

ISSN 0372-5340

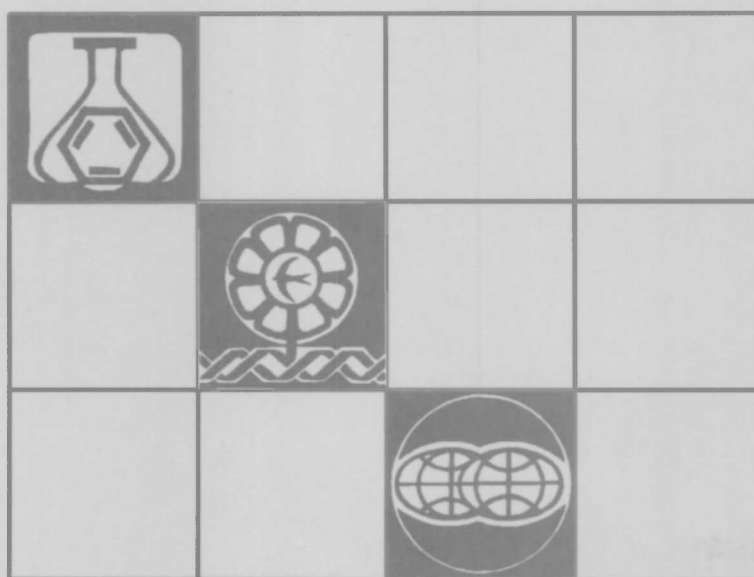
ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета

СЕРИЯ 2

Химия
Биология
География

1/2004



СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

Юркович Т.Л. Влияние физико-химических параметров бинарных растворителей на набухание целлюлозных сорбентов	3
Мардыкин В.П., Костюк С.В., Гапоник Л.В., Мильчанина Т.Л., Капуцкий Ф.Н. Малеинизация углеводородных полимеров	11
Бокшиц Ю.В., Осипович Н.П., Стрельцов Е.А., Шевченко Г.П. Подпотенциальное осаждение свинца на наноразмерные частицы серебра и золота	16
Чернявская А.А., Ковальчук Т.В., Логинова Н.В., Полозов Г.И., Шадыро О.И. Особенности взаимодействия ионов серебра(I) с пространственно-затрудненными производными пирокатехина	20

БИОЛОГИЯ

Корик Е.О., Наумова М.В., Найдун С.Н., Решетников В.Н., Юрин В.М., Семак И.В. Восстановление лигандсвязывающего потенциала вне- и внутриклеточных транспортных систем при внепеченочном холестазе с помощью экстрактов из семян расторопши, лопуха, горца и душицы	26
Самович Т.В., Кудряшов А.П., Аверина Н.Г. Аккумуляция 1,10-фенантролина в клетках хлореллы и транспорт CO ₂ через плазмалемму	31
Савицкий Б.П., Кучмель С.В., Бурко Л.Д., Цвирко Л.С. Роль млекопитающих в циркуляции и сохранении возбудителей болезней человека. Ч. 1. Заболевания вирусной природы	35
Бородин О.И. Биотопическая приуроченность фоновых видов цикадовых Западно-Белорусской ландшафтно-географической провинции	40
Деренговская Р.А., Ковалевская Р.З., Никитина Л.В. Автотрофная и гетеротрофная компоненты в сестоне и осаждающейся взвеси мезотрофного озера	43
Нестерова О.Л. Географическая структура и генезис фауны листоедов (<i>Coleoptera</i> , <i>Chrysomelidae</i>) Беларуси	50
Мелешко Ж. Е., Бородин О. И., Петров Д. Л., Буга С. В. Равнокрылые хоботные насекомые (<i>Insecta: Homoptera</i>) в консорции осины (<i>Populus tremula</i> L.) в Беларуси	54
Поликсенова В.Д. Многолетняя динамика микозов культуры томата в защищенном грунте Беларуси. Ч. 2. Фузариоз. Ботритиоз	59
Храмцов А.К., Купреенко Н.П. Фитопатоконплексы с участием грибов рода <i>Botrytis</i> Micheli на луке репчатом (<i>Allium cepa</i> L.) при хранении	64

ГЕОГРАФИЯ

Токарчук О.В. Некоторые аспекты трансформации гидрографической сети в черте современного г. Бреста в XIX–XX вв.	69
Давыдик Е.Е., Яцухно В.М. Общеввропейская экологическая сеть и перспективы ее создания на территории Беларуси: географический аспект	74
Зарубов А.И., Бахрамов А.Н. Особенности сукцессии прибрежного зоопланктона р. Сож в осенний период	79
Чижевская Ж.А. Историко-географические особенности развития малых городов Беларуси	82
Лопух П.С., Некрасова Л.А., Данилович И.С. Анализ воднобалансовых характеристик и уровня режима оз. Нарочь за многолетний период	87
Мечковская О.А. Особенности использования рекреационных ресурсов стран Центральной и Восточной Европы для развития международного туризма	94
Витченко А.Н., Скриган А.Ю. Методика геоэкологической оценки климата административных регионов	100
Козловская Л.В., Шлопак А.С. География инвестиций в Беларуси: особенности и тенденции переходного периода	105

ХРОНИКА

Лопух П.С., Власов Б.П. Международная научно-практическая конференция «Теоретические и прикладные проблемы современной лимнологии» (Минск, 20–24 октября 2003 г.)	111
---	-----

ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ БЕЛАРУСИ

Губин В.Н. Академик Н.Ф. Блюдоху – геолог, ученый и организатор геологического образования	112
Рефераты	114

ВЕСТНИК

**Белорусского государственного
университета**

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1969 года
один раз в четыре месяца

СЕРИЯ 2

**Химия
Биология
География**

1/2004

Февраль

МИНСК
БГУ

Главный редактор В.Г. РУДЬ

Редакционная коллегия серии:

Ф.Н. КАПУЦКИЙ (*ответственный редактор*),
В.С. АНОШКО, **Г.А. БРАНИЦКИЙ**, **А.Н. ВИТЧЕНКО**, **С.А. ВО-**
РОБЬЕВА (*ответственный секретарь*), **В.Н. ГУБИН**, **Л.В. КОЗ-**
ЛОВСКАЯ (*зам. ответственного редактора*), **И.К. ЛОПАТИН**,
В.В. ЛЫСАК, **И.И. ПИРОЖНИК**, **В.Д. ПОЛИКСЕНОВА** (*зам. от-*
ветственного редактора), **В.А. ПРОКУЛЕВИЧ**, **Е.М. РАХМАНЬ-**
КО, **В.В. СЕНЧУК**, **Л.С. СТАНИШЕВСКИЙ**, **В.М. ЮРИН**

Поликсенова Валентина Дмитриевна

Учредитель:
Белорусский государственный университет
Регистрационный № 805

Валентина
Поликсенова

ВЕСТНИК БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия 2: Хим. Биол. Геогр. 2004. № 1

Адрес редакции: 220050, Минск, ул. Бобруйская, 7, к. 412, 413. Тел. 209-54-00.
E-mail: vestnikbsu@bsu.by

Редактор *И.А. Лешкевич*
Корректор *Л.А. Меркуль*
Технический редактор *Ю.И. Денисов*

Набор и верстка выполнены в редакции журнала *Р.Е. Овсянниковым и Ю.И. Денисовым*

Подписано в печать 25.02.04. Формат 70х108 1/16. Бумага офс. Печать офс.
Гарнитура Arial. Усл. печ. л. 10,15. Усл. кр.-отт. 10,5. Уч.-изд. л. 10,33. Тираж 300 экз. Заказ 178.
Цена: для индивидуальных подписчиков – 5830 р.;
для организаций – 13 029 р.

Отпечатано с готовых диапозитивов заказчика в РУП «Издательский центр БГУ».
220030, Минск, ул. Красноармейская, 6.
ЛП № 461 от 14.08.01

© Вестник БГУ, 2004



УДК 678.54:677.826.26

Т.Л. ЮРКШТОВИЧ

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БИНАРНЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА НАБУХАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ СОРБЕНТОВ

The correlation between swelling of cellulose sorbents in binary solutions (water – methanol, – ethanol, – isopropanol, – acetone) and some physico-chemical parameters of these solutions was investigated. It was shown, that electrstatic intaractions make the main contribution to the energy of swelling.

Среди полимеров медицинского назначения особое место занимают монокарбоксил- и аминокарбоксилцеллюлозы (МКЦ и АКЦ соответственно), обладающие гемостатическим действием и полностью рассасывающиеся в организме без проявления каких-либо токсических эффектов [1–3]. Наличие в составе МКЦ и АКЦ ионогенных групп позволяет использовать их в реакциях ионного обмена и получать лекарственные препараты пролонгированного типа действия. Однако неустойчивость в водных растворах оснований, под действием которых протекают процессы деполимеризации и деструкции, сопровождающиеся сильным набуханием, переходящим в частичное растворение сорбентов или превращение в гелеобразную массу, ограничивает их применение [4]. Это исключает возможность проведения процессов иммобилизации на МКЦ и АКЦ лекарственных веществ из их водных растворов с $\text{pH} > 7$, т. е. в тех условиях, когда достигается максимальная степень диссоциации карбоксильных групп, обеспечивающая приемлемые величины сорбции и заданную биологическую активность получаемых препаратов. При использовании индивидуальных органических растворителей в процессах сорбции органических ионов МКЦ и АКЦ физическая форма целлюлозного материала сохраняется, но практически полное подавление диссоциации ионогенных групп не позволяет достичь приемлемых величин сорбции.

Ранее нами было показано уменьшение степени набухания МКЦ и АКЦ в бинарных водно-органических растворителях (алифатические спирты, ацетон, диоксан) [5–10] при одновременном сохранении их способности к ионному обмену [11–15]. Установленные при этом закономерности рассматривались исключительно с точки зрения особенностей структуры и природы функциональных групп сорбентов. Вместе с тем свойства бинарных растворителей также влияют на набухание целлюлозных ионообменных материалов, что делает чрезвычайно важным выявление корреляций между степенью набухания и параметрами, характеризующими взаимодействия в смешанных растворителях. Получение таких данных не только внесет вклад в дальнейшую разработку теории ионных равновесий в водно-органических средах, но и позволит прогнозировать влияние на этот процесс смешанного растворителя, исходя из его физико-химических параметров.

Материал и методика

В качестве сорбентов были исследованы исходная немодифицированная целлюлоза, МКЦ, диэтиламинооксипропилцеллюлоза (ДЭАОПЦ) и АКЦ.

Для получения ДЭАОПЦ исходную целлюлозу активировали 12 % раствором гидроксида натрия с последующей этерификацией активированной целлюлозы диэтилэпоксипропиламином в течение 6 ч при температуре 343 ± 2 К [16]. МКЦ и АКЦ синтезировали окислением целлюлозы и ДЭАОПЦ соответственно 10 и 40 % растворами оксида азота(IV) в тетрахлорметане в течение 24 ч при температуре 292 ± 2 К [17, 18]. Содержание каждого типа ионогенных групп в образцах МКЦ, ДЭАОПЦ и АКЦ составляло 1,5 мг-экв/г.

Степень набухания целлюлозных сорбентов (Q , ммоль/г) в бинарных водно-органических растворителях во всем интервале изменения их составов определяли по [5].

В качестве физико-химических параметров бинарных растворителей рассмотрены диэлектрическая постоянная (ϵ), параметр Гильдебранда (σ) и параметр кислотности (E_t^N) [19, 20], отражающий влияние растворителя на положение полосы поглощения в спектре N-(4-фенилоксид)пиридиния и характеризующий кислотно-основные взаимодействия растворенного вещества с бинарным водно-органическим растворителем (для водно-спиртовых сред E_t^N коррелирует с параметром основности [21]).

Значения диэлектрической постоянной, теплоты смешения ($\Delta H_{см}$) и плотности (d) изученных бинарных растворителей, определенные при температуре 298 К, взяты из [22–24]. По этим данным рассчитаны:

1) мольный объем смеси ($\text{см}^3/\text{моль}$)

$$V = (N_o M_o + N_v M_v) / d, \quad (1)$$

где N и M – мольная доля и молекулярная масса органического растворителя (о) и воды (в) соответственно;

2) параметр Гильдебранда ($\text{Дж}^{1/2} \cdot \text{см}^{-3/2}$):

$$\sigma = (\Delta H_{см} / V) = (N_o \Delta H_o + N_v \Delta H_v - \Delta H_{см} - RT) / V, \quad (2)$$

где ΔH_o и ΔH_v – теплота испарения органического компонента (о) и воды (в) соответственно, кДж/моль; R – универсальная газовая постоянная ($R = 8,3143 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{град}^{-1}$); T – температура, К.

Численные значения ϵ , d , $\Delta H_{см}$, V и σ для исследованных бинарных растворителей во всем диапазоне их составов приведены в табл. 1.

Результаты и их обсуждение

Зависимости степени набухания целлюлозы, ДЭАОПЦ, МКЦ и АКЦ от σ , характеризующего плотность когезии жидкой среды [25], приведены на рис. 1. Увеличение степени набухания целлюлозных сорбентов с ростом σ свидетельствует о том, что бинарные смеси с высокой плотностью энергии когезии в большей степени сольватируют функциональные группы сорбента. Сольватационные взаимодействия с функциональными группами максимальны в случае воды, имеющей наибольшее число водородных связей в единице объема. Как видно из рис. 1 а, степень набухания целлюлозы и монофункциональных ионитов на ее основе (МКЦ, ДЭАОПЦ) в смесях вода – органический неэлектролит линейно коррелирует с σ внешнего раствора, однако не является постоянной величиной при фиксированном значении σ и для исходной целлюлозы и монофункциональных ионитов на ее основе увеличивается при переходе от водно-метанольных к водно-этанольным, водно-изопропанольным и водно-ацетоновым растворителям. В этих условиях изменение степени набухания целлюлозных сорбентов для различных бинарных растворителей, вероятно, связано с тем, что теория регулярных растворов, отражающая характер взаимодействия молекул растворителя друг с другом, не учитывает возможности специфических взаимодействий между молекулами неэлектролита и функциональными группами в фазе сорбента.

Таблица 1

Некоторые физико-химические характеристики водно-органических растворителей

N_0	ϵ	$\Delta H_{\text{исп}}^*$	V^{**}	σ^{***}	d_{25}
Вода – метанол					
0,00	78,3	43,99	18,07	48,02	0,997
0,15	68,2	40,93	21,01	44,14	0,957
0,30	60,7	39,79	23,99	40,73	0,925
0,40	54,2	38,89	26,12	38,58	0,904
0,50	49,1	37,97	28,40	36,55	0,880
0,60	44,7	37,03	30,65	34,76	0,862
0,70	41,0	36,06	33,05	33,03	0,842
0,85	36,2	34,52	36,82	30,62	0,813
1,00	32,6	32,84	40,30	28,39	0,757
Вода – этанол					
0,00	78,3	43,99	18,07	48,02	0,997
0,15	60,8	41,47	23,34	42,15	0,953
0,30	47,9	40,54	29,13	37,34	0,908
0,40	41,8	39,89	33,10	34,72	0,882
0,50	37,2	39,25	37,16	32,50	0,861
0,60	33,4	38,63	41,38	30,55	0,843
0,70	30,2	38,02	45,52	28,90	0,827
0,85	26,6	37,15	51,87	26,76	0,807
1,00	24,3	36,15	58,51	24,84	0,785
Вода – изопропанол					
0,00	78,3	43,99	18,07	48,02	0,997
0,15	53,4	41,55	26,09	39,91	0,932
0,30	36,8	40,72	34,48	34,36	0,890
0,40	30,4	40,17	40,42	31,52	0,862
0,50	26,3	39,63	46,48	29,20	0,840
0,60	23,5	39,13	52,49	27,30	0,824
0,70	21,4	38,68	58,52	25,71	0,811
0,85	19,4	38,13	—	—	—
1,00	18,7	—	—	—	—
Вода – ацетон					
0,00	78,3	43,99	18,07	48,02	0,997
0,15	57,7	40,29	25,46	39,78	0,943
0,30	44,8	38,48	33,43	33,92	0,898
0,40	38,7	37,16	38,98	30,87	0,873
0,50	33,7	35,80	44,65	28,32	0,852
0,60	30,0	34,45	50,24	26,19	0,837
0,70	26,8	33,13	56,10	24,30	0,821
0,85	23,3	31,32	64,92	21,97	0,802
1,00	20,9	29,84	68,08	20,10	0,786

Примечание. * Теплота испарения смеси. ** Мольный объем. *** Параметр растворимости Гильдебранда, $T=298\text{ K}$.

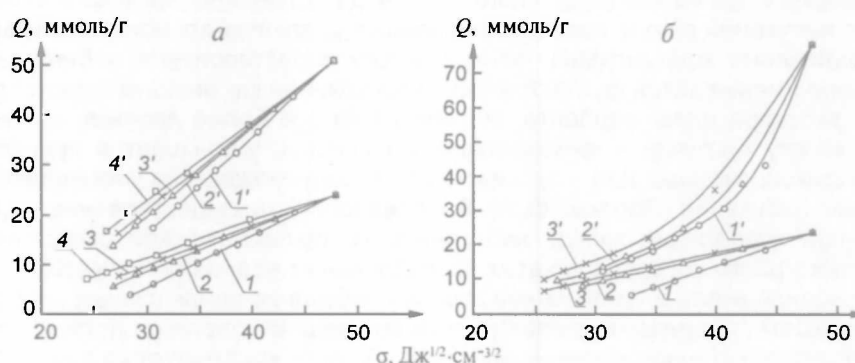


Рис. 1. Зависимость степени набухания (Q , ммоль/г) целлюлозных сорбентов от значений параметра Гильдебранда (σ , Дж^{1/2}·см^{-3/2}) бинарных смесей вода – метанол (1, 1'), вода – этанол (2, 2'), вода – изопропанол (3, 3'), вода – ацетон (4, 4'): а – целлюлоза (1–4), ДЭАОПЦ (1'–4'); б – МКЦ (1–3), АКЦ (1'–3')

Из всех исследованных целлюлозных сорбентов только в случае АКЦ не наблюдается линейной зависимости между степенью ее набухания в бинарных растворителях и σ (рис. 1 б). Это обусловлено тем, что наряду с сольватацией функциональных групп в фазе целлюлозного амфолита образуются внутрисольевые связи между амино- и карбоксильными группами [26], что согласно [27] можно рассматривать как процесс самосольватации.

Линейная зависимость между величинами степени набухания целлюлозных сорбентов и параметрами кислотности E_i^N бинарных растворителей отсутствует. Общее набухание целлюлозы, ДЭАОПЦ, МКЦ и АКЦ при фиксированном значении E_i^N увеличивается в ряду вода – метанол < вода – этанол < вода – изопропанол < вода – ацетон. Отмеченное противоречие можно объяснить тем, что параметр кислотности E_i^N , полученный из уравнения линейной регрессии, содержит вклад как диполь-дипольного, так и ион-дипольного взаимодействий. В то же время процесс распределения бинарной смеси более сложный, поскольку существенную роль в нем играют сольвофобные эффекты, увеличивающиеся при фиксированном содержании органического соразтворителя в указанном направлении [8, 28].

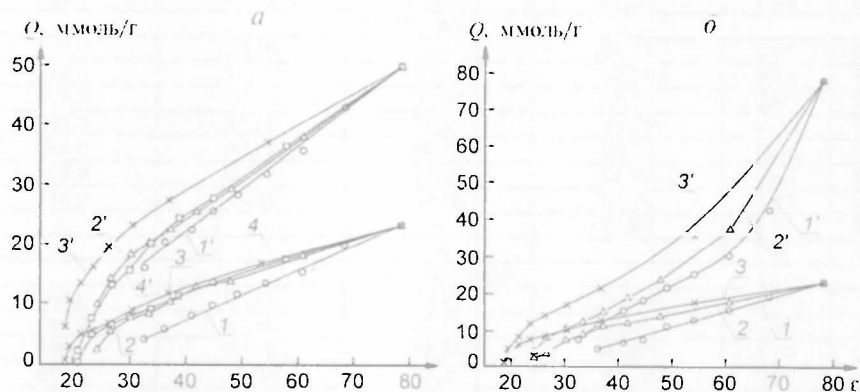


Рис. 2. Зависимость степени набухания целлюлозных сорбентов от значений диэлектрической постоянной (ϵ) бинарного растворителя. Обозначения те же, что и на рис. 1

Одним из слагаемых набухания ионитов является сольватация фиксированных ионов и противоионов молекулами растворителей. При использовании в качестве растворителя воды связь фиксированный ион – противоион характеризуется наибольшей ионностью, что подтверждается высокой степенью набухания в воде всех исследованных целлюлозных ионитов. По мере увеличения концентрации органического соразтворителя в бинарном растворе уменьшается диэлектрическая постоянная как внешнего раствора, так и раствора фазы сорбента, формируются все более прочные ионные пары между противо- и фиксированными ионами, уменьшается ионность связи фиксированный ион – противоион, что сопровождается уменьшением степени набухания. Логично было бы предположить существование определенной корреляции между набуханием и диэлектрической постоянной бинарного раствора ϵ , т. е. во всех исследованных водно-органических смесях основной вклад в уменьшение степени набухания целлюлозных сорбентов с ростом содержания неэлектролита во внешнем растворе должно вносить электростатическое взаимодействие. Однако, как следует из рис. 2, такая линейная зависимость соблюдается для целлюлозы и монофункциональных ионитов на ее основе только при $\epsilon=77,8-40,0$ (рис. 2 а). Последующее уменьшение величины ϵ внешнего раствора сопровождается более резким уменьшением степени набухания этих сорбентов. В случае АКЦ

(рис. 2 б) линейная зависимость Q от ϵ не соблюдается для всех составов бинарных растворителей. Следует отметить, что в интервале 77,8–40,0 значений ϵ внешнего раствора степень набухания целлюлозы, МКЦ и ДЭАОПЦ уменьшается в 2,2–4,6 раза, а АКЦ – в 3,9–7,8 раза, что, вероятно, связано с наличием внутрисолевого комплекса между разноименно заряженными функциональными группами этого сорбента.

Известно, что растворы спиртов в воде представляют собой сетку произвольно ориентированных Н-комплексов, структура которых определяется строением молекул неэлектролита [22]. Для рассматриваемых компонентов бинарного раствора возмущающее действие на воду возрастает в ряду $\text{MeOH} < \text{EtOH} < i\text{-PrOH}$. Зависимость степени набухания целлюлозных сорбентов от природы рассматриваемых спиртов – компонентов бинарного раствора – во всех изученных составах свидетельствует о том, что при $\epsilon = \text{const}$ внешнего раствора наблюдается увеличение сорбции смеси в ряду вода – метанол < вода – этанол $\approx$ вода – ацетон < вода – изопропанол. Разница в степени набухания при фиксированном значении ϵ внешнего раствора может быть обусловлена как различиями во взаимодействии активного центра сорбента с компонентами смеси, так и в межмолекулярных взаимодействиях между ними.

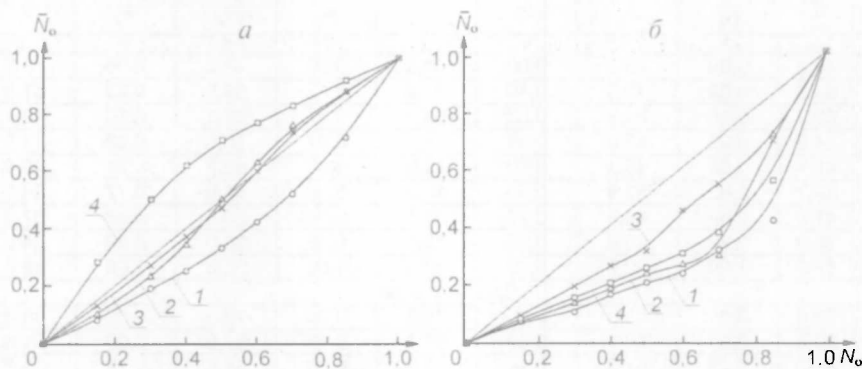


Рис. 3. Изотермы распределения метанола (а) и изопропанола (б) между фазами целлюлозного сорбента и внешнего раствора:
1 – целлюлоза, 2 – МКЦ, 3 – ДЭАОПЦ, 4 – АКЦ

Для понимания причин различного набухания целлюлозных сорбентов в бинарных водно-органических растворителях при фиксированном значении ϵ внешнего раствора рассмотрим особенности распределения органического соразтворителя между фазами целлюлозного сорбента (N_s) и внешнего раствора (N_o). Асимметрия изотерм $N_s - N_o$ (т. е. степень ее отклонения от диагонали квадрата) для всех исследованных целлюлозных сорбентов возрастает при переходе от водно-метанольных к водно-этанольным, водно-изопропанольным и водно-ацетоновым смесям (рис. 3 а, б). Отсюда следует, что состав растворителя в фазе целлюлозного сорбента не соответствует составу внешнего бинарного раствора, причем, как правило, $N_o \ll N_s$ (исключение составляет АКЦ, для которой в системе вода – метанол $N_o > N_s$). Следовательно, концентрация органического соразтворителя (N_o) в фазе целлюлозных сорбентов существенно меньше его концентрации в равновесном внешнем растворе, и поэтому значение диэлектрической постоянной растворителя в фазе сорбента существенно превышает значение диэлектрической постоянной фазы внешнего раствора. При набухании в бинарных водно-органических средах должна соблюдаться определенная корреляция между степенью набухания и ϵ фазы набухших целлюлозных сорбентов.

С целью проверки этих соображений мы рассчитали значения $\bar{\epsilon}_p$ растворителей в фазе сорбентов, используя зависимости $\epsilon - N_0$ и $N_0 - N_0$. Полученные значения $\bar{\epsilon}_p$ сопоставлены со значениями ϵ в табл. 2. Видно, что в системах вода – органический соразтворитель значения ϵ и $\bar{\epsilon}_p$ для всех целлюлозных сорбентов существенно различаются, причем в системах вода – изопропанол, вода – ацетон ϵ растворителя фазы сорбента при различных значениях N_0 на 20–30 единиц превышает значение ϵ фазы внешнего раствора. Можно полагать, что отличия в степени набухания целлюлозных сорбентов в различных водно-органических растворителях обусловлены тем, что $\epsilon_p > \epsilon$, и вносят определенную поправку в значение диэлектрической постоянной набухших сорбентов.

Таблица 2

Значения диэлектрической постоянной внешнего раствора (ϵ) и раствора фазы целлюлозных сорбентов ($\bar{\epsilon}_p$), рассчитанные с помощью изотерм $N_0 - N_0$

N_0	ϵ	Исходная целлюлоза		Вода – метанол				ДЭАОПЦ		АКЦ	
		N_0	$\bar{\epsilon}_p$	МЦ		N_0	$\bar{\epsilon}_p$	N_0	$\bar{\epsilon}_p$	N_0	$\bar{\epsilon}_p$
				N_0	ϵ_p						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3		
0,15	68,2	0,08	72,5	0,10	70,9	0,13	69,9	0,28	61,3		
0,30	60,7	0,19	64,9	0,23	63,7	0,27	62,1	0,50	48,1		
0,40	54,2	0,25	62,5	0,34	58,1	0,37	56,5	0,62	43,5		
0,50	49,1	0,33	58,1	0,50	49,0	0,47	50,5	0,71	40,0		
0,60	44,7	0,42	53,5	0,63	43,5	0,60	45,0	0,77	38,0		
0,70	41,0	0,52	48,5	0,76	39,1	0,74	39,5	0,83	37,0		
0,85	36,2	0,72	40,0	0,88	35,0	0,88	35,0	0,92	34,0		
1,00	32,6	1,00	32,6	1,00	32,6	1,00	32,6	1,00	32,6		
Вода – этанол											
0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3		
0,15	60,8	0,07	69,9	0,09	67,1	0,13	62,5	0,09	61,0		
0,30	47,9	0,15	61,3	0,19	57,5	0,26	51,5	0,18	50,0		
0,40	41,8	0,18	58,5	0,25	52,1	0,34	45,5	0,22	44,2		
0,50	37,2	0,24	52,6	0,30	48,1	0,41	41,7	0,35	39,5		
0,60	33,4	0,32	46,9	0,37	43,7	0,48	37,0	0,44	35,5		
0,70	30,2	0,34	45,5	0,47	38,5	0,54	35,7	0,54	32,5		
0,85	26,6	0,48	37,5	0,70	30,0	0,72	29,4	0,74	28,0		
1,00	24,3	1,00	24,3	1,00	24,3	1,00	24,3	1,00	24,3		
Вода – изопропанол											
0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3		
0,15	53,4	0,07	65,8	0,07	65,8	0,09	62,1	0,08	67,1		
0,30	36,8	0,10	61,3	0,13	56,5	0,19	48,5	0,15	53,4		
0,40	30,4	0,16	52,6	0,18	49,5	0,26	40,5	0,20	49,5		
0,50	26,3	0,20	48,1	0,23	44,1	0,31	34,5	0,25	46,9		
0,60	23,5	0,23	44,1	0,26	41,0	0,45	28,5	0,30	42,0		
0,70	21,4	0,31	36,5	0,29	37,5	0,54	25,0	0,37	35,0		
0,85	19,4	0,41	30,0	0,71	21,0	0,69	21,5	0,55	28,5		
1,00	18,7	1,00	18,7	1,00	18,7	1,00	18,7	1,00	18,7		
Вода – ацетон											
0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3	0,00	78,3		
0,15	57,7	0,04	70,0	0,04	70,0	0,06	67,5	0,06	67,5		
0,30	44,8	0,08	65,1	0,08	65,1	0,12	60,5	0,13	59,1		
0,40	38,7	0,11	62,0	0,10	62,5	0,16	56,8	0,16	56,8		
0,50	33,7	0,13	59,1	0,10	62,5	0,20	53,1	0,20	53,1		
0,60	30,0	0,15	57,7	0,11	62,0	0,25	48,0	0,22	50,7		
0,70	26,8	0,16	56,8	0,12	60,5	0,32	43,0	0,26	47,2		
0,85	23,3	0,17	55,5	0,17	55,5	0,53	32,5	0,43	37,5		
1,00	20,9	1,00	20,9	1,00	20,9	1,00	20,9	1,00	20,9		

Диэлектрическая постоянная фазы набухшего сорбента зависит не только от содержания поглощенного растворителя, но и от его природы. Прямое экспериментальное определение статической диэлектрической постоянной ионитов ($\epsilon_{\text{и}}$) затруднительно из-за их высокой проводимости. Поэтому $\epsilon_{\text{и}}$ преимущественно оценивают по изменению констант кислотной диссоциации одной и той же ионогенной группы для разных структур [29]

$$[\partial \ln K_{\text{д}} / \partial (1/\epsilon_{\text{и}})]_T = -e^2/aRT, \quad (3)$$

где e – заряд электрона; a – сумма радиусов аниона и катиона.

Оценка значений диэлектрической постоянной МКЦ, ДЭАОПЦ и АКЦ по уравнению (3) (7,5; 7,1 и 7,9 соответственно) показала их несущественное отличие от диэлектрической постоянной исходной целлюлозы ($\epsilon_{\text{ц}}=6,7$) [30].

Для оценки усредненной величины диэлектрической постоянной целлюлозных сорбентов, набухших в бинарных водно-органических растворителях ($\bar{\epsilon}$), использовался принцип аддитивности диэлектрических свойств компонентов в изотропных средах [31], на основании которого

$$\bar{\epsilon} = \epsilon_{\text{р}} \cdot y_{\text{р}} + \epsilon_{\text{и}}(1 - y_{\text{р}}), \quad (4)$$

где $\epsilon_{\text{и}}$ – диэлектрическая проницаемость сухого сорбента, $y_{\text{р}}$ – весовая доля растворителя в сорбенте.

Степень набухания монофункциональных целлюлозных ионитов (рис. 4 а), а также исходной целлюлозы (рис. 4 б) во всех бинарных водно-спиртовых растворителях одинакова для фиксированного значения $\bar{\epsilon}$. Это свидетельствует об идентичности механизма сольватации функциональных и гидроксильных групп целлюлозных сорбентов молекулами алифатических спиртов. Подтверждением влияния природы органического соразтворителя на его взаимодействие с гидроксильными и функциональными группами целлюлозных сорбентов является меньшая степень набухания последних в системе вода – ацетон, несмотря на сравнительно высокие значения ϵ (20,07), дипольного момента (2,5 μ) и низкую молекулярную массу ацетона.

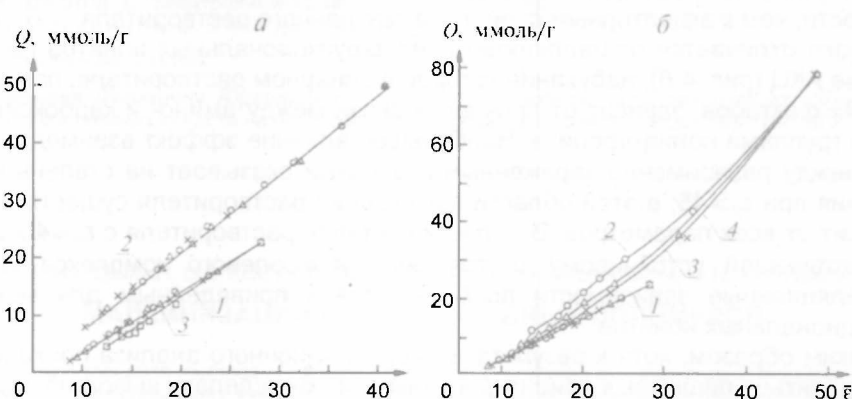


Рис. 4. Зависимость степени набухания целлюлозных сорбентов в бинарных водно-метанольных (о), водно-этанольных (Δ), водно-изопропанольных (х) и водно-ацетоновых (□) растворителях:
а – МКЦ (1, 3), ДЭАОПЦ (2); б – целлюлоза (1), АКЦ (2–4)

Таким образом, полученные результаты позволяют исключить влияние природы функциональных групп ионита и их специфических взаимодействий с органическим компонентом на наблюдаемые изменения набухания при замене неэлектролита одного гомологического ряда. Действительно, практически все целлюлозные сорбенты из бинарных сред избирательно поглощают воду, т. е. сохраняется взаимодействие полярных и функциональных групп с водой (исключение составляют ДЭАОПЦ и АКЦ, для которых в смесях вода – метанол, вода – этанол возможен комбинированный

тип сольватации). На этом основании можно утверждать, что варьирование степени набухания при постоянном значении ϵ внешнего раствора в бинарных водно-органических растворителях, где в качестве органического сорбителя выступают соединения одного гомологического ряда (в данном случае – алифатические спирты), обусловлено главным образом различием межмолекулярных взаимодействий неэлектролита с водой во внешнем растворе, определяющим активность ее компонентов. Эта составляющая в общей величине сорбции смешанного растворителя растет по мере увеличения длины углеводородного радикала спирта, что свидетельствует о наличии по крайней мере двух независимых вкладов (взаимодействие сорбент – смешанный растворитель и межмолекулярное взаимодействие вода – неэлектролит во внешней смеси) в энергию набухания, обусловленных различными свойствами растворителей. Принимая во внимание одинаковую способность спиртов к образованию водородных связей с водой [15], естественно предположить, что в первом приближении разная степень поглощения водно-спиртового растворителя связана лишь с размерами молекул неэлектролита. Рост числа углеродных атомов в молекулах спирта, с одной стороны, снижает интенсивность их взаимодействия с водой и благоприятствует набуханию вследствие увеличения активности компонентов внешней бинарной смеси, с другой – вызывает уменьшение ϵ , что противодействует набуханию, так как при этом ослабевает электростатическое взаимодействие сорбент – растворитель.

Постоянство степени набухания целлюлозы и монофункциональных ионитов на ее основе при фиксированном значении ϵ фазы набухшего сорбента свидетельствует о том, что основной вклад в энергию набухания вносят электростатические взаимодействия, роль которых увеличивается при переходе от целлюлозы к целлюлозным ионитам. Поскольку зависимости степени набухания целлюлозных сорбентов от ϵ внешнего раствора и σ аналогичны, можно предположить, что последний более чувствителен к полярности, чем к акцепторным свойствам смешанного растворителя.

Резко отличается от целлюлозы и монофункциональных ионитов на ее основе АКЦ (рис. 4 б), набухание которой в бинарном растворителе, помимо прочих факторов, зависит от прочности связи между амино- и карбоксильными группами полиамфолита. Наибольшее влияние эффект взаимодействия между разноименно заряженными группами оказывает на степень набухания при $\epsilon_p > 45$; в этой области поглощение растворителя существенно зависит от всех параметров. В области составов растворителя с $\epsilon_p < 45$, соответствующей устойчивому состоянию внутрисолевого комплекса [15], корреляционные зависимости приближаются к приведенным для монофункциональных ионитов.

Таким образом, хотя к результатам корреляционного анализа приходится относиться лишь как к ориентировочным, можно сделать вывод об аддитивности вкладов в энергию набухания целлюлозных сорбентов как сольватационных взаимодействий сорбент – растворитель, так и межмолекулярных связей в бинарных смесях различного состава.

1. Алиновская В.А., Капуцкий Ф.Н., Стельмах В.А. и др. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1993. № 1. С. 34.
2. Капуцкий Ф.Н., Юркштович Т.Л., Талапин В.И. и др. // Там же. 1989. № 2. С. 55.
3. Юркштович Т.Л., Стельмах В.А., Голуб Н.В. // Там же. 1992. № 1. С. 57.
4. Юркштович Т.Л., Алиновская В.А., Капуцкий Ф.Н. // Там же. 1985. № 1. С. 8.
5. Капуцкий В.Е., Капуцкий Ф.Н., Юркштович Т.Л., Мечковский С.А. // Журн. прикл. химии. 1974. Т. 47. № 10. С. 2296.
6. Юркштович Т.Л., Капуцкий Ф.Н., Белая А.В., Ермольчик В.А. // Изв. АН БССР. Сер. хим. наук. 1980. № 5. С. 72.

7. Юркштович Т.Л., Голуб Н.В., Капуцкий Ф.Н., Ткачев С.В. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1981. № 1. С. 16.
8. Белая А.В., Капуцкий Ф.Н., Старобинец Г.Л., Юркштович Т.Л. // Изв. АН БССР. Сер. хим. наук. 1981. № 4. С. 45.
9. Голуб Н.В., Юркштович Т.Л., Капуцкий Ф.Н. // Коллоид. журн. 1986. Т. 48. № 5. С. 1009.
10. Голуб Н.В., Юркштович Т.Л., Капуцкий Ф.Н. // Там же. 1987. Т. 49. № 6. С. 1166.
11. Юркштович Т.Л., Капуцкий Ф.Н. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1979. № 3. С. 15.
12. Юркштович Т.Л., Капуцкий Ф.Н., Устиченко Г.В., Янова Т.В. // Журн. физ. химии. 1986. Т. 60. № 1. С. 167.
13. Голуб Н.В., Юркштович Т.Л., Капуцкий Ф.Н., Сахарова Е.Ю. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1998. № 1. С. 12.
14. Юркштович Т.Л., Голуб Н.В., Капуцкий Ф.Н. // Журн. прикл. химии. 1988. Т. 61. № 6. С. 1338.
15. Голуб Н.В., Юркштович Т.Л., Капуцкий Ф.Н. // Журн. физ. химии. 1989. Т. 63. № 4. С. 941.
16. Ткачев С.В., Капуцкий Ф.Н., Юркштович Т.Л. // Вести АН БССР. Сер. хим. наук. 1983. № 1. С. 42.
17. Капуцкий Ф.Н., Юркштович Т.Л., Драница В.В. и др. // Весці АН Рэспублікі Беларусь. Сер. хім. навук. 1996. № 2. С. 33.
18. Голуб Н.В., Юркштович Т.Л., Капуцкий Ф.Н., Башмаков И.А. // Химия, технология и применение целлюлозы и ее производных: Тез. докл. Всесоюз. конф.: В 2 ч. Владимир, 1985. Ч. 1. С. 6.
19. Kamiet M. J. // Progress in Physical Organic Chemistry. 1981. Vol. 13. P. 485.
20. Grutman V. // Electrochimica Acta. 1976. Vol. 21. P. 6610670.
21. Krugowski T.M., Wrona P.K., Zielkowska U. // Tetrahedron. 1985. Vol. 41. № 20. P. 4519.
22. Ахадов Я.Ю. Дизлектрические свойства бинарных растворов. М., 1997.
23. Белоусов В.П., Морачевский А.Г. Теплоты смешения жидкостей. Л., 1970.
24. Справочник химика: В 7 т. М.; Л., 1975. Т. 3.
25. Barton A.M.F. // Chem. Rev. 1975. Vol. 75. P. 731.
26. Юркштович Т.Л., Капуцкий Ф.Н., Голуб Н.В., Шевчук К.В. // Весці АН БССР. Сер. хім. навук. 1990. № 3. С. 25.
27. Измайлов Н.А. Электрохимия растворов. М., 1996.
28. Старобинец Г.Л. // Успехи химии. 1956. Т. 25. № 12. С. 1502.
29. Шатаева Л.К., Кузнецова Н.Н., Елькин Г.Э. Карбоксильные катиониты в биологии. Л., 1979.
30. Добаш Д. Электрохимические константы. М., 1980.
31. Москвичев Б.В. // Журн. физ. химии. 1971. Т. 45. С. 1317.

Поступила в редакцию 17.11.2003.

Татьяна Лукинична Юркштович – кандидат химических наук, заведующая лабораторией лекарственных средств на основе модифицированных полисахаридов НИИФП БГУ.

УДК 541.64

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

МАЛЕИНИЗАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ*

The main reception methods of maleated hydrocarbon polymers and their area of industrial application have been considered. Preferences and deficiencies each of methods in maleic anhydride and unsaturated hydrocarbon copolymers synthesis with the different contents of maleic anhydride have been discussed.

Углеводородные полимеры, к которым относятся и нефтеполимерные смолы (НПС), имеют широкое практическое применение при производстве полимерных композиций, лакокрасочных материалов, клеев, аппретов и т. д. [1, 2]. Они являются заменителями многих природных материалов – растительных масел, натуральных и синтетических смол. Для более широкого использования углеводородных полимеров им следует придавать специфические свойства. Одним из направлений в решении этой задачи является химическая модификация: введение различных функциональных групп

* Авторы статьи – сотрудники НИИФХП БГУ.

в основную или боковую углеводородную цепь. Так, известно, что при функционализации НПС, синтезируемых иницированной олигомеризацией фракции C_9 -путного продукта этиленовых производств, существенно улучшаются их физико-химические показатели [2].

В данной статье мы представляем основные методы малеинизации углеводородных смол (главным образом нефтеполимерных).

1. Непосредственное взаимодействие полимеров с малеиновым ангидридом

Малеинизации смол методом непосредственного взаимодействия посвящен ряд публикаций [1–6]. Анализируемый метод основан на взаимодействии смол с малеиновым ангидридом (МА) при высокой температуре (до 200 °С). При этом смолы должны быть ненасыщенными, со значением иодного числа (характеристика неопределенности смол) порядка 50–90. Процесс модификации НПС протекает следующим образом. Смолу с Мп 500–3000 смешивают с малеиновым ангидридом и нагревают до 160–200 °С в атмосфере азота. Затем модифицированный продукт промывают водой от свободного ангидрида.

В табл. 1 приведены условия модификации малеиновым ангидридом смолы пиропласт-2 ($T_{разм}$ 65 °С) при 185 °С и свойства образующейся карбоксилсодержащей смолы.

Таблица 1

Условия модификации и свойства образующихся смол

МА, %	Время, ч	Характеристики модифицированной смолы				
		МА, %		$T_{разм}$, °С	Число омыления, мг КОН/г	Иодное число, г J_2 /100 г
		свободный	связанный			
5	8	0,1	4,1	86	48	30
10	8	0,1	8,2	95	83	24
15	8	0,4	12,3	104	140	16
15	2	2,5	11,0	91	135	22
20	8	1,2	17,0	110	170	10

Из данных табл. 1 видно, что метод непосредственного взаимодействия НПС с МА позволяет ввести в цепь олигомера до 20 % малеинового ангидрида. Это приводит, с одной стороны, к существенному увеличению температуры размягчения смол, с другой – к улучшению растворимости полученного продукта в воде или водных растворах щелочей. Модифицированные таким образом НПС используются в качестве заменителя натуральной олифы [5], канифоли при производстве бумаги, связующей композиции в древесноволокнистых плитах [2, 6–8], а также в дорожном строительстве [4].

