus sp.* синтезируют значительные количества меланиновых пигментов. На основании физико-химических характеристик полученных пигментов делается вывод о том, что черно-коричневые пигменты, синтезируемые макромицетами, являются истинными меланинами. Изучены антиоксидантные свойства меланиновых пигментов в процессе метаболической активации аминобифенилов по пероксидазному пути окисления и ингибирующее действие меланинов в отношении повреждения ДНК продуктами пероксидазного окисления производного бензидина – о-дианизида (3,3'-диметоксibenзидина).

Библиогр. 19 назв., табл.3, ил.3.

УДК 574.52+504.455.058(476.1)

Жукова Т.В. Биогенные элементы в экосистеме Нарочанских озер. I. Годовая и многолетняя динамика содержания в воде азота и фосфора // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Представлен анализ годовой и многолетней (1978–1997 гг.) динамики содержания соединений азота и фосфора в воде Нарочанских озер (Нарочь, Мястро и Баторино), являющихся объектом долгосрочного гидроэкологического мониторинга. Озера четко различаются между собой по запасу биогенных элементов в водной массе, что соответствует их трофическому уровню. Анализ многолетних трендов позволяет выделить два периода с пограничным состоянием в конце 80–начале 90-х гг., что отражает происходящие в экосистеме изменения.

Библиогр. 7 назв., табл.1, ил.3.

УДК 574.52+504.455.058(476.1)

Жукова Т.В., Ковалевская Р.З. Биогенные элементы в экосистеме Нарочанских озер. II. Положение в системе взаимосвязей основных показателей качества воды // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Представлен анализ парных корреляций между эколого-гидрохимическими показателями качества воды в озерах Нарочь, Мястро и Баторино во время вегетационного сезона. В каждом из озер четко прослеживается система взаимосвязей, отражающая замкнутость биохимического круговорота веществ и важное значение биогенных элементов, в первую очередь фосфора. Общее число статистически достоверных корреляций и степень их связи возрастают с увеличением трофического статуса водоемов.

Рассчитаны регрессионные зависимости между содержанием фосфора, уровнем первичной продукции, общим содержанием взвеси и прозрачностью воды.

Табл.4.

УДК 595.768.12:575.21

Миляшевич О.Ю. Фенетический анализ жилкования крыльев *Chrysomela populi* L. (Coleoptera, Chrysomelidae) // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1998. №3.

Проведен фенетический анализ жилкования крыльев в четырех популяциях *Chrysomela populi* из Беларуси. Выделено 44 морфы, среди которых 15 встречаются с достаточно высокой частотой почти во всех выборках. На основании подсчитанных частот морф вычислены показатель внутрипопуляционного разнообразия и доля редких морф для каждой выборки. Для сравнения популяций, а также выборок самцов и самок внутри каждой популяции использовались показатель популяционного сходства и критерий идентичности.

Библиогр. 9 назв., табл.2, ил.3.

УДК 632.4.01/08+582.623.2

Стефанович А.И. Развитие патогенных микромицетов на листьях тополей // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Дана характеристика 6 видов патогенных грибов, паразитирующих на листьях различных видов тополей. Отмеченные микромицеты вызывали ржавчину, пятнистость, мучнистую росу и деформацию листьев.

Библиогр. 7 назв.

УДК 582.288.4

Гулис В.И., Стефанович А.И. Новые находки водных гифомицетов из Березинского биосферного заповедника и некоторых водотоков Минской области // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

В результате исследований водоемов Минской обл. и сопредельных территорий выявлено семь новых для Беларуси видов водных гифомицетов. Приведены особенности морфологии колоний, рассматриваются строение и развитие конидий полученных изолятов, отмечено географическое распространение.

Библиогр. 7 назв., ил.1.

УДК 581.9-893

Джус М.А., Скуратович А.Н., Шимко И.И. *Galium trifidum* L. во флоре Беларуси // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

В последние годы обнаружены три новых местопроизрастания в Минской и Витебской областях Беларуси подмаренника трехраздельного (*Galium trifidum* L.), сведения о котором во флоре республики отсутствовали более 90 лет. Приведены рисунки и отличительные признаки, прилагается список местонахождений вида.

Библиогр. 9 назв., ил.1.

УДК 581.17

Рудковская Е.Е., Кудряшов А.П., Абадовская Л.Э., Юрин В.М. Влияние физико-химических факторов среды на поступление нитратов в клетки водоросли *Chlorella* // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Методом ионоселективной электрометрии определены потоки NO_3^- внутрь клеток *Chlorella* при варьировании освещенности, pH и концентраций нитрат-иона, ортованадата, диэтилстилбестрола и диурона в среде. Установлены константы ингибирования процесса поглощения нитрат-иона. Приведенные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что поглощение NO_3^- клетками *Chlorella* непосредственно связано с работой H^+ -АТФазной помпы плазмалеммы.

Библиогр. 12 назв., табл.1, ил. 3.

УДК 581.132

Кахнович Л.В., Жук И.О. Влияние прометрина на пигментный аппарат растений ячменя // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1998. №3.

Исследовали действие ксенобиотика гербицида *сим*-триазинового ряда прометрина на содержание и состояние фотосинтетических пигментов растений ячменя. Показано влияние прометрина на интенсивность биосинтеза хлорофилла, его состояние и распределение в пигмент-белковых комплексах фотосинтетических мембран.

Библиогр. 10 назв., табл.3.

УДК 582:539.1.047

Демко Г.Г., Соколик А.И., Юрин В.М. Влияние отношения кальций/магний, калиевого фона и кислотности среды на характеристики накопления радиоцезия проростками ячменя // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

В модельных экспериментах изучали комбинированное влияние изменения отношения кальций/магний, калиевого фона и кислотности среды на накопление радиоцезия корневыми системами проростков из раствора. Показано, что скорость накопления радиоцезия зависит от соотношения избирательных и неизбирательных путей поступления радионуклида в корень. Установлено, что уровень накопления радиоцезия минимален на нормальном уровне калия, близкой к нейтральной реакции среды при отношении кальций/магний 2 – 5, когда доля избирательного пути наибольшая.

Библиогр. 6 назв., ил.3.

УДК 63:551.5(0.31)

Мельник В.И., Ковриго П.А. Оценка агроклиматического потенциала возделывания ранних яровых культур на территории Беларуси // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Обобщены многолетние материалы наблюдений сети метеостанций Беларуси. Определены наиболее ответственные агроклиматические периоды в развитии и формировании урожайности яровых культур. Дана оценка неблагоприятных климатических условий: засушливость, переувлажненность. Рассчитаны оптимальные сроки сева (по сравнению с фактическими сроками).

Библиогр. 3 назв., табл.4, ил.1.

УДК 911.5 (476)

Воронкова Н.Ф., Юдаев С.А. Водообеспечение и проблемы охраны водных ресурсов г.Молодечно // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

На примере г.Молодечно рассматриваются вопросы водообеспечения и проблемы охраны и рационального использования водных ресурсов с целью обеспечения населения городов доброкачественной питьевой водой и создания оптимальных условий жизни и отдыха.

УДК 911.2 + 631.47.

Яцухно В.М., Качков Ю.П., Башкинцева О.Ф. Ландшафтно-эрозионное районирование территории Беларуси // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1998. №3.

Показано территориально-дифференцированное влияние ландшафтного фактора на интенсивность и масштабы потенциальной водной эрозии и дефляции почв Беларуси. Рассматриваются методические основы и результаты ландшафтно-эрозионного типологического районирования территории республики.