В заключение следует отметить, что рассмотренный метод позволяет получать модифицированные МА углеводородные смолы с содержанием до 20 % малеинового ангидрида. Причем максимальное содержание МА в цепи полимера определяется как условиями модификации, так и составом исходной смолы (ее неопределенностью). Для получения смол с большим содержанием МА, как правило, реакцию сополимеризации неопределенных углеводородов с малеиновым ангидридом ведут в присутствии инициаторов радикальной полимеризации.

2. Сополимеризация по радикальному механизму

При сополимеризации по радикальному механизму применяют различные по природе инициаторы и иницирующие системы [9, 10]: пероксиды и гидропероксиды органических соединений, перекисные производные неорганических соединений, диазопроизводные и редокс-системы ($H_2O_2 - Fe^{n+}$, персульфат калия – Me^{n+1} , где Me – металл переменной валентности и т. д.) в количестве 0,1–5,0 % мольн. от сомономеров. Как правило, в случае радикальной сополимеризации процесс идет длительное время (1,5–10 ч).

В качестве примера рассмотрим сополимеризацию сольвент-нафты (продукта высокотемпературного пиролиза каменного угля) и малеинового ангидрида. В очищенной нафте, содержащей 0,19 моля ненасыщенных углеводов (инден, кумарон, циклопентадиен и другие мономеры), растворяют 0,2 моля МА и перекись бензоила (1 % от мономеров). Смесь в токе азота выдерживают в течение 8 ч при 100 °С. Осадок отделяют, промывают толуолом и высушивают в вакууме при 70 °С. В результате образуется светло-коричневый порошок. Выход составляет около 76 % [11]. Пленка, изготовленная из такой смолы, изооктанола и полигликоля, прозрачная, блестящая и имеет хорошую адгезию. Следует отметить, что вместо МА можно использовать эквивалентное количество других мономеров: акриловую кислоту, цитраконовый или итаконовый ангидриды, изооктиловый эфир фумаровой кислоты, метилметакрилат и др. [11].

Подобным способом синтезируют сополимер малеинового ангидрида и нефтяного масла, в состав которого входит инден, а также в небольших количествах стирол, α -метилстирол и дициклопентадиен [12, 13]. После этерификации спиртами полученные сополимеры используют в красках в качестве диспергаторов, в адгезивах, а также для выравнивания и полировки поверхностей.

Повышения водорастворимости сополимеров МА и мономеров нефтяного масла можно добиться путем их сульфирования и получения щелочной, щелочноземельной и аммонийной соли. Соплимер сульфuriруют 98 %-й H_2SO_4 при 40 °С в течение 3 ч, а затем нейтрализуют $Ca(OH)_2$. Его выход составляет 92–97 %. Полученный продукт используется для пластификации цементных смесей. Натриевые, калиевые и аммонийные соли сополимера вводят в краску для принтеров, а также применяют в качестве пластификаторов различных пластмасс (полистирола, ПВХ, полиамидов, поликарбонатов) [12, 13].

Предложен новый метод получения олефиновых смол путем синтеза из олефинов (пропилен, гексен-1, бутан-бутеновая фракция) и малеинового ангидрида (мольное соотношение олефин/МА ≥ 1) при 40–180 °С с азосоединениями или перекисями. Указанные смолы используются в качестве адгезивов или для приготовления вододисперсных красок [14–16].

Следует отметить, что сополимеризация олефинов с МА по радикальному механизму позволяет получать преимущественно чередующиеся (альтернантные) сополимеры. Основные условия синтеза и химической модификации таких сополимеров непредельных углеводов и МА, а также их структура, свойства и реакционная способность в реакциях гидролиза, этерификации, амидирования и циклизации достаточно подробно описаны в работах [17, 18]. Поэтому мы приведем лишь несколько примеров синтеза указанного типа сополимеров.

Альтернантный сополимер изобутилена и МА (60:40 мольн.) с высоким выходом образуется в течение 1,5 ч при 50–150 °С в присутствии органических перекисей и азопроизводных в среде различных растворителей (CH_2Cl_2 , дихлорэтан, хлороформ, ТГФ, циклогексан или бензол). Полученный сополимер имеет высокую молекулярную массу (M_n 650 000) и $T_{пл}$ порядка 260–280 °С [19]. Чередующийся сополимер с выходом около 60 % может быть получен радикальной сополимеризацией стирола с МА, иницированной $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ при 30–60 °С [20].

Одной из основных областей применения таких сополимеров является использование их в качестве компатибилизаторов смесей полимеров. Компатибилизаторы – сополимеры, включающие звенья неполярных углеводов и полярных (содержащих функциональные группы) мономеров или привитые сополимеры полярных мономеров к неполярным полимерам. Наиболее часто в качестве полярного сомономера выступает малеиновый

ангидрид. Компатибилизаторы способствуют совместимости двух полимерных компонентов в расплаве или в растворе, реагируя с каждым из них. В результате образуется термодинамически устойчивая смесь полимеров, которые в отсутствие компатибилизатора не взаимодействуют друг с другом. Синтез и основные области применения компатибилизаторов приведены в работе [21] и поэтому нами не обсуждаются.

Из изложенного следует, что радикальная сополимеризация непредельных углеводородов с МА позволяет получать смолы с максимальным содержанием малеинового ангидрида (до 50 %) в цепи сополимера. При этом достаточно часто полученный сополимер имеет чередующуюся структуру. Основные области использования – компоненты вододисперсных красок и компатибилизаторы полимерных смесей.

3. Сополимеризация по катионному механизму

При использовании катионных катализаторов реакцию сополимеризации проводят в течение 1–2 ч. При этом полученный продукт имеет низкую молекулярную массу (обычно <1000), т. е. является олигомером, а процесс протекает при сравнительно низких температурах. В качестве катализаторов применяют обычные кислоты Льюиса (AlCl_3 , TiCl_4 , SnCl_2 , RAlX_2 и др.), их комплексы с электронодонорами (AlCl_3 -эфир, BF_3 -эфир, фенол и др.), а также протонные кислоты (H_2SO_4 , CCl_3COOH и др.). В качестве растворителей используют, как правило, предельные, ароматические углеводороды и их галоидпроизводные [22].

С катионными катализаторами (комплекс BF_3 , AlCl_3 , TiCl_4 , алюмосиликат, активированная глина) получают ароматические смолы, модифицированные карбокислотами или ангидридами α -, β -ненасыщенных дикарбоновых кислот из фракции 140–220 °С при 10–160 °С в течение 0,5–5 ч [23, 24]. Так, смола на основе стирола и *o*-гидроксibenзойной кислоты растворима в водных основаниях, ацетоне, этаноле, бензине. Она устойчива к окислению на воздухе и УФ-облучению и предназначена для изготовления нежелтеющих красок, имеющих хорошую адгезию [23]. Алифатическая углеводородная смола, полученная с катализаторами Фриделя – Крафта из фракций C_4 , C_5 и модифицированная ненасыщенными карбокислотами или их ангидридами, используется для проклейки бумаги [25].

Способ получения близкой по свойствам к модифицированной НПС канфолетерпеномалеиновой смолы (КТМС) описан в [26, 27]. Она образуется из раствора сосновой живицы в живичном скипидаре и 43 % мас. МА в присутствии 0,01 % мас. CaJ_2 . Реакция проводится при 165–175 °С в течение 10 ч, затем остатки скипидара отгоняют в вакууме. Выход КТМС с к. ч. 270 составляет около 86 %, а $T_{\text{разм}}$ ее 74 °С. Смола растворима в спирте, эфирах, ацетоне. В качестве активатора можно применять LiJ , NaJ и KJ . Синтезированная смола может использоваться в электронной и электрохимической промышленности.

Из изложенного следует, что при сополимеризации МА с непредельными углеводородами в присутствии катионных катализаторов, как правило, образуются сополимеры с небольшим содержанием малеинового ангидрида (<15 %). Данный процесс по сравнению с радикальной сополимеризацией менее продолжителен во времени и протекает при низких температурах. Такую модификацию часто проводят с целью повышения температуры плавления и адгезии синтезируемых смол [28].

4. Сополимеризация с инициаторами и катализаторами

В некоторых публикациях рекомендуется последовательно использовать в процессе сополимеризации радикальные инициаторы и катионные катализаторы [29–31].

Так, привитые сополимеры изобутилена и непредельных карбокислот, имеющие боковые карбоксильные группы, синтезируют в две стадии. Вна-

чале проводят сополимеризацию изобутилена с 2-метилалкенами-1 с катионным катализатором при 20 °С. Затем, используя инициаторы, осуществляют прививку ненасыщенных кислот при температуре выше 100 °С. Полученный сополимер можно использовать в качестве клеящей массы и уплотнителя [29].

Сополимер фракции с температурой кипения 150–300 °С и МА (акриловой кислотой, талловой канифолью) получают следующим образом. Вначале сополимеризуют фракцию с МА в присутствии диазоизобутиронитрила (ДИБН) при 70–150 °С, а затем добавляют катионный катализатор ($\text{BF}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и проводят полимеризацию при 30–60 °С [30]. Порядок загрузки исходных веществ, условия процесса и показатели синтезированных смол представлены в табл. 2. Из данных видно, что совместное использование в процессе сополимеризации радикальных и катионных инициаторов позволяет существенно повысить выход синтезируемого сополимера. Получаемый продукт рекомендован для проклейки бумаги.

Таблица 2

Сополимеризации фракции и МА в присутствии ДИБН и $\text{BF}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

№	Время*, ч	T, °C	$\text{BF}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, г	Время, ч	T, °C	Выход смолы, %	Кислотное число
1	10	70–85	–	–	–	45	205
2	24	100–135	–	–	–	32	208
3**	6	70–85	1	3	30	60	206
4	12	100–150	–	–	–	73	350
5***	15	70–75	1	60	60	95	210
6	8	70–85	1	3	30	60	200

Примечание. Условия сополимеризации: фракция 100 г, ДИБН 0,5 г (оп. 1–5), 5 г (оп. 6); модификатор: МА 10 г (оп. 1) и 25 г (оп. 4), акриловая кислота 10 г (оп. 2), талловая канифоль (оп. 6).

* Время сополимеризации с ДИБН, ** смола по п. 1 и 10 г МА (оп. 3), *** смола по п. 1 (80 г) и смола по п. 4 (60 г).

Получение терполимера изобутилена, малеинового ангидрида и метакрилатов в ароматическом растворителе в присутствии кислот Льюиса и инициаторов описано в [31]. В автоклав помещают: изобутилен, МА, растворенный в толуоле и раствор комплекса метилакрилата с ZnCl_2 (мольное отношение МА: изобутилен: метилметакрилат 1:1:2). Полимеризацию проводят в течение 4 ч при 60 °С. Выход продукта составляет 50 %.

Как правило, последовательная сополимеризация непредельных углеводородов с МА по радикальному, а затем по катионному механизму позволяет в некоторых случаях значительно повысить выход смол, но не приводит к увеличению количества МА, введенного в цепь сополимера. Таким образом, рассмотрены различные методы получения функционализированных (малеинизированных) углеводородных полимеров и области их практического использования. Обсуждены преимущества и недостатки каждого из методов в синтезе сополимеров МА и непредельных углеводородов с различным содержанием малеинового ангидрида. Наибольшим его содержанием в цепи сополимера характеризуются продукты, полученные по радикальному механизму (до 50 % МА). Сополимеризация с катионными катализаторами протекает при низких температурах в течение небольших промежутков времени, но приводит к получению сополимеров лишь с небольшим содержанием МА (<15 %). В некоторых случаях последовательная сополимеризация непредельных углеводородов с МА по радикальному, а затем по катионному механизму позволяет значительно повысить выход смол.

1. Мокрый Е.М., Дзіняк Б.О., Кичура Д.Б. // Укр. хим. журн. 2002. Т. 68. № 1-2. С. 54.

2. Думский Ю.В. Нефтеполимерные смолы. М., 1988.

3. Капуцкий Ф.Н., Мардыкин В.П. Катионный олигомер пиперилена: синтез, свойства и применение. Мн., 1997. С. 89.

4. Заявка Яп. 2138301; Опубл. 28.05.90.

5. Аксенов В.С., Ниязи Ф.Ф., Галицын А.И. // Химия нефти и газа: Материалы IV Междунар. конф., Томск, 2–6 окт. 2000 г.: В 2 т. Томск, 2000. Т. 2. С. 243.
6. Пат. 2186805 России; Оpubл. 10.08.02.
7. Думский Ю.В., Чередникова Г.Ф., Ивомен В.В. и др. // Нефтепереработка и нефтехимия. М., 1999. № 4. С. 23.
8. Пат. 6300393 США; Оpubл. 09.10.01.
9. Мардыкин В.П. Синтез полимеров. Мн., 1971. С. 89.
10. Долголоск Б.А., Тинякова Е.И. Окислительно-восстановительные системы как источники свободных радикалов. М., 1972.
11. Henglein F., Ilgemann L. // Makromol. Chem. 1963. B. 62. S. 120.
12. Пат. 5229449 США; Оpubл. 20.07.93.
13. Пат. 5166275 США; Оpubл. 24.11.92.
14. Пат. 5298568 США; Оpubл. 29.03.94.
15. РЖХим. 2000. 6С264.
16. Заявка Яп. 61-47711; Оpubл. 08.03.86.
17. Яблонько Б.М., Танчук Ю.В. // Нефтепереработка и нефтехимия. 1990. № 39. С. 45.
18. Ratsch M. // Prog. Polym. Sci. 1988. Vol. 13. P. 277.
19. Пат. 269855 ГДР; Оpubл. 12.07.89.
20. Kuramoto N., Itoh Y., Kido J., Nagai K. // J. Macromol. Sci-Pure Appl. Chem. 1998. Vol. A35. № 1. P. 109.
21. Помогайло А.Д. // Успехи химии. 2002. Т. 71. № 1. С. 18.
22. Заявка России 2000107404/04; Оpubл. 27.10.01.
23. Пат. 3324817 ФРГ; Оpubл. 17.01.85.
24. Пат. 4230840 США; Оpubл. 28.10.80.
25. Пат. 2750070 ФРГ; Оpubл. 10.05.79.
26. Пат. 2105781 России; Оpubл. 27.02.98.
27. Ключев А.Ю., Шляшинский Р.Т., Прокопчук Н.Р., Скаковский Е.Д. // ЖПХ. 1999. Т. 72. № 3. С. 505.
28. Капуцкий Ф.Н., Мардыкин В.П., Гапоник Л.В. и др. // ЖПХ. 2002. Т. 75. Вып. 6. С. 1024.
29. Заявка ФРГ 4329905; Оpubл. 09.03.95.
30. Пат. 3532672 США. 1970.
31. Пат. 149613 ПНР; Оpubл. 30.04.90.

Поступила в редакцию 29.09.2003.

Вячеслав Прокофьевич Мардыкин – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник.

Сергей Викторович Костюк – кандидат химических наук, научный сотрудник.

Людмила Владимировна Гапоник – кандидат химических наук, старший научный сотрудник.

Татьяна Львовна Мильчанина – младший научный сотрудник.

Федор Николаевич Капуцкий – доктор химических наук, профессор, заведующий отделом физико-химии полисахаридов.

УДК 541.182.642:541.138

Ю.В. БОКШИЦ, Н.П. ОСИПОВИЧ, Е.А. СТРЕЛЬЦОВ, Г.П. ШЕВЧЕНКО

ПОДПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ОСАЖДЕНИЕ СВИНЦА НА НАНОРАЗМЕРНЫЕ ЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА И ЗОЛОТА

The process of underpotential deposition of Pb adatoms on the Ag and Au metallic and Ag-Au bimetallic colloidal particles has been investigated. Proposed electrochemical way is a perspective new method of the chemical nature and structure of metallic and bimetallic colloidal particles investigation.

Среди объектов нанохимии особый интерес вызывают ультрадисперсные металлы и наноструктуры на их основе, что связано с их свойствами – оптическими, фотофизическими, каталитическими и др. [1–4]. Одним из основных методов исследования наночастиц металлов (особенно благородных) является метод оптической спектроскопии, эффективность которого обусловлена яркой характеристичностью их спектров поглощения. Появившиеся в последнее время обзоры по спектроскопии ультрадисперсных металлов позволяют с большой надежностью интерпретировать экспериментальные результаты [5, 6]. Однако без учета многофакторности, опреде-

ляемой не только размерами и формой наночастиц, но и химической природой стабилизирующей добавки, зарядом частиц, образованием поверхностных адсорбционных слоев и типом их взаимодействия, природой растворителя и т. д., пока нельзя сделать однозначного заключения о соотношении характеристики частиц и спектров их поглощения. Еще большие трудности возникают при переходе от моно- к биметаллическим наночастицам, формирование которых интересно в связи с возможностью варьирования свойств получаемых систем за счет изменения как их химического состава, так и структуры. В связи со сказанным однозначная интерпретация результатов оптических экспериментов возможна только при сопоставлении их с данными других методов исследования.

Настоящая статья посвящена разработке нового электрохимического подхода к изучению моно- и биметаллических наночастиц Ag, Au и Ag-Au, основанного на использовании в качестве «тестовой» реакции процесса подпотенциального осаждения (underpotential deposition – UPD) атомов свинца (Pb_{ad}) на серебро и золото, который, как известно, протекает на поверхности Au- и Ag-электродов с различными UPD-сдвигами [7–10]. Это позволяло надеяться, что при формировании биметаллических частиц различной структуры UPD Pb_{ad} на их поверхности будет протекать по-разному.

Материал и методика

Исследовались индивидуальные золи Ag и Au, а также коллоидный раствор Ag-Au. Первые получали восстановлением водных растворов $AgNO_3$ и $NaAuCl_4$ борогидридом натрия $NaBH_4$ (мольное соотношение $Ag^+:BH_4^- = 1:2$, $AuCl_4^-:BH_4^- = 1:2.6$; pH~11). Коллоидный раствор Ag-Au формировали восстановлением $NaBH_4$ ионов Ag^+ и $AuCl_4^-$ при их совместном присутствии в растворе. К раствору восстановителя при перемешивании одновременно по каплям добавляли растворы солей серебра и золота в мольном соотношении Ag:Au=1:1 (двухструйный способ). Полученные золи стабильны в течение нескольких суток. Концентрация металлов в них составляла $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Оптические спектры поглощения снимались на двухлучевом спектрофотометре «SPECORD M 40 UV-VIS» в диапазоне длин волн 300–700 нм. Размеры и форму частиц золя определяли методом просвечивающей электронной микроскопии на приборе ЭМ-125. Электрохимические исследования выполнялись в стандартной трехэлектродной стеклянной ячейке с разделенными электродными пространствами на установке, состоящей из потенциостата ПИ-50 с программатором и двухкоординатного планшетного самописца. Использовались Pt-вспомогательный электрод и насыщенный хлорсеребряный электрод сравнения. Рабочие электроды представляли собой Ti-подложки с адсорбированными на них коллоидными частицами металлов. Для этого титановые электроды помещались на 1 сут в соответствующие коллоидные растворы (Ag, Au, Ag-Au), после чего тщательно промывались водой. Предварительно Ti-подложки травились в смеси $HF:HNO_3=1:3$, затем гидрировались в разбавленном растворе HF (1:100) и промывались водой. Были использованы также проволочные Au- и Ag-электроды и электроды из сплава Ag-Au (мольное соотношение 1:1). Растворы для электрохимических исследований готовили с применением бидистиллированной воды, HNO_3 (х. ч.), перегнанной в кварцевом приборе, и $Pb(NO_3)_2$ (о. с. ч.). Перед экспериментами растворы термостатировались (20 °C) и деаэрировались продувкой аргоном. Плотности тока в работе приведены для геометрической площади электродов.

Результаты и их обсуждение

Золи серебра и золота, по данным ЭМ-исследования, образованы частицами округлой формы со средними размерами 8 и 6 нм соответственно. Их оптические спектры приведены на рис. 1. Спектр золя серебра характеризуется заметным поглощением в области 350–550 нм с максимумом при

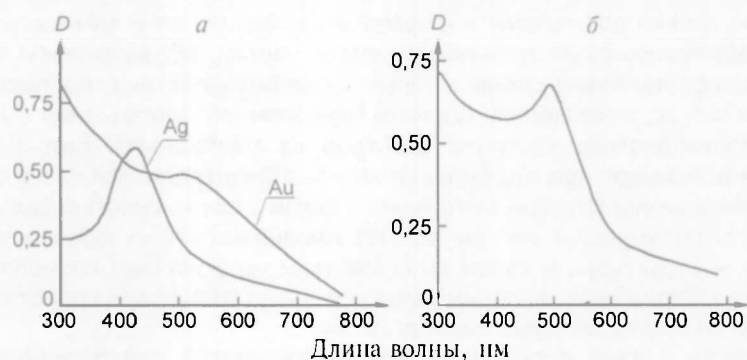


Рис. 1. Спектры поглощения индивидуальных золей Ag и Au (а) и золя Ag-Au (б)

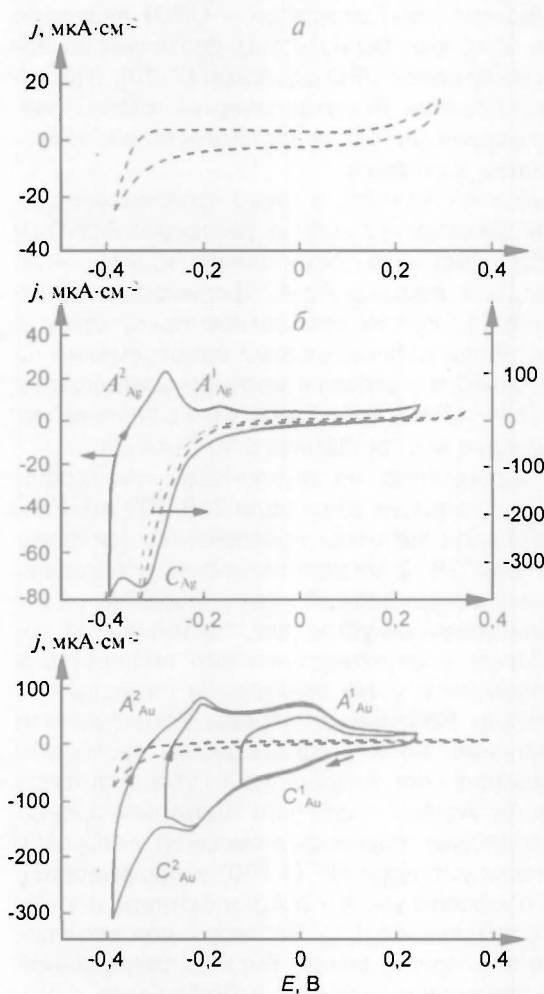


Рис. 2. ЦВА в растворе 0,001 моль/л $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 0,1$ моль/л HNO_3 на Ti-электроде (а), $\text{Ag}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ - (б) и $\text{Au}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ - (в) электродах. Приведены также ЦВА $\text{Ag}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ - и $\text{Au}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ -электродов в фоновом электролите 0,1 М HNO_3 (штриховые кривые). Скорость развертки потенциала 20 мВ/с

(ЦВА) титановых электродов с адсорбированными коллоидными частицами Ag и Au ($\text{Ag}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ и $\text{Au}_{\text{колл}}/\text{Ti}$), а также Ti-электродов в растворах

425 нм, золота – поглощением во всей исследуемой области длин волн с небольшим максимумом при 520 нм. Эти результаты хорошо согласуются с опубликованными данными для коллоидов золота и серебра [11–13]. Биметаллический золь Ag-Au состоит из частиц округлой формы со средним размером 7 нм. Его оптический спектр характеризуется более интенсивным по сравнению со спектром коллоидного серебра поглощением в УФ-области, а единственный максимум поглощения в области 500 нм занимает промежуточное положение по сравнению с максимумами, характерными для Ag- и Au-золей (рис. 1 б). Из литературы известно, что при совместном восстановлении золота и серебра формируются наночастицы сплава Ag-Au, причем в оптическом спектре таких золей наблюдается одна полоса поглощения, положение которой зависит от состава сплава [14, 15]. Условия получения, а также оптические свойства синтезированного биметаллического золя указывают на образование в нашем случае частиц гомогенного сплава Ag-Au.

На рис. 2 приведены циклические вольтамперограммы

0,001 М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 0,1 М HNO_3 и 0,1 М HNO_3 . Как видно из рисунка, при поляризации $\text{Ag}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ - и $\text{Au}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ -электродов в растворе, содержащем ионы свинца, на вольтамперограммах наблюдается несколько катодных и анодных пиков, отсутствующих в фоновом растворе (0,1 М HNO_3). Отсутствуют пики и при поляризации Ti -электродов в растворе 0,001 М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 0,1 М HNO_3 . На $\text{Ag}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ наблюдается катодный пик C_{Ag} с максимумом около -0,32 В и два анодных пика A^1_{Ag} и A^2_{Ag} при -0,28 и -0,17 В соответственно. На $\text{Au}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ -электроде регистрируются два катодных C^1_{Au} и C^2_{Au} при -0,01 и -0,234 В и два анодных пика - A^1_{Au} и A^2_{Au} при -0,202 и +0,01 В соответственно. Значения потенциалов данных пиков совпадают с аналогичными

UPD $\text{Pb}_{\text{ад}}$ на массивных серебряном и золотом электродах [7–10].

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что наблюдаемые на $\text{Ag}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ и $\text{Au}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ -электродах катодные и анодные пики относятся к осаждению и растворению $\text{Pb}_{\text{ад}}$ на поверхности коллоидных частиц серебра и золота. Вольтамперограммы на $\text{Ag-Au}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ -электродах в растворе 0,001 М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 0,1 М HNO_3 отличаются от ЦВА на $\text{Ag}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ - и на $\text{Au}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ -электродах и не являются их суперпозицией (рис. 3). При катодной поляризации регистрируется катодный пик $C_{\text{Ag-Au}}$ при -0,32 В, на анодном скане – анодный пик $A_{\text{Ag-Au}}$ при -0,29 В и, что является отличительной особенностью, катодный пик $C'_{\text{Ag-Au}}$ в области -0,2 В. Проведенное исследование показало: аналогичные кривые наблюдаются на электроде из сплава Ag-Au , хотя значения потенциалов пиков на массивном электроде несколько отличаются от потенциалов пиков на $\text{Ag-Au}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ -электроде (см. рис. 3). Происхождение пика $C'_{\text{Ag-Au}}$ можно объяснить следующим образом: на электроде из сплава Ag-Au в фоновом растворе в области потенциалов, соответствующих пику $C'_{\text{Ag-Au}}$, наблюдается рост катодного тока, связанный с восстановлением водорода. В растворе с ионами Pb^{2+} осаждение адатомов свинца блокирует поверхность электрода и процесс выделения водорода прекращается. Растворение адатомов свинца при анодном скане потенциала снова делает возможным протекание процесса восстановления H_3O^+ , в результате которого наблюдается пик $C'_{\text{Ag-Au}}$. Подтверждением такого объяснения является также и тот факт, что величина пика $C'_{\text{Ag-Au}}$ практически не зависит от скорости развертки потенциала. Отсутствие аналогичного пика на ЦВА индивидуальных коллоидных металлов можно связать с тем, что для последних окисление адатомов Pb происходит при более положительных потенциалах, чем восстановление водорода.

Таким образом, проведенное исследование позволило разработать методику изучения электрохимических процессов на поверхности коллоидных частиц, адсорбированных на электроде-подложке. Изучено UPD $\text{Pb}_{\text{ад}}$ на коллоидных частицах Ag , Au и Ag-Au и показано, что процессы осаждения

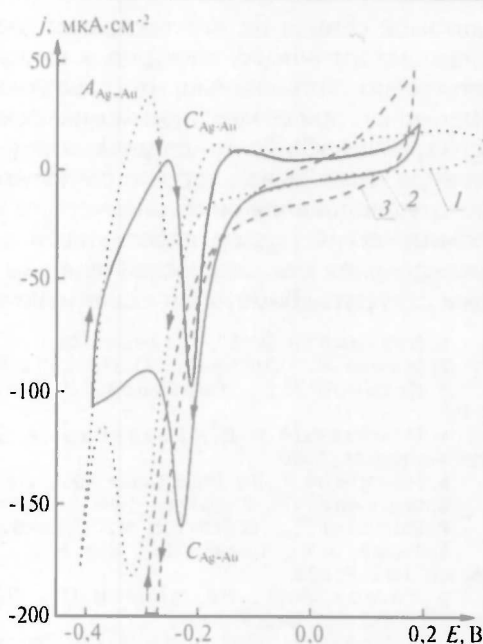


Рис. 3. ЦВА в растворе 0,001 моль/л $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ + 0,1 моль/л HNO_3 на $\text{Ag-Au}_{\text{колл}}/\text{Ti}$ -электроде (1) и электроде из сплава Ag-Au (2), а также фоновые вольтамперограммы на электроде из сплава Ag-Au в 0,1 М HNO_3 (3). Скорость развертки потенциала 20 мВ/с

адатомов свинца на них протекают аналогично тому, как и на массивных поликристаллических электродах из золота, серебра и сплава Ag-Au соответственно. Установлено, что поверхность биметаллических частиц Ag-Au, полученных при совместном химическом восстановлении водных растворов AgNO_3 и NaAuCl_4 борогидридом натрия, представляет собой сплав золота и серебра. Этот вывод хорошо согласуется с результатами спектроскопического исследования биметаллического золя Ag-Au. Разрабатываемый электрохимический подход перспективен в качестве дополнительного метода исследования как химической природы металлических коллоидных частиц, так и структуры биметаллических наночастиц.

1. Бухтияров В.И., Слинько М.Г. // Успехи химии. 2001. Т. 70. № 2. С. 167.
2. Mailer H., Opitz C., Jkala L. // J. Molecular Catalysis. 1989. Vol. 54. P. 389.
3. Логинов А.В., Горбунова В.В., Бойцова Т.В. // ЖОХ. 1997. Т. 67. Вып. 2. С. 189.
4. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М., 2000.
5. Henglein A. // J. Phys. Chem. 1993. Vol. 97. № 21. P. 5457.
6. Mulvaney P. // Langmuir. 1996. Vol. 12. P. 788.
7. Schmidt E., Wuthrich N. // J. Electroanal. Chem. 1970. Vol. 28. № 2. P. 349.
8. Hupp J.T., Larkin D., Lin H.I., Weaver M.I. // J. Electroanal. Chem. 1982. Vol. 131. № 2. P. 299.
9. Lorenz W.J., Hermann H.D., Wuthrich N., Hilbert F. // J. Electrochem. Soc. 1974. Vol. 121. № 9. P. 1167.
10. Schmidt E., Wuthrich N. // J. Electroanal. Chem. 1972. Vol. 34. № 2. P. 377.
11. Berry C.R., Skillman D.C. // J. Appl. Phys. 1971. Vol. 42. № 7. P. 2818.
12. Leff D.V., Brandt L., Heath J.R. // Langmuir. 1996. Vol. 12. P. 4723.
13. Hostetler M., Wingate J. et al. // Langmuir. 1998. Vol. 14. P. 17.
14. Link S., Wang Z.L., El-Sayed M.A. // J. Phys. Chem. 1999. Vol. 103. P. 3529.
15. Han S.W., Kim Y., Kim K. // J. Colloid and Interface Sci. 1998. Vol. 208. P. 272.

Поступила в редакцию 26.09.2003.

Юлия Валентиновна Бокшиц – младший научный сотрудник НИИФХП БГУ.

Николай Павлович Осипович – научный сотрудник НИИФХП БГУ.

Евгений Анатольевич Стрельцов – доктор химических наук, профессор кафедры неорганической химии.

Гайдона Петровна Шевченко – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник НИИФХП БГУ.

УДК 541.182.024

А.А. ЧЕРНЯВСКАЯ, Т.В. КОВАЛЬЧУК, Н.В. ЛОГИНОВА, Г.И. ПОЛОЗОВ, О.И. ШАДЫРО

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОНОВ СЕРЕБРА(I) С ПРОСТРАНСТВЕННО-ЗАТРУДНЕННЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ ПИРОКАТЕХИНА

In most cases Ag(I) ions interact with some of the sterically hindered pyrocatechol derivatives to give silver sol. 2-(4,6-Di-*tert*-butyl-2,3-dihydroxyphenyl)sulfanyl)acetic acid doesn't reduce Ag(I) , but forms a complex therewith. The sols were examined by TEM and optical spectroscopy methods. The complexation was studied by potentiometric titration, and the complex of the pyrocatechol derivative with Ag(I) was characterized by the means of X-ray diffraction and elemental analysis, TGA and IR spectroscopy.

Серебро и его соединения широко применяются как эффективные катализаторы, элементы оптических и электронных устройств, реагенты в медико-биологических исследованиях, в составе лекарственных средств и медицинских материалов. В связи с этим представляет интерес изучение различных аспектов химии серебра. Согласно концепции жестких и мягких кислот и оснований Пирсона, ион серебра(I) является мягкой кислотой и дает относительно устойчивые комплексы с галогенами, аминами, серосодержащими и отчасти кислородсодержащими лигандами, т.е. ион серебра(I) представляет собой характерный комплексообразователь [1]. Вместе с тем

его ионы достаточно легко восстанавливаются до металла, в том числе и многими органическими соединениями. Поэтому изучение особенностей взаимодействия ионов серебра(I) с органическими соединениями является одной из актуальных проблем химии серебра.

В данной работе изучалось взаимодействие с ионами серебра(I) органических соединений – производных пирокатехина: 3,5-ди-*трет*-бутил-пирокатехина (I); 4,6-ди-*трет*-бутил-3-(2-гидроксиэтилсульфанил)-пирокатехина (II); 2-(2,5-дигидроксифенилсульфанил)уксусной кислоты (III); 2-(2,5-дигидрокси-3,4,6-триметилфенилсульфанил)уксусной кислоты (IV); 2-(4,6-ди-*трет*-бутил-2,3-дигидроксифенилсульфанил)уксусной кислоты (V); 8-гидрокси-5,7-ди-*трет*-бутил-2,3-дигидро-1,4-бензоксатиин-2-он (VI); 3-(4,6-ди-*трет*-бутил-2,3-дигидроксифенилсульфанил)-2-метил-карбоксамидопропионовой кислоты (VII).

Выбранные для исследования производные пирокатехинов благодаря присутствию в их функциональных группах электронодонорных атомов O, N, S и особенностям структуры могут участвовать в процессе комплексообразования как лиганды. Вместе с тем производные пирокатехинов являются активными восстановителями (особенно в щелочной среде) и поэтому применяются в качестве проявителей в фотографии [2], а также антиоксидантов [3–5]. Указанные особенности этих соединений обусловили необходимость изучения как возможности образования их комплексов с ионами серебра(I), так и окислительно-восстановительных взаимодействий.

Комплексообразование изучалось методом потенциометрического титрования, который позволяет определить соотношение комплексообразователь/лиганд и рассчитать константу устойчивости комплекса. Если взаимодействие производных пирокатехина с ионами серебра(I) приводило к восстановлению последних, то такие системы использовались для получения устойчивых золей серебра без введения стабилизаторов. Такие золи исследовались методами ЭМ-микроскопии и оптической спектроскопии, дающими информацию о размере и форме частиц дисперсной фазы и изменении этих характеристик при старении золей.

Материал и методика

В работе использовали нитрат серебра и нитрат калия марки “ч. д. а.”, а также производные пирокатехинов, полученные согласно методикам [3–5].

Концентрацию водных растворов нитрата серебра определяли потенциометрическим титрованием хлорид-ионами. Для поддержания постоянной ионной силы в раствор добавляли нитрат калия (0,1 моль/л). Изменение потенциала в ходе титрования фиксировали с помощью иономера И-130. В качестве индикаторного электрода использовали серебряный электрод. Электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод, который соединялся с титруемым раствором посредством солевого мостика, заполненного раствором нитрата калия (0,1 моль/л). Титрование проводилось при постоянном перемешивании при 20 °С добавлением порции титранта (раствор AgNO_3) к раствору лиганда известной концентрации. Процесс завершался, когда потенциал изменялся на небольшую постоянную величину.

Золи серебра получали при добавлении по каплям к водно-спиртовому раствору нитрата серебра раствора (pH 6 или 9) органического восстановителя, постоянно его перемешивая. Для создания щелочной среды раствора нитрата серебра использовали натрий-тетраборатный буфер. Концентрация серебра в золе составляла $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Золи хранились при ограниченном доступе воздуха в закрытых сосудах, защищенных от действия света.

ИК-спектры исходного лиганда и полученного комплекса записывали на спектрофотометре Spectrum-1000 в диапазоне длин волн $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$, рентгенограммы – на приборе ДРОН-3. Образцы готовили диспергированием порошков в вазелиновом масле. Термический анализ проводили на дериватографе ОД-103 при изменении температуры от 20 до 900 °С.

Оптические спектры поглощения золей снимали на спектрофотометре SPECORD M 40 UV-VIS в диапазоне длин волн 300–700 нм. Спектры поглощения золей интерпретировали с учетом спектральных характеристик растворов производных пирокатехинов при pH 6 и 9.

Размеры и форму частиц золей серебра определяли методом просвечивающей электронной микроскопии на приборе УЭМВ-100 ЛМ при увеличении в 40 тыс. и 20 тыс. раз. Препарирование проводили путем нанесения тонкой пленки золя серебра на коллодиевые пленки-подложки.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что взаимодействие ионов серебра(I) с соединениями I–VII приводит к его восстановлению до металла при pH 6 и 9, за исключением соединения V при pH 6.

В случае использования соединения I для получения золей серебра в спектрах фиксируются максимумы поглощения, характерные для коллоидного серебра: в области 412 нм (pH 9) и 405 нм (pH 6) (рис. 1 а, кривая 1). Интенсивность максимума в спектре желто-оранжевого золя, полученного при pH 9, практически не изменяется в течение нескольких суток. Максимум поглощения в спектре свежеприготовленного золя при pH 6 широкий и с низкой интенсивностью. Со временем его интенсивность увеличивается; он становится более узким, а максимум сдвигается в область более коротких длин волн. Эти изменения в спектре могут быть обусловлены постепенным восстановлением серебра и адсорбцией непрореагировавших ионов на поверхности коллоидных частиц [6].

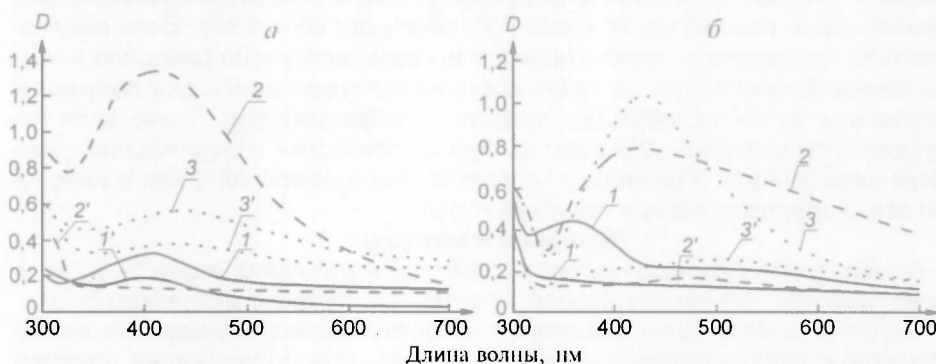


Рис. 1. Спектры поглощения свежеприготовленных золей серебра, полученных с использованием соединений: а – 1 – I, 2 – III, 3 – IV; б – 1 – V, 2 – VI, 3 – VII (' отмечены спектры поглощения золей серебра, полученных при pH 6)

Образования золей в результате взаимодействия нитрата серебра с соединением II не происходит, но на дне и стенках реакционного сосуда появляется серебряное зеркало при pH 6 и 9, что свидетельствует об автокаталитическом характере реакции [7]. В спектрах этих систем после проведения реакции не наблюдается максимумов поглощения, характерных для коллоидного серебра.

Золь, полученный в случае восстановления Ag(I) соединением III при pH 9, имеет оранжево-коричневую окраску, интенсивность которой по мере старения золя снижается. Спектр поглощения свежеприготовленного золя характеризуется значительным максимумом в области 410 нм (рис. 1 а, кривая 2), который сохраняет положение и форму при старении золя, лишь незначительно теряя интенсивность. При pH 6 формируется золь желто-оранжевого цвета, который в процессе старения приобретает светло-зеленую окраску. Спектр поглощения характеризуется максимумом при 309 нм, что согласно [8] позволяет предположить наличие крупных агрегатов частиц се-

ребра. ЭМ-исследование подтверждает присутствие крупных агрегатов частиц в золе.

При восстановлении ионов серебра(I) соединением IV в щелочной среде образуется золь темно-зеленого цвета, окраска которого в процессе старения заметно светлеет. Максимум поглощения свежеприготовленного золя наблюдается в области 430 нм (рис. 1 а, кривая 3). Старение золя приводит к уменьшению оптической плотности в этой области спектра, что свидетельствует об агрегационной неустойчивости золя [9], но положение максимума сохраняется. Золь, полученный при pH 6, имеет светло-зеленую окраску, максимум поглощения фиксируется в области 420 нм, а изменения в спектре при старении аналогичны происходящим с золем, полученным в щелочной среде.

Взаимодействие соединения V с ионами серебра(I) при pH 6 не приводит к образованию коллоидного серебра, о чем свидетельствует отсутствие характеристического максимума поглощения в спектре данной системы. Однако это соединение восстанавливает ионы серебра(I) в щелочной среде. В спектре поглощения наблюдается максимум при 360 нм, который согласно [10] может соответствовать субколлоидному серебру (рис. 1 б, кривая 1). Эта система нестабильна: спустя сутки наблюдается образование серого грубодисперсного осадка (металлическое серебро).

При использовании в качестве восстановителя ионов серебра(I) соединения VI при pH 9 в спектре свежеприготовленного золя наблюдается максимум поглощения в области 420 нм, характерный для коллоидов серебра с размерами частиц более 2 нм (рис. 1 б, кривая 2). Со временем оптическая плотность этого максимума поглощения уменьшается, он становится более пологим, хотя его положение практически не меняется. Восстановление ионов серебра(I) при pH 6 приводит к формированию золя коричнево-серого цвета, который в процессе старения изменяет окраску. Максимум поглощения свежеприготовленного золя достаточно широкий и соответствует ~512 нм. Такой максимум характерен для золей серебра с размерами частиц 25–60 нм. Старение сопровождается незначительным уменьшением оптической плотности с сохранением положения максимума поглощения.

Для системы, полученной в результате взаимодействия ионов серебра(I) с соединением VII, спектр поглощения характеризуется узким интенсивным максимумом при 430 нм (рис. 1 б, кривая 3). Согласно [11] это свидетельствует о наличии коллоидных частиц серебра размером 5–10 нм. Старение золя не затрагивает положение максимума, лишь немного уменьшается оптическая плотность. При pH 6 был получен золь бледно-розового цвета. Спектр поглощения характеризуется очень широким максимумом в области 404–700 нм. Следует также отметить наличие небольшого плеча при 309 нм, которое по мере старения золя исчезает.

ЭМ-исследование показало, что частицы коллоидного серебра и их агрегаты в золях окружены ореолом, образованным, вероятно, органическими веществами-восстановителями и продуктами их окисления. Эта оболочка может обеспечивать стабильность золей. Размеры частиц коллоидного серебра изменяются в пределах от 10 до 35 нм. При использовании в качестве восстановителя соединения VI в золях были обнаружены нити серебра. Их образование может быть обусловлено избирательной адсорбцией органического соединения или продуктов его окисления на поверхности растущих частиц серебра и ингибированием их роста в определенном направлении [12].

Установлено, что неспособность соединения V восстанавливать ионы серебра(I) при pH 6 обусловлена процессом, конкурирующим с редокс-реакцией. В результате образуется нерастворимое соединение, вероятнее всего комплекс, для определения характеристик которого был выбран ме-

тод прямого потенциометрического титрования. При титровании алиquotы раствора соединения **V** раствором нитрата серебра происходит образование белого кристаллического осадка. Кривая титрования имеет S-образную форму. Выделенный комплекс представляет собой мелкокристаллический порошок и характеризуется индивидуальной рентгенограммой, существенно отличающейся от рентгенограммы соединения **V**. Данные термогравиметрического анализа однозначно свидетельствуют об отсутствии молекул растворителя в составе комплекса.

Результаты потенциометрического титрования позволили рассчитать константу нестойкости комплекса ($2 \cdot 10^{-5}$) и определить отношение ионов серебра(I) и лиганд как 1:2. Состав комплекса подтверждается данными элементного анализа (найденно, %: C 49,4; H 6,4; O 17,9; S 7,67; Ag 18,6; для $C_{32}H_{46}O_8S_2Ag$ вычислено, %: C 52,60; H 6,34; O 17,52; S 8,78; Ag 14,76).

В ИК-спектре лиганда полоса поглощения, соответствующая валентным колебаниям C=O карбоксильной группы (рис. 2 а), обнаруживается при 1690 см^{-1} , а в спектрах комплекса (рис. 2 б) она исчезает и появляются полосы при 1550 и 1600 см^{-1} колебаний группы $-\text{COO}^-$. Этот факт дает основание предположить, что координация молекул лиганда происходит с участием карбоксильной группы. В спектре лиганда наблюдаются узкие полосы при $3550\text{--}3350\text{ см}^{-1}$, обусловленные валентными колебаниями связи O—H. Согласно [13] объемные заместители в молекуле лиганда могут препятствовать межмолекулярной ассоциации. В спектрах комплекса серебра(I), напротив, такие полосы уширяются и практически сливаются в одну полосу (3300 см^{-1}), что свидетельствует об участии гидроксильных групп в координационном взаимодействии с ионом металла или образовании водородных связей. Однако координация иона серебра(I) по атому кислорода гидроксильной группы, находящейся в положении 2, способна стабилизировать комплекс за счет формирования 8-членного цикла. Возможно также образование полимерного комплекса серебра(I) с соединением **V**, поскольку такая структура весьма характерна для комплексов серебра(I) [14, 15]. В указанных структурах нитрат-ионы могут выполнять функцию связующего звена в координационных полимерах [16].

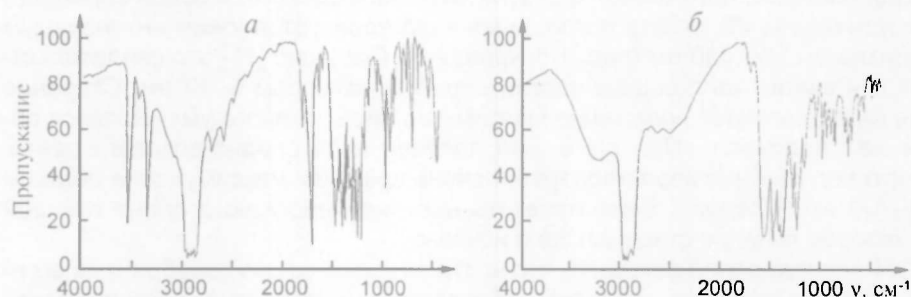


Рис. 2. ИК-спектры соединения **V** (а) и его комплекса с ионами серебра(I) (б)

Синтезированный нами комплекс серебра(I) растворим в диметилформамиде, диметилсульфоксиде, ацетонитриле, умеренно растворим в спиртах, практически не растворим в воде, эфире, хлороформе. При растворении в средах с высокими донорными числами комплекс разрушается с образованием коллоидного серебра [17, 18]. Нами установлено, что комплекс проявляет достаточно высокую антимикробную активность [19].

Таким образом, среди пространственно-затрудненных производных пирокатехина – потенциальных восстановителей – нами выделено соединение, взаимодействие которого с ионами серебра(I) не сопровождается окислительно-восстановительной реакцией, поскольку ей препятствует кон-

курентный процесс комплексообразования. Однако наличие только карбоксильной и гидроксильных групп в положении 2 у производного пирокатехина является недостаточным условием для образования комплекса. Восстановление ионов серебра(I) и агрегация частиц серебра облегчается, если в структуре пирокатехина отсутствуют *трет*-бутильные группы.

1. Желиговская Н.Н., Черняев И.И. Химия комплексных соединений. М., 1966. С. 184.
2. Миз К. Теория фотографического процесса. Л., 1973. С. 228.
3. Масловская Л.А., Петрикевич Д.К., Тимощук В.А. и др. // Журн. общ. химии. 1996. Т. 66. № 11. С. 1893.
4. Там же. С. 1899.
5. Петрикевич Д.К., Тимощук В.А., Шадыро О.И. и др. // Хим.-фарм. журн. 1995. Т. 29. № 12. С. 32.
6. Pastoriza-Santos I., Liz-Marzan L. // Langmuir. 1999. Vol. 15. P. 948.
7. Химическое восстановление металлов из водных растворов / Под ред. В.В. Свиридова. Мн., 1987. С. 16.
8. Пестряков А.Н., Давыдов А.А., Курина Л.Н. // Журн. физ. химии. 1986. Т. 60. № 8. С. 2081.
9. Ершов Б.Г. // Изв. Рос. акад. наук. Сер. хим. 1997. № 2. С. 259.
10. Ершов Б.Г., Троицкий Д.А., Сухов Н.Л. // Химия высоких энергий. 1991. Т. 25. № 3. С. 213.
11. Чернов С.Ф. // Журн. науч. и прикл. фотографии и кинематографии. 1987. Т. 32. № 3. С. 203.
12. Courtney W.G. // J. Chem. Phys. 1957. Vol. 27. P. 1349.
13. Браун Д., Флорид А., Сейнзбери М. Спектроскопия органических веществ. М., 1992. С. 38.
14. Paramonov S.E., Mychio E.V., Troyanov S.I. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2000. Vol. 45. № 12. P. 1852.
15. Cardoc-Davies P.L., Hanton L.R. // Chem. Commun. 2001. P. 1098.
16. Zhao Y.-J., Hong M.-C., Liang Y.-C. et al. // Polyhedron. 2001. Vol. 20. P. 2619.
17. Чернявская А.А., Логинова Н.В., Полозов Г.И., Парфенова М.С. Благородные и редкие металлы: Тр. IV Междунар. конф. «БРМ-2003». Донецк, 2003. С. 391.
18. Parfenova M.C., Agabekov V.E. et al. // Physics, Chemistry and Application of Nanostructures / V.E. Borisenko, S.V. Gaponenko, V.S. Gurin (eds.). New Jersey; London; Singapore; Hongkong, 2003. P. 381.
19. Чернявская А. А., Логинова Н. В., Полозов Г. И. и др. // Рецепт. 2003. № 5. С. 31.

Поступила в редакцию 16.11.2003.

Анна Анатольевна Чернявская – провизор-аналитик Республиканской контрольно-аналитической лаборатории Центра экспертиз и испытаний в здравоохранении.

Татьяна Вячеславовна Ковальчук – аспирант кафедры неорганической химии. Научный руководитель – Н.В. Логинова.

Наталья Васильевна Логинова – кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической химии.

Генрих Иванович Полозов – кандидат химических наук, доцент кафедры радиационной химии и химической технологии.

Олег Иосифович Шадыро – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой радиационной химии и химической технологии.



УДК 615.451.16

Е.О. КОРИК, М.В. НАУМОВА, С.Н. НАЙДУН, В.Н. РЕШЕТНИКОВ, В.М. ЮРИН, И.В. СЕМАК

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛИГАНДСВЯЗЫВАЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ВНЕ- И ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ПРИ ВНЕПЕЧЕНОЧНОМ ХОЛЕСТАЗЕ С ПОМОЩЬЮ ЭКСТРАКТОВ ИЗ СЕМЯН РАСТОРОПШИ, ЛОФАНТА, ГОРЦА И ДУШИЦЫ

Possibility of reduction of ligand binding potential of albumin and glutathione S-transferases under extrahepatic cholestasis using extracts from seeds of *Silybum marianum*, *Aconogonon Weyrichii*, *Lophanthus virescens*, *Origanum vulgare* was studied. Analysis of acquired results testifies to the fact, that the greatest positive effect concerning extra- and intrahepatic transport systems was observed under treatment with extract from the seeds of *Silybum marianum*, that is traditionally used for cure of liver diseases. Influence of extract from *Lophanthus virescens* was not less effective by a number of activities. Extracts from the *Aconogonon Weyrichii* and *Origanum vulgare* have had less positive effect.

Phenomenon of reduction of ligand binding potential of intrahepatic as well as extrahepatic transport systems under influence of investigated extracts allows to predict their high effectiveness under cholestasis and liver cirrhosis.

Холестаз является обычным исходом целого ряда хронических и острых заболеваний печени [1–4]. Внутрипеченочный холестаз наблюдается в случае хронического или вирусного гепатита, первичного билиарного цирроза, медикаментозного или алкогольного поражения печени, а также при эндокринных нарушениях во время беременности и менопаузы. Внепеченочный холестаз может быть вызван обтурацией печеночного и общего желчного протоков изнутри камнями, опухолью или паразитами.

Важное место среди патогенетических механизмов холестаза занимает нарушение вне- и внутриклеточных процессов связывания и транспорта гидрофобных компонентов желчи вследствие уменьшения концентрации аналогичных транспортных белков [5–7]. К числу последних относятся глутатион S-трансферазы и сывороточный альбумин, эффективно связывающие билирубин и желчные кислоты [8, 9]. В результате снижения лигандсвязывающего потенциала транспортных систем содержание свободных компонентов желчи в печени и крови существенно возрастает [10, 11]. Многие из этих соединений, в частности билирубин и желчные кислоты, имеющие гидрофобную природу, активно взаимодействуют с мембранами и белками, вызывая различного рода повреждения клеточного метаболизма [12, 13].

С учетом этого стратегия коррекции патобиохимических механизмов холестаза может быть построена на применении в качестве терапевтических агентов природных индукторов биосинтеза как вне-, так и внутриклеточных белков-переносчиков.

Особый интерес с этой точки зрения представляют водно-спиртовые извлечения из растительного сырья, содержащие комплекс биологически активных веществ полифенольной природы, многие из которых проявляют индуцирующую активность по отношению к целому ряду белков и ферментов [14].

Принимая это во внимание, целью наших исследований стало изучение возможности использования водно-спиртовых экстрактов из семян различных растений для восстановления лигандсвязывающего потенциала печени и крови крыс с внепеченочным холестазом.

Материал и методика

В эксперименте были использованы самцы белых крыс весом 180–200 г, содержащиеся на стандартном рационе вивария. Животные были разбиты на 10 групп по 8–12 крыс. Животные 6–10 групп подвергались хирургической операции, в ходе которой общий желчный проток перевязывался в двух местах и перерезался между лигатурами. Контролем служили «ложно-оперированные» животные 1–5 групп, у которых вскрывали брюшную полость, однако желчный проток не перевязывали и не перерезали. Во время операции животных наркотизировали диэтиловым эфиром. На следующие сутки после операции животным ежедневно в течение 12 дней внутривенно вводили 0,5 мл 20 % спиртового экстракта (из расчета 100 мг сухого сырья на 1 кг массы животного) из семян расторопши пятнистой (группы 2, 7), из семян горца Вейриха (группы 3, 8), из семян лофанта зеленоватого (группы 4, 9), из семян душицы обыкновенной (группы 5, 10). Животные групп 1, 6 получали 20 % спиртовой раствор.

Водно-спиртовые экстракты готовили следующим образом. К 1 г тщательно измельченных в фарфоровой ступке семян добавляли 10 мл 70 % спирта. Смесь нагревали на кипящей водяной бане в течение 3 мин, после чего фильтровали через бумажный фильтр под вакуумом. Полученные экстракты разводили до 20 % непосредственно перед введением животным. На 14 сут после начала эксперимента животных декапитировали, и все дальнейшие операции проводили при 0–4 °С. Цитозольную и микросомальную фракции печени получали методом дифференциального центрифугирования, как было описано ранее [15].

В цитозольной фракции определяли суммарную глутатион S-трансферазную активность по скорости конъюгации 1-хлор-2,4-динитробензола с восстановленным глутатионом. Также измеряли активность изоферментов кпасса мю, кпасса пи и изофермента 5-5 с помощью 1,2-дихлор-4-нитробензола, этакриновой кислоты и паранитрофенэтилбромида соответственно [5]. В сыворотке крови определяли содержание альбумина с помощью коммерческого набора НТК «Анализ Х» (ТУ РБ 02071814.010-95). Концентрацию белка в цитозольной и микросомальной фракциях измеряли методами, изложенными в работах [16, 17].

Результаты и их обсуждение

Процессы обезвреживания эндогенных метаболитов, в избыточных количествах накапливающихся в организме при различного рода патологиях, тесно связаны с их транспортом как на вне-, так и на внутриклеточном уровнях. Основным внеклеточным транспортным белком, обеспечивающим эффективную детоксикацию билирубина и желчных кислот, является альбумин [8].

В результате перерезки желчного протока содержание альбумина в сыворотке крови снижается в 1,5 раза, что свидетельствует о подавлении альбуминсинтезирующей функции печени (табл. 1). Согласно данным литературы, развитие внепеченочного холестаза сопровождается падением уровня мРНК альбумина в печени [18]. Вследствие гипоальбуминемии снижается лигандсвязывающий потенциал крови, что влечет дополнительное напряжение гомеостаза при холестазе в результате возрастания концентрации свободных желчных кислот и билирубина в кровеносном русле [19].

В качестве внутриклеточного аналога сывороточного альбумина в настоящее время рассматривается полиизоферментное семейство ГТ [9]. Уникальной особенностью данных белков является их полифункциональность. ГТ катализируют реакции конъюгации ксенобиотиков и их реакцион-

носпособных метаболитов с глутатионом, восстанавливают органические гидропероксиды, участвуют в метаболизме конечных цитотоксичных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), а также обеспечивают связывание и внутриклеточный транспорт ряда эндогенных лигандов (билирубина, желчных и жирных кислот, производных гема, нейромедиаторов и стероидных гормонов) [9].

Таблица 1

Влияние спиртовых экстрактов на содержание альбумина в сыворотке крови крыс с перерезанным желчным протоком

Животные	Содержание альбумина, мг/мл				
	20 % спиртовой раствор	Расторопша пятнистая	Горец Вейриха	Лопух зеленчатый	Душица обыкновенная
Ложно-оперированные	44,62±2,1	45,66±1,58	49,22±3,29	29,19±1,14	33,53±1,29
С перерезанным желчным протоком	29,44±1,52***	41,93±0,54*	33,72±2,03***	26,5±1,84*	27,84±2,09**

Примечание. Здесь и в табл. 2 * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Таблица 2

Влияние спиртовых экстрактов на активность различных изоферментов глутатион S-трансфераз в печени крыс с перерезанным желчным протоком

Субстрат	Глутатион S-трансферазная активность, нмоль/мин/мг	
	Ложнооперированные животные	Животные с перерезанным желчным протоком
20 % спиртовой экстракт		
1-Хлор-2,4-динитробензол	597,52 ± 21,33	348,2 ± 16,37***
1,2-Дихлор-4-нитробензол	42,17 ± 1,02	32,4 ± 2,28***
Этакриновая кислота	56,69 ± 1,53	57,04 ± 1,73
п-Нитрофенетил бромид	62,0 ± 1,75	48,25 ± 3,83*
РАСТОРОПША ПЯТНИСТАЯ (<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.)		
1-Хлор-2,4-динитробензол	956,01 ± 78,46	923,34 ± 44,42
1,2-Дихлор-4-нитробензол	100,92 ± 8,05	100,79 ± 4,98
Этакриновая кислота	128,53 ± 8,98	130,1 ± 6,21
п-Нитрофенетил бромид	103,46 ± 11,24	103,84 ± 1,87
ГОРЕЦ ВЕЙРИХА (<i>Aconogonon Weyrichii</i> F. Schmidt)		
1-Хлор-2,4-динитробензол	706,99 ± 33,26	520,83 ± 20,03***
1,2-Дихлор-4-нитробензол	49,57 ± 1,98	58,57 ± 2,73**
Этакриновая кислота	55,67 ± 3,65	61,35 ± 2,51
п-Нитрофенетил бромид	49,59 ± 2,74	32,44 ± 0,96***
ЛОПУХ ЗЕЛЕНЧАТЫЙ (<i>Lophanthus virescens</i> (Lipsy) Kocrk.)		
1-Хлор-2,4-динитробензол	848,62 ± 22,26	856,93 ± 39,42
1,2-Дихлор-4-нитробензол	63,63 ± 2,78	91,89 ± 7,49**
Этакриновая кислота	90,8 ± 6,74	116,13 ± 7,38***
п-Нитрофенетил бромид	100,77 ± 5,0	80,5 ± 6,44***
ДУШИЦА ОБЫКНОВЕННАЯ (<i>Origanum vulgare</i> L.)		
1-Хлор-2,4-динитробензол	860,43 ± 31,26	618,42 ± 22,55***
1,2-Дихлор-4-нитробензол	73,08 ± 4,13	71,15 ± 8,62
Этакриновая кислота	84,4 ± 4,97	90,13 ± 7,76
п-Нитрофенетил бромид	76,35 ± 2,99	52,02 ± 5,09***

Перерезка желчного протока вызывает практически двукратное снижение суммарной активности цГТ (табл. 2). Наибольший вклад в суммарную глутатион S-трансферазную активность в печени вносят изоферменты трех классов: альфа (1-1, 1-2), мю (3-4, 3-3) и пи (7-7), а также изофермент 5-5. Поскольку после перерезки желчного протока активность изофермента 7-7 класса пи не изменилась, а изофермента 5-5 уменьшилась на 22 %, падение суммарной активности ГТ произошло главным образом за счет изоферментов класса альфа и мю (см. табл. 2). Снижение активности этих изоферментов при холестазе может быть вызвано их выходом в кровоток через поврежденные клеточные мембраны гепатоцитов и эндотелиальный барьер. Установлено, что гидрофобные желчные кислоты, накапливаясь в избыточных количествах при холестазе, оказывают детергентоподобное дейст-

вие на внешнюю мембрану гепатоцитов, нарушают ее целостность и увеличивают проницаемость как для низко-, так и для высокомолекулярных внутриклеточных компонентов [11]. О правильности выдвинутого предположения свидетельствуют данные литературы, согласно которым при некоторых хронических заболеваниях печени, сопровождающихся холестазом (аутоиммунный гепатит, алкогольный цирроз печени), происходит специфическая утечка изоферментов класса альфа в кровь [20].

Таким образом, полученный нами экспериментальный материал свидетельствует о том, что внепеченочный холестаз сопровождается существенным снижением лигандсвязывающего потенциала как внеклеточных, так и внутриклеточных транспортных систем.

При введении растительных экстрактов улучшаются общее состояние и внешний вид животных, ускоряются процессы заживления хирургических ран и наблюдается значительное снижение тяжести рассмотренных патобиохимических проявлений холестаза. При введении крысам с перерезанным желчным протоком экстрактов из семян душицы и горца снижение активности ГТ было менее выраженным по сравнению с холестазными животными, их не получавшими (см. табл. 2). Практически полное восстановление активности наблюдалось при введении экстрактов из семян расторопши и лофанта, что может быть обусловлено индуцирующим эффектом растительных экстрактов, о чем свидетельствует повышение активности ГТ у контрольных животных (см. табл. 2). Следует отметить наличие определенной избирательности действия экстрактов по отношению к ГТ. При использовании экстрактов из семян расторопши, лофанта и горца наблюдалась выраженная в разной степени индукция изоферментов классов альфа, мю и пи. Наибольший эффект оказывал экстракт из семян расторопши, введение которого приводило к почти двукратному увеличению активности изоферментов всех изученных классов. В то же время экстракт из семян горца в группе контрольных животных не вызвал статистически значимых изменений. Это позволяет предположить, что увеличение суммарной активности ГТ в печени контрольных животных, получавших экстракт из семян горца, скорее всего, обусловлено индукцией изоферментов класса альфа.

Кроме того, нормализация активности ГТ при холестазе может достигаться благодаря предотвращению утечки отдельных изоферментов в кровотоки в результате частичного восстановления барьерной функции плазматической мембраны гепатоцитов.

Следует отметить, что рост активности изоферментов классов мю и пи при введении холестазным животным экстрактов происходит на фоне либо неизменной (расторопша, лофант), либо снижающейся суммарной активности ГТ (горец). Данный феномен может быть обусловлен выраженной в разной степени конститутивной экспрессией ГТ в гепатоцитах и эпителиальных клетках желчных протоков. Изоферменты класса мю составляют большинство ГТ гепатоцитов, и поэтому их потери в результате разрушения гепатоцитарных мембран при холестазе не будут иметь столь серьезных последствий, как в случае изоферментов класса альфа. Немаловажное значение может иметь и следующий факт. В эпителиальных клетках желчных протоков конститутивно экспрессируются главным образом изоферменты классов мю и пи [21]. Согласно данным литературы, в некоторых случаях после введения растительных экстрактов наблюдается пролиферация желчных протоков, на клетки которых в норме приходится около 30 % общей массы печени [22]. Не исключено, что уменьшение суммарного содержания изоферментов класса мю в гепатоцитах в результате их утечки в кровотоки компенсируется их повышенной экспрессией в эпителиальных клетках желчных протоков вследствие активизации пролиферативных процессов, инициированных введением изученных экстрактов.

Способность экстрактов стимулировать активность изоферментов класса мю вызывает особый интерес, поскольку существенно повышает суммарный лигандсвязывающий потенциал ГТ. Известно, что изоферменты этого класса имеют два лигандсвязывающих сайта, в то время как у изоферментов класса альфа обнаружен только один такой сайт, что позволило предположить доминирование у первых транспортных функций над каталитическими [23]. Благодаря этой особенности ГТ класса мю по сравнению с другими изоферментами способны обеспечивать более эффективную защиту клеток от токсического действия билирубина и желчных кислот.

Введение экстрактов приводит к увеличению лигандсвязывающего потенциала сыворотки крови благодаря частичному восстановлению альбуминсинтезирующей функции печени при холестазах. Об этом свидетельствует рост содержания альбумина в сыворотке крови животных с перерезанным желчным протоком, получавших экстракты (см. табл. 1).

Следует отметить, что защитная функция вне- и внутриклеточных транспортных белков в условиях холестаза не ограничивается связыванием гидрофобных соединений. ГТ катализируют реакции восстановления органических гидропероксидов и участвуют в метаболизме конечных цитотоксичных продуктов ПОЛ – ноненалей и дециналей [24]. Вследствие угнетения активности этих ферментов печень становится крайне чувствительной к окислительному стрессу. Установлено, что ингибирование ГТ при холестазах сопровождается накоплением в печени 4-гидрокси-2,3-ноненаля – альдегида, нарушающего синтез белка и ДНК, а также индуцирующего гибель гепатоцитов [25].

Альбумин сыворотки крови благодаря своей способности связывать продукты ПОЛ является одним из антиоксидантных факторов, лимитирующих перекисные процессы в крови [19]. Это подтверждается данными клинических анализов, согласно которым гипоальбуминемия приводит к интенсификации процессов ПОЛ в эритроцитарной мембране [26]. Таким образом, не исключено, что накопление продуктов ПОЛ в сыворотке крови при холестазах, обнаруженное авторами работы [27], связано со снижением содержания сывороточного альбумина.

Таким образом, благодаря своим уникальным свойствам изученные транспортные белки способны не только непосредственно обезвреживать билирубин и желчные кислоты, но и предотвращать развитие окислительного стресса, важная роль которого в патогенезе холестаза в настоящее время не вызывает сомнений.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что наибольшее положительное действие по отношению к вне- и внутриклеточным транспортным системам наблюдается при введении экстракта из семян расторопши – растения, традиционно используемого при лечении заболеваний печени, эффективным по ряду показателей оказался также и экстракт из семян лопуха. В меньшей степени положительное действие оказывали экстракты из семян горца и душицы.

Медикаментозное лечение больных холестазом и циррозом печени включает использование ряда синтетических лекарственных средств с различным механизмом действия. Однако применение многих из них может сопровождаться серьезными побочными эффектами и поэтому не всегда оправдано. Кроме того, использование подобных препаратов в ряде случаев не дает желаемого результата, так как их действие не направлено непосредственно на устранение факторов, играющих важную роль в патогенезе холестаза. Обнаруженный нами феномен восстановления лигандсвязывающего потенциала как внеклеточных, так и внутриклеточных транспортных систем под влиянием изученных экстрактов позволяет прогнозировать их высокую терапевтическую эффективность при холестазах и циррозах печени.

1. Шерлок Ш., Дули Дж. Заболевания печени и желчных путей: Практик. рук. / Под ред. З.Г. Апросиной, Н.А. Мухина. М., 1999.
2. Подымова С.Д. Болезни печени. М., 1993.
3. Reichen J., Simon F.R. // The Liver: Biology and Pathobiology. 1994. P. 1291.
4. Trauner M., Meier P.J., Boyer J.L. // New Engl. J. Med. 1998. Vol. 339. P. 1217.
5. Semak I.V., Semak T.G., Ivanov A.I. // FASEB J. 1997. Vol. 11. № 9. P. 1416.
6. Semak I.V., Semak T.G., Ivanov A.I. // Medical Biochemistry. 2001. Vol. 1. P. 285.
7. Tessari P. // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. 2003. Vol. 6. № 1. P. 79.
8. Kragh-Hansen U., Chuang V.T., Otagiri M. // Biol. Pharm. Bull. 2002. Vol. 25. № 6. P. 695.
9. Listowsky I. // Physiology and Pathophysiology. 1993. P. 397.
10. Sellinger M., Boyer J.L. // Progress in Liver Diseases. 1990. Vol. 9. P. 237.
11. Phillips M.J., Poucell S., Oda M. // Lab. Invest. 1986. Vol. 54. P. 593.
12. Hansen T.W. // Clin. Perinatol. 2002. Vol. 29. № 4. P. 765.
13. Kullak-Ublick G.A., Meier P.J. // Clin. Liver. Dis. 2000. Vol. 4. № 2. P. 357.
14. Canivenc-Lavier M.C., Vernevaux M.F., Totis M. et al. // Toxicology. 1996. Vol. 114. № 1. P. 19.
15. Semak I.V., Pikulev A.T. // Drug. Metab. Drug. Interact. 1994. Vol. 11. P. 237.
16. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L. // J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193. P. 265.
17. Peterson G.L. // Anal. Biochem. 1977. Vol. 83. № 2. P. 346.
18. Krähenbühl S., Marti U., Grant I. et al. // J. Hepatology. 1995. Vol. 23. P. 79.
19. Альбумин сыворотки крови в клинической медицине / Под ред. Ю.А. Грызунова и Г.Е. Добрецова. М., 1994.
20. Beckett G.J., Hayes J.D. // Advances in Clinical Chemistry. 1993. Vol. 30. P. 281.
21. Parola M., Biocca M.E., Leonarduzzi G. et al. // Biochem. J. 1993. Vol. 291. P. 641.
22. Cruz C., Driemeier D., Pires V.S. et al. // J. Vet. Diagn. Invest. 2001. Vol. 13. № 2. P. 170.
23. Muriyama H., Listowsky I. // J. Biol. Chem. 1984. Vol. 259. № 20. P. 12449.
24. Mannervik B., Danielson U.H. // CRC Crit. Rev. Biochem. 1988. Vol. 23. P. 283.
25. Leonarduzzi G., Parola M., Muzio G. et al. // Biochem. Biophys. Res. Comm. 1995. Vol. 214. P. 669.
26. Soejima A., Matsuzawa N., Miyake N. et al. // Clin. Nephrol. 1999. Vol. 51. № 2. P. 92.
27. Panozzo M.P., Basso D., Balint L. et al. // Clin. Experim. Pharm. Physiol. 1995. Vol. 22. P. 266.

Поступила в редакцию 06.11.2002.

Елена Олеговна Корик – младший научный сотрудник НИЛ биохимии обмена веществ.

Мария Викторовна Наумова – аспирант кафедры биохимии. Научный руководитель – кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии И.В. Семак.

Светлана Николаевна Найдун – кандидат биологических наук, ассистент кафедры физиологии и биохимии растений.

Владимир Николаевич Решетников – доктор биологических наук, профессор, академик НАН Беларуси.

Владимир Михайлович Юрин – доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и биохимии растений.

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

УДК 541.144.7

Т.В. САМОВИЧ, А.П. КУДРЯШОВ, Н.Г. АВЕРИНА

АККУМУЛЯЦИЯ 1,10-ФЕНАНТРОЛИНА В КЛЕТКАХ ХЛОРЕЛЛЫ И ТРАНСПОРТ CO₂ ЧЕРЕЗ ПЛАЗМАЛЕММУ

Established the concentrations 1,10-phenanthroline caused maximum accumulation of 1,10-phenanthroline in the cells *Chlorella* sp. Constants of inhibition of CO₂ fluxes were established. The obtained data point to CO₂ uptake process in *Chlorella* cells is linked with inhibition of fluxes across plasma membrane by 1,10-phenanthroline.

Гербициды как препараты с высокой биологической активностью могут влиять на все процессы, имеющие отношение к метаболизму и росту растения. Экспериментально показано, что процессы метаболизма, специфичные для растительных тканей, представляют большую часть известных сайтов гербицидного действия, например фотосинтез, синтез каротиноидов и т. д. Для развития фитотоксического эффекта ряда гербицидов требуется освещение, поскольку их действие связано с подавлением процесса фото-

синтеза, от интенсивности которого значительно зависит рост и развитие растений. Предполагаются, однако, и механизмы, которые не позволяют выделить специфическое действие гербицидов на структуру фотосинтетического аппарата (ФСА) и функциональную активность на разных его уровнях. К таким гербицидам относятся фотодинамические гербициды (ФДГ) [1–3]. По данным литературы, физиологическое действие ФДГ связано с их влиянием на ферменты цепи синтеза хлорофиллов (Хл) [4]. Применение этих препаратов в качестве гербицидов для уничтожения сорной растительности может существенно влиять и на культурные растения, а попадая со стоками в водоемы, они могут стать причиной повреждений или гибели водной растительности.

Фотогербицид глутафен, в состав которого входят глутаминовая кислота (ГК) и 1,10-фенантролин, был получен в лаборатории Института фотобиологии АН БССР [5]. Целью нашей работы стало выяснение закономерностей поступления 1,10-фенантролина в клетки водоросли *Chlorella sp.* и его влияние на фотоиндуцированный транспорт CO_2 через плазмалемму.

Материал и методика

Клетки водоросли выращивали в накопительном режиме в культуральных сосудах при освещении 7000 лк (лампы дневного освещения ЛД-40), температуре $22 \pm 2^\circ\text{C}$ и режиме освещения – 14 ч света, 10 ч темноты. Культивирование проводили на среде Тамия [6], приготовленной на дистиллированной воде. Клетки водоросли отделяли от среды культивирования 5-минутным центрифугированием при 3500 g (центрифуга Опн-8), последующим ресуспендированием в дистиллированной воде и повторным центрифугированием (для отмыва остатков компонентов среды Тамия).

Введение в клетки хлореллы 1,10-фенантролина производилось следующим образом: в суспензию клеток вносили маточный раствор компонента гербицида так, что конечная концентрация составляла 100–1300 мкМ. Затем суспензию водоросли помещали в темноту при $22 \pm 2^\circ\text{C}$. Через каждые 10 мин в течение 1 ч производили определение содержания 1,10-фенантролина в клетках хлореллы. Метод количественного расчета компонента ФДГ основан на способности 1,10-фенантролина связывать ионы Fe^{2+} и образовывать стабильные водорастворимые комплексы с максимумом длины волны поглощения 510 нм. 1,10-Фенантролин экстрагировали из клеток хлореллы спиртом с добавлением раствора сульфата железа(II) и определяли спектрофотометрически по методике, разработанной в Институте фотобиологии АН БССР [7].

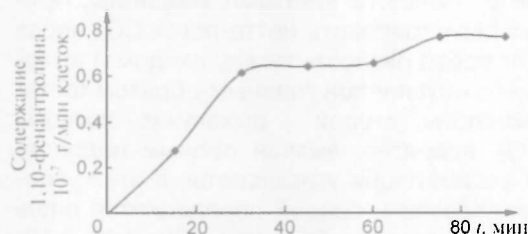
Скорость поглощения или выделения CO_2 клетками определяли методом титрования по скорости подщелачивания или подкисления среды при изменении условий освещения.

Результаты и их обсуждение

Некоторые ароматические гетероциклические соединения, к которым относится 1,10-фенантролин, обладают свойствами хелаторов металлов и способны оказывать комплексное воздействие на биосинтез Хл. В темноте они активируют образование ключевого предшественника этого процесса – 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК) и ингибируют превращение монометилового эфира магний-протопорфирина (IX) (MgПМЭ) в последующие продукты. В результате в растениях накапливаются предшественники Хл – порфирины – эффективные сенситизаторы, вызывающие повреждение живых систем под действием света [8, 9]. В то же время компоненты указанного фотодинамического гербицида могут оказывать влияние и на другие биохимические процессы. В частности, 1,10-фенантролин может воздействовать на ход процессов, в которых принимают участие цитохромы, ферменты, содержащие железо, и другие системы.

Исследования, проведенные на высших двудольных и однодольных растениях, показали, что максимальное накопление темнового уровня прото-

хлорофиллида достигается при использовании 15–20 мМ ГК, а появление и последующее повышение уровня протопорфирина и MgПМЭ регистрируется в растениях, обработанных ГК и 1,10-фенантролином в концентрациях 10–25 мМ [4]. В указанных концентрациях действие фотогербицида оказалось губительным для клеток хлореллы, и накопление предшественников Хл отчетливо регистрировалось уже при микромолярных концентрациях компонентов гербицида [10].



Динамика изменения содержания 1,10-фенантролина в клетках хлореллы

Нами установлено, что при инкубации клеток в 300 мкМ растворе 1,10-фенантролина около 30 мин содержание последнего составляет $0,6 \cdot 10^{-7}$ г/млн клеток (рисунок), что равносильно концентрации около 590 мкМ. Таким образом, было отмечено не только быстрое поступление компонента гербицида в клетку, но и его аккумуляция в гидробионте, причем динамика накопления

1,10-фенантролина в клетках хлореллы характеризовалась многофазностью и тенденцией к насыщению (после периода, превышающего 1 ч).

Степень аккумуляции 1,10-фенантролина клетками водоросли в значительной мере зависела от его концентрации в среде (табл. 1). Так, при его концентрации в среде 200 мкМ коэффициент накопления (K_n) (отношение внутриклеточной и наружной концентраций вещества) в клетках хлореллы после 30 мин инкубации составлял 1,5; при 300 мкМ – 2,0; 400 мкМ – 1,15; 500 мкМ – 0,64, т. е. существует оптимальная концентрация 1,10-фенантролина в среде, когда отмечается максимальное накопление его внутри клеток растения. Если рост K_n с увеличением содержания компонента ФДГ в среде при концентрации от 200–300 мкМ может быть объяснен теорией диффузии, то снижение этого показателя при дальнейшем возрастании содержания 1,10-фенантролина противоречит указанной теории и, скорее всего, обусловлено биологической активностью этого вещества, его влиянием на метаболизм клеток хлореллы. Последующее увеличение концентрации гербицида приводило к снижению скорости накопления вещества в клетках, что может быть связано с непосредственным воздействием 1,10-фенантролина на мембрану клетки водоросли, в результате чего ингибируется транспорт веществ через плазмалемму.

Таблица 1

Зависимость содержания 1,10-фенантролина в клетках хлореллы через 30 мин инкубации с ним от концентрации

Концентрация фенантролина в среде, мкМ	200	300	400	500
Содержание фенантролина в клетках, 10^{-7} г/млн клеток	0,300	$0,615 \pm 0,045$	$0,460 \pm 0,017$	$0,320 \pm 0,028$
Внутриклеточная концентрация фенантролина, мкМ	302,7	$605,9 \pm 0,042$	$464,1 \pm 0,022$	$322,9 \pm 0,031$

Ранее нами было показано, что под действием 1,10-фенантролина происходит подавление фотохимической активности клеток хлореллы [11]. Изменение pH среды в суспензиях клеток определяется главным образом двумя процессами – фотосинтетическим поглощением углекислого газа и экстракцией ионов H^+ из клеток в результате работы H^+ -АТФазной помпы. Направленность изменений pH среды, обусловленная этими процессами, противоположна: активация фотосинтетической фиксации CO_2 при освещении должна приводить к подщелачиванию, а стимуляция светом H^+ -АТФазы – к подкислению среды.

Истинная картина действия 1,10-фенантролина на транспорт углекислоты может быть представлена при непосредственной регистрации обмена CO_2 между клетками хлореллы и средой. Действительно, в присутствии компонента ФДГ отмечалось ингибирование ассимиляции CO_2 клетками водоросли на свету (табл. 2). Причем уже при концентрации 1,10-фенантролина 200 мкМ полностью подавлялся направленный внутрь клеток нетто-поток CO_2 , а при дальнейшем увеличении концентрации фиксировалось еще более интенсивное выделение углекислоты клетками хлореллы. Применяемая нами методика позволяет регистрировать нетто-поток CO_2 через плазмалемму, который представляет собой разность между входом и выходом углекислого газа. Первый процесс обусловлен главным образом фотосинтетической ассимиляцией углекислоты, второй – дыханием. Поэтому эффект обращения транспорта CO_2 , вероятно, вызван полным подавлением процесса фотосинтетической ассимиляции углекислоты; в этих условиях обмен CO_2 между клетками водоросли и средой определяется лишь дыханием. Причем резкое возрастание выхода CO_2 при 500 мкМ 1,10-фенантролина позволяет предположить, что ксенобиотик способен стимулировать дыхание.

Таблица 2

Обмен CO_2 между клетками хлореллы и средой в присутствии 1,10-фенантролина

Концентрация фенантролина в среде, мкМ	0	100	200	300	400	500
10^{-7} г CO_2 /млн клеток (на свету)	0,209±0,014	0,190±0,012	-0,076*±0,003	-0,115±0,002	-0,135±0,004	-0,700±0,036
Трансмембранный обмен CO_2 на свету (% к контролю)	100	91,02	-36,41	-55,09	-64,67	-335,30
10^{-7} г CO_2 /млн клеток (в темноте)	-0,24±0,016	-0,57±0,030	-0,17±0,028	-0,12±0,012	-0,07±0,004	-0,04±0,002
Трансмембранный обмен CO_2 в темноте (% к контролю)	100	237,51	70,83	50,00	29,16	16,66

Примечание. * Знак «-» обозначает выход CO_2 из клетки.

В темноте при инкубации клеток около 30 мин в присутствии 1,10-фенантролина при концентрации 100 мкМ регистрировали выход CO_2 из клеток, причем поток углекислоты более чем в два раза превышал контрольный (см. табл. 2). С увеличением концентрации компонента ФДГ от 200 до 500 мкМ процессы дыхания сильно подавлялись, о чем свидетельствует малый поток CO_2 из клеток.

Наблюдаемые эффекты 1,10-фенантролина не являются следствием развивающегося фотодинамического эффекта (ФДЭ), поскольку для этого необходима экспозиция растений на свету в течение суток и более. Кроме того, проведенные ранее исследования показали: для развития ФДЭ концентрации компонентов ФДГ должны составлять около 300 мкМ. В наших экспериментах ингибирование фотохимической активности клеток проявлялось менее чем через 5 мин иллюминации. Таким образом, исследуемый компонент ФДГ оказывает, вероятно, непосредственное воздействие на процессы фотосинтеза и дыхания. Отсутствие полной корреляции между данными по оценке нетто-потоков CO_2 на основе фотоиндуцированных сдвигов pH и при непосредственном определении CO_2 -обмена позволяет предположить воздействие 1,10-фенантролина и на H^+ -АТФазу плазмалеммы хлореллы.

1. Федтке К. Биохимия и физиология действия гербицидов. М., 1985.

2. Chereskin B.M., Castelfranco P.A. // Plant. Physiol. 1982. Vol. 69. № 1. P. 112.

3. Rebeiz C.A., Montazer-Zouhoor A., Hoppen H.J., Wu S.M. // Enzyme Microbiol. Technol. 1984. Vol. 6. P. 390.

4. Averina N.G., Shalygo N.V., Yaronskaya E.B. // *Photosynthetica*. 1989. Vol. 23. P. 383.
5. А. с. 1517155 СССР. Способ борьбы с сорной растительностью в посевах зерновых/ Шалыго Н.В., Яронская Е.Б., Аверина Н.Г. 1989.
6. Владимирова М.Г., Семененко В.Е. Интенсивная культура одноклеточных водорослей / АН СССР. М., 1962. С. 43.
7. Шалыго Н.В., Яронская Е.Б., Еремеева Е.В. и др. // *Вести АН БССР. Сер. с.-х. наук*. Мн., 1989. № 3. С. 75.
8. Шинкаренко Н.В., Алесовский В.Б. // *Успехи химии*. 1982. Т. 51. Вып. 5. С. 713.
9. Черницкий С.А., Воробей А.В. // *Успехи совр. биологии*. 1986. Т. 101. Вып. 1. С. 100.
10. Самович Т.В., Аверина Н.Г., Шалыго Н.В. и др. // *Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2*. 2002. № 3. С. 29.
11. Кудряшов А.П., Самович Т.В., Юрин В.М. // *Достижения современной биологии и биологическое образование: Тр. Второй междунар. науч.-практ. конф.*, Минск, 29–30 нояб. 2002 г. Мн., 2002. С. 221.

Поступила в редакцию 09.09.2003.

Татьяна Викторовна Самович – младший научный сотрудник Института фотобиологии НАН Беларуси.

Анатолий Петрович Кудряшов – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии и биохимии растений.

Наталья Георгиевна Аверина – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института фотобиологии НАН Беларуси.

УДК 599:616.988

Б.П. САВИЦКИЙ, С.В. КУЧМЕЛЬ, Л.Д. БУРКО, Л.С. ЦВИРКО

РОЛЬ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЦИРКУЛЯЦИИ И СОХРАНЕНИИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ ЧЕЛОВЕКА. Ч. 1. ЗАБОЛЕВАНИЯ ВИРУСНОЙ ПРИРОДЫ

In Belarus, mammals are associated with the carriers of pathogenic microorganisms of four non-transmissible diseases, namely: rabies, aphtous fever, hemorrhagic fever with a renal syndrome, lymphocytic choriomeningitis; and two transmissible diseases: tick-borne encephalitis and West Nile fever. The relationship of these agents with the vertebrates, special conditions of their survival, and circulation in their nidi in nature, are discussed.

С позвоночными животными связано большое количество общих для человека и животных заболеваний – зоонозов. По видовому составу, систематическому положению, путям циркуляции и сохранения возбудители зоонозов значительно богаче и разнообразнее, чем возбудители антропонозов (заболеваний, поражающих только человека). Можно даже предполагать, что многие возбудители типичных в настоящее время антропонозов в прошлом были паразитами животных, которые с течением времени утратили связь со своими первичными хозяевами – дикими животными.

Еще в 1939 г. известным советским ученым Е.Н. Павловским [1] на основе изучения особенностей циркуляции возбудителей дальневосточного клещевого энцефалита, других заболеваний от диких животных к человеку через посредников – кровососущих членистоногих – выдвинута теория природной очаговости трансмиссивных болезней человека. При этом подчеркивалась исключительная роль диких животных и связанных с ними кровососущих членистоногих как переносчиков инфекции в сохранении и циркуляции возбудителей трансмиссивных природно-очаговых болезней. Человеку в этой ситуации отводилось место случайного звена циркуляции возбудителя, не участвующего в развитии эпидемического и эпизоотического процессов.

Теория природной очаговости трансмиссивных болезней явилась важнейшим этапом в развитии эпидемиологии, разработке новых подходов к познанию процесса циркуляции возбудителей в природе, формирования эпидемиологической ситуации. Уже вскоре после создания она была до-

полнена рядом новых фактов и положений, значительно расширивших само понятие «природная очаговость» как способ сохранения возбудителей инфекций и инвазий, а также географию заболеваний, возбудителям которых свойствен феномен природной очаговости. Первыми шагами в цепи таких дополнений явилось описание природных очагов болезней нетрансмиссивной природы, природных очагов инфекций и инвазий в густонаселенных (обжитых) районах и даже населенных пунктах, где в их поддержании участвуют не только дикие, но и домашние и синантропные животные, а формирование самих очагов происходит под воздействием человека. Большие работы в этом направлении проводились на территории Беларуси. Здесь под руководством академика В.И. Вотякова в послевоенные годы была создана успешно работающая и сейчас школа специалистов в области эпидемиологии и эпизоотологии, разведки очагов заболеваний человека, связанных с дикими и домашними животными, занимающихся изучением природной очаговости таких болезней, как клещевой энцефалит, лихорадка Западного Нила (ЛЗН), бешенство, туляремия, бруцеллез, лептоспирозы, геморрагические лихорадки, токсоплазмоз, трихинеллез, фасциолез.

В итоге территория Беларуси к настоящему времени может считаться одной из наиболее изученных среди стран СНГ в плане разведки и определения природных очагов болезней, вопросов их профилактики и эволюции под влиянием деятельности человека. Всего на территории нашей страны зарегистрировано более 20 природно-очаговых зоонозов, в циркуляции которых участвуют практически все виды млекопитающих, ряд видов птиц. Но их роль в циркуляции возбудителей и эпидемиологическая значимость, естественно, неодинаковы, поскольку определяются численностью, стациальной приуроченностью, особенностями биологии видов-хозяев, их местом в экосистемных связях возбудителей, степенью контакта с человеком.

Нетрансмиссивные заболевания вирусной природы

Одним из наиболее тесно связанных с дикими и домашними животными нетрансмиссивных заболеваний вирусной природы для территории Беларуси является бешенство. В недавнем прошлом его возбудитель рассматривался как патогенный агент, характерный для волка, бродячих и беспривязных собак, от которых инфицируются люди напрямую либо через других домашних животных. За два последних десятилетия взгляд на эпизоотологию и эпидемиологию бешенства претерпел значительные изменения в связи с обострением эпидемиологической ситуации, вызванной массовыми вспышками бешенства лисиц и связанными с ними заболеваниями человека и домашних животных.

На сегодняшний день считается общепризнанным, что в Республике Беларусь, как и в других странах Восточной Европы, основным источником вируса бешенства является лисица [2]. Волку, енотовидной собаке, другим млекопитающим отводится второстепенная роль. По данным авторов работы [2], за последние 20 лет от лисиц в Беларуси бешенством заразились 40–50 % зарегистрированных животных. Известны случаи, когда среди больных бешенством животных лисицы составляли свыше 90,6 % (Могилевская область, 1992 г.), что нельзя объяснить только большим количеством этих хищников.

Кроме общепризнанных носителей вируса бешенства среди диких животных, за 1986–1997 гг. в Беларуси были зарегистрированы случаи заболевания бешенством еще 10 видов млекопитающих различных систематических групп: белогрудый еж, лесная куница, черный хорь, американская норка, барсук, бобр, заяц-русак, крыса серая, лось, косуля. Среди этих животных вирус чаще всего обнаруживался у лося (4 случая) и черного хоря (3 случая). В 2000–2002 гг. список носителей вируса среди диких животных пополнился еще 4 видами: горностай, ондатра, благородный олень, кабан. Всего, таким образом, бешенство в Беларуси зарегистрировано у 13 видов

диких млекопитающих. Интерес у ученых вызывают также случаи заболевания бешенством вольерной нутрии (Верхне-Двинский район, 1999 г.) и домашних хомячков (г. Гомель, 1999 г. и г. Бобруйск, 2001 г.). Совершенно непонятен источник их инфицирования.

Широкий круг млекопитающих различных экологических групп, в том числе домашних и содержащихся в неволе животных, зарегистрированных в качестве носителей вируса, заставляет говорить о недостаточной изученности природной очаговости заболевания, необходимости поиска других участников либо способов циркуляции и сохранения вируса бешенства в природе. Уже сейчас очевидно, что проблема бешенства не может быть решена только вакцинацией домашних животных или регуляцией численности основных носителей вируса, например лисицы. Слишком широк круг вовлекаемых в эпизоотический процесс млекопитающих, многие из которых, особенно рукокрылые и насекомоядные, представляют собой сложный объект для вирусологических исследований.

Другой нетрансмиссивный зооноз вирусной природы – ящур в Беларуси неоднократно являлся причиной массовых эпизоотии домашних животных. К вирусу ящура восприимчивы многие дикие животные. Но у нас в стране даже при самых крупных эпизоотиях домашних животных больные ящуром дикие животные обнаружены не были. На наш взгляд, в отношении вируса ящура основную опасность представляет не столько возможность сохранения его в природных экосистемах, сколько распространение из селитебных (т. е. расположенных в населенных пунктах) очагов в природные экосистемы, на особо охраняемые природные территории и в охотничьи хозяйства, где производятся работы по реакклиматизации восприимчивого к вирусу ящура зубра, увеличению плотности населения дикого кабана и других копытных.

Среди вирусов, передающихся нетрансмиссивным путем, отметим возбудитель геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС). Для него характерен фекальный тип передачи. Носителями вируса выступают в основном мышевидные грызуны. Эпидемиологическим фактором при заболеваниях ГЛПС является контакт с грызунами и их выделениями непосредственно в жилье человека, надворных постройках, складах, овоще- и зернохранилищах, торговых, производственных помещениях, реже – в природных условиях.

Основой природных очагов ГЛПС в Беларуси является лесная рыжая полевка. В силу малой миграционной активности этого вида, строгой приуроченности к лесным биотопам она редко бывает непосредственным источником инфекции человека. Эпидемический процесс в очагах ГЛПС начинается с более активных в миграционном плане лесных видов грызунов – лесной и желтогорлой мыши. Они выносят возбудитель за пределы биотопов рыжей полевки на сельскохозяйственные угодья и в прибрежные экосистемы, где служат его источником для лугополевых и околводных грызунов. Последние при осенне-зимних миграциях заносят вирус в населенные пункты, овощехранилища, на огороды и приусадебные участки и вместе с синантропными видами образуют вторичные элементы очага, на базе которых проявляются эпидемические вспышки и семейно-групповые заболевания.

Еще более тесную связь с синантропными грызунами имеют природные очаги лимфоцитарного хориоменингита (ЛХМ). Источником инфекции человека и основой поддержания очагов заболевания, очевидно, служат синантропные и полусинантропные грызуны [3]. Для территории Беларуси это – домовая мышь, серая и черная крысы, в меньшей степени – полевая мышь и серая полевка. Из мозга домашних мышей выделено 3 штамма возбудителя ЛХМ, но известно о выделении штамма этого вируса и из мозга типично лесного вида – лесной рыжей полевки [4].

Таким образом, в условиях Беларуси может считаться доказанной связь с дикими млекопитающими трех нетрансмиссивных вирусов, поражающих человека: возбудители бешенства, ГЛПС и ЛХМ. Для первого важнейшими источниками инфицирования человека и восприимчивых животных, очевидно, являются дикие псовые, в первую очередь лисица. Роль других видов млекопитающих требует дальнейшего изучения. Два других вируса связаны с мышевидными грызунами. Для вируса ЛХМ это – синантропные грызуны. Роль остальных видов, очевидно, определяется несистематическими контактами. Вирус ГЛПС может менять хозяев, хотя основным для него в природных очагах является лесная рыжая полевка. Эпидемический процесс осуществляется синантропными, мигрирующими в населенные пункты лугополевыми и околотовными грызунами, плотность населения и контакты которых определяют структуру и характер заболеваемости. Связь с дикими животными вируса ящура в Беларуси не установлена.

Трансмиссивные заболевания вирусной природы

В нашей стране из трансмиссивных зоонозов с млекопитающими наиболее тесно связан возбудитель клещевого энцефалита. Клещевой энцефалит в Беларуси наблюдается достаточно давно. Отдельные эпидемические вспышки описывались как атипичный полиомиелит взрослых в 1925 г. и позже [5, 6]. Как показали исследования последних лет, на территории страны циркулируют *Neudorf*. Подобные штаммы вируса, относящиеся к западному генотипу, характерны для Европейского региона [7, 8]. Еще четверть века назад В.И. Вотяков, И.И. Протас и В.М. Жданов [9] описали встречающееся в Беларуси заболевание как западный клещевой энцефалит. Для его возбудителя установлена наиболее тесная связь с домашними и дикими животными. Связь с вирусом (серологическими исследованиями и прямым выделением) установлена практически для всех видов млекопитающих, многих видов птиц и даже пресмыкающихся, так или иначе контактирующих с его переносчиками – иксодовыми клещами*.

Роль млекопитающих в очагах клещевого энцефалита сводится к осуществлению трех эпидемиологически важных процессов: прокормлению и иррадиации всех стадий развития клещей-переносчиков, диссеминации и иррадиации вируса, подавлению (нейтрализации) этих процессов, для которых различаются личиночно-нимфальные и имагинальные составляющие. Основа первой составляющей – насекомоядные, грызуны, зайцеобразные, мелкие хищники. Основа второй – зайцеобразные, средние и крупные хищники, дикие и домашние копытные, причем последние играют главную роль. Значение различных видов млекопитающих в личиночно-нимфальных и имагинальных процессах диссеминации и иррадиации вируса определяется плотностью населения, подвижностью и восприимчивостью к возбудителю. Анализ связи различных видов млекопитающих с вирусами клещевого энцефалита посвящена обширная литература, и мы не будем подробно останавливаться на этом вопросе. Укажем только, что, несмотря на высокую экологическую пластичность вируса, связь его с различными группами позвоночных и беспозвоночных, способность размножаться в последних, основными хозяевами, безусловно, являются млекопитающие. Их состав определяется степенью освоенности территории и возможностью контакта с переносчиком.

Кроме возбудителя клещевого энцефалита, установлена циркуляция еще одного арбовируса – возбудителя ЛЗН, относящегося к антигенному

* В Беларуси зарегистрировано 14 видов иксодовых клещей. Доминирующими являются 2 пастбищных вида: *Ixodes ricinus* L. и *Dermacentor pictus* Herm. Вирус клещевого энцефалита и его антиген обнаружены у обоих. Но, по нашему мнению [10], циркуляция белорусских штаммов носит моновекторный характер, осуществляется только клещом *I. ricinus*, развивающимся по трех- и четырехлетнему циклам.

комплексу японского энцефалита. Вызываемое им заболевание входит в группу новых или вновь появляющихся (emerging – reemerging) инфекций [11]. Вирус рассматривается как сочлен паразитарных систем типа «комар – птица – комар» (комариная трансмиссия). Однако при исследованиях в Беларуси циркуляция вируса ЛЗН установлена не только среди птиц, но и среди млекопитающих. Высокое содержание антител к вирусу обнаружено у диких и домашних копытных, мышевидных грызунов. Экспериментально доказана способность передачи вируса питающимся только на млекопитающих клещом *D. pictus* и полифильным, но тяготеющим к млекопитающим *I. ricinus*. Это дало основание предполагать, что в зоне умеренного климата иксодовые клещи могут быть благоприятной экологической нишей для вируса ЛЗН, создавать стойкие напряженные очаги заболевания [12]. Возможными участниками этих процессов называются дикие копытные – прокормители имаго переносчика и мышевидные грызуны – прокормители его личинок и нимф [13].

В последние годы на территории Беларуси установлена циркуляция, кроме возбудителей клещевого энцефалита и ЛЗН, еще 10 арбовирусов, среди которых вирусы Укунисми и Семлики обнаружены у диких млекопитающих [14, 15]. Но эпидемиологическое значение, пути циркуляции и сохранения этих вирусов в Беларуси находятся в стадии изучения.

1. Павловский Е. Н. // Природная очаговость трансмиссивных болезней: Тез. докл. первого совещ. по паразитол. проблемам. Мн., 1939. С. 3.
2. Азарова И. А., Буланов Ю. П., Нехай М. Р. // Материалы второй ежегодной конференции Антивирусологической ассоциации Республики Беларусь. Мн., 1998. С. 131.
3. Гайдамович С. Я., Кочеровская М. Ю. // Вопр. вирусологии. 1978. № 1. С. 5.
4. Воробьева З. И. // Шестой съезд гигиенистов и санитарных врачей, шестой съезд микробиологов и эпидемиологов, первый съезд инфекционистов Белоруссии: Тез. докл. Мн., 1978. С. 133.
5. Хазанов М. А. // Четвертая научная сессия Института неврологии АМН СССР, посвященная краевой нейроинфекционной патологии, 31.01.–4.02. 1949 г.: Тез. докл. М., 1949. С. 13.
6. Хазанов М. А. Клещевой или весенне-летний энцефалит. Мн., 1955.
7. Вотяков В. И., Титов Л. П., Злобин В. И. и др. // Здоровоохранение. 2001. № 11. С. 29.
8. Вотяков В. И., Злобин В. И., Мишаева Н. П. // Вопросы экологии, молекулярной эпидемиологии, нозологии, эволюции. Новосибирск, 2002.
9. Вотяков В. И., Протас И. И., Жданов В. М. // Западный клещевой энцефалит. Мн., 1978.
10. Савицкий Б. П. Природная очаговость болезней человека в Беларуси. Ч. 1. Трансмиссивные болезни. Гомель, 1986.
11. Львов Д. К. // Вопр. вирусологии. 2000. № 2. С. 4.
12. Азарова И. А., Мишаева Н. П. // Экология, биоразнообразие и значение кровососущих насекомых и клещей экосистем России: Сб. науч. работ по материалам Второй респ. науч. конф., Великий Новгород, 27–29 мая 2002 г. В. Новгород, 2002. С. 128.
13. Савицкий Б. П., Цвирко Л. С., Мишаева Н. П. Природные очаги болезней человека в Национальных парках Беларуси. Мн., 2002.
14. Самойлова Т. И. // Профилактика и лечение инфекционных и паразитарных заболеваний: Материалы юбил. конф. БелНИИ эпидемиол. и микробиол. Мн., 1995. С. 65.
15. Самойлова Т. И. Арбовирусы в Республике Беларусь: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Мн., 2003.

Поступила в редакцию 24.10.2003.

Борис Парфенович Савицкий – доктор биологических наук, профессор, заместитель директора Межведомственного центра проблем национальных парков и заповедников БГУ.

Сергей Владимирович Кучмель – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией зоологии Государственного радиэкологического заповедника.

Леонид Дмитриевич Бурко – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой зоологии.

Лидия Сергеевна Цвирко – кандидат наук, доцент, заведующая кафедрой экологии и основ медицинских знаний Мозырского государственного педагогического университета.

БИОТОПИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ ФОНОВЫХ ВИДОВ ЦИКАДОВЫХ ЗАПАДНО-БЕЛОРУССКОЙ ЛАНДШАФТНО- ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ

On the basis of the analysis of the extent of relative biotopical attribution of 27 background species of *Auchenorrhyncha* of West-Belorussian landscape-geographical province the main patterns of A. distribution in biotopes were analysed. In the structure of the group predominance of the forms with sufficiently high level of *Auchenorrhyncha* is marked. In the aspect of their belonging to specific biotopical group it is shown that among the analysed species *Auchenorrhyncha* of marshes and forests reveals their biotopical attribution least of all, while the representatives of meadow biotopes are presented by considerably larger number of species.

Цикадовые (*Auchenorrhyncha*) представляют собой обширную и все еще относительно слабо изученную в условиях Беларуси группу равнокрылых хоботных насекомых (*Insecta: Homoptera*). Являясь в подавляющем большинстве облигатными фитофагами, в распространении они в значительной мере следуют ландшафтно-биотопическому распределению растительного покрова. Западно-Белорусская ландшафтно-географическая провинция, объединяющая 20,4 % всей площади территории страны, включает Белорусское Полесье, а также ряд крупных возвышенностей (Минскую, Ошмянскую, Гродненскую, Волковысскую, Новогрудскую, Копыльскую) с прилегающими Борисовской и Слонимской равнинами и Вилейской и Верхнеберезинской низинами. Провинция выделяется среди других регионов Беларуси самой сложной ландшафтной структурой, что явилось предпосылкой для ее рассмотрения в качестве модельной при изучении основных закономерностей экологической структуры фауны цикадовых [1].

Планомерные исследования цикадовых провинции, выполняемые на кафедре зоологии БГУ, позволили к настоящему времени выявить таксономический состав *Auchenorrhyncha* ряда охраняемых территорий, а также установить тренды сезонной динамики численности имаго цикадовых основных фенологических групп [2, 3]. Данная работа посвящена анализу биотопической приуроченности массовых видов *Auchenorrhyncha*, являющихся характерной компонентой населения насекомых-фитофагов ландшафтных комплексов Западно-Белорусской провинции.

Материал и методика

В основу исследования положены материалы, собранные в период с 1997 по 2002 г. в условиях всех основных типов биотопов провинции. Количественные учеты выполнялись методом кошения стандартным энтомологическим сачком (диаметр обруча – 22 см, длина рукояти – 1 м; 5 повторностей по 25 полных, т. е. двойных взмахов). Учитывались регистрации лишь в период активности имаго каждого конкретного вида.

Для расчета показателя степени относительно биотопической приуроченности (F_{ij}) использовалась формула:

$$F_{ij} = \frac{n_{ij}N - n_iN_j}{n_{ij}N + n_iN_j - 2n_{ij}N}$$

где n_{ij} – число особей i -го вида в выборке для j -го биотопа объемом N_j , n_i – число особей данного вида во всех сборах, N – суммарное число особей по всем сборам (общий объем сборов). Полученные значения в интервале $-1 < F_{ij} < 0$ интерпретируются как отрицательная, а $0 < F_{ij} < 1$ – положительная относительная приуроченность к j -му местообитанию, при $F_{ij} = 0$ i -й вид индифферентен к нему, при $F_{ij} = +1$ i -й вид обитает исключительно в j -м местообитании, а при $F_{ij} = -1$ его полностью избегает [4].

Результаты и их обсуждение

Выбранные в качестве модельных виды принадлежат к числу фоновых форм, представляющих основные биотопические группы цикадовых про-

винции. Расчетные значения показателя степени относительной биотопической приуроченности даны в таблице. В аспекте экологической валентности значительное число видов демонстрирует достаточно высокий уровень эвритопности, присутствуя в большинстве основных типов биотопов, характерных для провинции. При этом лишь представитель семейства *Aphrophoridae* пенница обыкновенная (*Philaenus spumarius* F.) – фоновый и практически повсеместно массовый вид цикадовых Беларуси – отмечена во всех типах болотных, луговых и лесных биотопов, но явно тяготеет к влажным биотопам – пойменным лугам, а также переходным и особенно низинным болотам.

Степень относительной биотопической приуроченности фоновых видов цикадовых Западно-Белорусской ландшафтно-географической провинции

Вид	Леса					Луга		Болота		
	сосновые	березняки	осинники	ольшаники	дубравы	пойменные	суходольные	вересковые	переходные	низинные
<i>Anaceratagallia brachiptera</i> (Boh.)	-0,49	0,24	0,41	0,20	–	0,76	0,12	-0,25	-0,16	-0,33
<i>Aphrodes bicinctus</i> Rib.	0,32	–	–	-0,39	0,44	0,11	0,65	0	–	-0,09
<i>Arthaldeus pascuellus</i> (Fall.)	0,13	–	-0,03	0,14	0,11	0,37	0,28	0,34	0,37	0,42
<i>Balclutha punctata</i> (F.)	0,73	0,32	–	–	0,27	–	0,35	0,12	–	-0,32
<i>Cicadula quadrinotata</i> (F.)	-0,34	–	–	0,17	-0,2	0,14	-0,47	0,27	0,43	0,45
<i>Cixius similis</i> Kbm.	–	–	–	–	–	–	–	1,0	–	–
<i>Chlorita paolii</i> (Oss.)	–	–	–	–	–	0,25	0,67	–	–	–
<i>Deltocephalus pulicaris</i> (Fall.)	0,21	0,18	0,03	-0,18	0,18	0,37	0,59	–	–	-0,47
<i>Diplocolenus abdominalis</i> (F.)	0,11	0,25	-0,14	–	0,31	0,57	0,63	0,12	0,10	0,11
<i>Errastunus ocellaris</i> (Fall.)	–	–	–	–	–	0,21	0,44	–	–	–
<i>Eupelix cuspidata</i> (F.)	0,13	–	–	–	–	0,17	0,87	-1,0	–	–
<i>Jassarqus distinguendus</i> (Fl.)	0,42	0,29	–	–	0,13	0,33	0,27	-0,29	–	–
<i>Jassarqus flori</i> (Fieb.)	–	0,37	0,17	0,23	0,42	–	–	–	–	–
<i>Kelisia vittipennis</i> (Sahlb.)	–	–	–	–	–	0,82	–	–	0,15	0,21
<i>Limotettix striola</i> (Fall.)	–	–	–	0,29	–	0,23	–	–	–	0,64
<i>Megamelus notula</i> (Germ.)	–	–	–	0,17	0,02	0,31	-0,27	0,52	0,39	0,45
<i>Neophilaenus exclamationis</i> (Thunb.)	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Notus flavipennis</i> (Zett.)	-0,11	0,13	–	0,10	0	0,25	–	0,32	0,24	0,18
<i>Ophiola decumanus</i> (Kontk.)	0,19	–	–	–	–	–	–	0,63	–	–
<i>Philaenus spumarius</i> F.	0,05	0,14	0,11	0,33	0,14	0,73	0,36	0,44	0,74	0,97
<i>Psammotettix confinis</i> (Dahlb.)	0,15	–	–	–	–	0,24	0,76	0,11	–	–
<i>Rhopalopyx preysleri</i> (H.-S.)	0,26	–	–	–	–	–	0,54	–	–	–
<i>Speudotettix subfuscus</i> (Fall.)	–	–	–	–	1,0	–	–	–	–	–
<i>Stiroma affinis</i> Fieb.	0,89	–	–	–	0,12	–	–	–	–	–
<i>Streptanus confinis</i> (Reut.)	0,45	–	–	–	–	0,22	–	–	–	–
<i>Thamnotettix confinis</i> (Zett.)	–	–	–	–	0,93	–	–	–	–	0,12
<i>Ulopa reticulata</i> (F.)	0,98	–	–	–	–	–	–	0,25	–	–

К числу стенотопных форм следует отнести три вида цикадовых. Так, *Neophilaenus exclamationis* (Thunb.) проявляет абсолютную биотопическую приуроченность к сосновым лесам, а *Speudotettix subfuscus* (Fall.) – к дубравам. Первый вид на территории Западно-Белорусской провинции отмечался нами только в сосняках мезофитного ряда (преимущественно сосняке вересковом и осоково-злаковых ассоциациях сосняка мшистого). Только на верховых болотах на протяжении многих лет нами регистрировался единственный в фауне провинции болотный представитель семейства *Cixiidae* – *Cixius similis* Kbm. В условиях региона его взрослые особи отмечаются исключительно на протяжении короткого периода – конец мая – начало июня. Зачастую это единственный вид *Auchenorrhyncha*, присутствующий в это время здесь на имагинальной стадии. Уровень его численности может быть весьма значительным, максимальный отмеченный – 37 экз./учет (29.05.2000 г., Минский р-н, окрестности д. Приморье).

В аспекте принадлежности к основным биотопическим группам наименьшее число видов среди охваченных данным исследованием проявляют приуроченность к болотным стациям. В частности, для низинных болот это *Arthaldeus pascuellus* (Fall.) ($F_{ij} = 0,42$), *Cicadula quadrinotata* (F.) ($F_{ij} = 0,45$) и *Limotettix striola* (Fall.) ($F_{ij} = 0,64$). Для болот переходного типа таких видов выявлено не было. Однако для трех упомянутых представителей группы здесь отмечались приближенные к максимальным значения показателя степени относительной биотопической приуроченности. Еще три вида – *Megamelus notula* (Germ.) ($F_{ij} = 0,52$), *Notus flavipennis* (Zett.) ($F_{ij} = 0,32$), *Ophiola decumana* (Kontk.) ($F_{ij} = 0,63$) – отдавали явное предпочтение верховым болотам с различными растительными ассоциациями.

Группа цикадовых – обитателей луговых биотопов – представлена большим числом видов. В частности, только в условиях луговых стаций зарегистрированы *Chlorita paolii* (Oss.) и *Errastunus ocellaris* (Fall.). Максимальные значения показателя относительной биотопической приуроченности к определенным типам лугов характерны для ряда представителей подотряда: для пойменных лугов это – *Anaceratagallia brachiptera* (Boh.) ($F_{ij} = 0,76$) и *Kelisia vittipennis* (Sahib.) ($F_{ij} = 0,82$), тогда как для суходольных – *Aphrodes bicinctus* Rib. ($F_{ij} = 0,65$), *Deltocephalus pulicaris* (Fall.) ($F_{ij} = 0,59$), *Diplocolenus abdominalis* (F.) ($F_{ij} = 0,63$), *Eupelix cuspidata* (F.) ($F_{ij} = 0,87$), *Psammotettix confinis* (Dahlb.) ($F_{ij} = 0,76$) и *Rhopalopyx preysleri* (H.-S.) ($F_{ij} = 0,54$).

Сравнительно немногочисленна группа *Auchenorrhyncha*, обитающих исключительно в травостое лесов. Оригинальность этой группы цикадовых определяется присутствием в ее составе трофически узкоспециализированных видов, связанных в своем развитии с полукустарниками и кустарничками. К числу ее представителей принадлежит и названный стенотопный вид *N. exclamatoris*. Преимущественно к соснякам вересковым приурочен широко распространенный в Палеарктике представитель семейства *Ulopidae* – *Ulopa reticulata* (F.). Среди остальных цикадовых с сосняками главным образом связаны *Stiroma affinis* Fieb. ($F_{ij} = 0,89$), *Streptanus confinis* (Reut.) ($F_{ij} = 0,45$), *Jassargus distinguendus* (Fl.) ($F_{ij} = 0,42$) и *Balclutha punctata* (F.) ($F_{ij} = 0,73$); последний, как правило, коллектируется в злаковых ассоциациях вдоль проселочных дорог.

Достаточно специфичной является также группа цикадовых дубрав. Помимо стенотопного *S. subfuscus*, высокую степень относительной биотопической приуроченности к лесам данной формации проявили *Jassargus flori* (Fieb.) ($F_{ij} = 0,42$) и *Thamnotettix confinis* (Zett.) ($F_{ij} = 0,93$).

Таким образом, выполненный по результатам многолетних исследований анализ степени биотопической приуроченности фоновых видов цикадовых Западно-Белорусской ландшафтно-географической провинции продемонстрировал преобладание в их числе форм с высоким уровнем эвритопности. Это вполне закономерно, учитывая невысокую трофическую специализацию этих фитофагов в условиях адаптации к обитанию в травянистом ярусе растительности болотных, луговых и лесных биотопов.

1. Марцинкевич Г.И., Клицунова Н.К., Счастливая И.И., Якушко О.Ф. // Выбр. науч. работы БДУ. Мн., 2001. Т. 7. С. 333.

2. Бородин О.И. // Беловежская пуца на рубеже третьего тысячелетия: Материалы науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию со дня образования гос. заповедника "Беловежская пуца", п. Каменюки Брестской обл., 22–24 дек. 1999 г. Мн., 1999. С. 356.

3. Бородин О. И., Буга С. В. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 2003. С. 48.

4. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М., 1982.

Поступила в редакцию 12.11.2003.

Олег Игоревич Бородин – ассистент кафедры зоологии.

АВТОТРОФНАЯ И ГЕТЕРОТРОФНАЯ КОМПОНЕНТЫ В СЕСТОНЕ И ОСАЖДАЮЩЕЙСЯ ВЗВЕСИ МЕЗОТРОФНОГО ОЗЕРА*

When research of sedimentation processes in mesotrophic lake Naroch the comparative analysis of the absolute and relative content chlorophyll-a and phaeopigments, biomass of bacterio- and zooplankton in seston and settling matter was carried out. It was shown, that the relative content autotrophic component is higher in plankton in comparison with settling matter, biomass of bacterioplankton in seston is higher too. The high concentration of zooplankton organisms is marked in traps. The correlation dependences between the autotrophic and heterotrophic components of seston and settling matter, given in the article, point to close interrelation between them.

В данной статье представлены материалы по изучению концентрации хлорофилла, бактериофлоры и зоопланктона в сестоне и осаждающейся взвеси мезотрофного полимиктического оз. Нарочь, расположенного на северо-западе Беларуси.

От седиментируемой взвеси, определяемой автотрофной и гетеротрофной составляющими планктонного сообщества, продукционной активностью фитопланктона и степенью трансформации взвеси гетеротрофными организмами, в большой степени зависит количество органического вещества, поступающего из водной толщи к донным сообществам.

Материал и методика

Наблюдения проводили в июле – августе 1994, 1998 и 2000 гг. Осаждающуюся взвесь собирали ловушками (осадкомерами), представляющими собой стеклянные цилиндры с соотношением длины к диаметру 5,7 [1]. Осадкомеры, укрепленные на разных глубинах, экспонировали в пелагиали озера на станции глубиной 16 м на 2–4 сут.

Концентрацию сестона на глубинах, соответствующих горизонтам установки осадкомеров, определяли в начале или конце экспозиции; концентрацию взвеси в цилиндрах – по истечении намеченного времени стандартным гравиметрическим методом. Содержание хлорофилла в сестоне и осаждающейся взвеси устанавливали методом ацетоновых экстрактов [2].

Количество бактериопланктона в озерной воде просчитывали в начале или конце экспонирования осадкомеров, в осадкомерах – по истечении срока экспозиции. Для учета бактерий применяли метод эпифлуоресцентной микроскопии [3]. Свободноживущие бактерии собирали на «ядерных» фильтрах с диаметром пор 0,2 мкм, учитывая только отдельные клетки. Численность последних, ассоциированных с частицами детрита, определяли на фильтрах с диаметром пор 3,0 мкм. Расчет биомассы бактериопланктона, представленного в основном кокковидными формами, производили с учетом среднего диаметра клетки в оз. Нарочь 0,75 мкм, отсюда средний вес одной бактерии был равен $0,221 \cdot 10^{-9}$ мг.

Отбор зоопланктона в озерной воде проводили при постановке ловушек на горизонтах, соответствующих глубинам экспонирования цилиндров, по истечении времени экспозиции фиксировали 4 % раствором формалина и определяли видовой состав и количество животных. Биомассу рассчитывали с учетом размерной структуры зоопланктона [4].

Результаты и их обсуждение

Установлено, что концентрация сестона уменьшалась в течение трех лет исследований с $1,00 \pm 0,09$ мг/л в 1994 г в среднем для столба воды до $0,83 \pm 0,19$ мг/л в 2000 г. (табл. 1). Содержание растительных пигментов и их доля в сестоне за исследованный период также уменьшались; в осаждающейся взвеси доля хлорофиллсодержащей составляющей по годам разли-

* Авторы статьи – сотрудники Научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии.

чалась незначительно. Снижение концентрации взвешенных веществ и автотрофной компоненты в их составе отражает общую перестройку экосистемы, связанную с дезэтрофированием озера [5].

В распределении сестона по глубине больших различий не отмечено. В среднем для периода исследований сухая масса составляла 0,90 мг/л, несколько снижаясь на глубине 11–12 м ($0,86 \pm 0,16$ мг/л) и незначительно увеличиваясь у дна ($0,95 \pm 0,28$ мг/л). Содержание хлорофилла «а» в сестоне с глубиной уменьшалось: минимальная величина отмечена на глубине 15 м – $0,642 \pm 0,261$ мкг/л, максимальная у поверхности – $1,047 \pm 0,321$ мкг/л.

Количество взвеси в цилиндрах, зависящее от погодных условий и ветрового перемешивания водной массы, изменялось в широких пределах: от 1,08 до 19,39 мг/л (величины, характеризующие содержание взвеси, хлорофилла «а» и феопигментов, бактерио- и зоопланктона в осадкомерах, приводятся в расчете на 1 сут). Как и концентрация сестона, количество взвеси в осадкомерах сократилось к 2000 г. примерно вдвое по сравнению с 1994 г. (см. табл. 1). В вертикальном распределении осаждающейся взвеси максимальные величины отмечены в придонных горизонтах, где наиболее сильно влияние ресуспензии. В полимиктическом оз. Нарочь ресуспензированная взвесь в потоке осаждающегося вещества в летний период составляет около 75 % [6].

Концентрация растительных пигментов является индикатором автотрофной компоненты взвешенных веществ. Разделение пигментов на хлорофилл «а» и феопигменты – дериваты хлорофиллов – позволяет судить о степени трансформации хлорофиллсодержащей взвеси. Средние для водной толщи абсолютные их величины в осаждающейся взвеси выше по сравнению с сестоном из-за большей концентрации седиментируемого вещества (см. табл. 1). Однако соотношение содержаний хлорофилла «а» и феопигментов, составившее в сестоне 2,6–4,6, в осаждающейся взвеси не превысило 1,6, т. е. в процессе седиментации из водной толщи удаляются более трансформированные по сравнению с содержащимися в водной толще фитопланктонные организмы. Такое заключение подтверждается и величинами относительного содержания растительных пигментов в сестоне и во взвеси. Доля хлорофилла «а» в сестоне в 1,7–10 раз больше по сравнению с аналогичным показателем осаждающегося вещества (см. табл. 1). Относительное содержание феопигментов также выше в сестоне по сравнению с седиментируемой взвесью: 0,009–0,088 % против 0,002–0,014 % соответственно. Содержание же хлорофилла «а» в осаждающейся взвеси возрастало от $0,509 \pm 0,212$ мкг/л на глубине 1 м до $1,798 \pm 0,986$ мкг/л в придонном слое. В вертикальном распределении феопигментов в сестоне значительных колебаний не отмечено ($0,311$ – $0,391$ мкг/л). В осаждающейся взвеси их содержание увеличивалось ко дну примерно на порядок по сравнению с поверхностным горизонтом: $2,447 \pm 2,121$ и $0,232 \pm 0,229$ мкг/л соответственно.

Относительное содержание хлорофилла «а» в сестоне, как и абсолютное, снижалось с глубиной; в осаждающейся взвеси этот показатель был наибольшим на глубине 9 м, затем уменьшался ко дну (рис. 1). Доля феопигментов в сестоне и осаждающейся взвеси возрастала до глубины 11–12 м, затем в сестоне уменьшалась, а в осаждающейся взвеси оставалась неизменной до дна; очевидно, глубина 9 м и более является зоной, где влияние ресуспензированной взвеси наиболее ощутимо.

В гетеротрофной компоненте сестона и собранной в осадкомерах взвеси изучали бактериальное и зоопланктонное сообщества. Общая биомасса бактериопланктона (сумма свободноживущих и агрегированных бактериальных клеток) в озерной воде была выше по сравнению с массой бактерий из цилиндров в среднем в 2 раза ($0,5$ – $5,4$ раза). Отметим незначительный диапазон колебаний биомасс бактериопланктона в сестоне и осаждающейся взвеси по горизонтам (рис. 2). Так, по глубине водного столба в озерной

Таблица 1

Концентрация взвеси и хлорофилла в озерной воде и осадкомерах

Год	Глубина, м	Концентрация взвеси, мг/л	Содержание взвеси в осадкомерах, мг/л-сут	Содержание хлорофилла «а», мкг/л		Содержание феофигментов, мкг/л		Хлорофилл «а», %		Феофигменты, %	
				в сестоне	во взвеси за 1 сут	в сестоне	во взвеси за 1 сут	в сестоне	во взвеси за 1 сут	в сестоне	во взвеси за 1 сут
1994	1	1,03	2,03	1,42	0,53	0,37	0,12	0,142	0,009	0,044	0,002
	2	0,97	2,51	1,35	0,67	0,31	0,21	0,137	0,008	0,036	0,013
	3	0,97	3,97	1,37	0,87	0,35	0,27	0,137	0,006	0,043	0,002
	5	0,97	3,91	1,42	1,18	0,42	0,53	0,133	0,009	0,057	0,004
	7	1,07	2,42	1,35	1,65	0,38	0,59	0,121	0,024	0,039	0,007
	9	0,93	2,10	1,03	1,69	0,61	1,10	0,114	0,018	0,088	0,012
	11	0,91	3,95	0,76	1,92	0,6	1,79	0,093	0,014	0,086	0,013
	13	0,99	8,76	0,55	2,20	1,33	2,94	0,053	0,007	0,034	0,010
	14	1,22	14,40	0,42	2,05	1,29	4,12	0,045	0,004	0,029	0,008
Среднее	—	1,00±0,09	4,97±4,07	1,07±0,40	1,42±0,61	0,41±0,12	1,30±1,40	0,110±0,036	0,011±0,006	0,051±0,022	0,007±0,004
1998	1	0,87±0,14	3,27±1,65	0,87±0,15	0,44±0,25	0,32±0,14	0,28±0,33	0,00±0,02	0,004±0,003	0,036±0,015	0,002±0,002
	4	0,90±0,12	4,33±2,71	0,81±0,24	0,85±0,72	0,35±0,15	0,79±0,89	0,089±0,010	0,005±0,002	0,038±0,014	0,004±0,003
	9	0,86±0,18	4,07±3,06	0,92±0,35	1,56±1,06	0,37±0,21	1,05±0,84	0,03±0,02	0,011±0,002	0,047±0,034	0,007±0,002
	12	0,78±0,19	4,87±4,02	0,84±0,26	1,69±1,32	0,40±0,10	1,63±1,57	0,08±0,06	0,009±0,002	0,053±0,015	0,009±0,003
	15	0,82±0,26	6,36±4,87	0,16±0,27	1,82±1,25	0,35±0,13	2,01±1,66	0,095±0,020	0,008±0,001	0,047±0,019	0,008±0,003
Среднее	—	0,85±0,05	4,59±1,15	0,84±0,06	1,27±0,59	0,36±0,03	1,15±0,68	0,099±0,007	0,007±0,003	0,044±0,003	0,006±0,003
2000	1	0,71	1,84	0,58	0,36	0,20	0,27	0,082	0,010	0,028	0,007
	4	0,62	2,45	0,61	0,36	0,14	0,18	0,098	0,007	0,022	0,004
	9	0,79	2,06	0,71	0,71	0,12	0,25	0,090	0,017	0,015	0,006
	12	0,115	2,78	0,60	1,01	0,08	0,37	0,065	0,018	0,009	0,007
	15	1,105	3,67	0,51	1,19	0,14	1,27	0,046	0,016	0,013	0,017
Среднее	—	0,83±0,19	2,56±0,72	0,60±0,07	0,72±0,38	0,13±0,04	0,46±0,45	0,076±0,021	0,014±0,005	0,017±0,008	0,008±0,005

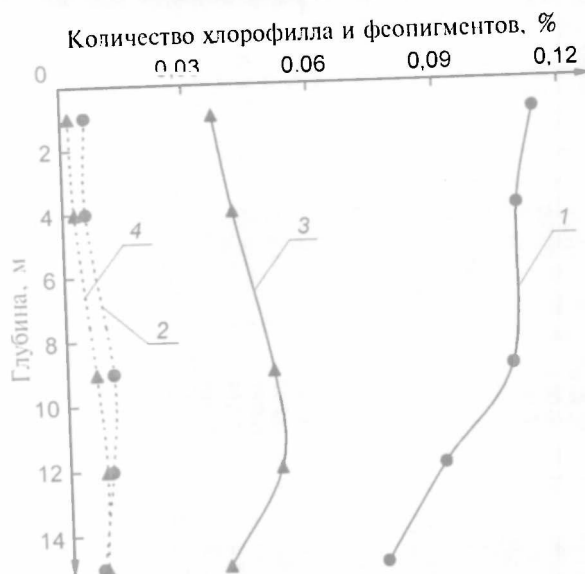


Рис. 1. Относительное содержание в сестоне и в осаждающейся взвеси хлорофилла «а» (1, 2) и феопигментов (3, 4) соответственно

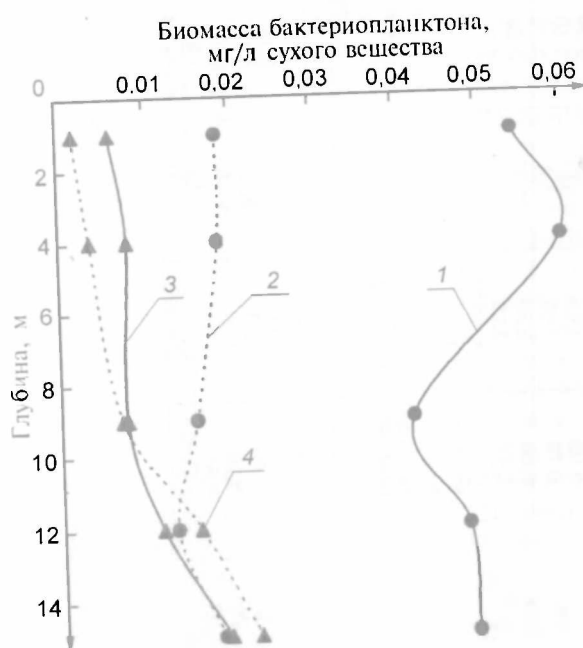


Рис. 2. Биомасса в сестоне и осаждающейся взвеси свободноживущего (1, 2) и агрегированного бактериопланктона (3, 4) соответственно

воде величины биомассы колебались от 0,050 до 0,069 мг/л, в осадкомерах — от 0,020 до 0,029 мг/л и лишь в придонном горизонте повышались до 0,042 мг/л. Следует отметить, что превышение бактериальной массы в сестоне над таковой во взвеси происходило за счет свободноживущих клеток: в среднем для периода исследований — 0,045 и 0,017 мг/л соответственно; биомасса агрегированной бактериофлоры и в сестоне, и в осадкомерах была одинаковой — 0,008 мг/л.

Распределение свободноживущей и агрегированной микрофлоры по глубинам сходно в озерной воде и ловушках: биомасса первой наибольшей была в верхних слоях, затем снижалась на глубине 9–10 м и вновь возрастала в придонных горизонтах, биомасса второй увеличивалась с глубиной и достигала максимума у дна, причем в слое 9–15 м в осадкомерах превышала таковую в сестоне.

В период исследований наблюдалась значительная концентрация зоопланктона в осадкомерах: в отдельных случаях биомасса животных в цилиндрах превышала таковую в воде почти в 50 раз (табл. 2). Столь значительные величины биомассы обусловлены в основном концентрацией в

цилиндрах крупного рачка-фильтратора *Sida crystalline* (O.F. Müller), обитающего в литорали и крайне редко встречающегося в пелагическом планктоне. Например, 11–14.08.1994 г. в осадкомерах на глубине 3 м биомасса зоопланктона составила 1,761 мг/л сухого вещества в сутки, на долю животных группы *Cladocera* приходилось 98 %, или 1,725 мг/л; биомасса озерного зоопланктона на этом горизонте была равна 0,056 мг/л [7]. Причиной столь высокой концентрации зоопланктона в осадкомерах может быть, с одной стороны, значительная концентрация в них пищи; с другой — поведенческий

Таблица 2

Биомасса бактериопланктона и зоопланктона (мгл сухого вещества) в озерной воде и осадкомерах

Год	Глубина, м	Свободноживущие бактерии		Агрегированные бактерии		Зоопланктон	
		в секоне	в ловушках за 1 сут	в секоне	в ловушках за 1 сут	в секоне	в ловушках за 1 сут
1994	1	0,009	0,005	0,002	0,001	0,021	1,042
	2	0,026	0,039	0,002	0,001	0,024	0,723
	3	0,020	0,015	0,011	0,001	0,034	1,184
	5	0,008	0,013	0,001	0,001	0,055	0,540
	7	0,006	0,014	0,001	0,001	0,061	0,173
	9	0,006	0,014	0,002	0,005	0,054	0,150
	11	0,006	0,014	0,002	0,005	0,067	0,220
	13	0,005	0,015	0,002	0,010	0,102	0,269
	14	0,005	0,017	0,007	0,017	0,073	0,221
Среднее	—	0,010±0,008	0,006±0,003	0,003±0,003	0,005±0,006	0,055±0,026	0,581±0,485
1998	1	0,055±0,016	0,020±0,007	0,004±0,003	0,002±0,002	0,018±0,007	0,821±0,428
	4	0,096±0,020	0,026±0,007	0,009±0,004	0,006±0,007	0,052±0,024	1,322±0,646
	9	0,073±0,017	0,021±0,005	0,013±0,006	0,011±0,009	0,075±0,030	0,383±0,307
	12	0,084±0,046	0,017±0,004	0,020±0,008	0,015±0,012	0,081±0,035	0,135±0,081
	15	0,065±0,019	0,023±0,005	0,023±0,008	0,026±0,029	0,081±0,032	0,121±0,053
Среднее	—	0,075±0,016	0,021±0,003	0,014±0,009	0,012±0,009	0,061±0,027	0,557±0,514
2000	1	0,049	0,018	0,000	0,0003	0,017	0,610
	4	0,067	0,022	0,009	0,002	0,066	0,614
	9	0,034	0,025	0,002	0,003	0,010	0,322
	12	0,041	0,027	0,006	0,013	0,089	0,331
	15	0,059	0,032	0,010	0,019	0,188	0,205
Среднее	—	0,050±0,013	0,031±0,006	0,006±0,004	0,007±0,008	0,074±0,072	0,416±0,185

фактор – ловушки в этом случае либо «убежища» от планктоноядных рыб, либо настоящие ловушки для планктеров. Однако максимальные величины содержания взвешенных веществ в осадкомерах и биомассы зоопланктона в них отмечены на разных глубинах, поэтому более вероятной причиной, на наш взгляд, является поведенческая особенность зоопланктона.

Максимальная концентрация сиды и в целом зоопланктона в осадкомерах зарегистрирована на глубине 1–7 м (рис. 3). С увеличением глубины возрастала масса копепод, что обеспечивало превышение над биомассой животных открытой воды на нижних горизонтах в 1,1–5,1 раза. Аналогичная зависимость роста биомассы от глубины наблюдалась и в отношении пелагического зоопланктона.

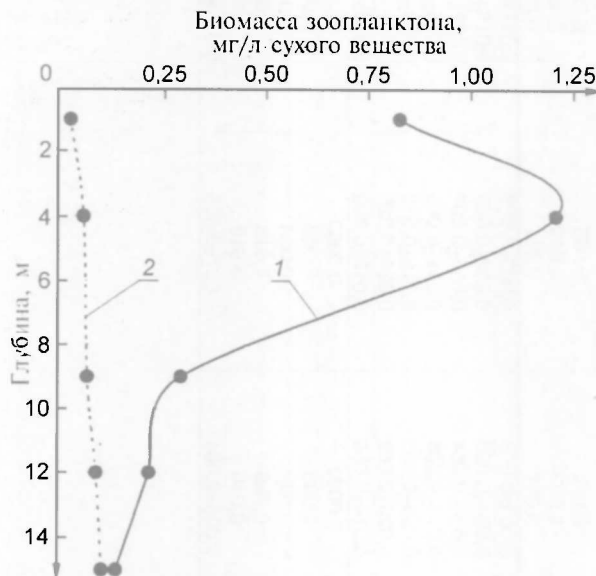


Рис. 3. Биомасса зоопланктона в озерной воде (1) и осадкомерах (2)

Полученные качественные характеристики сестона и осаждающейся взвеси, а также довольно длинный временной ряд исследований позволяют с большой долей вероятности выявить корреляционные зависимости автотрофной и гетеротрофной составляющих взвешенного вещества, а также влияние состава сестона на характеристики осаждающейся взвеси.

Биомасса свободноживущего бактериопланктона озерной воды связана отрицательной зависимостью с концентрацией сестона ($r = -0,57$; $p < 0,001$) (табл. 3). Возможно, при наличии суб-

страта (детритные частицы разного происхождения и степени трансформации) одиночные бактериальные клетки легко к нему прикрепляются и переходят в агрегатное состояние. Вероятен и обратный процесс перехода агрегированных клеток к свободноживущим, так как установлена достоверная корреляция между агрегированным и свободноживущим бактериопланктоном в сестоне ($r = 0,46$; $p < 0,001$). Предположительно зависимость между биомассами свободноживущего ($r = 0,60$; $p < 0,001$) и агрегированного ($r = 0,49$; $p < 0,001$) бактериопланктона в озерной воде и ловушках указывает на осаждение бактериальных клеток из водной толщи. Агрегированность бактерий в осадкомерах зависит также от концентрации в них хлорофилла «а» ($r = 0,76$; $p < 0,001$) и феопигментов ($r = 0,72$; $p < 0,001$), т. е. происходит быстрое «заселение» бактериями отмирающих водорослей.

Выявлено существенное влияние зоопланктона на осаждающуюся взвесь: от биомассы зоопланктеров в озерной воде достоверно зависит концентрация хлорофилла «а» ($r = 0,40$; $p < 0,01$) и феопигментов ($r = 0,42$; $p < 0,01$). Скорее всего, это связано с содержанием ненарушенных хлорофиллсодержащих клеток в фекальных пеллетах и комках зоопланктона, впад которого в поток осаждающейся взвеси значителен [8]. Скорость осаждения таких образований значительно превышает скорость осаждения собственно фитопланктона. Влияет зоопланктон и на агрегированность бактериопланктона как в осадкомерах ($r = 0,39$; $p = 0,01$), так и в сестоне ($r = 0,37$; $p < 0,05$). Уста-

Таблица 3

Корреляционная матрица показателей автотрофной и гетеротрофной компоненты сестона и взвеси из осадкомеров

Показатель	Концентрация сестона, мг/л	Содержание взвеси в осадкомерах, мг/л-сут	Хлорофилл «а» в сестоне, мкг/л	Хлорофилл «а» в осадкомерах, мкг/л-сут	Феопигменты в сестоне, мкг/л	Феопигменты в осадкомерах, мкг/л-сут	% хлорофилла «а» в сестоне	% хлорофилла «а» во взвеси	%, феопигментов в сестоне	%, феопигментов во взвеси	$B_{своб}$ в сестоне, мг/л	$B_{своб}$ в осадкомерах, мг/л-сут	$B_{агр}$ в сестоне, мг/л	$B_{агр}$ в осадкомерах, мг/л-сут	$B_{зоо}$ в сестоне, мг/л	$B_{зоо}$ в осадкомерах, мг/л-сут
Концентрация сестона, мг/л	1															
Содержание взвеси в осадкомерах, мг/л-сут	0,43*	1														
Хлорофилл «а» в сестоне, мкг/л	0,37**	-0,12	1													
Хлорофилл «а» в осадкомерах, мкг/л-сут	0,37*	0,74****	0,12	1												
Феопигменты в сестоне, мкг/л	0,09	0,25	0,29	0,56****	1											
Феопигменты в осадкомерах, мкг/л-сут	0,40***	0,94****	-0,15	0,84****	0,36	1										
% хлорофилла «а» в сестоне	-0,07	-0,24	0,88****	0,00	0,29	-0,25	1									
% хлорофилла «а» во взвеси	0,14	-0,21	0,21	0,30	0,20	-0,02	0,10	1								
% феопигментов в сестоне	-0,28	0,04	0,10	0,33	0,85****	0,16	0,26	0,23	1							
% феопигментов во взвеси	0,22	0,41*	-0,19	0,69****	0,43*	0,64****	-0,27	0,48****	0,36**	1						
$B_{своб}$ в сестоне, мг/л	-0,58****	-0,21	-0,39*	-0,28	-0,21	-0,23	-0,18	-0,30	-0,06	-0,21	1					
$B_{своб}$ в осадкомерах, мг/л-сут	-0,31	-0,11	-0,36**	-0,19	-0,27	-0,14	-0,31	-0,12	-0,20	-0,01	0,60****	1				
$B_{агр}$ в сестоне, мг/л	-0,21	0,16	-0,23	0,22	0,01	0,23	-0,14	-0,17	0,01	0,19	0,46****	0,30	1			
$B_{агр}$ в осадкомерах, мг/л-сут	0,16	0,68****	-0,05	0,76****	0,26	0,73****	-0,10	0,02	0,07	0,47****	0,04	0,17	0,49****	1		
$B_{зоо}$ в сестоне, мг/л	0,28	0,30	-0,20	0,40*	-0,10	0,42*	-0,34	0,17	-0,17	0,62****	0,02	0,08	0,37**	0,38*	1	
$B_{зоо}$ в осадкомерах, мг/л-сут	0,02	-0,21	0,26	-0,48*	-0,28	-0,42*	0,22	-0,47****	-0,27	-0,65****	0,14	0,01	-0,27	-0,39*	-0,40****	1

Примечание. $B_{своб}$ – биомасса свободноживущего бактериопланктона; $B_{агр}$ – биомасса агрегированного бактериопланктона; $B_{зоо}$ – биомасса зоопланктона.* – $p \leq 0,01$; ** – $p \leq 0,05$; *** – $p \leq 0,005$; **** – $p \leq 0,001$.

новлена отрицательная зависимость между биомассой зоопланктона и концентрацией хлорофиллсодержащей взвеси в осадкомерах (для хлорофилла «а» – $r = -0,48$; $p < 0,01$; для феопигментов – $r = -0,42$; $p < 0,01$). Это вполне закономерно, так как высокая концентрация зоопланктонных организмов не могла не сказаться на количестве основного пищевого ингредиента ракообразных-фильтраторов.

Таким образом, сестон и осаждающаяся взвесь существенно различаются по содержанию автотрофной и гетеротрофной компоненты. Количественные характеристики сестона и седиментируемого вещества взаимосвязаны между собой.

1. Остапеня А. П., Деренговская Р.А., Михеева Т.М. и др. // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы междунар. науч. конф. Мн., 2000. С. 309.
2. SCOR-UNESCO determination of photosynthetic pigments in sea-water. Paris, 1966.
3. Харламенко В. И. // Микробиология. 1985. Т 54. № 1.
4. Балушкина Е. В., Винберг Г. Г. Общие основы изучения водных экосистем. Л., 1979. С. 169.
5. Остапеня А. П. // Природ. ресурсы. 1997. № 3. С. 95.
6. Остапеня А. П., Деренговская Р. А. // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы междунар. науч. конф. Мн., 2000. С. 302.
7. Деренговская Р. А., Остапеня А. П. // Проблемы изучения, сохранения и использования биологического разнообразия животного мира: Тез. докл. VII Зоол. конф. Мн., 1994. С. 67.
8. Деренговская Р.А., Остапеня А.П. // Достижения современной биологии и биологическое образование: Тр. науч. конф. Мн., 1997. С. 238.

Поступила в редакцию 04.11.2003.

Рауса Анастольевна Деренговская – научный сотрудник.

Рауса Зеноновна Ковалевская – старший научный сотрудник.

Людмила Владимировна Никитина – младший научный сотрудник.

УДК 595.768.1

О.Л. НЕСТЕРОВА

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ГЕНЕЗИС ФАУНЫ ЛИСТОЕДОВ (COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE) БЕЛАРУСИ

It was made the attempt to investigate the geographical structure of Belarus leaf-beetles fauna. The species with wide areas: transpalearctic, euro-siberian and european, compose the base of leaf-beetles fauna in our region. It was made the attempt of recovering a genesis of leaf-beetles fauna of Belarus at postglacial time. Fauna formed as a result of migrations from the several centers.

Любая фауна представляет собой комплекс видов, отличающихся друг от друга различными признаками, в том числе типами распространения и размерами ареалов. Следуя предложению К.Б. Городкова [1], все ареалы можно рационально подразделить на несколько ступеней: от космополитических до узколокальных через промежуточные. Нами рассмотрены категории региональных, субрегиональных и локальных ареалов, в качестве региона принимается Палеарктика.

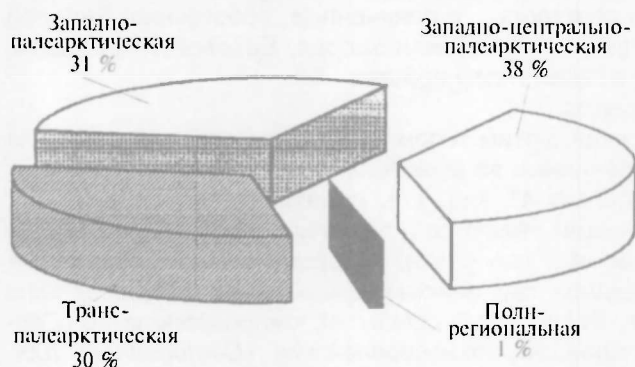
Общий ареал видов учитывался по данным А. Вархаловского [2] и В. Юнка [3].

Главными категориями ареалов видов фауны Беларуси являются западнопалеарктический и западно-центральнопалеарктический. К первой категории относятся типы собственно европейские, евро-кавказские, средиземноморские, а ко второму – евро-сибирские, евро-казахстанские, евро-сибирско-среднеазиатские и др. Транспалеарктические виды распространены от Европы до Северного Китая.

За исключением адвентивного *Leptinotarsa decemlineata* Say., все виды листоедов фауны нашей страны являются палеарктическими, т. е. распространенными только в одном регионе.

Все разнообразие ареалов видов белорусской фауны можно свести к трем категориям: транспалеарктической, западнопалеарктической и западно-центральнопалеарктической со всеми их подразделениями (рисунок).

Более детальное изучение характера ареалов внутри этих категорий показывает: сохраняя общий признак категории, т. е. распространение либо по всей территории Палеарктики, либо только в ее части, отдельные ареалы выявляют определенные различия по размерам и расположению внутри той или иной (более узкой) части субрегиона.



Соотношение категорий ареалов листоедов фауны Беларуси

Так, среди транспалеарктических элементов фауны можно выделить полизональные виды, распространенные от тундры до лесостепи, бореальные, связанные с зоной хвойных или смешанных лесов, и неморальные – связанные с широколиственными лесами. Последние, как правило, имеют дизъюнктивные ареалы с разрывом в Сибири. Значительно реже представлены транспалеарктические степные.

Соотношение видов с разными типами ареалов представлено ниже.

Соотношение видов с разными типами ареалов представлено ниже.

1. Транспалеарктическая категория ареалов

1.1. Транспалеарктический полизональный тип.

К этому типу ареала относится 66 видов из 105, т. е. более половины. Примерами могут служить ареалы *Lema cyanella*, *Cryptocephalus bilineatus*, *Cr. fulvus*, *Bromius obscurus*, *Chrysolina cerealis*, *Linnaeidea aenea*, *Phyllotreta vittula*, *Cassida nebulosa*, простирающиеся от лесотундры до южных степей.

Широко представлены в Палеарктике виды рода *Donacia* (*D. aquatica*, *D. thalassina*, *D. vulgaris*, *D. simplex*) и *Plateumaris sericea*, хотя они встречаются в пределах всех ландшафтных зон и являются интразональным элементом фауны.

Подобное биотопическое размещение транспалеарктиков дает материал для суждения о путях расселения видов из центров происхождения.

1.2. Транспалеарктический бореальный.

Видов с подобными ареалами, ограниченными тайгой, немного. В фауне Беларуси их всего 7: *Syneta betulae*, *Chrysomela cuprea*, *Ch. lapponica*, *Gonioctena decemnotata*, *Aphthona erichsoni*, *Galerucella sagittariae* и *G. aquatica*. Южнее зоны тайги они встречаются только в интразональных биотопах, чаще в хорошо увлажненных местообитаниях.

1.3. Транспалеарктический неморальный.

Видов с подобным типом ареала в нашей фауне 29. Как правило, они характерны для зоны широколиственного леса. Это *Oulema erichsoni*, *O. gallaeciana*, *Lilioceris merdigera*, *Cryptocephalus flavipes*, *Cr. elegantulus*, *Chrysolina sanguinolenta*, *Chrysomela populi*, *Ch. saliceti* и др.

Весьма вероятны в прошлые геологические эпохи их западное происхождение и широкое расселение к востоку.

Поскольку зона широколиственных лесов прерывается в Сибири, а затем появляется на Дальнем Востоке, виды с таким типом ареала имеют в цен-

тре Азиатского материка либо перерыв, либо встречаются здесь в интразональных биотопах.

Явно дизъюнктивный ареал имеют виды *Cryptocephalus frontalis* и *Chrysolina aurichalcea*, которые можно отнести к транспалеарктическому неморальному фаунистическому элементу.

1.4. Транспалеарктический степной.

Крайне редким является тип ареала *Pachybrachis scriptidorsum*, *Entomoscelis adonidis* и *Cassida lineola*. В зоне степей эти виды встречаются повсеместно, а за ее пределами представляют интразональные элементы фауны, занимая хорошо прогреваемые участки.

2. Западнопалеарктическая категория ареалов

К этому типу относятся ареалы, ограниченные собственно Европой (до Урала), Европой и странами Средиземноморья, Европой и Кавказом. Насчитывается 107 видов с таким типом ареала.

2.1. Европейский тип ареала.

Среди 51 вида, обладающего этим типом ареала, выделяются в первую очередь широко распространенные во всех зонах Европы (европейские полизональные). К ним относится 41 вид, т. е. подавляющее большинство. Более узко распространенными являются центральноевропейские (*Cryptocephalus saliceti*, *Phaedon laevigatus*), европейские бореальные (*Cryptocephalus quadripustulatus*), европейские неморальные (*Cryptocephalus vittatus*, *Lochmaea suturalis*, *Calomicrus circumfusus*), южноевропейские (*Crioceris quinquepunctata*), южно-центральноевропейские (*Coptocephala rubicunda*, *Smaragdina affinis*), восточноевропейские (*Labidostomis lepidus*) виды.

2.2. Евро-средиземноморский тип ареала.

Виды этой группы распространены в Южной Европе, странах Средиземноморья и в Малой Азии. В фауне Беларуси такой тип ареала имеют 16 видов: *Chrysolina hyperici*, *Ch. coerulans*, *Aphthona cyparissiae*, *A. pygmaea*, *A. venustula*, *Longitarsus ferrugineus*, *Ochrosis ventralis*, *Mantura chrysanthemi*, *Chaetocnema scheffleri*, *Ch. arida*, *Dibolia occultans*, *Sphaeroderma rubidum*, *Psyllodes chrysocephala*, *Cassida haemisphaerica*, *C. seladonia* и *C. margaritacea*.

2.3. Евро-кавказский тип ареала.

В фауне нашей страны 40 видов с таким типом ареала, среди которых собственно евро-кавказских 35: *Coptocephala unifasciata*, *Cryptocephalus planifrons*, *Pachnophorus villosus*, *Chrysolina staphylea*, *Ch. gypsophilae*, *Aphthona nigriscutis*, *A. nigriceps*, *A. franzi*, *A. violacea*, *Longitarsus ochroleucus*, *L. nanus*, *L. exoletus*, *L. niger*, *L. oblitteratus*, *L. pinguis*, *L. noricus*, *Hermaeophaga mercurialis*, *Altica brevicollis*, *A. quercetorum*, *Batophila rubi*, *Neocrepidodera transversa*, *N. motschulskii* и др.

Южноевропейско-кавказских видов всего 5. К ним относятся *Crioceris asparagi*, *Cryptocephalus populi*, *Cr. pusillus*, *Chrysolina herbacea*, *Cassida atrata*. Евро-кавказские виды в фауне Беларуси занимают биотопы в пределах юга страны.

3. Западно-центральнопалеарктическая категория ареалов

Подобную категорию ареала имеют виды, распространенные в Европе, Сибири и Центральной Азии. В фауне листоедов Беларуси в эту категорию ареалов входят 132 вида, т. е. абсолютное большинство. Среди них выделяются типы: евро-сибирский, евро-центральноазиатский, евро-сибирско-среднеазиатский и евро-казахстанский.

3.1. Евро-сибирский тип ареала.

Всего в фауне Беларуси данный тип ареала имеет 91 вид листоедов, распространенных либо от Европы до долины р. Оби, либо от Европы до долины р. Лены в Сибири. В зональном отношении это чаще бореальные (таежные) виды, приуроченные к северным частям Европы: *Cryptocephalus pini*, *Cr. exiguus*, *Cr. punctiger*, *Hydrothassa marginella*, *H. hannoverana* и др. В нашей стране они распространены почти повсеместно.

3.2. Евро-сибирско-казахстанский тип ареала.

Характерен для 19 видов фауны листоедов Беларуси: *Zeugophora subspinosa*, *Lilioceris lillii*, *Labidostomis longimana*, *L. tridentata*, *Clytra quadripunctata*, *Cryptocephalus anticus*, *Cryptocephalus aureolus*, *Cr. biguttatus*, *Cr. Pallidifrons*, *Cr. distinguendus*, *Cr. octopunctatus*, *Cr. sericeus*, *Aphthona lutescens*, *Longitarsus tabidus*, *Psylliodes affinis*, *Hispa atra* и др.

3.3. Евро-казахстанский тип ареала.

Подобный тип ареала в нашей стране характерен всего для 6 видов: *Crioceris quatuordecimpunctata*, *Cryptocephalus nitidus*, *Cr. ocellatus*, *Neophaedon pyritosus*, *Luperus xanthopoda* и *Chaetocnema compressa*. Вероятно их обнаружение и в прилегающих частях Южной Сибири или на Северном Кавказе.

3.4. Евро-центральноазиатский тип ареала.

Такой тип ареала характерен для 18 видов, обитающих в Беларуси: *Oulema duftschmidi*, *Cryptocephalus moraei*, *Longitarsus nigrofasciatus*, *L. Aeneicollis*, *L. ballotae*, *L. gracilis*, *L. anchusae*, *Altica carinthiaca* (с дизъюнкцией), *A. palustris*, *Chaetocnema tibialis*, *Ch. aridula*, *Cassida pannonica*, *Hypocassida subferruginea* и др.

Количество видов с полирегиональными ареалами очень мало, что следует из истории формирования фауны Европы. К полирегиональным, точнее к голарктическим, видам относятся *Leptinotarsa decemlineata*, *Galerucella nymphaeae* и *Phyllotreta striolata*. Первый из них – колорадский картофельный жук – происходит из центральноамериканского фаунистического центра и является адвентивным (заносным) видом в нашей фауне. Два других – настоящие голаркты, населяющие северную половину Евразии и Канаду.

Таким образом, в фауне листоедов Беларуси преобладают виды с евро-сибирским (26 % видов от общего объема фауны), транспалеарктическим полизональным (19 %) и европейским (15 %) типами ареалов.

Заклячая анализ географической структуры фауны листоедов Беларуси, мы приходим к выводу о том, что она является смешанной по составу и происхождению, поскольку сложилась в послеледниковое время путем миграций из нескольких центров. Представление о доледниковом составе фауны Беларуси дает перечень видов в тех районах Европы и Западной Азии, которые не подвергались оледенениям. Это страны Южной Европы, Крым и Закавказье. Отсюда в периоды межледниковий шли потоки мигрантов к северу и северо-востоку. Со своей стороны из районов юго-востока Палеарктики на северо-запад расселялись виды из родов, центры радиации которых в третичном периоде находились в Юго-Восточной Азии (*Zeugophora*, *Smaragdina*, *Gonioctena* и др.). Из бывшего Ангарского фаунистического центра, не испытывавшего покровного оледенения, на территорию Беларуси проникли бореальные и многие полизональные виды. Мощный поток мигрантов в голоцене шел из Западной Европы (в атлантическое время). У нас они заселили дубравы Полесья (*Cryptocephalus vittatus*, *Crioceris 5-punctata*, *Coptocephala rubicunda*). В ксеротермическую эпоху далеко на север расселились и степные виды, ограниченные в своем распространении в Беларуси только южными районами (*Chrysolina coerulans*, *Aphthona cyparissiae*, *Sphaeroderma rubidum* и др.).

Во второй половине XX ст. с запада шло и расселение адвентивного колорадского жука.

Таким образом, современная фауна листоедов Беларуси должна считаться гетерогенной по видовому составу и гетерохронной по времени образования, сложившейся в ходе ландшафтных сдвигов в позднем плейстоцене в процессе миграций из нескольких центров. В настоящее время местная фауна продолжает трансформироваться под воздействием антропогенных факторов.

1. Городков К.Б. // Двукрылые насекомые, их систематика, географическое распространение и экология: Симпозиум, Белая Церковь, 15–17 сент. 1982 г. Л., 1983. С. 26.
2. Warchalowski A. Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) // Fauna Polski. Warszawa, 1985. 2000. С. 1.
3. Junk W. Coleopterorum Catalogus, Chrysomelidae. Berlin, 1911–1929. P. 35, 51, 53, 62, 68, 78.

Поступила в редакцию 02.09.2003.

Оксана Львовна Нестерова – кандидат биологических наук.

УДК 595.752-153.133 (476)

Ж.Е. МЕЛЕШКО, О.И. БОРОДИН, Д.Л. ПЕТРОВ, С.В. БУГА

РАВНОКРЫЛЫЕ ХОБОТНЫЕ НАСЕКОМЫЕ (*INSECTA: HOMOPTERA*) В КОНСОРЦИИ ОСИНЫ (*POPULUS TREMULA* L.) В БЕЛАРУСИ*

During 20-years period of investigation 36 species of phytophagous *Homoptera* have been registered on aspen under condition of Belarus. Two other species are known due to existed publications. Among them 20 species belongs to polyphagous form, 13 – oligophagous and 5 – monophagous.

Осина, или тополь дрожащий (*Populus tremula* L.), наряду с тополями белым, или серебристым (*Populus alba* L.), и черным, или осокорем (*Populus nigra* L.), является представителем аборигенной фракции современной дендрофлоры Беларуси [1]. Естественный ареал вида включает почти всю Европу (кроме Средиземноморского побережья), Сибирь, Казахстан, Восточный Туркестан, север Монголии и Дальний Восток (в том числе Северную Корею) [2]. Культивируется осина практически во всех нетропических областях Северного полушария. Не принадлежит к числу древесных пород, рекомендуемых к использованию в зеленом строительстве [3], однако широко представлена в зеленых насаждениях населенных пунктов Беларуси, а как фоновая древесная порода присутствует в древостое большинства лесных формаций, но редко выступает в качестве эдификатора сообществ [4].

Распространенность и присутствие осины практически во всех типах древесных насаждений, а также естественных лесных массивов создают предпосылки для существования обширного круга фитофагов, которым эта древесная порода предоставляет местообитание и кормовые ресурсы. Изучение растительноядных насекомых, развивающихся на различных видах тополей, представляет значительный научно-теоретический интерес и актуально с практической точки зрения. Хорошей предпосылкой их комплексного исследования может являться синэкологический подход, предполагающий изучение таких естественных структурно-функциональных единиц биоценоза, как консорции [5]. Выяснение таксономического состава фитофагов – консортов первого концентра – создает основу для последующего выявления круга основных вредителей, особенностей их биологии и экологии, а также их естественных врагов – хищников и паразитов, принадлежащих к числу консортов второго и третьего концентров.

В основу данной работы положены результаты многолетних (1984–2003 гг.) исследований, которые были интенсифицированы в 2002–2003 гг. благодаря поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проекты № Б02М-031, № Б00М-090, № Б03-143). Здесь мы ограничимся рассмотрением такой обширной и разнообразной группы фитофагов осины, как равнокрылые хоботные насекомые (*Insecta: Homoptera*). Информацию о таксономической принадлежности выявленных видов, рас-

* Авторы статьи – сотрудники кафедры зоологии.

пространении, основных особенностях биологии и экологии целесообразно представить в форме аннотированного списка.

ПОДОТРЯД ЦИКАДОВЫЕ – *AUCHENORRHYNCHA*

Семейство *Cixiidae*

1. *Cixius nervosus* (L.). Полифаг, имаго регулярно коллектируются с осины. Эумезофил, дендротамнобионт. Период регистраций: VI–IX.

Семейство *Aphrophoridae*

2. *Aphrophora aini* (Fall.). Полифаг, отмечается главным образом на древесных растениях, преимущественно представителях семейства *Salicaceae*. Гигромезофил-эумезофил, дендротамнохортобионт. VI–X.

Семейство *Cicadellidae*

3. *Megophthalmus scanicus* (Fall.). В период исследований неоднократно коллектировался с *P. tremula*. В лабораторном эксперименте личинки и имаго длительное время питались на побегах осины. Это противоречит мнению ряда авторов о принадлежности *M. scanicus* к числу хортобионтов [6]. Эумезофил-ксеромезофил. VI–VIII.

4. *Populicerus populi* (L.). Монофаг *P. tremula* [7, 8]. Единичные экземпляры регистрировались нами и на других видах тополей. Наиболее многочислен на урбанизированных территориях, причем прослеживается положительная корреляция степени антропогенной нагрузки с уровнем численности *P. populi*. Мезофил, дендробионт. VI–X.

5. *Populicerus laminatus* (Fl.). В условиях региона регистрируется исключительно на *P. tremula*, но, по данным литературы [8], может развиваться и на других представителях рода *Populus* L. Эумезофил, дендробионт. VI–VII.

6. *Rhytidodus decimusquartus* (Schrnk.). На осине отмечаются единичные экземпляры. Широкий олигофаг *Salicaceae*, отдающий предпочтение тополям, главным образом *P. nigra*. Имаго часто летят на свет. Гигромезофил-эумезофил, дендробионт. V–X.

7. *Stenidiocerus poecilius* (H.-S.). Широкий олигофаг ивовых. Регистрируется на низком уровне численности на осинах, произрастающих под пологом леса. Эумезофил, дендробионт. VI–X.

8. *Tremulicerus tremulae* (Estl.). Редкий вид. Несколько экземпляров коллектировано на опушке смешанного леса с молодых экземпляров *P. tremula*. Узкий олигофаг, связанный с представителями рода *Populus* [6]. Эумезофил, дендробионт. VI–VII.

9. *Macropsis fuscinervis* (Boh.). Монофаг *P. tremula*. Мезофил, дендротамнобионт. VI–VII.

10. *Oncopsis flavicollis* (L.). Изредка отмечается на осине. Полифаг, спектр кормовых древесных растений включает несколько семейств (*Betulaceae*, *Tiliaceae* и др.). Мезофил. VI–VIII.

11. *Alebra alboatrictella* (Fall.). Изредка отмечается на осине. В условиях Беларуси регистрируется на различных древесных породах, чаще всего на дубе черешчатом (*Quercus robur* L.) и ольхе серой (*Alnus incana* (L.) Moench). Полифаг с ограниченным и хорошо очерченным кругом кормовых растений. Эумезофил, дендробионт. VI–X.

12. *Alebra neglecta* (Wagn.). Характерный обитатель молодых деревьев и кустарников (включая осину), составляющих подрост и подлесок смешанных и широколиственных лесов. Полифаг с плохо очерченным кругом кормовых растений. Эумезофил, дендротамнобионт. VI–VIII.

13. *Alnetoidia alneti* (Dahlb.). Отмечается на молодых экземплярах *P. tremula*, а также *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Betula pendula* Roth, *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus scabra* Mill., формирующих подрост и подлесок в смешанных и широколиственных лесах. Полифаг. Гигромезофил-эумезофил, дендротамнобионт. VI–IX.

14. *Arboridia velata* (Rib.). На осине регистрируется в единичных экземплярах. Характерен для древесно-кустарниковой растительности, предпочи-

тает *Q. robur*. Полифаг, круг кормовых растений требует уточнения. Эумезофил, дендротамнобионт. VII–IX.

15. *Edwardsiana hippocastani* (Edw.). Изредка отмечается на *P. tremula*. Полифаг, заселяет многие виды деревьев и кустарников, но тяготеет к *A. incana* и представителям рода *Ulmus* L. (особенно *U. scabra*). Эумезофил, дендротамнобионт. VI–X.

16. *Empoasca vitis* (Gothé). Помимо осины заселяет большое число растений различных жизненных форм. Мезофил, дендротамнохортобионт. V–X.

17. *Fagocyba douglasi* (Edw.). Регистрируется в единичных экземплярах в лиственных лесах на *P. tremula*, а также *U. scabra*, *U. laevis* и *A. glutinosa*. Полифаг, круг кормовых растений требует уточнения. Гигромезофил, дендротамнобионт. VI–IX.

18. *Kybos populi* (Edw.). Узкий олигофаг, развивается на представителях рода *Populus*, преимущественно *P. tremula*. Гигромезофил-эумезофил, дендробионт. VI–IX.

19. *Typhlocyba quercus* (F.). Изредка отмечается на представителях рода *Populus*, включая осину. Полифаг, колонизации подвержены различные древесные растения, особенно *Q. robur* и *U. scabra*. Эумезофил, дендробионт. VI–IX.

20. *Zygina flammigera* (Fourcr.). Регистрируется на различных древесных породах, включая осину. Полифаг, круг кормовых растений требует уточнения. Мезофил, дендротамнобионт. VI–X.

21. *Allygus mixtus* (F.). Отмечен на различных древесных породах, включая осину. Неоднократно коллектировался в травостое под пологом лиственного леса с умеренным уровнем увлажнения. Полифаг. Имаго летят на свет. Гигромезофил-эумезофил, дендротамнохортобионт. VI–X.

22. *Idiodonus cruentatus* (Panz.). Регистрируется в единичных экземплярах на осине, а также различных деревьях и кустарниках под пологом леса, на вырубках, опушках, притеррасной зоне пойменных лугов. Полифаг, круг кормовых растений требует уточнения. Эумезофил, дендротамнобионт. VI–IX.

23. *Lamprotettix nitidulus* (F.). Изредка регистрируется на *P. tremula*, *Q. robur*, *A. glutinosa*, несколько чаще – на *U. scabra* и *U. laevis*. Полифаг с ограниченным кругом кормовых растений. Эумезофил, дендробионт. VIII.

24. *Speudotettix subfuscus* (Fall.). Помимо осины заселяет большое число растений различных жизненных форм. Мезофил, дендротамнохамебионт. VI–IX.

Семейство Membracidae

25. *Centrotus cornutus* (L.). Регистрируется преимущественно на *P. tremula*, *Rosa spp.* и *B. pendula*. Полифаг с хорошо очерченным кругом кормовых растений. Эумезофил, тамнохортобионт. V–X.

ПОДОТРЯД ТЛИ – APHIDOIDEA

Семейство Pemphigidae

26. *Pachyrappa populi* L. Основательницы инициируют образование на листовых пластинках белых тополей (*P. alba* и *P. tremula*) крупных псевдогаллов округлой формы размером с большой грецкий орех. Колонизированные побеги прекращают рост. Биологический цикл недостаточно изучен: высказываются предположения, что виду свойствен двухлетний цикл с миграцией на корни ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) либо существуют его анголоциклические клоны [9, 10]. Указания для территории современной Беларуси относятся к довоенному периоду [11]. Мирмикоксен.

27. *Pachyrappa tremulae* L. Основное растение-хозяин – *P. tremula*. Поселение основательниц на побеге ведет к укорачиванию и подгибанию черешков развивающихся на нем листьев. В результате формируется так называемое «гнездо». Колонизированные побеги прекращают рост. Колония обычно укрыта не слишком обильными восковыми хлопьями. Для Беларуси впервые указан А.К. Мордвилко [9]. За период исследований отмечен нами

лишь однажды (Городокский р-н Витебской обл., окр. д. Махалово) на надломленной осине, растущей в пойме р. Ловать в узкой лесополосе среди заброшенных сельхозугодий. Биологический цикл – нормальный двудомный. Мигрирует на корни ели европейской [9]. Мирмикоксен.

28. *Pachypappella lactea* Tullgr. Основательницы инициируют образование на листовых пластинках мешковидных открытых галлов, зачастую как бы «одевающих» укороченные побеги и черешки листьев. Поврежденные и соседние с ними листья имеют характерную желтоватую или красноватую окраску. Биологический цикл *P. lactea* недостаточно изучен, считается, что это голоциклический, факультативно двудомный вид: основное растение-хозяин – *P. tremula*, миграция предположительно осуществляется на корни ели европейской [9, 13]. Для Беларуси указан Г.Х. Шапошниковым [10] в числе вредителей осины, но нами за весь период исследований не отмечен. Мирмикоксен.

Семейство Drepanosiphidae

29. *Chaitophorus leucomelas* Koch. На осине изредка регистрируется в зеленых насаждениях при ее совместном произрастании с черными тополями – *P. nigra*, *Populus italica* (Du Roi) Moench и *Populus canadensis* Moench (*P. x euramericana* Guinier), на которых регулярно наблюдаются вспышки массового размножения этого фитофага. При высокой численности особей продуцируемая ими медвяная роса служит субстратом для интенсивного развития сажистых грибов, что приводит к потере растениями декоративности. Тли размещаются поодиночке или небольшими агрегациями на нижней или верхней поверхности листовых пластинок. При низкой численности характерной является локализация насекомых в укрытиях: между стянутыми паутиной гусениц листоверток листовыми пластинками, среди деформированных другими фитофагами листьев и т. п. Голоциклический. Биологический цикл – нормальный однодомный. Мирмикоксен.

30. *Chaitophorus nassonowi* Mordv. Колонии размещаются на тонких побегах *P. tremula*, *P. nigra* и *P. italica*. Вид известен по единичным регистрациям в центральной части Беларуси. Локальная вспышка массового размножения лишь однажды отмечалась в лесном заказнике «Налибокская пуца». В специальной литературе [12] *Ch. nasonowi* фигурирует в числе вредителей лесных культур, но в условиях Беларуси этого качества не имеет. Голоциклический. Биологический цикл – нормальный однодомный. Факультативный мирмикофил.

31. *Chaitophorus populeti* Panz. Фоновый вид, регистрируется практически повсюду, где произрастают его растения-хозяева. В естественных лесных массивах отмечается на осине. В зеленых насаждениях повреждается преимущественно корневая и стволовая поросль, а также молодые экземпляры *P. alba*, *P. nigra*, *P. italica*, *P. canadensis*. Вспышки массового размножения отмечаются повсеместно и из года в год. Крылатые расселительницы *Ch. populeti* чаще других залетают в помещения, салоны транспортных средств, садятся на одежду прохожих. Тли формируют плотные колонии на нижней поверхности и черешках листовых пластинок, вершинах растущих побегов. Интенсивно заселенные побеги замедляют рост, искривляются, а листовые пластинки деформируются. В середине лета, после завершения у растений первой волны роста, насекомые переходят с листовых пластинок и вершин прекративших рост побегов на черешки листьев. В это время процветающие колонии регистрируются на молодых порослевых экземплярах осины. Голоциклический. Биологический цикл – нормальный однодомный. Факультативный мирмикофил.

32. *Chaitophorus populialbae* B. d. F. В условиях Беларуси регистрируется спорадично, главным образом на тополе белом. Осины заселяются редко, как правило, при произрастании рядом *P. alba* или его гибридов. Тли фор-

мируют плотные колонии на нижней поверхности и черешках листовых пластинок, вершины растущих побегов заселяются лишь изредка. Колонизированные листовые пластинки замедляют рост, но практически не меняют формы. Голоциклический. Биологический цикл – нормальный однодомный. Факультативный мирмикофил.

33. *Chaitophorus tremulae* Koch. Широко распространенный по всей территории Беларуси представитель группы, но его численность редко бывает высокой. Монофаг на *P. tremula*. Агрегации размещаются на нижней или верхней поверхности листовых пластинок. Характерной является локализация насекомых в укрытиях: между стянутыми паутиной гусениц листовертков листовыми пластинками, среди деформированных другими фитофагами листьев и т. п. При высокой численности продуцируемая тлями медвяная роса может служить субстратом для массового развития сажистых грибов. Голоциклический. Биологический цикл – нормальный однодомный. Мирмикоксен.

Семейство Aphididae

34. *Pterocomma populeum* Kalt. В условиях региона отмечается спорадично, колонизированными оказываются лишь отдельные экземпляры тополей и произрастающих в непосредственной близости осин. Хозяйственного значения не имеет. Колонии размещаются на 1–4-летних одревесневших побегах. Голоциклический. Биологический цикл – нормальный однодомный. Факультативный мирмикофил.

35. *Pterocomma tremulae* Born. За период исследований отмечен лишь однажды (Сморгонский р-н Гродненской обл., лесополоса вблизи ж.-д. ст. Солю). Монофаг на *P. tremula*. Колонии размещаются на 1–4-летних одревесневших побегах. Голоциклический. Биологический цикл – нормальный однодомный. Факультативный мирмикофил.

ПОДОТРЯД КОКЦИДЫ – COCCINEA

Семейство Diaspididae

36. *Diaspidiotus gigas* Thiem et Gernek – тополевая щитовка. На территории Беларуси отмечается спорадично на осине, а также черных тополях. Олигофаг, связанный в своем развитии с представителями родов *Populus* и *Salix* [14]. В качестве вредителя посадок тополей в условиях Беларуси значения не имеет.

37. *Lepidosaphes ulmi* L. – яблонная запятовидная щитовка. В условиях Беларуси осина входит в число основных по значимости кормовых растений *L. ulmi*. Вид моновольтинен, личинки отрождаются из яиц во второй половине мая [15]. Полифаг, развивается на многих древесных и некоторых травянистых растениях, может повреждать декоративные посадки тополей.

38. *Chionaspis salicis* L. – ивовая щитовка. Отмечена на севере Беларуси на молодых низкорослых экземплярах осины, произрастающих среди интенсивно колонизированных этим фитофагом растений брусники и черники. В Европе *Ch. salicis* проявляет себя как полифаг, заселяющий широкий круг древесных растений, в Азии – олигофаг, связанный с представителями семейства *Salicaceae* [14]. На большей части территории Беларуси ивовая щитовка встречается спорадично, «очагами» среди естественных ягодников брусничных. В году развивается одно поколение, личинки отрождаются из яиц в конце апреля [16]. Вредит ягодникам (включая посадки смородины), но в качестве вредителя посадок осины и тополей в условиях Беларуси не отмечена.

Таким образом, многолетние исследования позволили выявить на осине 36 видов растительноядных насекомых отряда *Homoptera*. Еще 2 вида приведены по данным источников литературы. Всего список включает 25 видов цикадовых, 10 – тлей и 3 вида кокцид. Среди них преобладают малоспециализированные и относительно специализированные фитофаги (20 видов

полифагов и 13 – олигофагов), что дает основание рассматривать осину в качестве естественного резервата растительноядных насекомых, повреждающих в условиях Беларуси культивируемые тополя и некоторые другие древесные растения. Монофаги представлены 5 видами, среди которых лишь цикадка *Populicerus populi* многочисленна в зеленых насаждениях, тогда как остальные принадлежат к числу редких и малочисленных форм.

1. Федорук А. Т. Древесные растения садов и парков Белоруссии. Мн., 1980. С. 208.
2. Соколов С. Я., Связева О. А., Кубли В. А. Ареалы деревьев и кустарников СССР: В 3 т. Л., 1977. Т. 1. С. 164.
3. Ассортимент декоративных деревьев и кустарников для зеленого строительства. Мн., 1997. С. 64.
4. Юркевич И. Д., Голод Д. С., Адерихо В. С. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование. Мн., 1979. С. 248.
5. Работнов Т. А. Фитоценология. М., 1992. С. 600.
6. Ануфриев Г. А., Кириллова В. И. Цикадовые (*Homoptera, Cicadina*) Чувашской Республики. Опыт анализа фауны. Чебоксары, 1998. С. 176.
7. Müller H. J. // Beitr. Ent. 1957. Bd. 7. S. 203.
8. Ossiannilsson F. // Fauna Entomol. Scandinavica. 1981. Vol. 7. Pt. 2. P. 223.
9. Heie O. E. *Aphidoidea (Hemiptera)* of Fennoscandia and Denmark. Klapenborg, 1980. Vol. 1. P. 236.
10. Рупайс А. А. Тли (*Aphidodea*) Латвии. Рига, 1989. С. 331.
11. Мардвілка А. К. // Матер'ялы да вивучэння флоры і фауны Беларусі. Мн., 1930. Т. 5. С. 161.
12. Шапошников Г. Х. // Вредители леса: Справ. В 2 т. М.; Л., 1955. Т. 2. С. 782.
13. Ивановская О. И. Тли Западной Сибири: В 2 т. Новосибирск, 1977. Т. 1. С. 272.
14. Данциг Е. М. // Фауна России и сопредельных стран. Насекомые хоботные. 1993. Т. 10. С. 453.
15. Парамонова О. В. Кокциды плодовых в БССР и обоснование мер борьбы с ними: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Мн., 1976. С. 24.
16. Горленко С. В., Буга С. В. Болезни и вредители клюквы крупноплодной. Мн., 1996. С. 247.

Поступила в редакцию 12.11.2003.

Жюльетта Евгеньевна Мелешко – кандидат биологических наук, доцент.

Олег Игоревич Бородин – ассистент.

Дмитрий Леонидович Петров – аспирант. Научный руководитель – С. В. Буга.

Сергей Владимирович Буга – доктор биологических наук, профессор.

УДК 635.64:632.4/38:631.544 (476)

В. Д. ПОЛИКСЕНОВА

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МИКОЗОВ КУЛЬТУРЫ ТОМАТА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ БЕЛАРУСИ. Ч. 2. ФУЗАРИОЗ, БОТРИТИОЗ

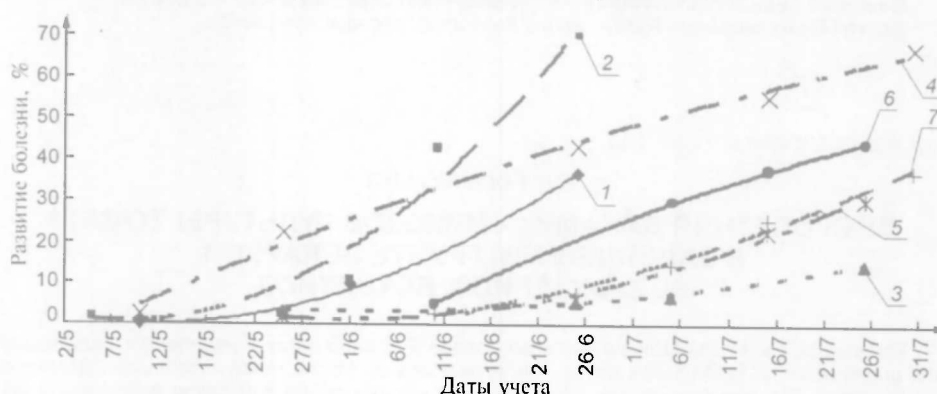
The long-lift dynamics of tomato damaged disease (*Fusarium* wilt and gray mold) in glasshouses and greenhouses of Belarus was shown. The appearance of *Fusarium* wilt in field was detected for the first time. The possible reasons influencing on exchange of the dominating pathogens is discussed.

Начиная с 1970-х гг. фузариозное увядание томатов, обычно характерное для южных регионов земледелия, распространилось в тепличных хозяйствах Московской и Ленинградской областей, Дальнего Востока, Западной Сибири, а также в Украине и в Польше. В Беларуси фузариоз томатов впервые отмечен в защищенном грунте в 1981 г., и с тех пор стал фактором, постоянно или периодически вызывающим поражение растений [1, 2]. У восприимчивых к этому заболеванию сортов потери урожая, зафиксированные в условиях нашей страны, могут достигать 31,4 % [3], в Московской области – до 50 % [4].

Возбудителем увядания является обитающий в почве гриб *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hansen, который чаще всего от-

носят к факультативным (необязательным) паразитам. Факультативные паразиты являются преимущественно сапротрофами и только при определенных условиях заселяют живые ткани растения. В почве они сохраняются в виде хламидоспор, мицелия и конидий. *F. oxysporum f. sp. lycopersici* проникает в растения обычно через микротрещины, возникающие при формировании боковых корней, раны, образованные нематодами и насекомыми, а также через корневые волоски, имеющие тонкие клеточные оболочки первичного строения. Прорастая через паренхиму корня, патоген не вызывает каких-либо серьезных нарушений и видимых симптомов [5]. В дальнейшем гриб проникает в проводящие сосуды ксилемы, развивается в ней и частично в окружающей паренхиме, вызывая некроз тканей и деформацию сосудов [6]. При этом происходит нарушение восходящего тока водных растворов в связи с закупоркой сосудов мицелием и конидиями, к тому же гриб выделяет токсические вещества, усугубляющие патогенное действие. Обычно симптомы поражения проявляются в период налива и созревания плодов. Первым признаком является пожелтение и увядание листьев нижнего яруса. В дальнейшем этот процесс распространяется и на остальные листья. В итоге растение гибнет. Нередко гриб проникает только в часть сосудов ксилемы, и тогда можно наблюдать одностороннее увядание растений. Весьма характерным признаком является потемнение проводящих пучков, хорошо заметное на поперечном срезе больного стебля или черешка.

Вредоносность заболевания зависит от возраста растений, сроков появления болезни, скорости развития инфекционного процесса и устойчивости сорта [3]. Длительный мониторинг фузариозного увядания показал, что в зимне-весеннем культурообороте остекленных теплиц первые симптомы заболевания появляются примерно во второй-третьей декаде мая и совпадают с периодом налива плодов и началом их созревания на нижних кистях. Массовое проявление болезни приходится на период основного сбора урожая, что, безусловно, приводит к большим потерям.



Сезонная динамика развития фузариоза томата в остекленных теплицах:
1 – Вежа, 1991 г.; 2 – F1 Русич, 1991 г.; 3 – Вежа, 1992 г.; 4 – F1 Русич, 1993 г.; 5 – Дружный, 1994 г.; 6 – Дружный, 1995 г.;
7 – F1 Шторм, 2003 г.

На рисунке отражена сезонная динамика развития фузариоза в условиях остекленной теплицы: различия в скорости инфекционного процесса по годам и в зависимости от сорта. Очевидно, что наиболее поражаемым является гибрид Русич, менее поражаемым – сорт Вежа, обладающий горизонтальным типом устойчивости к ряду заболеваний.

Анализ поражения фузариозом за весь период наблюдений (1981–1995 гг.) показал, что большинство сортов и гибридов, на которых отмечено заболевание, до 1995 г. характеризовались как восприимчивые или относительно устойчивые. Практически на каждом из них был зарегистрирован высокий балл поражения – 3 или 4. Незначительное поражение (балл 1) отмечено на

голландских гибридах F1 Revermun, F1 Rianto, F1 Marvento, F1 Maeva и F1 Miriam, которые содержат ген I_2 , обеспечивающий устойчивость к обоим известным расам гриба *F. oxysporum f. sp. lycopersici*. Наиболее ранний срок появления первых симптомов – 19 мая для зимне-весеннего культурооборота и 14 июня для пленочных теплиц (табл. 1).

Таблица 1

Сорта и гибриды томата, пораженные фузариозом в теплицах на естественном инфекционном фоне (1981–2003 гг.)

Год	Сорт, гибрид	Тип теплиц	Культурооборот	Дата учета	Устойчивость	Максимальный балл
1981	Перамога	Остекленные	З-В	12.06	В	2
1982	Перамога	Пленочные	В-Л	4.07	В	2
1983	Пионерский	Остекленные	З-В	16.06	В	3
1983	Перамога	Пленочные	В-Л	20.07	В	3
1983	F1 Revermun	Остекленные	З-В	19.05	ОУ	1
1983	F1 Rianto	Остекленные	З-В	19.05	ОУ	1
1983	F1 Marvento	Остекленные	З-В	19.05	ОУ	1
1983	F1 Revermun	Остекленные	О-З	14.09	ОУ	2–3
1984	F2 Revermun	Остекленные	З-В	8.06	ОУ	3
1984	F2 Rianto	Остекленные	З-В	15.06	ОУ	2
1984	Перамога	Пленочные	В-Л	19.06	В	3
1985	Внуковский	Остекленные	О-З	21.09	В	2
1986	F1 Дунай	Остекленные	З-В	14.06	ОУ	2
1988	Сюрприз	Пленочные	В-Л	14.06	ОУ	1
1989	F1 Русич	Остекленные	О-З	11.10	ОУ	3
1990	F1 Гамаюн	Остекленные	З-В	2.06	ОУ	3–4
1990	F1 Русич	Остекленные	З-В	2.06	ОУ	3
1990	Вялизна	Остекленные	З-В	2.06	В	3–4
1991	Вежа	Остекленные	З-В	26.06	В	4
1991	F1 Русич	Остекленные	З-В	26.06	ОУ	4
1992	Вежа	Остекленные	З-В	25.06	В	4
1992	F1 Русич	Остекленные	З-В	25.06	ОУ	4
1993	F1 Русич	Остекленные	З-В	25.06	ОУ	4
1994	Дружный	Остекленные	З-В	6.07	В	4
1995	Дружный	Остекленные	З-В	25.06	В	4
1998	F1 Maeva F2	Остекленные	Продленный	8.10	У	1
2000	F1 Miriam	Остекленные	Продленный	13.11	У	1
2001	F1 Banne	Остекленные	Продленный	10.09	У	1
2003	F1 Шторм	Пленочные	В-Л	15.07	В	4

Примечание. З-В – зимне-весенний, В-Л – весенне-летний, О-З – осенне-зимний культурообороты, В – восприимчивые, ОУ – относительно устойчивые, У – устойчивые.

Систематическое фитопатологическое обследование томатов в защищенном грунте свидетельствует, что заболевание встречается как в остекленных, так и в пленочных теплицах. Практически сразу же после появления в теплицах фузариозное увядание приобрело массовый характер. Например, в 1983–1984 гг. в зимне-весеннем культурообороте остекленных теплиц на тепличных комбинатах Могилевской и Витебской областей отмечено поражение посадок томатов на 40–50 %, до 35 % – в совхозе «Минская овощная фабрика». Однако наиболее сильное поражение – до 70–80 % растений – было зафиксировано к моменту массовых сборов плодов в пленочных теплицах Минской, Брестской и Витебской областей.

Результаты наблюдений за период с 1981 по 2003 г. показывают, что в целом заболевание шире распространено в зимне-весеннем культурообороте остекленных теплиц (отмечено 12 раз за 18 лет наблюдений), несколько меньше – в пленочных теплицах (10 раз за 18 лет), реже всего – в осенне-зимнем культурообороте (4 раза за 18 лет). Степень поражения растений варьировала от 5,4 до 52,8 % в зимне-весеннем культурообороте (в отдельных случаях – до 70,2 %), от 12,5 до 37,2 % в осенне-зимнем и от 0,1 до 70 % в весенне-летнем культурооборотах пленочных необогреваемых теплиц (табл. 2).

Таблица 2

Распространение фузариоза в сооружениях защищенного грунта и степень поражения томата грибом *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*

Год	Обследованная площадь, га	Распространенность болезни, %	Развитие болезни, %		
			Остекленные теплицы, культурооборот		Пленочные необогреваемые теплицы
			зимне-весенний	осенне-зимний	
1981	8 300	Единично	Единично	0	0
1982	91 300	25,2	14,0	0	0
1983	111 300	46,7	40,0	37,2	70,0
1984	143 600	49,4	30,0	0	32,0
1985	16 300	6,1	25,4	0	–
1986	87 000	34,5	12,5	12,5	–
1988	47 000	36,4	0	0	32,0
1989	112 000	8,9	0	0	48,4
1990	147 000	1,4	0	–	58,4
1991	14 250	30,4	37,5	0	0,1
1992	14 250	24,8	31,7	0	0,3
1993	15 000	61,8	29,8	0	16,9
1995	18 100	73,3	52,8	28,2	35,6
1998	51 300	Единично	Единично	–	0
2000	32 500	12,7	10,5	–	Единично
2001	24 500	4,6	5,4	–	0
2003	2 000	1,6	0	–	11,0

В табл. 3 представлены средние значения распространенности и развития фузариоза за пятилетние периоды, связанные с планами расширения посадок овощных культур в защищенном грунте в Беларуси.

Таблица 3

Сравнительная характеристика средних значений распространенности и развития фузариоза (1982–2003 гг.)

Годы	Распространенность, %	Развитие болезни, %		
		Остекленные теплицы, культурооборот		Пленочные необогреваемые теплицы
		зимне-весенний	осенне-зимний	
1982–1985	31,8	24,8	12,4	25,5
1986–1990	20,3	9,2	3,1	46,3
1991–1995	47,5	37,9	7,1	13,2
1998–2003	5,0	4,0	–	3,5

Анализируя общие тенденции в распространении и развитии фузариоза в защищенном грунте, можно отметить следующее:

- волнообразный рост распространенности до 1995 г. и резкое падение к 2003 г.;
- возрастание степени поражения посадок томата в зимне-весеннем культурообороте к 1995 г. и падение ее уровня к 2003 г.;
- стабильно невысокий уровень развития в осенне-зимнем культурообороте;
- значительное развитие фузариоза в весенне-летнем обороте пленочных теплиц в 1986–1990 гг. и резкое снижение к 2003 г.

Наблюдаемые колебания в развитии болезни по годам совпадают с периодами концентрации культуры томата в пленочных или остекленных теплицах. Значительное снижение распространенности и степени поражения томатов после 1995 г. объясняется широким внедрением в тепличных комбинатах искусственных субстратов, которые изначально свободны от инфекционного начала, легче поддаются дезинфекции и замене. Кроме того, новые поколения гибридов томата обязательно содержат один или два гена устойчивости к *F. oxysporum f. sp. lycopersici*, что в первую очередь снижает риск заболевания растений. Вместе с тем необходимо отметить, что эпизодически фузариозное поражение стало встречаться в открытом грунте на единичных растениях тогда, когда средняя температура воздуха в летний период была выше нормы.

Ботритиоз, или серая гниль (возбудитель – гриб *Botrytis cinerea* Pers.), относится к заболеваниям, которые периодически вызывают значительное поражение растений томата в защищенном грунте. Ряд авторов отмечают растущую вредоносность патогена и связывают это явление с ростом паразитизма возбудителя, хотя гриб относится к типичным факультативным паразитам с некротрофным типом питания [6]. Наши наблюдения показали, что в настоящее время в условиях защищенного грунта *B. cinerea* активно поражает томаты, проникая не только через травмы и отмирающие части растения (например, опавшие цветки), как это описывается в научной литературе [7, 8], но и развивается на неповрежденных тканях листьев, черешков, стеблей, плодов. Стеблевая форма поражения стала наиболее распространенной и является весьма вредоносной, поскольку приводит к довольно быстрой и полной гибели всего растения. Симптомы поражения могут появляться уже в апреле – мае как в остекленных, так и в пленочных теплицах. Нами отмечена форма поражения ботритиозом по типу ожога, при которой на долях листа быстро развивается резко отграниченный от живых тканей некроз, ткань быстро засыхает, спороношение обычно образуется только в провокационных условиях влажной камеры. Инфекционные структуры *B. cinerea* распространяются аэрогенно и контактно, сохраняются в почве и теплицах в виде мелких склероциев, на стенах сооружений – в виде спор. Из данных, приведенных в табл. 4, видно, что распространенность и развитие ботритиоза варьирует по годам, заболевание не всегда можно обнаружить. Чаще болезнь прогрессирует в грунтовых теплицах (обычно пленочных), поражая все органы растения. На искусственных субстратах отмечено преимущественно поражение стеблей. Однако появление серой гнили при отсутствии экстренной защиты всегда приводит к потерям урожая и создает запас инфекции для последующих культурооборотов. Сорта и гибриды томата слабо различаются по устойчивости к ботритиозу, поэтому в связи с отсутствием специализированного генетического барьера, а также конкуренции со стороны других патогенов степень распространения и поражения растений серой гнилью возрастает.

Таблица 4

Распространение ботритиоза в сооружениях защищенного грунта и степень поражения томата грибом *Botrytis cinerea* Pers. (1975–2003 гг.)

Год	Обследованная площадь, га	Распространенность болезни, %	Развитие болезни, %		
			Остекленные теплицы, культурооборот зимне-весенний		Пленочные теплицы
1975	65 350	3,2	2,7	–	8,6
1978	16 300	1,5	10,9	0	0
1979	15 000	2,9	0	12,6	0
1981	8 300	0	0	0	0
1982	91 300	4,6	35,5	–	21,7
1983	111 300	0,9	0	38,8	–
1984	143 600	0	0	0	0
1985	16 300	0	0	0	0
1986	87 000	0	0	0	0
1987	37 000	8,1	10,5	0	0
1988	47 000	36,4	0	0	24,0
1989	112 000	0,5	0	0	8,7
1990	147 000	3,4	27,4	–	0
1991	57 000	0	0	0	0
1999	24 100	3,5	1,2	–	7,4
2000	32 500	32,5	0	–	28,4
2001	15 000	7,5	5,0	–	10,8
2002	17 000	8,4	5,3	–	22,1
2003	10 000	22,3	–	–	12,2

Таким образом, в связи с широко распространенным выращиванием гибридов с генами устойчивости к кладоспориозу [9] и фузариозу – основным

микозам в защищенном грунте – эти заболевания в настоящее время встречаются значительно реже в обогреваемых остекленных теплицах. Сохраняются они преимущественно в пленочных необогреваемых теплицах. Кроме того, отмечено появление кладоспориоза и фузариоза в открытом грунте, что создает дополнительный источник инфекции. Отмечена тенденция к смене доминирующих видов на томатах в защищенном грунте: наблюдается прогрессирующая эволюция неспециализированного патогена – возбудителя серой гнили *B. cinerea*.

1. Поликсенова В. Д. // Защита растений. 1987. № 6. С. 51.
2. Glaser T. // Ochrana roslin. 1979. 23. № 9. S. 7.
3. Поликсенова В. Д. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1996. № 2. С. 33.
4. Игнатова С. И., Горшкова Н. С. // Науч.-техн. бюл. ВИР. 1992 (1993). Вып. 228. С. 12.
5. Тарр С. Основы патологии растений. М., 1975. С. 298.
6. Попкова К. В. Общая фитопатология. М., 1989. С. 72, 205.
7. Власова Э. А. // Актуальные проблемы фитовирусологии и защиты растений: Материалы науч. конф., посвящ. 85-летию со дня рождения чл.-кор. НАН Беларуси проф. А. Л. Амбросова (Прилуки, 16 июня 1997 г.). Мн., 1997. С. 108.
8. Герасимов Б. А., Осницкая Е. А. Вредители и болезни овощных культур. 4-е изд., испр. и доп. М., 1961. С. 467.
9. Защита растений от болезней в теплицах: (Справ.) / Под ред. А. Ахатова. М., 2002. С. 195.
10. Поликсенова В. Д. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 2003. № 2. С. 15.

Поступила в редакцию 17.11.2003.

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

УДК 632.4:635.25

А. К. ХРАМЦОВ, Н. П. КУПРЕЕНКО

ФИТОПАТОКОМПЛЕКСЫ С УЧАСТИЕМ ГРИБОВ РОДА BOTRYTIS MICHELI НА ЛУКЕ РЕПЧАТОМ (*ALLIUM CEPA* L.) ПРИ ХРАНЕНИИ

The present study describes the spreading of phytopathocomplexes contained fungi of *Botrytis Micheli* genus on the diseased onion bulbs (*Allium cepa* L.) during storage. The structure of the revealed complexes was analysed on the base of coefficients by L. Cole and relations of pathogens in cultural conditions. New combinations of pathogens in phytopathocomplexes on the onions are found out during storage in Belarus.

Экосистемы представляют собой «поле деятельности» фитопатогенных организмов, часто формирующих фитопатологические комплексы (фитопатоконплексы), между компонентами которых в процессе сопряженной эволюции установились тесные корреляционные связи [1]. Изучение таких комплексов имеет большое теоретическое и практическое значение, поскольку интенсивность развития комплексных заболеваний, поражение или гибель растения-хозяина часто определяются не первичным колонизатором, а сопутствующими организмами, стимулирующими инфекционный процесс [2].

Грибы рода *Botrytis Micheli*, являющиеся широко распространенными в биогеоценозах [3, 4], также вступают в различные взаимоотношения с компонентами биоты: микопаразитизм, подавление роста под действием антибиотиков, а также нейтральные [5, 6].

В Беларуси основной причиной потерь лука репчатого (*Allium cepa* L.) при хранении являются фитопатогенные микроорганизмы, среди которых немалую роль играют возбудители ботритиоза [7]. На сегодняшний день установлено, что гнили лука репчатого, вызванные одним видом патогена, в условиях нашей страны встречаются редко [7, 8]. Как правило, на одной луковице наблюдается совместное паразитирование нескольких видов пато-

генов, что ведет к возникновению фитопатоконплекса [7–10]. Среди фитопатоконплексов с участием грибов рода *Botrytis* встречаются образованные *Botrytis allii* Munn и *Aspergillus niger* van Tiegh., *B. allii* и *B. cinerea* Pers.: Fr., *B. allii* и *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) Korf. et Dumont, *B. allii* и *Fusarium sambucinum* Fuck., *B. allii*, *F. sambucinum* и *Penicillium glaucum* Link, *B. allii*, *B. cinerea*, *P. glaucum* и *W. sclerotiorum*, *B. allii*, *B. cinerea*, *F. sambucinum* и *P. glaucum* [7–10].

Остается открытым вопрос о формировании фитопатоконплексов с участием грибов рода *Botrytis*, сопряженности их компонентов на луке репча- том в период его хранения, доминировании видов в таких группировках, характере взаимоотношений между их компонентами. Результаты изучения подобных проблем были бы полезными при прогнозировании появления конплексов патогенной биоты на хранящемся луке, а также при разработке приемов контроля возбудителей конплексных гнилей в агрофитоценозах.

Материал и методика

Исследования фитопатоконплексов с участием грибов рода *Botrytis* проведены в условиях овощехранилища Белорусского научно-исследовательского института овощеводства. Встречаемость фитопатоконплексов определялась в выборке из 300 пораженных луковиц *Allium cepa* сортов Ветразь и Крывіцкі ружовы при снятии с хранения по [11]. Видовая идентификация микромицетов производилась по [3] с уточнением видовых названий по [12, 13], выделение в чистую культуру и культивирование – по [14]. Коэффициенты сопряженности Л. Коула (С) видов рода *Botrytis* с компонентами фитопатоконплексов рассчитаны по [15]. Взаимоотношения патогенов изучены при постановке бикультуральных тестов на картофельно-сахарозной агаризованной среде по [16], показатели ингибирования роста грибов рассчитаны по [17], тип взаимоотношений микромицетов определен согласно классификациям, приведенным в [18, 19]. Статистическая обработка данных проведена по [20].

Результаты и их обсуждение

В условиях Беларуси разнообразие фитопатогенов и их конплексов в выборках пораженных луковиц *A. cepa* при хранении оказалось весьма обширным. Так, нами обнаружено 19 типов фитопатоконплексов с участием грибов рода *Botrytis*, 12 из которых приводятся для нашей страны впервые (табл. 1).

Среди всех фитопатоконплексов на пораженных луковицах сорта Ветразь двухкомпонентные конплексы с участием грибов рода *Botrytis* составили 49,8 %, трехкомпонентные и четырехкомпонентные – 26,3 и 3,8 % соответственно. На луковицах сорта Крывіцкі ружовы подобное распределение выглядело следующим образом: 45,2 % двухкомпонентных, 26,9 – трехкомпонентных и 4,8 % четырехкомпонентных фитопатоконплексов. Примерно одинаковое распределение фитопатоконплексов на луковицах сравниваемых сортов говорит о незначительной сортовой обусловленности данного явления.

Среди двухкомпонентных фитопатоконплексов на луковицах обоих сортов доминирует конплекс *B. aclada* + бактерии, из трехкомпонентных – *B. aclada* + *P. glaucum* + бактерии, из четырехкомпонентных – *B. aclada* + *B. cinerea* + *P. glaucum* + *S. libertiana*. К редким фитопатоконплексам можно отнести такие, как *B. aclada* + *F. sambucinum*, *B. aclada* + *F. oxysporum* f. *sepaе* + бактерии, *B. cinerea* + *F. oxysporum* f. *sepaе* + бактерии. Грибы *B. aclada* и *B. cinerea* встретились в фитопатоконплексах 14 и 9 типов соответственно.

Для анализа взаимосвязи грибов рода *Botrytis* с другими компонентами фитопатоконплексов, выявленных нами в выборках пораженных луковиц *A. cepa*, рассчитаны коэффициенты Л. Коула (табл. 2). Анализ приведенных данных показывает, что на луковицах сорта Ветразь для гриба *B. aclada* не выявлена положительная сопряженность ни с одним из обнаруженных патогенов.

нов. Наименьшая связь отмечается с грибом *B. cinerea*, далее по мере увеличения сопряженности с *B. aclada* следуют *F. oxysporum* f. *sepaе*, бактерии, *P. glaucum* и *S. libertiana*.

Таблица 1

Встречаемость фитопатоконплексов с участием грибов рода *Botrytis* на пораженных луковичах *Allium cepa* при хранении, %

Фитопатоконплекс	Сорт	
	Ветразь	Крывіцкі ружовы
<i>Botrytis aclada</i> Fresen. (син. <i>B. alli</i>) + бактерии	24,4	31,3
<i>B. aclada</i> + <i>Penicillium glaucum</i> Link	12,9	6,3
<i>B. aclada</i> + <i>B. cinerea</i> Pers.: Fr.	3,3	5,3
<i>B. aclada</i> + <i>Sclerotinia libertiana</i> Fuckel	2,9	0,5
<i>B. aclada</i> + <i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sepaе</i> (Hans.) Snyderet Hansen	1,4	1,0
<i>B. aclada</i> + <i>Fusarium sambucinum</i> Fuckel	0,5	0,5
<i>B. cinerea</i> + бактерии	2,9	0,5
<i>B. cinerea</i> + <i>P. glaucum</i>	1,4	0,0
<i>B. aclada</i> + <i>B. cinerea</i> + бактерии	5,0	1,0
<i>B. aclada</i> + <i>F. oxysporum</i> f. <i>sepaе</i> + <i>P. glaucum</i>	1,0	2,4
<i>B. aclada</i> + <i>P. glaucum</i> + <i>Aspergillus niger</i>	2,4	0,0
<i>B. aclada</i> + <i>P. glaucum</i> + бактерии	9,1	16,3
<i>B. aclada</i> + <i>F. oxysporum</i> f. <i>sepaе</i> + бактерии	0,0	0,5
<i>B. cinerea</i> + <i>P. glaucum</i> + бактерии	5,7	6,7
<i>B. cinerea</i> + <i>F. oxysporum</i> f. <i>sepaе</i> + бактерии	1,0	0,0
<i>B. cinerea</i> + <i>P. glaucum</i> + <i>A. niger</i>	1,4	0,0
<i>B. aclada</i> + <i>P. glaucum</i> + <i>F. oxysporum</i> f. <i>sepaе</i> + бактерии	1,4	1,4
<i>B. aclada</i> + <i>B. cinerea</i> + <i>P. glaucum</i> + бактерии	0,5	1,4
<i>B. aclada</i> + <i>B. cinerea</i> + <i>P. glaucum</i> + <i>S. libertiana</i>	1,9	1,9

Примечание. Бактерии условно приняты за один компонент фитопатоконплексов. Полужирным шрифтом выделены фитопатоконплексы, являющиеся новыми для Беларуси.

Таблица 2

Коэффициенты сопряженности грибов рода *Botrytis* с компонентами фитопатоконплексов на *Allium cepa*

Вид патогена	Сорт Ветразь		Сорт Крывіцкі ружовы	
	<i>Botrytis aclada</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Botrytis aclada</i>	<i>Botrytis cinerea</i>
<i>Bc</i>	-0,213±0,006	—	-0,100±0,005*	—
<i>Fo</i>	-0,158±0,006***	-0,482±0,016	-0,109±0,006*	-1,000±0,025
<i>Fs</i>	?	?	-0,379±0,006	-1,000±0,025
<i>Sl</i>	-0,100±0,006*	-0,106±0,016*	0,383±0,162	0,505±0,021
<i>Pg</i>	-0,122±0,004**	-0,186±0,014	-0,150±0,004***	0,142±0,017**
<i>An</i>	?	0,163±0,028***	-1,000±0,006	-1,000±0,038
<i>B</i>	-0,143±0,006**	-0,137±0,013**	-0,367±0,012	-0,506±0,019

Примечание. *Bc* – *B. cinerea*, *Fo* – *Fusarium oxysporum* f. *sepaе*, *Fs* – *F. sambucinum*, *Sl* – *Sclerotinia libertiana*, *Pg* – *Penicillium glaucum*, *An* – *Aspergillus niger*, *B* – бактерии; * – $p < 0,1$, ** – $p < 0,05$, *** – $p < 0,01$, для данных, выделенных курсивом, – $p < 0,001$.

Знак «?» обозначает, что объем выборки не позволяет говорить о достоверности результатов.

На луковичах другого сравниваемого сорта для гриба *B. aclada* обнаружена положительная связь с *S. libertiana*, указывающая, вероятно, как на сходный уровень устойчивости лукович сорта Крывіцкі ружовы к *B. aclada* и возбудителю белой гнили, так и на отсутствие либо меньшую степень антагонизма между данными грибами. Абсолютно не связан *B. aclada* с грибом *A. niger* ($C = -1$). Сопряженности *B. aclada* с другими выявленными патогенами оказались так же, как и для лукович сорта Ветразь, в той или иной степени отрицательными. Данный факт может говорить об антагонистических взаимоотношениях указанных грибов и *B. aclada* в фитопатоконплексах на луковичах обоих сравниваемых сортов, что не зависит от особенностей сорта.

Для гриба *B. cinerea* на луковичах сорта Ветразь слабая положительная связь обнаружена лишь с *A. niger*. Во всех других случаях связи были отрицательными, и по мере уменьшения сопряженности с *B. cinerea* компоненты

фитопатоконплексов можно расположить в следующем порядке: *S. libertiana*, бактерии, *P. glaucum*, *B. aclada*, *F. oxysporum* f. *sepaе*. На луковицах другого сравниваемого сорта положительные связи гриб *B. cinerea* обнаружил с *S. libertiana* ($C=0,505$) и *P. glaucum* ($C=0,142$). Отрицательная сопряженность *B. cinerea* отмечена с *B. aclada* и бактериями, ни разу не выявлен *B. cinerea* совместно с *F. oxysporum* f. *sepaе*, *F. sambucinum* и *A. niger* ($C=-1$).

Наблюдения за заселением луковиц, искусственно инфицированных возбудителями ботритиоза, проведенные нами ранее [21], не позволяют говорить о закономерности присутствия видов в фитопатоконплексах, основанной на сопряженности патогенов между собой. Так, гриб *S. libertiana*, имеющий на луковицах сорта Кривіцкі ружовы высокий уровень сопряженности как с одним, так и с другим возбудителем ботритиоза, ни разу не был отмечен совместно с ними на луковицах этого сорта при хранении [21].

Любопытным является тот факт, что на луковицах, инфицированных пропагулами *B. cinerea* и хранившихся в условиях естественного инфекционного фона, всегда отмечалось развитие гриба *B. aclada* [21]. Напротив, гриб *B. cinerea* ни разу не встретился на луковицах, инфицированных пропагулами *B. aclada*. Полученные данные можно, вероятно, объяснить доминирующим типом жизненной стратегии группировок грибов *B. aclada* и *B. cinerea* на *A. sepa*. Учитывая результаты анализа их изолятов [22], показавшего отсутствие спорулирующих культуральных групп у *B. cinerea*, выделенных с *A. sepa*, можно говорить о более высокой приспособленности *B. aclada*, чем *B. cinerea*, к перезаражению луковиц в период хранения с помощью спор. Это свойство явилось, вероятно, результатом специализации гриба *B. aclada* к субстрату и адаптации к существованию во время хранения.

Установление закономерностей возникновения того или иного фитопатоконплекса с участием грибов рода *Botrytis* невозможно без изучения взаимоотношения их компонентов в условиях культуры. Бикультуральные тесты грибов рода *Botrytis* и компонентов выявленных нами фитопатоконплексов с их участием показали, что из 11 комбинаций грибов в 10 случаях (90,9 %) тип отношений между тест-объектами определен как взаимный антагонизм (конкуренция) (табл. 3).

Таблица 3

Показатели ингибирования компонентов фитопатоконплексов в бикультуральных тестах, %

Вариант бикультурального теста	Гриб рода <i>Botrytis</i>	Совместно растущий гриб
<i>Botrytis aclada</i> + <i>Aspergillus niger</i>	13,3	3,3
<i>B. aclada</i> + <i>Penicillium glaucum</i>	16,7	0,0
<i>B. aclada</i> + <i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sepaе</i>	27,8	17,0
<i>B. aclada</i> + <i>Sclerotinia libertiana</i>	41,4	36,3
<i>B. aclada</i> + <i>B. cinerea</i>	42,9*	22,4**
<i>B. aclada</i> + <i>F. sambucinum</i>	50,0	25,0
<i>B. cinerea</i> + <i>F. oxysporum</i> f. <i>sepaе</i>	30,2	28,9
<i>B. cinerea</i> + <i>A. niger</i>	39,0	37,5
<i>B. cinerea</i> + <i>F. sambucinum</i>	43,2	27,3
<i>B. cinerea</i> + <i>P. glaucum</i>	44,2	25,0
<i>B. cinerea</i> + <i>S. libertiana</i>	45,0	58,7

Примечание. * Данные относятся к *B. aclada*; ** данные относятся к *B. cinerea*.

случаях гриб *B. aclada* имел больший показатель ингибирования, чем совместно растущий. Наименьшее ингибирование *B. aclada* испытывал в варианте с *A. niger*, наибольшее – с *S. libertiana*.

Гриб *B. cinerea* угнетался в бикультуральных тестах всеми грибами и оказывал ингибирующее воздействие на все тест-объекты. Наибольшее за-

Только в одном случае (9,1 %), при сращивании *B. aclada* и *P. glaucum*, отмечен фунгистатический антибиотический антагонизм гриба *P. glaucum* в отношении *B. aclada*, т. е. отношения тест-объектов складывались по типу аменсализма.

Во всех вариантах совместных культур *B. aclada* угнетался всеми грибами. Наибольшее ингибирование его роста наблюдалось в варианте с *F. sambucinum* (50,0 %). Во всех исследуемых

медление радиальной скорости роста *B. cinerea* отмечено в варианте с *S. libertiana*, наименьшее – с *F. oxysporum* f. *cepae*. Сильнее всего гриб *B. cinerea* угнетал радиальный рост колоний *S. libertiana*, слабее – *P. glaucum*.

Таким образом, возбудители гнилей лука репчатого при хранении, являясь в большинстве своем антагонистичными друг другу, формируют *in vivo* фитопатоконплексы со многими различными модификациями компонентов. Данный факт, вероятно, связан с тем, что все компоненты фитопатоконплексов с участием грибов рода *Botrytis*, выявленные нами на *A. cepa*, при прочих равных условиях потенциально способны поражать лук репчатый в период хранения [12, 23]. Состав же фитопатоконплексов зависит, по нашему мнению, больше от количества пропагул того или иного патогена в окружающей среде, очередности попадания пропагул патогенов на субстрат, скорости распространения в субстрате, чем от сопряженности патогенов друг с другом. Это подтверждается и преобладанием отрицательных связей компонентов фитопатоконплексов с участием грибов рода *Botrytis*. Последующее же развитие патогенов, степень поражения ими луковиц, доля участия того или иного вида в формировании фитопатоконплекса могут, вероятно, зависеть от типа взаимоотношений патогенов в фитопатоконплексах.

1. Романенко Н.Д., Буров Б.В., Козырева Н.И., Стародубцев В.В. // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии. М., 1998. С. 103.
2. Бельская С.И. // Эколого-экономические основы усовершенствования интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков: В 2 ч. Мн., 1996. Ч. 1. С. 7.
3. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений: В 3 т. Киев, 1977. Т. 2.
4. Лихачев А.Н. // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Материалы Пятой междунар. конф., Москва, 7–10 (14) окт. 2002 г. М., 2002. С. 147.
5. Лихачев А.Н. // Микология и фитопатология. 1984. Т. 18. Вып. 3. С. 185.
6. Лихачев А.Н. Грибы рода *Botrytis* Micheli (Fungi, Deuteromycota). Биология, экология, микроэволюция: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2000.
7. Купреенко Н.П. Болезни лука репчатого в условиях Беларуси и разработка мер борьбы с ними: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Прилуки, 1993.
8. Иванюк В.Г., Купреенко Н.П. // Проблемы ботаники: Материалы VI Делегат. съезда Бел. Респ. Бот. об-ва: В 2 ч. Мн., 1993. Ч. 2. С. 460.
9. Купреенко Н.П. // Проблемы фитопатологии в Республике Беларусь: Тез. докл. науч. конф. Мн., 1996. С. 30.
10. Иванюк В.Г., Купреенко Н.П. // Овощеводство. Мн., 1996. Вып. 9. С. 62.
11. Микромицеты почв / В.И. Билай, И.А. Элланская, Т.С. Кириленко и др.; Под общ. ред. В.И. Билай. Киев, 1984.
12. Хохряков М.К., Доброзракова Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений. СПб., 2003.
13. The Biology of Botrytis / Ed. by J.R. Coley-Smith, K. Verhoeff, W.R. Jarvis. London, 1980.
14. Методы экспериментальной микологии / Под ред. В.И. Билай. Киев, 1982.
15. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М., 1989.
16. Бабушкина И.Н. // Микология и фитопатология. 1974. Т. 8. Вып. 5. С. 395.
17. Великанов Л.Л., Сухоносенко Е.Ю., Николаева С.И., Завелишко И.А. // Там же. 1994. Т. 28. Вып. 6. С. 52.
18. Гринько Н.Н., Успенская Г.Д. // Там же. 1987. Т. 21. Вып. 6. С. 553.
19. Пестинская Т.В. // Бот. журн. 1958. Т. 43. № 9. С. 1270.
20. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Мн., 1967.
21. Храмцов А.К., Купреенко Н.П., Мелешкевич А.А., Шуканов А.С. // Актуальные проблемы фитовирусологии и защиты растений. Мн., 1997. С. 116.
22. Храмцов А.К., Шуканов А.С., Поликсенова В.Д. // Антропогенная динамика ландшафтов и проблемы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия: Материалы респ. науч.-практ. конф. Мн., 2002. С. 55.
23. Определитель болезней сельскохозяйственных культур / М.К. Хохряков, В.И. Потлайчук, А.Я. Семенов, М.А. Элбакян. Л., 1984.

Поступила в редакцию 17.11.2003.

Александр Константинович Храмцов – ассистент кафедры ботаники.

Николай Петрович Купреенко – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе Института овощеводства НАН Беларуси.



УДК 556.51(282.243.613)

О.В. ТОКАРЧУК

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ В ЧЕРТЕ СОВРЕМЕННОГО г. БРЕСТА В XIX–XX вв.

Present paper describes quantitative and qualitative changes of the drainage network within the modern precincts of the Brest city in the end of XIX–XX centuries. The estimation of the city influence on Mukhavets riverbed and flood-plain suggested. Some historical features of Brest city growth, which determined the drainage network transformation, are also denoted.

Брест – наиболее крупный город в бассейне р. Западный Буг – расположен в месте впадения основного притока р. Мухавец. Поэтому его территория оказывает постоянное влияние на гидрографическую сеть и может служить примером взаимодействия города и речной сети.

Согласно результатам отечественных исследований, близкая к современной гидрографическая сеть в черте города сформировалась уже к концу муравинского межледниковья [1]. Вплоть до XIX в. изменения гидрографической сети в пределах г. Бреста происходили в основном под влиянием естественных факторов. В XIX–XX вв. в связи с формированием современной городской территории гидросеть была подвергнута интенсивному антропогенному воздействию.

Цель настоящего исследования – выявить количественные и качественные изменения гидросети в черте современного г. Бреста в XIX–XX вв. С помощью картографического метода были изучены военно-топографическая карта 1881–1882 гг. (1:42 000) и топографическая карта 2002 г. (1:20 000). На первой отражены изменения в местоположении города в связи со строительством крепости и началом активных антропогенных преобразований гидрографической сети бассейна р. Мухавец. На карте 2002 г. – современная гидрографическая сеть и хозяйственное использование рассматриваемой территории. Таким образом, временной срез составил 120 лет.

На начальном этапе возникла проблема сопоставимости используемых картографических источников, имевших разные проекции, координатные системы и масштаб, уровень генерализации. Для обеспечения совместимости изображений были созданы специальные переходные карты [2]. Для них в качестве общих приняты проекция и система координат карты 2002 г., масштаб карты 1881–1882 гг. Материалы рассматривались в границах современного г. Бреста. В качестве основных элементов содержания переходных карт были взяты гидрографическая сеть и хозяйственное использование земель. За базовый был принят уровень генерализации карты 1881–1882 гг.

Следует отметить, что современная территория г. Бреста относится к трем элементарным водосборным бассейнам. Под элементарным водо-

сборным бассейном нами для удобства понимается часть земной поверхности, сток с которой непосредственно осуществляется только в одну реку. Крайняя северо-западная часть города (10,9 % территории) располагается в пределах бассейна р. Лесная (рис. 1), крайняя западная (11,5 % территории) – в пределах элементарного водосбора р. Западный Буг. Однако большая часть городской территории (77,6 %) располагается в пределах бассейна р. Мухавец. Тут в XIX–XX вв. гидрографическая сеть подверглась значительным антропогенным воздействиям.

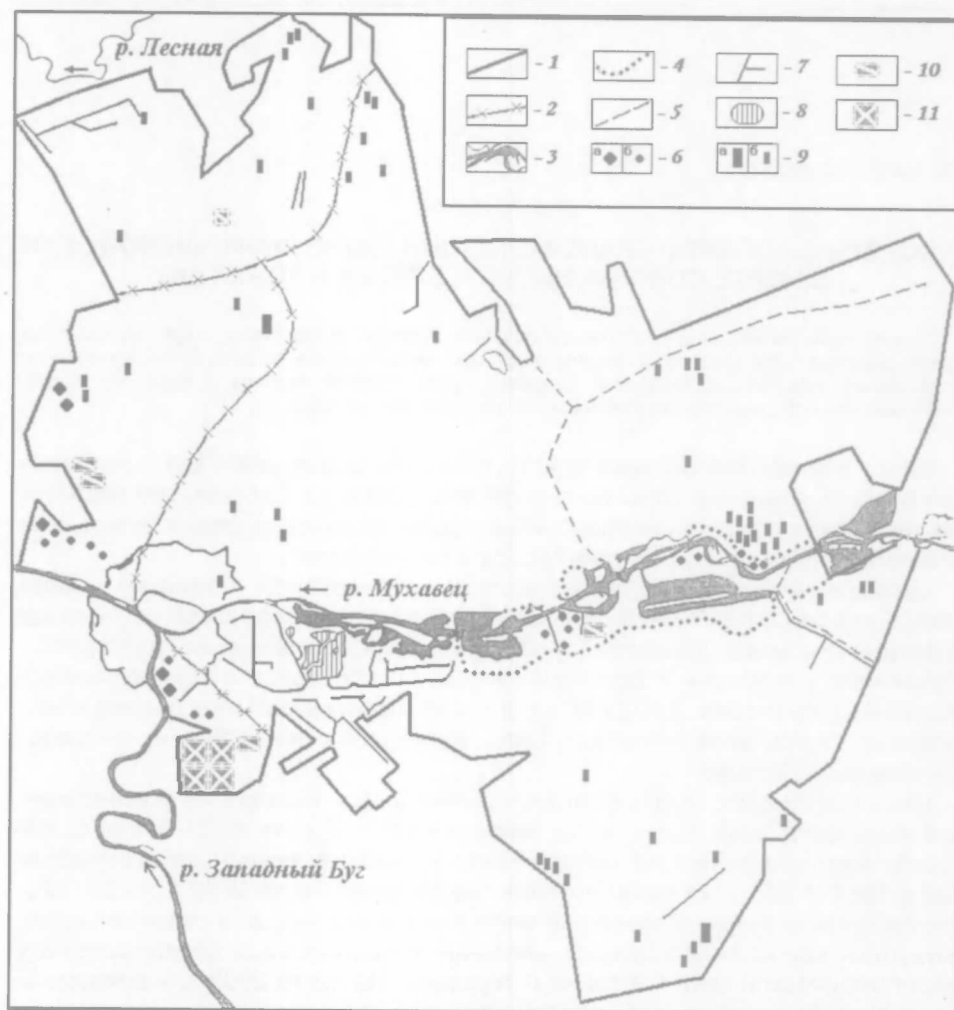


Рис. 1. Гидрографическая сеть территории г. Бреста:
 1 – граница городских земель; 2 – границы речных водосборов; 3 – реки, русловые образования, искусственные заливы русла;
 4 – границы заболоченной поймы р. Мухавец; 5 – предположительно ранее существовавшие реки; 6 а – озера площадью 1 га и более; 6 б – озера площадью менее 1 га; 7 – каналы; 8 – водохранилища; 9 а – пруды площадью 1 га и более; 9 б – пруды площадью менее 1 га; 10 – отстойники очистных сооружений; 11 – поля фильтрации очистных сооружений

К концу XIX в. около 2,5 км нижнего течения реки и прилегающая пойма были значительно изменены в связи со строительством крепости, остальная часть русла и поймы – в меньшей степени. Их первоначальный облик нарушали невысокая песчаная дамба, тянувшаяся по правому берегу Мухавца до южной окраины города, и пять мостов через реку (рис. 2).

Что касается остальной части бассейна, расположенной за пределами долины Мухавца, то здесь гидрографическая сеть к концу XIX в. была существенно трансформирована. Однако еще достаточно отчетливо прослеживалась гидрографическая сеть, существовавшая до начала активного хо-

зайтвенного освоения территории. Это следы вероятных притоков Мухавца 1-го порядка, обмелевших и частично канализированных к тому времени. Один из них, правый, длиной около 9 км когда-то, возможно, брал начало на северо-востоке современной городской территории и протекал в юго-западном направлении (см. рис. 1). В среднем течении, он, скорее всего, принимал справа небольшой приток, затем поворачивал на юго-юго-восток и впадал в Мухавец восточнее д. Шпановичи (см. рис. 2). Аргументом в пользу данной гипотезы служит участок меандрирующего русла, четко очерченный на карте 1881–1882 гг. к западу от городского района Киевская слобода. Участок начинался и заканчивался канавой. Подтверждением выдвинутого предположения является также конфигурация хорошо прослеживаемых на карте узких, линейно вытянутых заболоченных понижений, частично очерченных канавами. Второй вероятный приток 1-го порядка, левый, мог брать начало за пределами современного города, протекать в северо-западном направлении и впадать в р. Мухавец северо-восточнее д. Пугачево (см. рис. 1, 2). Данная гипотеза основывается в первую очередь на конфигурации узких, линейно вытянутых заболоченных понижений, хорошо заметных на карте 1881–1882 гг. Возможное направление течения притока очерчено существовавшей в конце XIX в. канавой. Ее контуры повторяет существующий ныне канал, который впадает в гребной канал, построенный в пределах левой поймы Мухавца в 1980-е гг. Длина притока могла составлять более 5 км. Во-вторых, возможные контуры ранее существовавшей гидрографической сети на карте 1881–1882 гг. очерчивают староречья на западе элементарного водосбора Мухавца. Они как бы соединяют русла двух рек – Мухавца и Западного Буга. Вполне возможно, что староречья повторяют контуры ранее существовавшего южного рукава Мухавца либо его древнего русла.

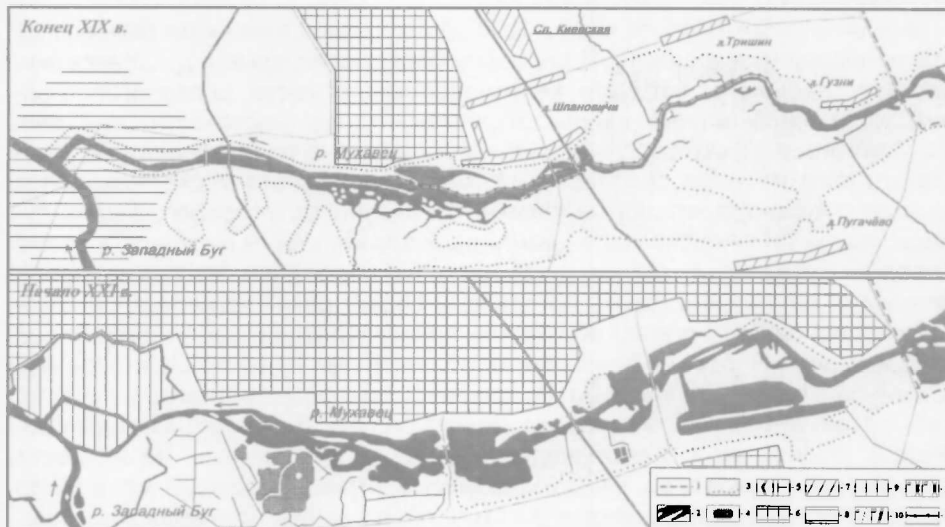


Рис. 2. Береговая линия и пойма р. Мухавец в черте современного г. Бреста (на верхней части рисунка – до начала строительства укреплений в конце XIX в.):

1 – граница земель современного г. Бреста; 2 – реки, русловые образования, искусственные заливы русла; 3 – пойма р. Мухавец; 4 – водохранилища; 5 – каналы; 6 – территории городской застройки; 7 – территории сельской застройки; 8 – территория крепости; 9 – мемориальный комплекс «Брестская крепость-герой»; 10 а – дороги; 10 б – железные дороги; 11 а – дорожные мосты; 11 б – железнодорожные мосты; 12 – песчаные дамбы

В результате сопоставления топографических карт были установлены следующие направления антропогенного изменения гидрографической сети р. Мухавец: 1) русла; 2) поймы; 3) внепойменных частей бассейна.

В ходе исследования стало очевидным, что наибольшей трансформации подверглось русло р. Мухавец (см. рис. 2), в частности естественные русло-

вые образования, и увеличена водная поверхность за счет искусственных заливов. Последние появились в ходе разработки карьеров песчаного материала, который использовался в основном для намыва поймы и строительства транспортных коммуникаций. Было также произведено выправление, расширение и углубление русла для нужд судоходства.

Для р. Мухавец к XIX в. характерными являлись разнообразные русловые образования: острова, останцы обтекания [3], рукава, протоки, староречья, заливы, отмели. От д. Гузни (ныне – восточная граница города) до восточной окраины д. Шпановичи (ныне – район средней пристани) русловые образования тяготели к вогнутому правому берегу реки, а ниже по течению, южнее Бреста, – к вогнутому левому берегу. Эти участки в плане можно рассматривать как части сложной макроизлучины длиной около 6 км.

Первый участок (протяженностью около 1700 м) заканчивался заболоченным останцом обтекания треугольной формы. Он располагался по правому берегу, выше по течению от верхнего железнодорожного моста. Останец не сохранился. Огибавшее его староречье углубили, расширили, частично преобразовали в главное русло, а прежнее главное русло пересыпали (см. рис. 2).

Южнее д. Тришин (ныне – микрорайон Тришин г. Бреста), также по правому берегу Мухавца, располагался другой крупный незаболоченный продолговатой формы останец обтекания, который был преобразован в остров, а огибавшее его староречье – в рукав русла (см. рис. 2).

Общая длина староречий на участке составляла: по правому берегу – более 1200 м, по левому – более 300 м. До настоящего времени староречья не сохранились. Ширина главного русла на участке уменьшалась вниз по течению с 40 до 25 м, коэффициент извилистости – 1,34. В ходе изменения русла его средняя ширина составила 60, максимальная – 100 м, коэффициент извилистости уменьшился до 1,22.

Второй участок (длиной около 4200 м) простирался ниже по течению до моста, ведущего в крепость. По правому берегу реки, южнее д. Шпановичи, выше по течению от верхнего железнодорожного моста, располагался небольшой лопастевидный залив, сохранившийся до настоящего времени. Его углубили и за счет этого намывали заболоченные ранее берега. Под дорожным мостом (ниже по течению от железнодорожного моста) находился высокий остров продолговатой формы. Он отделялся от правого берега рукавом, вверх по течению мелевшим и расширявшимся. В настоящее время остров не существует, так как рукав частично пересыпан. На юго-западной окраине д. Шпановичи (также по правому берегу реки) располагался крупный заболоченный останец обтекания, представлявший собой полуостров овальной формы с узким основанием, обращенным на восток. Староречье, отделявшее его от берега, ниже по течению сильно расширялось и мелело, приобретая вид вытянутого заболоченного залива. В настоящее время останец и староречье в первоначальном виде не сохранились. На их месте были вырыты два залива, между которыми построен дорожный мост. Надо отметить, что все перечисленные до этого образования, примыкавшие к правому берегу реки, отделялись от русла песчаной дамбой и сообщались с ним через систему шлюзов. Дамба в настоящее время не существует (см. рис. 2).

У левого берега реки, в пределах второго участка, русловых образований было больше, особенно южнее городской застройки. Три небольших острова и одним длинным узким главное русло здесь отделялось от группы заболоченных островов, разделенных потоками. Выше по течению находилась система староречий, отделявшаяся от главного русла небольшой песчаной дамбой. Все перечисленные русловые образования не сохранились. На их месте было вырыто несколько крупных заливов реки, насыпано 6 островов.

В нижней по течению части второго участка, под нижним железнодорожным мостом (в настоящее время не существует), располагался высокий вытянутый остров. Он отделялся от правого берега узким рукавом, от левого – главным руслом. Сейчас остров увеличился в размерах за счет практически засыпанного главного русла реки.

Общая длина староречий на втором участке по правому берегу составляла более 850 м, по левому – более 1000 м. Староречья не сохранились. Ширина главного русла сильно варьировала – от 35 до 100 м и более, коэффициент извилистости – 1,1. В результате деятельности человека средняя ширина русла составила 70 м, максимальная – более 100 м, коэффициент извилистости практически не изменился.

В целом для обоих рассмотренных участков водная поверхность за счет искусственных заливов увеличилась на ~40 га. Длина созданных участков русла насчитывала ~1200 м.

Изменение гидрографической сети поймы р. Мухавец было вызвано рядом причин.

1. Осушение. Данный процесс был характерен в большей степени для западной части левобережья. Площадь осушенных земель составила здесь более 50 га. В результате появились новые элементы гидрографической сети: каналы (общая протяженность – более 10 км), водохранилища – Большая Соя и Малая Соя (общая площадь – около 24 га) (см. рис. 2).

2. Намыв в основном восточной части поймы с целью расширения зоны городской застройки. В итоге площадь поймы уменьшилась более чем на 100 га, появились далеко отстоящие от русла искусственный залив и соединенный с ним гребной канал площадью более 40 га.

3. Строительство дорог и мостовых переходов. Была построена автомагистраль М-1 (Е-30), а также два дорожных моста.

4. Расширение, углубление и выправление русла.

Следует отметить, что после преобразований площадь поймы Мухавца уменьшилась более чем в два раза, она практически исчезла в западной части водосбора.

Согласно 5-балльной шкале оценки влияния города на русло и пойму рек, изменение русла и поймы р. Мухавец можно оценить в 3 балла, что соответствует следующим характеристикам: наличию набережных или берегоукреплений на протяжении 20–60 % береговой линии в черте города; частичному намыву поймы под застройку или ее обвалованию; изменению пойменных ландшафтов вследствие строительства дамб; сплошному выправлению русла для судоходства; наличию водозаборов, мостовых и подводных переходов; присутствию в русле карьеров, затонов и дамб, перекрытию боковых рукавов; появлению в русле техногенных осадков; частичным изменениям морфологии и рельефа русла; утрате рекой естественного облика, нарушениям речной экосистемы [4].

Изменение гидрографической сети внепойменной части бассейна р. Мухавец также происходило в нескольких направлениях. Во-первых, практически полностью исчезли следы вероятных притоков реки и ее древнего южного рукава. Во-вторых, появились новые элементы гидрографической сети: 41 пруд, осушительные каналы общей протяженностью более 5000 м (см. рис. 1).

Описанные изменения гидрографической сети связаны с динамикой хозяйственного использования водосборов и в значительной степени предопределены исторически. Детинец древнего Берестья, как установлено в результате археологических раскопок 1969–1981 гг. П.Ф. Лысенко, размещался на мысу между современными правым берегом Западного Буга и левым берегом левого рукава Мухавца. Окольный город находился севернее. Основание города датируется рубежом X–XI вв. в месте слияния этих двух рек. Важное военно-стратегическое положение Бреста, находившегося на

границе Российской империи, обусловило строительство крепости. В результате работ по возведению укреплений (1830–1842 гг.) был прорыт современный южный рукав р. Мухавец, оба рукава были канализованы. Сам город в связи с этим был перенесен восточнее, на правый берег [5]. Со второй половины XX в. город стал развиваться и на левом берегу Мухавца, что определило особенности трансформации гидросети на его территории. Наряду с общими для городских территорий тенденциями [4, 6] антропогенное изменение гидрографической сети в черте г. Бреста отличалось особенностями, которые необходимо учитывать при разработке рекомендаций по организации природоохранных, планировочных и градостроительных мероприятий.

1. Матвеев А. В. // Гидрографическая сеть Белоруссии и регулирование речного стока. Мн., 1992. С. 76.
2. Трофимова Т. И. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. 1999. № 3. С. 25.
3. Чеботарев А. И. Общая гидрология (воды суши). Л., 1975. С. 246.
4. Чалов Р. С., Рулеева С. Н. // География и природные ресурсы. 2001. № 4. С. 21.
5. Брест: энциклопедический справочник. Мн., 1987. С. 89, 109.
6. Макаревич А. А. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 2001. № 1. С. 62.

Поступила в редакцию 12.09.2003.

Олег Васильевич Токарчук – аспирант кафедры общего землеведения. Научный руководитель – доктор географических наук, доцент П.С. Лопух.

УДК 504.7 (476)

Е.Е. ДАВЫДИК, В.М. ЯЦУХНО

ОБЩЕЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ СОЗДАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ: ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ*

The guidelines of the concept of Pan-European ecological network are considered. Nature-territorial prerequisites and geographical peculiarities for forming EECONET on the territory of Belarus are analyzed.

Необходимость наднациональных подходов к охране природы была очевидна для организаторов природоохранного движения еще в начале XX в., что подтвердила первая Конференция по международной охране природы, состоявшаяся в Берне в 1913 г. Научное сознание, связанное с пониманием необходимости охраны отдельных видов животных и растений (время Красных Книг), развилось до понимания необходимости сохранения их местобитаний – пространственно ограниченных совокупностей условий географической среды с определенным сочетанием абиотических и биотических факторов. Глобализация задач охраны природы выразилась в разработке общеевропейской стратегии сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, одобренной в 1996 г. на Общеевропейской конференции министров окружающей среды в Софии. Одним из наиболее перспективных и актуальных направлений ее реализации является создание Общеевропейской экологической сети (EECONET) [1, 2]. Первой страной, включившей идеи EECONET в национальную природоохранную политику, явилась Голландия. Больших успехов в планировании и создании экосетей достигли Словакия, Чехия, Польша, страны Балтии. Используя их опыт и оценивая перспективы основания EECONET как важнейшую макрорегиональную инициативу, большинство европейских стран обязались к 2010 г. спланировать

* Статья написана по материалам докладов на Международных научных конференциях «Европа – наш общий дом» (Минск, декабрь 1999 г.) и «Развитие ландшафтов в Европе» (Стокгольм – Тарту, июль 2001 г.) сотрудниками НИЛ экологии ландшафтов БГУ.

и создать Общеввропейскую экологическую сеть (далее – экосеть) территориальной охраны природы.

Основная функция экосети – предотвращение увеличения фрагментации экосистем, сохранение пространственных и функциональных связей внутри них [3, 4]. Предполагается выявление всех наиболее важных (ключевых) и ценных для сохранения биоразнообразия территорий в отдельных европейских странах и обеспечение их охраны в рамках единой функционально и пространственно связанной системы, включающей территории-ядра сети, буферные зоны, экологические коридоры и зоны экологического восстановления (реставрации) [5].

Экологическими ядрами (core areas) являются территории с высоким уровнем биоразнообразия, имеющие надэкосистемный уровень организации. Они отличаются высокой степенью сохранности природных комплексов с площадью не менее 500 га, наибольшим количеством редких и исчезающих видов [6]. Биотические и абиотические потоки связывают биоцентры с окружающей территорией через буферные зоны, которые, обладая меньшей экологической значимостью, представляют особый природоохранный интерес и позволяют контролировать деятельность человека на прилегающих к биоцентрам территориях.

Экологические коридоры (ecological corridors) – ландшафтные структуры, обеспечивающие динамику и миграцию видов. Они могут быть линейными, имеющими непрерывную форму, дискретными (stepping stones) или островными, но целостными в обеспечении функционального единства между природными и ландшафтными экосистемами, состоящими из различных по функциям частей. На локальном и региональном уровнях организации географической среды они обеспечивают реальные связи между охраняемыми сообществами, на национальном и континентальном (европейском) уровнях экологический коридор приобретает функции обеспечения сохранности и поддержания устойчивости всей зонально-региональной экосистемы.

Зоны экологического восстановления (nature restoration areas) рассматриваются как дополнительные элементы экосети, в значительной степени преобразованные, но сохраняющие естественные черты и способность к восстановлению [7].

В каждой отдельно взятой стране экосети обладают неповторимым своеобразием, обусловленным характером природной основы, степенью преобразованности экосистем и территориальной организацией землепользования. В зависимости от научного, территориального и правового содержания экосети могут быть различной формы, но главная идея общеввропейской экологической сети одна – создание гармоничной системы охраны природы, которая бы не прерывалась политико-административными границами государств [8, 9].

Хорошо сохранившиеся ландшафты Беларуси имеют огромное экологическое значение для стран Восточной и Центральной Европы, природа которых претерпела глубокие изменения. Территория Беларуси отличается существенным разнообразием форм ледникового рельефа. В первую очередь это связано с тем, что ее современный облик сформировался в результате деятельности нескольких материковых оледенений. Расположенное на севере нашей страны Белорусское Поозерье входит в пояс поозерий Балтики, протянувшийся по территории Германии, Польши, Литвы и Латвии. По морфологическому, генетическому и возрастному разнообразию форм ледникового рельефа и их влиянию на сохранение и поддержание биологического разнообразия Беларусь является эталонным регионом. Разнообразие природных комплексов в условиях равнинных территорий формируется, как известно, под воздействием факторов широтной зональности и долготной секторности, обусловленных определенным радиационно-термическим

режимом, а также планетарным и региональным механизмами атмосферной циркуляции. По территории нашей страны проходит рубеж климатической детерминации, определяющий переход от слабоморского к слабоконтинентальному климату. В свою очередь климатические и почвенно-геоморфологические различия предопределили специфические особенности распространения растительности, сформировавшейся на стыке двух геоботанических областей – Евразийской хвойно-лесной (таежной) и Европейской широколиственной. Крупные лесные массивы Польши и Беларуси образуют пояс пущ (Кнышинская и Беловежская – в Польше, Беловежская, Ружанская, Налибокская – в Беларуси). Расположенное на юге страны Белорусское Полесье образует единый пояс с болотно-лесными территориями Польши и Украины. Основными лесообразователями выступают 28 видов древесных пород и около 80 кустарниковых и полукустарниковых видов. Биоразнообразие лесов включает более 1,6 млн экосистем различного синтаксономического уровня и соподчиненности [10].

Территория Беларуси характеризуется хорошо развитой гидрографической сетью, относящейся к бассейнам Балтийского и Черного морей. Имеющие огромное экологическое значение сохранившиеся естественные болотные массивы занимают около 5,4 % территории страны. Региональные и локальные различия природной среды и связанные с ней особенности растительного и животного мира нашли отражение в 55 ландшафтных районах [11].

В соответствии с международным соглашением «Зеленые легкие Европы», подписанным в Варшаве в 1993 г., вся территория Беларуси вместе с восточными районами Польши, Литвой, Латвией, Эстонией, западными районами России и северными – Украины подлежит особой охране и требует введения экологически безопасных методов хозяйствования [12].

Первая схема рационального размещения особо охраняемых природных территорий (ООПТ) появилась в Беларуси лишь в 1982 г. До этого присвоение статуса ООПТ осуществлялось в духе административно-командного государственного управления на основании критериев эталонности, уникальности и редкости отдельных видов растений и животных без учета принципа системности и взаимодействия между компонентами природного комплекса или как реакция на возникающие экологические проблемы или угрозы. Современный этап развития сети ООПТ связан с реализацией «Схемы рационального размещения особо охраняемых природных территорий и объектов», принятой в 1995 г. [15]. Согласно этому документу для каждого такого объекта устанавливается категория охраны, площадь и определяется административная привязка, размещение ООПТ увязывается с системой «природно-миграционных русел», учитывается развитие хозяйственного комплекса страны. В Беларуси к 2005 г. предусматривается расширение площади ООПТ до 8,7 % от всей территории.

В настоящее время природоохранный фонд Беларуси представлен четырьмя основными категориями охраняемых территорий: национальными парками (4), заповедниками (2), заказниками (97) и памятниками природы, что составляет около 7,5 % от всей территории. Существующая сеть ООПТ в первом приближении может рассматриваться как основа национальной экосети, которая в будущем должна стать составной частью общеевропейской.

Правильное определение пространственной структуры экосети, безусловно, имеет первостепенное значение для ее функционирования. Однако ни в коей мере нельзя игнорировать географический аспект проблемы, связанный с размещением и взаимодействием структурных компонентов экосети [16]. Абсолютизация их роли с позиций лишь оценки местообитаний и условий миграции животных и растений вряд ли является оправданной, поскольку не охватывает все разнообразие выполняемых ими функций [7].

Основное количество природоохранных объектов Беларуси находится в Гродненской, Брестской и Витебской областях. Слабо развита сеть охраняемых территорий на востоке и юго-востоке страны в силу того, что плодородные почвы лессовых ландшафтов Оршанско-Могилевского плато предопределили высокую степень сельскохозяйственного освоения. Большинство охраняемых экосистем составляют лесные, явно недостаточно представлены экосистемы открытых территорий, в том числе исключительно богатые по видовому разнообразию пойменные комплексы. Сложившаяся сеть ООПТ не является репрезентативной по отношению ко всем наиболее ценным экосистемам и видам при существующем их природном многообразии. В составе ООПТ представлены все роды и 59 из 105 видов ландшафтов, выделенных в Республике Беларусь [17, 18] (таблица).

**Структура экологической сети Республики Беларусь
и ее природно-территориальное содержание**

Ядра экосети	Существующие и перспективные заповедники, национальные парки, отдельные заказники, сохранившиеся природно-территориальные комплексы с высоким ландшафтным и биологическим разнообразием, экосистемы мест слияния и верховьев крупных и средних рек, болотные и озерно-болотные комплексы, а также сочленения древних ложбин стока с сохранившейся естественной растительностью, выраженные массивы рельефа ледниковой аккумуляции (камовые, озовые поля и др.)
Экологические коридоры	Долины и поймы рек, водоохранные зоны, поле- и лесозащитные, кустарниковые полосы, противозрозионные лесные и луговые угодья, островные мозаичные природные (лесные, луговые, водные, болотные) экосистемы среди освоенных территорий, древние и унаследованные ложбины стока, санитарно-защитные и рекреационные зоны
Зоны экологического восстановления	Слабо преобразованные природно-территориальные комплексы, вырубленные торфяные месторождения, лесные и болотные экосистемы, подвергшиеся антропогенной трансформации, преобразованные русла и долины малых рек, зарегулированные озера, водохранилища, пруды, массивы мелиорированных и низкоплодородных земель, требующие исключения из сельхозоборота и нуждающиеся в ренатурализации

Поддержание взаимодействия между элементами экосети осуществляется через ландшафтно-географические поля и миграционные коридоры [19]. Под ландшафтно-географическими полями понимается воздействие, оказываемое природными массивами на окружающую территорию. Известно, например, влияние леса на микроклимат, водный режим, формирование водного, химического и бактериального стоков. Это воздействие передается через водную и воздушную среду. Наиболее сильное влияние леса на прилегающую территорию проявляется на расстоянии, составляющем примерно 12–15-кратную высоту среднего дерева. Относительно пространственного взаимодействия лесных экосистем имеются сведения о том, что флора высших сосудистых растений испытывает изоляцию при удалении охраняемых участков от крупных массивов природного растительного покрова на расстояние 100–200 км [20, 21]. Примерно в таких же пределах фиксируется эффект дистанционной изоляции популяций некоторых видов животных. Количественными показателями взаимодействия природных комплексов являются процент лесистости, площадь лесных массивов, концентрация в экосистемах живого вещества, определяемая составом растительности, стадиями сукцессии, а также показатели α - и β -разнообразия.

С точки зрения соотношения природного и антропогенного компонентов структура землепользования в Беларуси оценивается как оптимальная: около 60 % составляют интенсивно используемые и преобразованные экосистемы, приблизительно 40 % приходится на естественные и слабо измененные (38 % из них – леса). Однако пространственное соотношение преобразованных и естественных природных комплексов неравномерно. Уровень лесистости колеблется от 8 до 65 % по разным регионам страны [14]. Взаимодействие основных компонентов урбанизированного и природного

каркасов Беларуси далеко не всегда складывается в пользу последнего. Хозяйственная деятельность в отдельных регионах привела к чрезмерной фрагментации лесных массивов, нарушению их пространственной целостности, изолированности друг от друга. На Полесье широкомасштабная осушительная мелиорация способствовала формированию обширных территорий мелиорированных земель, сосуществующих с сохранившимися естественными экосистемами. В результате активной хозяйственной деятельности, связанной с интенсивной эксплуатацией природных ресурсов, сохраняются угрозы отдельным элементам экологической сети.

Поэтому для поддержания экологического баланса региона в целом необходимо развивать сеть «микрорезерватов» (охраняемые урочища или области охраняемых ландшафтов) для поддержания ландшафтно-экологического равновесия на локальном уровне, создавать региональные природные парки, в которых наряду с функцией охраны типичных и уникальных природных и культурных ландшафтов решаются задачи экологического просвещения и рекреации. В зарубежной практике такие формы ООПТ показали достаточно высокую эффективность [22].

Наиболее сложным вопросом остается проблема экологических коридоров, обеспечивающих миграцию большинства видов животных. Их приуроченность к долинам рек, водоохраным и лесозащитным полосам, отдельным заказникам, лесным массивам среди сельскохозяйственных участков, территориям рекреационного назначения очевидна. В то же время этот компонент экосети наиболее открыт для воздействий окружающей среды и поэтому обладает относительной неустойчивостью из-за отсутствия специального охранного режима. Это связано прежде всего с тем, что критерии, по которым можно было бы выделять и картировать экологические коридоры, существенно различаются из-за специфики миграции отдельных видов, особенно при рассмотрении дискретных коридоров (stepping stones), используемых животными в староосвоенных регионах.

Важное значение при включении в общеевропейскую экологическую сеть приобретают трансграничные охраняемые территории. Согласно концепции экосети в отдельных случаях такие территории могут выполнять роль экологических ядер, что зависит от их площади, степени сохранности природных комплексов и биоразнообразия, а также быть зонами экологического восстановления или экологическими коридорами международного уровня.

К сожалению, до сих пор законодательно не определен статус трансграничных природных территорий. Их формирование находится в начальной стадии в рамках региональных проектов по совершенствованию территориальной структуры, вследствие чего недооцениваются их значение и роль в системе природоохраны.

Активное участие Беларуси в процессе формирования Общеевропейской экологической сети требует вовлечения в этот процесс широкого круга специалистов – экологов, зоологов, геоботаников, ландшафтоведов, землеустроителей, так как ее территориальное планирование должно учитывать не только полезные свойства отдельных природных компонентов, но и их взаимосвязи и взаимодействия в географической среде.

1. Конвенция о биологическом разнообразии. Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП). Нью-Йорк, 1992.

2. Nature conservation sites designated in application of international instruments at Pan-European level. № 95. Nature and Environment / Prepared by J. Beltran and B. Delbaere. Strasbourg, 1999.

3. Руководящие принципы формирования Общеевропейской экологической сети: Информ. материалы по экол. сетям / Сост. Г. Беннетт. М., 2000. Вып. 4.

4. Bennett G., Piro J.-Y. Review of Experience in Developing and Applying Ecological Networks: Project summary. Brussels, 1999.

5. IUCN. Guidelines for Protected Area Management Categories. Gland; Cambridge. 1994.

6. Пузаченко Ю. Г., Дроздова Н. Н. // Итоги и перспективы заповедного дела в СССР. М., 1986. С. 72.

7. Opstal A. J. F. M. van. The Architecture of the Pan European Ecological Network: Suggestions for Concept and Criteria. ICN. Rapport IKC Natuurbeheer. Wageningen, 1999. № 37.
8. Родоман Б. Б. // Ресурсы, среда, расселение. М., 1974. С. 150.
9. Шварц Е. А. // Охрана живой природы. Н. Новгород, 1998. Вып. 1 (9). С. 3.
10. Кожаринов А. В. Климатохорологический анализ популяций лесных растений Белоруссии. Мн., 1989.
11. Марцинкевич Г. И., Клицунова Н. К., Хараничева Г. Ф. и др. Ландшафты Белоруссии. Мн., 1989.
12. Зеленые легкие Европы. Варшава, 1993.
13. Yatsukhno V. M., Dudko G. V. // Development of European Landscapes. Tartu, 2001. Vol. 2. P. 383.
14. Иодо И. А., Потаев Г. А. // Природ. ресурсы. 1999. № 1. С. 111.
15. Об утверждении схемы рационального размещения особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь: Постановление Кабинета Министров Республики Беларусь от 13 марта 1995 г. № 132. Мн., 1995.
16. Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р. Особо охраняемые природные территории. М., 1978.
17. Пирожник И. И. // Техногенные аспекты преобразования географической среды. Debrecen; Sosnowiec, 1998. С. 119.
18. Баранец Г. Г., Юргенсон Н. А. // Природ. ресурсы. 1998. № 3. С. 67.
19. Иванов А. Н. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. География. 1998. № 3. С. 16.
20. Паулюкевичюс Г. Б. Оценка и использование средозащитных свойств лесов Литвы. Вильнюс, 1990.
21. Разумовский С. М. Закономерности динамики биоценозов. М., 1981.
22. Потаев Г. А., Продан Е. Е. // Архитектура и строительство. 2003. № 3. С. 33.

Поступила в редакцию 16.09.2003.

Елена Евгеньевна Давыдик – младший научный сотрудник.

Валентин Минович Яцухно – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией.

УДК 577.486:627 (476)

А.И. ЗАРУБОВ, А.Н. БАХРАМОВ

ОСОБЕННОСТИ СУКЦЕССИИ ПРИБРЕЖНОГО ЗООПЛАНКТОНА р. СОЖ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

The peculiarities of zooplankton complexes succession in riverside zone of Sozh river in autumnal season within the precincts of Gomel were investigated. A list of the zooplankton species was done. The main group zooplankton biomass in Sozh river in autumnal season was estimated. Indexes of species diversity were calculated.

Река Сож является одним из крупнейших притоков Днепра в Беларуси: из 648 км ее длины 493 км приходятся на территорию нашей страны. Река достаточно полноводная: среднегодовой расход воды в устье – приблизительно 220 м³/с [1]. Пойма довольно выраженная, в районе Гомеля составляет около 7 км. Ее поверхность прорезана лощинами, старицами, небольшими озерами, местами встречаются песчаные острова. Ширина реки колеблется от 40–80 м в верхнем течении до 90–125 м (местами – 230) в районе г. Гомеля. Русло реки извилистое, дно ровное, преимущественно песчаное. Скорость течения относительно небольшая (0,27–0,8 м/с), что позволяет в прибрежной части закрепляться на грунте высшей водной растительности, которая представлена манником, рдестами, урутью.

Уровень загрязнения воды в р. Сож в районе г. Гомеля, выраженный индексом, рассчитанным по 6 показателям (концентрация растворенного кислорода, БПК₅, азот аммонийный, азот нитритный, нефтепродукты и цинк), составил в 2000 г. 1,6–1,5 против 1,1–1,3 в 1995 г. [2], т. е. существует тенденция роста загрязненности речных вод. Река в исследуемом районе испытывает многоплановый антропогенный пресс, связанный с хозяйственным использованием, рекреационной нагрузкой, поступлением хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Гидробионты, включая зоопланктон, реагируют на изменение условий существования перестройкой

таксономической структуры и общей численности, что приводит обычно к упрощению связей в водоеме.

Цель исследований – рассмотреть сукцессию зоопланктона в прибрежной зоне р. Сож в период сезонных изменений климатических и гидрологических факторов.

Зоопланктон реки исследовался многими учеными на протяжении почти 50-летнего периода, в результате чего в самой реке и ее пойменных водоемах было идентифицировано 169 видов и варьететов, относящихся к 28 семействам и 65 родам, из них 98 – коловратки, 46 – ветвистоусые и 25 – веслоногие ракообразные [3]. Однако эти исследования носили преимущественно фаунистический характер и не затрагивали вопросов перестройки зоопланктонных сообществ в межсезонные периоды.

Исследования зоопланктона р. Сож осуществлялись нами в осенний период (октябрь) 2002 г. на двух станциях, расположенных в прибрежной зоне выше и ниже г. Гомеля. Станция 1(А) выбрана выше г. Гомеля – около д. п. Плесы в 30 м севернее железнодорожного моста. Ширина реки здесь не превышает 80 м, побережье песчаное, слабо заросшее высшей водной растительностью. Глубина отбора проб составляла 0,2 м. Станция 2(Б) выбрана ниже г. Гомеля в 100 м от автомобильного моста за Новобелицей. Ширина Сожа в этом месте достигает 150 м, дно песчано-галечниковое, местами заросшее макрофитами. Глубина отбора проб – 0,4 м.

Пробы отбирались с интервалом в одну неделю в течение месяца. Для полного учета зоопланктона использовался метод отбора отстоянных проб (1 л). Материал фиксировали 4 % раствором формалина. Обработку материала осуществляли в камере Богорова под бинокулярным микроскопом МБС-10, определение видов проводили под микроскопом «Биолам». Расчет массы тела ракообразных выполняли на основе степенных уравнений связи между длиной и массой тела; биомассу коловраток рассчитывали путем сравнения их формы с подобными геометрическими фигурами.

Погодные условия в период исследований характеризовались неустойчивостью – резкими суточными колебаниями температуры воздуха и ее понижением в период с 6 по 20 октября 2002 г. Так, в начальный период стояла облачная с прояснениями погода, температура воздуха и поверхностного слоя воды в прибрежье достигала 9–11 °С. 13 октября температура воды у берега в дневное время понижалась до 4–6 °С, было облачно и дождливо. В период до 20 октября всю неделю шел снег с дождем, однако к концу недели дожди прекратились и средняя температура воды составила +8 °С.

Согласно данным литературы [3], численность зоопланктона в открытой части р. Сож в летний период изменяется в широких пределах как по годам исследований, так и в течение вегетационного периода (от 4,02 до 48,12 экз./л в 1991–1992 гг. и от 8,01 до 112,36 экз./л в 1994–1995 гг.). Заметные колебания плотности здесь отмечаются также для различных участков реки, расположенных в пределах города. Биомасса водных беспозвоночных в эти годы составляла 0,00356–0,05212 и 0,00102–0,05618 мг/л соответственно [3]. Данные о таксономической структуре и численности прибрежного зоопланктона р. Сож в пределах г. Гомеля в литературе не приводятся. Кроме того, нет сведений и о формировании и динамике осеннего зоопланктона.

Согласно проведенным нами исследованиям, в осенний период 2002 г. численность зоопланктона в прибрежной части реки колебалась в пределах 13–32 экз./л (табл. 1). Аномально высокая для октября (06.10.2002 г.) плотность организмов на станции выше г. Гомеля определялась значительным преобладанием науплиальных стадий веслоногих ракообразных и доминированием некоторых видов коловраток (*Polyarthra vulgaris*, *Ascomorpha ecaudis*, *Keratella cochlearis* и *Conochilus unicornis*). На этой станции в прибрежной зоне течение реки замедленное, в дневное время вода на мелководье хорошо прогревается, вследствие чего здесь довольно широко представлена

высшая водная растительность, которая способствует формированию планктонных сообществ, включающих большое число таксонов и обладающих высокой численностью. Ниже г. Гомеля в прибрежье ветвистоусые рачки выпадают из планктона, в то время как выше города они составляют 0,1–6,2 % общей численности зоопланктона.

Таблица 1

Численность прибрежного зоопланктона в р. Сож в осенний период в черте г. Гомеля

Таксоны	06.10.2002		13.10.2002		20.10.2002	
	А	Б	А	Б	А	Б
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	10	–	–	–	1	1
<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850	108	–	–	–	–	–
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	–	–	1	–	–	–
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig., 1854)	13	–	–	–	–	–
<i>Bdelloida</i>	3	1	–	–	–	–
<i>Brachionus calyciflorus dorcasi</i> Gosse, 1951	1	–	–	–	–	–
<i>Cephalodella catellina</i> (Muller, 1786)	5	1	2	1	–	–
<i>Cephalodella ventripes</i> (Dixon – Nuttall, 1901)	1	–	–	–	–	–
<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)	4	–	–	–	–	–
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	84	1	11	6	2	4
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	17	1	–	–	–	1
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	1	–	–	–	–	–
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i> (Gosse, 1851)	100	–	1	1	8	–
<i>Keratella c. hispida</i> (Lauterborn, 1898)	3	1	–	7	5	2
<i>Keratella c. tecta</i> (Gosse, 1851)	–	1	–	1	1	–
<i>Keratella quadrata quadrata</i> (Muller, 1786)	4	–	1	1	3	–
<i>Lecane arcuata</i> (Bryce, 1891)	–	1	–	–	–	–
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1839)	1	–	–	–	–	1
<i>Lepadella ovalis</i> (Muller, 1786)	3	–	–	–	–	–
<i>Lepadella rhomboides</i> (Gosse, 1886)	1	–	–	–	–	–
<i>Monommata</i> sp.	1	–	–	–	–	–
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	198	3	1	–	9	1
<i>Postclausa hyptopus</i> (Ehrenberg, 1838)	1	–	–	–	–	–
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	8	–	–	–	–	–
<i>Synchaeta</i> sp.	58	–	–	3	–	1
<i>Trichocerca capucina</i> (Wlizerzejski, 1893)	4	1	–	–	–	–
<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof, 1891)	3	–	–	1	–	–
<i>Trichocerca longiseta</i> (Schränk, 1802)	1	–	–	–	–	–
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1963)	–	–	4	–	1	–
Другие Copepoda	6	–	–	–	–	1
Nauplii Copepoda	240	1	2	–	–	–
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1837)	–	–	–	–	2	–
<i>Chydorus sphaericus</i> (Muller, 1785)	1	–	–	–	–	–
<i>Peracantha truncata</i> (Muller, 1785)	–	1	1	–	–	–
Nematoda	–	2	–	–	–	1
<i>Endochironomus albipennis</i> (Melaen, 1830)	–	–	1	–	–	–
Всего	880	15	25	21	32	13

Биомасса зоопланктона в прибрежной зоне р. Сож в осенний период колебалась от 0,0042 до 2,7513 мг/л (табл. 2). Ее основу, как правило, составляли веслоногие рачки на науплиальной стадии развития. Обладая довольно большой массой тела в сравнении с коловратками, они даже при небольшой численности особей способны образовывать значительную часть общей биомассы зоопланктона в водоеме.

Таблица 2

Биомасса основных групп прибрежного зоопланктона р. Сож в осенний период в черте г. Гомеля, мг/л

Группы	06.10.2002		13.10.2002		20.10.2002	
	А	Б	А	Б	А	Б
Rotifera	0,3826	0,0036	0,0174	0,0042	0,0061	0,0027
Cladocera	0,0061	0,02	0,02	0	0,04	0
Copepoda	2,3626	0,01	0,0939	0	0,0147	0,176
Другие	0	0,002	0,2	0	0	0,001
Всего	2,7513	0,0356	0,3313	0,0042	0,0608	0,1797

Расчет индексов видового разнообразия прибрежного зоопланктона показал, что структурированность сообщества водных беспозвоночных в этой зоне реки в осенний период относительно низкая, поскольку в планктоне присутствует малое количество видов и численность каждого из них невысокая (табл. 3).

Таблица 3

Изменение индексов видового разнообразия прибрежного зоопланктона в р. Сож в осенний период в черте г. Гомеля

Индекс	06.10.2002		13.10.2002		20.10.2002	
	А	Б	А	Б	А	Б
Шеннона	0,906	1,041	0,795	0,750	0,819	0,882
Маргалефа	230,62	25,88	36,21	13,88	42,82	17,31

Таким образом, таксономическая структура и численность прибрежного зоопланктона в осенний период относительно стабильные. Выше г. Гомеля число видов и численность планктонных организмов несколько выше, чем на участке р. Сож, расположенном ниже города.

1. Блакітная кніга Беларусі. Мн., 1994.
2. Справочно-статистические материалы о состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности в Республике Беларусь. Мн., 2001.
3. Ковалева О.В. Использование показателей структурной организации речного зоопланктона для биоиндикации (на примере реки Сож): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мн., 2002.

Поступила в редакцию 22.09.2003.

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

Александр Николаевич Бахрамов – студент 3-го курса географического факультета.

УДК 911.375 (476)

Ж.А. ЧИЖЕВСКАЯ

ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ

Geographical peculiarities of socio-economic development of small towns of Belarus were considered at various historical stages. The reasons of occurrence of the first town settlements, factors and conditions of their further development were developed. Peculiarities of a spatial arrangement of small town settlements in national system of settling were analyzed, ring structures of town were allocated, the opportunity of use of substantive provisions of theory of Kristallera – Lesha in conditions of Belarus was considered.

Города являются не только самыми крупными по числу жителей населенными пунктами, но и наиболее важными культурными, хозяйственными и административными центрами. Современная система городских поселений Беларуси, исторически сложившаяся в специфических условиях края, – результат длительного процесса освоения территории. Характерной ее особенностью является устойчивое преобладание вплоть до середины XIX в. малых городских поселений (до 20 тыс. человек) на всех этапах развития нашей страны.

Первые города на территории Беларуси появились в феодальную эпоху, когда в результате углубления общественного разделения труда произошло отделение ремесла от земледелия, возник регулярный товарообмен. В местах сосредоточения ремесленного производства постепенно складывались городские поселения. Стали появляться города-крепости, княжеские центры, торговые города. В X в. существовали Полоцк, Туров, Заславль. Документы XI в. содержат упоминание о Бресте, Витебске, Минске, Орше, Друцке, Пинске. В течение XII–XIII вв. появляются Слуцк, Копыль, Клецк, Несвиж и др. В целом на территории Беларуси в XI–XIII вв. насчитывалось

примерно 35 городов [1]. На их возникновение и дальнейшее экономическое развитие большое влияние оказали географическое положение и природные условия (климат, особенности рельефа, гидрологическая сеть и т. д.). Города размещались обычно на берегах рек, в частности в местах, где одна река впадает в другую, что было выгодным с точки зрения обороны. Среди экономических функций городов наряду с развитием различных видов ремесел (выплавка и обработка металлов, резьба по кости, гончарное производство, ткачество и др.) важное значение имела торговля. Находившиеся в наиболее выгодном транспортно-географическом положении Витебск, Минск, Полоцк вели активную торговлю с иностранными государствами, кроме того, их жители занимались сельским хозяйством, охотой, рыболовством.

В XIII ст. на белорусских землях возникает Великое княжество Литовское. Начинается новый этап эволюции городов, связанный с проникновением социально-хозяйственных и урбанистических черт европейского характера, наиболее значимыми среди которых были формирование новой административно-территориальной системы (создание воеводств и поветов), распространение Магдебургского права. В этот период в городах растет количество населения, увеличивается их роль как центров торговли, развиваются промыслы. Благодаря этому Брест, Гродно, Минск, Полоцк, Слуцк, Новогрудок, Могилев, Витебск [2] получают право самоуправления. После трех разделов Речи Посполитой (1772, 1793 и 1795 гг.) процесс роста городов замедлился. На территории Беларуси в то время происходили опустошительные войны, многие города были разрушены и сожжены.

Благоприятные условия для дальнейшего развития городов складываются после отмены в 1861 г. крепостного права. Значительная этническая территория, хорошие демографические показатели, выгодное географическое положение, развитие промышленности, научно-технический прогресс, железнодорожное строительство – все это, казалось, должно было бы способствовать росту городских поселений и численности горожан. Однако в действительности централизованная система управления, отсутствие крупной промышленности и разведанных месторождений полезных ископаемых, недостаточно развитая транспортная сеть, экономическая зависимость от общероссийского рынка обусловили доминирование в системе расселения пореформенной Беларуси мелких городов и крупных местечек (до 10 тыс. и до 2 тыс. жителей соответственно). Всего в начале XX в. малые города составляли более 80 % городских поселений, в них проживало 76 % горожан, было сосредоточено 85 % рабочих и ремесленников, производилось 78 % промышленной продукции [3]. Преимущественное размещение промышленности в уездах, преобладание мелкого производства определяли специфику расселения: временами больше половины городских сословий проживали вне городов, в местечках. В этой связи следует особо остановиться на их роли как переходных образований, как бы противопоставленных городу [4].

В Беларуси первые местечки появляются в XIV в. Однако как тип поселения они сформировались в XVII–XVIII вв. Этот тип населенного пункта был свойствен только западным губерниям России и являл собою нечто среднее между городом и деревней. Возникновению местечек способствовали особые условия: они вырастали из принадлежавших крупным земельным магнатам сел, удобно расположенных на важных транспортных путях, получали разрешение на проведение ярмарок, чем привлекали население, не связанное с сельскохозяйственным производством, особенно торговцев, ремесленников и кустарей. Все белорусские местечки делились на государственные (или королевские), частновладельческие и церковные.

О значительной роли местечек в экономической жизни Великого княжества Литовского, а позднее Речи Посполитой свидетельствует тот факт, что некоторые из них имели свой собственный герб (Ружаны, Браслав) и поль-

зовались Магдебургским правом (Высокое, 1494; Браслав, 1501; Радощковичи, 1564; Мир, 1579; Друя, 1618; Копыль, 1632; Ружаны, 1637; Бешенковичи и Логишин, 1643; Ушачи, 1758 [5]. Всего в Беларуси в конце XIX в. насчитывалось 369 местечек, третья часть из которых (около 120) были обычными сельскими населенными пунктами [6].

В размещении, а также в экономической ориентации местечек прослеживались региональные особенности. Так, в конце XIX – начале XX в. большая их часть сосредоточивалась на западе и в центре Беларуси, т. е. там, где жители пользовались преимуществами торговли с Германией и Польшей, была высокая плотность населения и развитая сеть дорог. Озерный же север и болотистая местность юга не благоприятствовали развитию там местечек. Функционально на западе и в центре преобладали местечки промышленного типа, а на севере и юге – торгового. В целом же промышленная направленность и развитая торговля приближали их по экономическому значению к городам.

Мощным фактором развития городских поселений наряду с промышленностью в послереформенный период выступало железнодорожное строительство. В 1871–1874 гг. закончилось сооружение Московско-Брестской железнодорожной магистрали, проходившей через Оршу, Борисов, Минск, Брест, и Либаво-Роменской, проложенной через Молодечно, Минск, Бобруйск, Гомель. Благодаря этому Минск из небольшого провинциального городка со слабо развитым производством превратился в достаточно крупный торгово-промышленный центр всего Северо-Западного края [7]. Значительная сеть железных дорог способствовала подъему большого числа мелких и ранее малоизвестных поселений (Барановичи, Лунинец и др.), а также более равномерному распределению занимавшегося торговлей и занятого в промышленности населения в пределах белорусских губерний. Фактически этот процесс закреплял исторически сложившееся соотношение городского и местечкового населения и содействовал установлению определяющего значения для региона малых городов.

Процесс развития и роста малых городов значительно затормозился в первой половине XX в. из-за войн и последствий Рижского мирного договора и шел по-разному в восточных и западных частях страны. В западных областях, где промышленный капитализм развивался в своеобразном союзе с осадничеством, представлявшим собой среднюю и крупную земельную собственность, сеть городов была негустой, а подавляющее их большинство было почти лишено промышленных функций. Поэтому перед началом Великой Отечественной войны урбанизированность этих областей была очень низкой [9]. На развитие малых городских поселений восточных областей большое влияние оказали изменения в экономике. Проведение новой экономической политики в 1920-е гг., формирование местных и общегосударственных рынков вызвали быстрый рост малых городов и местечек, повышение их роли. Изменение самого понятия городского поселения, выработка новых критериев его выделения способствовали преобразованию ряда городов в сельские населенные пункты. Это, а также переход ряда малых городских поселений в категорию средних (Бобруйск, Могилев) привели к сокращению числа малых городов со 157 в 1923 г. до 110 в 1926 г. и к соответствующему снижению их доли в численности городского населения. После присоединения Западной Беларуси число малых городских поселений увеличилось на 66 единиц, а горожан – на 60,7 %. Перед Великой Отечественной войной в малых городах работали почти половина промышленных рабочих, производилось около четверти промышленной продукции [3]. За время войны было разрушено 209 крупных и мелких городов, уничтожено или вывезено в Германию свыше 10 тыс. промышленных предприятий. Во многих освобожденных городах насчитывалось лишь несколько сотен

жителей. Некоторые из них (Ляды, Куренец, Мотоль, Озеры и т. д.) так и не сумели достичь довоенного уровня развития и позже были переведены в разряд сельских поселений [10].

В первые послевоенные годы основная задача в плане развития городов состояла в восстановлении довоенной численности населения, строительстве индустриальных объектов и объектов непроизводственной сферы. Важное значение для роста некоторых городов имел их административный статус: упразднение прежних районов и образование новых. Общее количество малых городов увеличилось за счет преобразования сельрайцентров в городские поселки. Так, в первое послевоенное десятилетие на карте Беларуси появились три города (Марьина Горка, Мосты, Толочин) и девять поселков городского типа. Однако, поскольку основные средства в послевоенный период направлялись на восстановление и развитие крупных городов, доля малых городских поселений продолжала снижаться.

В 1960–1980-х гг. вследствие территориальной деконцентрации производства и перераспределения нового промышленного строительства в пользу малых городов большая часть из них перешла в категорию средних и крупных. Этот процесс сопровождался и рядом негативных явлений. Несоразмерная с трудовым и социально-культурным потенциалом малых городов величина новых предприятий вызвала скачкообразный количественный рост производства и населения, что порождало многочисленные социальные и экономические проблемы. Кроме того, это усугубляло дифференциацию малых городов, на фоне прогрессирующих образовалась группа деградирующих городских поселений, еще сохранивших свой административный статус, но потерявших облик и функции городов.

Исторические условия по-разному влияли на рост и развитие малых городов. Наибольших размеров достигали те из них, развитию которых способствовали такие факторы, как географическое положение, наличие крупных промышленных предприятий, обнаружение и разработка вблизи них полезных ископаемых, административное значение и т. д. Изменение географических и социально-исторических условий обуславливало бурный рост или застой (упадок) того или иного города.

Городские поселения на территории Беларуси возникли не случайно, а в результате ряда объективных причин. Поэтому и в расположении городов различного ранга можно проследить некоторую закономерность. Центральное место в национальной системе расселения занимает столица Беларуси – Минск, где сконцентрирована значительная часть социально-экономического и демографического потенциала страны. Остальные города образуют по отношению к нему ряд своеобразных кольцевых структур. Для их выявления необходимо определить среднее расстояние (R_{cp}) от центра (г. Минска) до ближайших городов с наибольшей численностью населения по формуле $R_{cp} = \sum R / n$, где $\sum R$ – сумма расстояний от каждого города до центра; n – количество городов.

Первое кольцо (внешнее) образуют областные города, наиболее крупные хозяйственные, административные и культурные центры, численность населения которых превышает 250 тыс. человек, а среднее расстояние от столицы составляет 250 км (таблица). Второе кольцо (среднее) образуют города с населением более 100 ты. человек, которые расположены на $R_{cp} \sim 110$ км от центра. Третье (внутреннее) кольцо составляют поселения, относящиеся к категории малых городов. Они расположены на расстоянии $R_{cp} \sim 37$ км от столицы. При движении от внешнего кольца городов к центру уменьшается средняя людность городских поселений. Так, в пределах среднего кольца нет ни одного крупного города, а на расстоянии 30 км от г. Минска – большого или среднего, поскольку столица «перехватывает» часть функций и потенциала (экономического, социального, демографического) более мелких городских поселений.

**Распределение городов Беларуси
в пределах кольцевых структур в зависимости
от их людности и отстояния от г. Минска**

Кольцевые структуры городов	Города	Численность населения, тыс. человек	Наименьшее расстояние от г. Минска, км
Внешнее кольцо	Гомель	475,5	282
	Могилев	356,5	180
	Витебск	340,7	219
	Гродно	301,6	240
	Брест	286,4	330
Среднее кольцо	Бобруйск	220,7	135
	Барановичи	167,4	135
	Борисов	150,7	72
	Солигорск	100,9	120
	Лида	100,7	144
	Молодечно	96,6	60
Внутреннее кольцо	Дзержинск	23,8	33
	Смолевичи	14,1	34
	Заславль	13,1	21
	Фаниполь	11,3	34
	Червень	11,2	60
	Логойск	9,5	39

Примечание. Численность населения приведена по данным переписи населения 1999 г.

Малые города расположены относительно равномерно по всей территории страны. Они занимают особое место в национальной системе расселения, являясь местными центрами. Их развитие во многом зависит от положения по отношению к более крупным городам, сельскохозяйственным районам, транспортно-географического положения. Благоприятные условия имеют малые города, расположенные вблизи транспортных путей и в районах со значительным агоресурсным и рекреационным потенциалом. Меньше возможностей для роста у поселений, на-

ходящихся вдали от важнейших транспортных коммуникаций и вблизи городов более высокого ранга.

Особенности территориального распределения городских поселений характеризует теория центральных мест, разработанная немецким географом В. Кристаллером. Подробнейший анализ реальной системы расселения в Южной Германии позволил В. Кристаллеру перейти от эмпирики к построению дедуктивной теории. Ее первое изложение появилось в книге «Центральные места Южной Германии» (1933 г.). Логическим продолжением теории В. Кристаллера явилась работа А. Леша «Пространственный порядок хозяйства» (1940 г.), основное положение которой заключается в том, что «размещение экономической деятельности» главным образом определяется условиями спроса и предложения. Чтобы оптимально обслуживать территорию города, «центральные места» должны распределяться с соблюдением определенной дистанции. Естественно предположить, что «центральные места» одного ранга, распределившись равномерно, на одинаковом расстоянии друг от друга, будут стремиться сформировать наиболее компактную по форме зону обслуживания, т. е. круг. Но кругами нельзя полностью охватить всю территорию. Ближайшая по форме к кругу фигура, допускающая плотную, без просвета, «упаковку» зон обслуживания, – шестиугольник. Поэтому «центральные места» одного ранга образуют на территории правильную гексагональную решетку [11].

В условиях Беларуси данная модель может быть использована в качестве теоретической нормы, поскольку теория Кристаллера – Леша справедлива лишь для идеализированной территории, известной как изотропная поверхность. В реальных условиях правильная схема «центральных мест» нарушается различными местными факторами.

На территории Беларуси нельзя найти района, который бы точно соответствовал теоретической схеме, так как ни одно из «упрощений» не отвечает реальности. Однако все же имеется и сходство между теорией и реальностью. Так, если соединить прямыми линиями областные города, то получится неправильный пятиугольник. Отсутствие шестого центра объясняется влиянием природно-географических особенностей юга Беларуси. Размещение Витебска, Могилева и Гомеля примерно на одной линии на сравнительно небольшом расстоянии друг от друга обусловлено исторически сложившейся конфигурацией транспортной сети.

Малые городские поселения, несмотря на достаточно равномерное расположение по территории страны, лишь в отдельных регионах образуют шестиугольные структуры вблизи более крупных центров. Экономическими причинами можно объяснить, например, такое расположение малых городов вокруг Витебска (Городок, Яновичи, Сураж, Лиозно, Богушевск, Бешенковичи, Шумилино). Занимая подчиненное положение по отношению к городам более высокого ранга, малые городские поселения, в свою очередь, являются «центрными местами» для сельских населенных пунктов. Но в целом пространственное размещение и людность малых городов нельзя объяснить только экономическими причинами, необходимо учитывать также влияние природно-географических, социальных и исторических факторов.

1. Марчэнка І. // Бел. гіст. часоп. 1996. № 2. С. 13.
2. Жучкевич В. А. Города и села Белорусской ССР. Мн., 1959.
3. Загорец И. В. Формирование систем расселения с центрами в малых городских поселениях БССР: Дис. ... канд. геогр. наук. Мн., 1966.
4. Вараксин Н. В. Формирование белорусских городов во второй половине XIX – начале XX веков: Автореф. дис. ... канд. ист. наук. Мн., 1966.
5. Асіноўскі С. // Архівы і справаводства. 2002. № 5. С. 119.
6. Шыбека З. В. Гарады Беларусі (60-я гады XIX – пач. XX стагоддзяў). Мн., 1997.
7. Богданович А. В., Сидоров П. А. Города Белоруссии (краткий экономический очерк). Мн., 1867.
8. Шыбека З. В. Гарады Беларусі (60-я гады XIX – пач. XX стагоддзяў): Аўтарэф. дыс. ... д-ра гіст. навук. Мн., 1998.
9. Польский С. А. Урбанизация Белорусской ССР. Мн., 1985.
10. Раков А. А. Население БССР. Мн., 1969.
11. Лаппо Г. М. География городов. М., 1997.

Поступила в редакцию 02.10.2003.

Жанна Анатольевна Чижевская – аспирант кафедры экономической географии Беларуси и государств Содружества. Научный руководитель – кандидат географических наук, доцент Г.С. Смоляков.

УДК 556.52

П.С. ЛОПУХ, Л.А. НЕКРАСОВА, И.С. ДАНИЛОВИЧ

АНАЛИЗ ВОДНОБАЛАНСОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И УРОВНЕВОГО РЕЖИМА оз. НАРОЧЬ ЗА МНОГОЛЕТНИЙ ПЕРИОД

On the basis of the prolonged observes for hydrological regime of the Naroč lake has been calculated a water balance for a multy-annual period and 2002. In the article the quantitative estimations of parts of the water balance are reviewed.

Детальное гидрологическое изучение Гидрометеослужбой БССР озер Нарочанской группы началось в 1944 г. с открытия гидрологического поста с целью наблюдения за уровнем, термическим и ледовым режимами озера. В Республиканском гидрометеоцентре с 1973 по 1986 г. ежегодно рассчитывался водный баланс оз. Нарочь и публиковался в «Гидрологическом ежегоднике» [1]. Эпизодически специалисты обращались к проблемам расчета и анализа основных составляющих водного и водохозяйственного балансов озера как одного из наиболее крупных и значимых водоемов республики [2–5].

Материал и методика

Накопившиеся к настоящему времени материалы по гидрометеорологическому режиму озера и его водосбора позволили более детально подойти к оценке составляющих водного баланса. Для этого использовались материалы гидрометеорологических наблюдений озерной станции «Нарочь». Был проведен расчет водного баланса за каждый месяц и в среднем за год за 57-летний период наблюдений (1945–2002 гг.), а также за 2002 г. как самый теплый и один из самых маловодных.

Структура водного баланса тесно связана с показателем удельного водосбора (отношение площади водосбора к площади зеркала озера), что характеризует взаимосвязь между озером и водосбором и определяет соотношение составляющих водного баланса, колебания уровня и проточность.

Общее уравнение водного баланса имеет следующий вид:

$$P + \Pi_{\text{пв}} + \Pi_{\text{п}} - (I + C) \pm A = H,$$

где P – атмосферные осадки, выпадающие на водную поверхность; $\Pi_{\text{пв}}$ – приток поверхностных вод по протоке Скема и впадающим ручьям; $\Pi_{\text{п}}$ – приток подземных вод; I – испарение с водной поверхности; C – сток из оз. Нарочь по р. Нарочь; A – аккумуляция воды в озере; H – невязка водного баланса [2–4]. Воднобалансовое уравнение учитывает в приходной части осадки на поверхность зеркала водоема и поверхностный приток, в расходной – сток из озера и испарение, а также аккумулятивную составляющую водного баланса или сработку запасов воды озера. Однако не представилось возможным выделить в качестве отдельной составляющей сток подземных вод за 2002 г., который условно включен в невязку водного баланса [2].

Осадки. При расчетах количества атмосферных осадков, выпадающих на водную поверхность, использованы данные осадкомеров, расположенных вдоль всей акватории водоема (озерная станция «Нарочь», водомерные посты «Проньки», «Черемшицы», «Гатовичи»), с учетом поправок на смачивание осадкомерного сосуда и на ветровой недоучет, которые довольно значительны в зимний период. Влияние ветра корректировалось с помощью поправочных коэффициентов [6].

Поправки на испарение невелики и существенного влияния на результаты измерений не оказывают. Объем осадков на зеркало водоема подсчитывался для его средней площади за рассматриваемый период.

Поверхностный приток вод в озеро подразделяется на две составляющие – приток из оз. Мястро по протоке Скема у с. Гатовичи и боковую приточность (сток, поступающий в озеро по постоянным и периодически возникающим ручьям). Для расчета боковой приточности использованы результаты наблюдений по действующим и закрытым постам: ручей б. назв. – с. Урлики (кур. пос. Нарочь), ручей б. назв. – оз. ст. Нарочь, ручей б. назв. – с. Проньки, ручей б. назв. – с. Симоны, ручей б. назв. – с. Антонисберг, ручей б. назв. – с. Купа.

Объем воды с неизученной территории определялся по постам-аналогам через средний модуль стока.

Подземный водообмен. Количественная оценка подземной составляющей принята по данным БелНИИГРИ, для годового интервала величина данного показателя ориентировочно равна 7,73 млн м³ (учитывалась при расчете водного баланса за многолетний период).

Испарение с водной поверхности. Величина испарения определялась с помощью испарителя ГГИ-3000, установленного на плоту и действовавшего с 1963 по 1987 г., с 1988 по 2002 г. – на основе расчетов по эмпирической связи зависимости значения испарения с водной поверхности от средней температуры (по результатам наблюдений на термическом профиле и 6 рейдовых вертикалях) поверхностного слоя воды в оз. Нарочь.

Испарение вычислялось для открытого водоема, величины испарения со снега и льда имели малые значения и в водном балансе не учитывались.

Объем испарившейся воды определен с учетом средней за расчетный интервал времени площади зеркала.

Сток из озера. Поверхностный сток из озера осуществляется по р. Нарочь. Величина его учитывалась по результатам наблюдений на посту Черемшицы. Приращение водосборной площади между истоком и гидроотвором на р. Нарочь составляет 43 км². Приточность на этом участке определялась по методу аналогии и вычиталась из величины стока из озера у с. Черемшицы. В качестве аналога взят пост Черемшицы.

Аккумуляция в озере. Основной аккумуляционной составляющей баланса является накопление (сработка) воды в чаше озера. Расчет выполнен по разности объемов на начало и конец месяца, использованы среднесуточные уровни воды озера на первое число каждого месяца. Величина объема воды озера на эту дату получена по кривой зависимости объема воды от уровня воды озера ($W=f(H)$).

Увязка водного баланса. Невязка водного баланса определялась после его увязки. Уравнивание водного баланса производилось с абсолютными значениями величин. Невязка прибавлялась (всегда с положительным знаком) к той части уравнения, которая оказалась меньше именно на величину невязки. После уравнивания невязка баланса получалась из отношения ее величины к приходной или расходной части уравненного баланса.

Результаты и их обсуждение

Структура водного баланса тесно связана с отношением площади зеркала водоема к его водосборной площади, что определяет соотношение составляющих водного баланса в течение года (рис. 1). Характерной особенностью оз. Нарочь является значительная роль площади озера в формировании приходной и расходной частей водного баланса [5] (таблица).

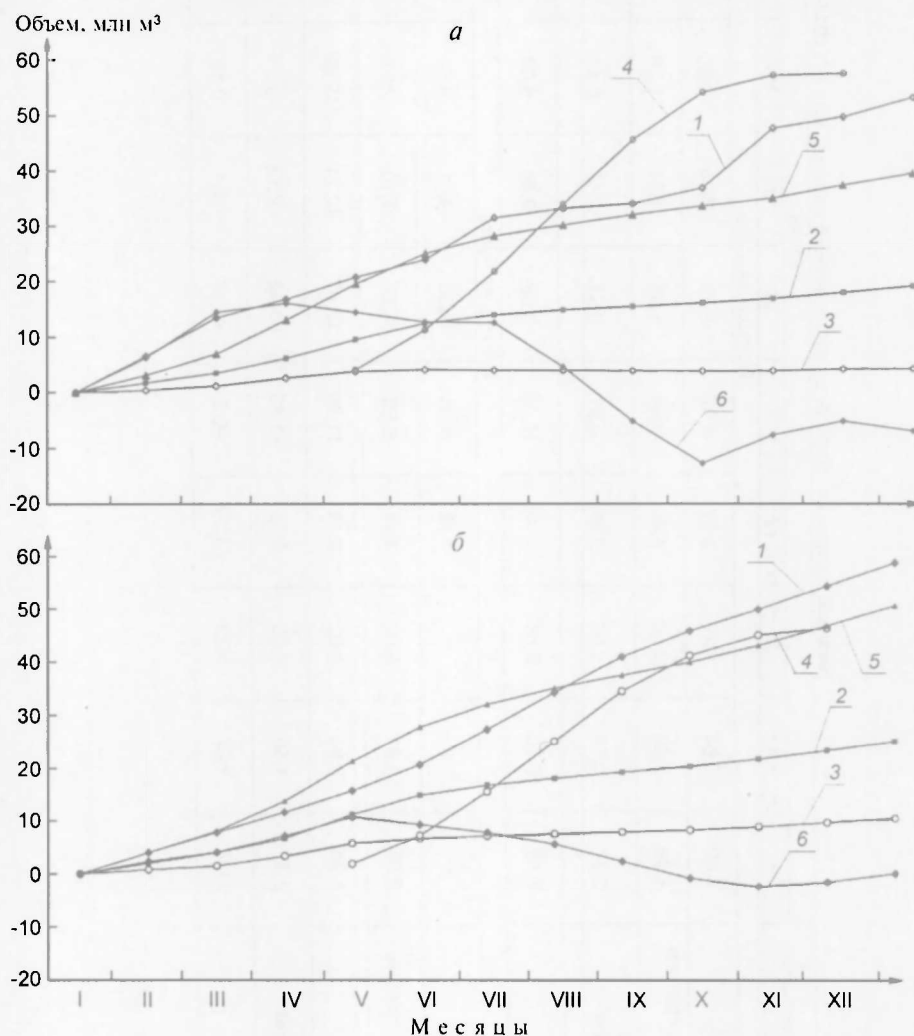


Рис. 1. Комплексный интегральный график хода элементов водного баланса оз. Нарочь за многолетний период (а) и в 2002 г. (б):

1 – осадки, 2 – приток по протоке Сема, 3 – приток по впадающим ручьям, 4 – испарение, 5 – сток по р. Нарочь, 6 – аккумуляция

Водный баланс оз. Нарочь за многолетний период, млн м³ (1944–2002 гг.)

Водный баланс оз. Нарочь за многолетний период, млн м³ (1944–2002 гг.)													
Составляющие	Месяц												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Приходная часть													
Осадки	4,02	3,64	3,77	3,97	4,97	6,78	7,04	6,80	4,92	3,98	4,30	4,42	58,57
Приток по протоке Скема	1,99	1,89	2,60	4,48	3,64	1,95	1,34	1,23	1,13	1,35	1,58	1,76	24,94
Приток по впадающим ручьям	0,77	0,59	1,83	2,38	0,91	0,51	0,46	0,41	0,36	0,62	0,72	0,79	10,35
Итого	7,42	6,76	8,85	11,49	10,18	9,88	9,48	9,08	7,05	6,59	7,24	7,61	101,63
Расходная часть													
Испарение	–	–	–	1,68	5,35	8,30	9,61	9,54	6,75	3,82	1,27	–	46,32
Сток по р. Нарочь	3,98	3,91	5,62	7,45	6,55	4,37	3,10	2,52	2,46	3,14	3,62	3,82	50,54
Итого	3,98	3,91	5,62	9,13	11,90	12,67	12,71	12,06	9,21	6,96	4,89	3,82	98,86
Аккумуляция	2,37	1,58	3,00	3,55	–1,42	–1,42	–2,13	–3,16	–3,16	–1,58	0,79	1,58	0
Невязка	1,07	1,27	0,23	–1,19	–0,3	–1,37	–1,1	0,18	1,00	1,21	1,56	2,21	4,77

В приходной части преобладают атмосферные осадки (рис. 2). За многолетний период их величина составила 58,57 млн м³, или 58 %. Выпадение осадков характеризуется циклическими колебаниями. Можно выделить периоды пониженного (1945–1949 гг.) и повышенного увлажнения (1950–1959 гг.). В 1960–1977 гг. отмечается систематический недобор осадков (за исключением 1962 г.), в 1978–1985 гг. – многоводный цикл. С 1986 г. наблюдалось чередование периодов (по 2–3 года) с высокими и низкими уровнями осадков. Для периода 1999–2002 гг. характерен цикл с пониженной на 12 % годовой суммой осадков, который оказался самым засушливым за все время наблюдений.

Доля поверхностного притока в приходной части составляет 35 % водного баланса. Он складывается из притока по протоке Скема и притока впадающих ручьев. За многолетний период величина первого составила 24,94 млн м³, или 63 %, второго – 10,31 млн м³. Максимальное значение поверхностного притока в оз. Нарочь проявляется в весенний период – март – май, минимальное – в августе – сентябре.



Рис. 2. Распределение составляющих водного баланса за многолетний период (■) и 2002 г. (□)

В расходной части баланса преобладает сток из озера. Его величина за многолетний период составляет 50,54 млн м³, или 52 % от общего расхода и полностью определяется колебаниями объема воды в озере, которое является регулятором этого процесса. При рассмотрении распределения стока за год следует отметить, что 39 % приходится на весну, а остальная часть (61 %) – на период межени, причем 38 % – на лето – осень, что объясняется постепенной сработкой весенних запасов воды оз. Нарочь. Максимальное значение величины стока наблюдается в апреле – мае и равняется соответственно 7,45 и 6,55 млн м³, а минимальное – в августе и сентябре (2,52 и 2,46 млн м³ соответственно).

Доля испарения в водном балансе озера составляет 48 % от общего значения расходной части, его величина за многолетний период – 9,61 млн м³.

Данные фиксируют положительную динамику водного баланса, т. е. приходная часть превышает расходную и в среднем равняется 4,77 млн м³.

Интегральным показателем водного баланса оз. Нарочь является накопление (сработка) воды в чаше водоема. Величина и знак этого компонента определяются внутригодовым ходом уровня воды и его изменением от года к году [7, 9]. Аккумуляция за многолетний период оказалась равной нулю.

В годовом ходе изменения объема воды озера наблюдается его наполнение в период с ноября по апрель. В это время величина осадков и поверхностного притока превышает величину стока. Испарение незначительное. В летний период этот процесс идет более интенсивно. С мая по октябрь наблюдается сработка озер, максимальная величина которой регистрируется в августе и сентябре. Невязка за многолетний период равнялась 5 %.

Соотношение составляющих водного баланса определяется гидрометеорологическими условиями предыдущего и текущего годов. Поскольку

2002 г. оказался самым теплым и одним из самых маловодных в ряду наблюдений, это отразилось на формировании составляющих показателя, величина некоторых из них достигла максимальных значений. Для сравнительного анализа с многолетними данными был рассчитан водный баланс за 2002 г. (см. рис. 1).

Водный баланс оз. Нарочь практически во все годы являлся положительным, т. е. приходная часть превышала расходную, за исключением 1969, 1975, 1991, 1999, 2001, 2002 гг. В 2002 г. расходная часть значительно превысила приходную, эта разница оказалась наибольшей за период наблюдений и составила 20 млн м³, превышение испарения над осадками – 136 мм.

В 2002 г. осадки в приходной части были зафиксированы на уровне 69 % (53,62 млн м³) при многолетнем значении 58 %. Кроме этого, в течение года наблюдалось отличное от многолетнего их перераспределение по сезонам. В зимние месяцы (январь, февраль) осадков выпало 25 % от годовой суммы (171 и 214 % соответственно), а в весенне-летний сезон (с марта по сентябрь, исключая июль) – около 1/2 нормы (58 %).

Доля боковой приточности в 2002 г. в водном балансе составляет 31 % (24,29 млн м³), при многолетнем расчете – 42 %, что связано с количеством выпавших осадков в течение года и повышенным испарением с почвы. Анализируемый год выделяется также высоким показателем испарения с водной поверхности – отмечена наибольшая величина этой характеристики по всем месяцам. В водном балансе доля испарения за год составила 59 %, или 57,81 млн м³ (многолетнее значение – 48 %). В расходной составляющей многолетнего баланса с июня по октябрь значение испарения превышает сток из озера от 1,2 раза в октябре до 3,8 – в августе, в 2002 г. превышение наблюдалось с мая по октябрь и составило 1,3 и 6,1 раза соответственно. Доля стока из озера снизилась и была зафиксирована на уровне 41 % (39,92 млн м³).

В аккумуляционной составляющей многолетнего водного баланса наблюдалось наполнение водоема с января по апрель, а также в ноябре и декабре; в 2002 г. – с января по март, в октябре и ноябре, наибольшее наполнение было в январе и феврале.

Сработка озерной воды, по многолетним данным, начинается после весеннего подъема – в мае и продолжается до конца осеннего периода (октябрь). В 2002 г. этот процесс начался в апреле и продолжался до октября и в декабре. Период наибольшей сработки отмечен с июля по сентябрь, что соответствует времени самого высокого испарения с водной поверхности. В результате происходило понижение уровня воды в озере, самый низкий уровень зафиксирован в октябре. Многолетние данные аналогичны. В целом за календарный год на оз. Нарочь произошла сработка озерной воды на 6,50 млн м³ [4, 8].

В соответствии с колебаниями приходной и расходной частей водного баланса находится и уровень воды. Его годовой ход в оз. Нарочь характеризуется сглаженным, а в отдельные годы – невыраженным весенним половодьем, которое начинается в конце марта – начале апреля. Повышение уровня весной, не превышающее 40–50 см, и спад его к осени происходят плавно с интенсивностью 1–3 см в сутки. Летние паводки наблюдаются редко. В отдельные годы (1945, 1950, 1952, 1960) в результате летне-осенних затяжных дождей подъем уровня воды в озерах, начавшийся в сентябре – октябре, продолжался и достигал высшего годового значения к появлению ледовых образований. В большинстве случаев максимальный уровень весеннего половодья является наивысшим в году. Высший уровень воды в озере наблюдался в 1951 г. и составлял 214 см. Среднее значение этого показателя на оз. Нарочь 189 см, средняя дата фиксации высшего уровня воды 5 мая; самая ранняя – 22 марта в 1957 и 1990 гг., а самая поздняя – 31 декабря 1950 г.

Минимальное значение уровня воды на оз. Нарочь наблюдалось в 1959, 2000, 2001 гг. и составляло 138 см. Средняя дата установления низшего уровня 11 августа, самая ранняя – 1 января, когда отмечено 12 % случаев, наиболее поздняя отмечена в конце декабря 1979 г.

Годовая амплитуда колебаний уровня воды в озере невелика. В среднем за 57 лет наблюдений она составляла 32 см. Наибольшая амплитуда – 67 см – зафиксирована в 1945 г., наименьшая – 17 см – в 1952, 1974 гг. Анализ многолетнего хода уровня воды показал, что колебания носят циклический характер. Циклы различаются как по продолжительности, так и по высоте стояния уровня воды. На рис. 3 показаны отклонения в этом показателе относительно средней высоты. Для водного режима оз. Нарочь характерно чередование маловодных и многоводных фаз, что связано с количеством выпадающих осадков и значительной площадью акватории.

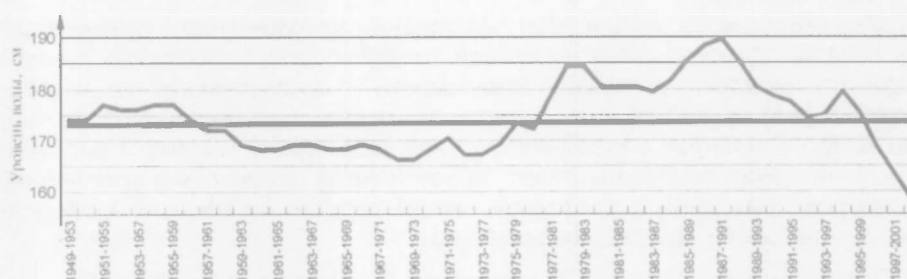


Рис. 3. Колебания средних годовых уровней воды оз. Нарочь по скользящим пятилеткам

Первые два года с начала наблюдений характеризовались высокими показателями уровня воды, превышающими средние многолетние значения на 14 см. В последующие годы произошло понижение: средние годовые уровни были на 9–11 см ниже. Период 1951–1958 гг. оказался многоводным, кроме 1954 г., уровень воды был в пределах нормы и выше.

Начиная с 1959 г. наблюдался период понижения средних годовых показателей на 7–12 см ниже средних многолетних, за исключением 1966, 1975 гг. Самый низкий уровень воды в озере с начала наблюдений был зафиксирован в 1976 г., что вызвало бурное общественное обсуждение проблемы. Понижение уровня ниже нормы на 18 см требовало радикальных инженерных решений.

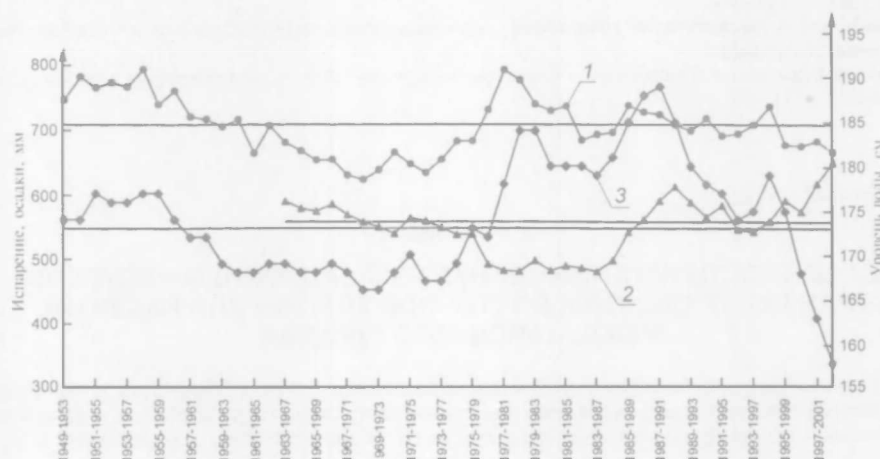


Рис. 4. Динамика средних годовых уровней воды (см), годовых сумм осадков (мм), годового испарения (мм, теплый период года) по скользящим средним пятилеткам за период 1949–2002 гг. по оз. Нарочь:

1 – осадки, 2 – испарение, 3 – уровень воды

В 1978–1995 гг., за исключением 1993 г., на озере вновь произошло повышение уровня воды. Были отмечены самые высокие среднегодовые уровни за весь период наблюдений. В 1982, 1989, 1990 гг. этот показатель составил 191 см, что выше средних многолетних значений на 17 см. С 1996 по 1998 г. уровневый режим характеризовался средней водностью, колебания не превышали 10 см.

В 1999 г. началось очередное понижение уровня воды, которое продолжается до настоящего времени, средний годовой уровень в озере оказался ниже многолетних значений на 8 см, в 2000 г. – на 25, в 2001 г. – на 27 см. Это был самый низкий показатель за 57-летний период наблюдений.

На рис. 4 изображен ход уровня по скользящим пятилеткам. Пренебрегая отклонениями отдельных лет, можно выделить 4 четко выраженные фазы: многоводные – 1951–1958 гг., 1978–1995 гг., маловодные – 1959–1977 гг., 1999–2001 гг.

Таким образом, за весь период наблюдений за изменением уровня воды в оз. Нарочь односторонней тенденции не наблюдалось, поскольку данный показатель находится в сложной зависимости от составляющих водного баланса. По разработанной нами типизации водоемов замедленного водообмена озеро относится к устойчивому типу уровневого режима. Представленный материал свидетельствует об устойчивых циклических колебаниях параметров приходной и расходной частей водного баланса, а проведенные расчеты имеют прикладное значение.

1. Гидрологический ежегодник... / Республиканский гидрометеоцентр. Мн., 1945–2002.
2. Курганова Н.М., Иодо А.А. // Комплексное использование водных ресурсов. Сб. науч. тр. М., 1978. Вып. 6. С. 32.
3. Макаревич А.А., Лопух П.С. // Озерные экосистемы, биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы Второй междунар. науч. конф. Минск – Нарочь, 22–26 сент. 2003 г. Мн., 2003. С. 171.
4. Плужников В. Н., Почкаева Т.И., Юревич Р.А. // Географические аспекты рационального природопользования. Мн., 1985. С. 98.
5. Якушко О.Ф. Белорусское Поозерье. Мн., 1975. С. 74.
6. Справочник по климату СССР. Л., 1968. Вып. 7. Ч. 4.
7. Описание рек и озер и расчеты основных характеристик и их режима / Под ред К.А. Ключевой. Л., 1978.
8. Руководство по обработке и подготовке к печати материалов наблюдений на озерах и водохранилищах. Л., 1972.
9. Федоров Н.Н. Методы изучения и расчета водного баланса. Л., 1981. С. 9.

Поступила в редакцию 18.10.2003.

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

Людмила Александровна Некрасова – начальник сектора Республиканского гидрометеорологического центра.

Ирина Сергеевна Данилович – магистрант кафедры общего землеведения. Научный руководитель – П.С. Лопух.

УДК 796.50;914.0

О.А. МЕЧКОВСКАЯ

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ТУРИЗМА

For the countries with transitive economy competitiveness of recreational resources in the market of the international tourist services becomes the main problem. Under such conditions it is difficult for the countries to compete, various directions therefore are chosen in the field of development of tourism.

Объективной основой развития туризма в стране являются рекреационные ресурсы, оказывающие влияние на территориальную организацию ту-

ристского хозяйства, формирование рекреационных районов, их специализацию и экономическую эффективность обслуживания. При этом в новых экономических условиях для стран с переходной экономикой основной проблемой становится конкурентоспособность таких ресурсов на рынке международных туристских услуг, поэтому особое внимание при анализе туристского потенциала необходимо уделить следующим аспектам: состоянию окружающей среды и возможности рационального рекреационного использования природных территорий в связи с интенсивным развитием международного туризма (МТ) в Центральной и Восточной Европе (ЦВЕ) в 1990-х гг.; познавательной ценности туристских объектов, которые могут повысить эффективность использования рекреационного потенциала страны при условии высокой степени их сохранности и доступности; возможностям использования рекреационного потенциала для развития различных форм МТ. Таким образом, основной целью работы является сравнительно-географический анализ рекреационных ресурсов и выявление путей повышения эффективности их использования в международном туризме стран ЦВЕ.

В 1980-х гг. в ряде восточноевропейских стран (Болгарии, Югославии, Венгрии, СССР) были проведены исследования по оценке их природного и культурно-исторического рекреационного потенциала. В настоящее время вопросам комплексного анализа рекреационного потенциала стран ЦВЕ не уделяется должного внимания. Поэтому мы посчитали целесообразным обобщить материалы исследований советских и зарубежных авторов с учетом новейших данных о состоянии ресурсов и с использованием известных методик оценки (медико-биологической, балльной оценки познавательной ценности объектов) дать сравнительный анализ современному уровню развития туристско-рекреационного потенциала стран ЦВЕ и изучить пути повышения эффективности использования рекреационных ресурсов в МТ.

Анализ *природно-рекреационных ресурсов* был основан на оценке рекреационной среды с применением концепции природно-территориальных комплексов (ПТК) отдыха и туризма для зарубежных стран-членов бывшего Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ), разработанной профессором МГУ Н.С. Мироненко в 1987 г. Согласно данной концепции комплексная оценка разнообразия и качества природных условий рекреационной деятельности включает качественные характеристики степени благоприятности свойств природно-территориальных комплексов для различных видов туризма; количественные характеристики: длительность благоприятного и комфортного периодов, площадь распространения благоприятных для рекреации свойств (площадь озер, лесистость, протяженность морской береговой линии и др.), рекреационную нагрузку на территорию [1]. С учетом современных изменений в структуре туристского спроса и предложения в качестве критериев балльной оценки познавательной ценности природных объектов выступили количественные (число, площадь, удельный вес в общей площади страны) и качественные (уникальность, сохранность, доступность, известность) характеристики природных охраняемых территорий.

Изучение рекреационных условий других стран региона (Балканских государств и республик бывшего СССР) с использованием названных критериев оценки позволяет говорить о наличии здесь предложенных Н.С. Мироненко ПТК отдыха и туризма. Таким образом, в странах ЦВЕ выделяются следующие ПТК: прибалтийский (приморский) равнинно-лесной; 2) поозерный равнинно-лесной; 3) равнинный, либо холмистый лесолуговой; 4) низко- и среднегорный лесолуговой; 5) низкогорный и среднегорный лесной; 6) низко- и среднегорный с развитым карстом; 7) высокогорный субальпийский и альпийский; 8) средиземноморский; 9) причерноморский равнинно-степной; 10) причерноморский низкогорный лесной; 11) дельтово-озерный южный [2].

Сравнительный анализ природно-рекреационного потенциала среди стран ЦВЕ в разрезе ПТК позволяет выделить три группы с различной степенью природной аттрактивности, основным критерием которой является количество различных ПТК отдыха и туризма. Высокой степенью аттрактивности (5–6 ПТК) отличаются Россия, Польша и Украина, что позволяет развивать все распространенные в ЦВЕ виды и формы туризма. Несмотря на это, каждая из стран обладает спецификой в использовании турпродукта. В Польше приоритетными видами туризма являются как традиционные (сохранившиеся еще со времен существования СЭВ), так и новые формы. К традиционным относятся горноспортивный, летний и зимний оздоровительный на основе горноклиматических курортов. Эффективность использования горных территорий страны повышается в связи с тем, что здесь находится большинство природных охраняемых территорий (ландшафтных, национальных парков) и возможно развитие экологического туризма. Эффективность использования рекреационных территорий России и Украины заключается в комбинировании лечебно-курортного, купально-пляжного и горноспортивного туризма, поскольку на компактной территории (Черноморское побережье Кавказа, южный берег Крыма) имеет место сочетание различных ПТК. Однако отсутствие развитой общехозяйственной и туристской инфраструктуры, а также традиции в развитии данных видов туризма на рынке туристских услуг ЦВЕ обеспечили ориентацию России и Украины на внутренний и внутрирегиональный туризм в пределах стран бывшего СССР. Словакия, Словения и Румыния обладают средней степенью аттрактивности природной среды (3–4 ПТК). Эффективное использование рекреационных ресурсов достигается за счет преобладания средне- и высокогорных ПТК, отличающихся высокой степенью эстетической привлекательности и познавательной ценности. Остальные страны региона, в том числе Беларусь, обладают низкой степенью природной аттрактивности, насчитывая по 1–2 ПТК отдыха и туризма.

Сравнительно-географический анализ исследуемой проблемы позволяет утверждать, что в период рыночных преобразований развитие МТ определяется социально-экономическими факторами, влияющими на эффективность использования природных рекреационных ресурсов. С этой точки зрения наиболее благоприятными возможностями для эффективного развития туристского сектора в ЦВЕ обладают Польша, Словения и Словакия.

Особенностью природно-рекреационного потенциала стран ЦВЕ является также то, что многие из них характеризуются схожими природно-климатическими условиями, предопределившими наличие одинаковых ПТК. Таким образом, абсолютным преимуществом в использовании природно-рекреационных ресурсов не отличается ни одна страна региона. В таких обстоятельствах сложно конкурировать между собой, поэтому они выбирают различные направления в области развития туризма. Определяющим фактором повышения эффективности использования туристских ресурсов является наличие сравнительного преимущества, обусловленное усилением конкурентоспособности за счет внедрения различного рода инноваций при сохранении традиционных форм развития туризма.

В связи с динамичным развитием МТ все более значимыми становятся экологические факторы. В большинстве стран региона в 1990-е гг. произошло увеличение рекреационной нагрузки на территорию, особенно ощущаемое для центров туристских прибытий. Например, в Чехии число туристов в расчете на единицу площади страны увеличилось в 1,4 раза, в Словакии и Словении – почти в 2 раза, в Хорватии – более чем в 4 раза [3]. При сохранении высоких темпов роста МТ, которые отмечаются в ЦВЕ с 1991 г., следует ожидать, что уже в ближайшей перспективе страны региона столкнутся с проблемами необходимости ограничения потоков туристов в наиболее ин-

тенсивно посещаемых районах: морские побережья, горные территории, национальные парки. В настоящее время с целью формирования пространственного базиса туристской отрасли и рационализации туристского природопользования расширяются сети рекреационных территорий, в том числе природных охраняемых (национальных парков, ландшафтно-туристских парков, рекреационных заказников, заповедников региональных парков, природных парков, лечебно-оздоровительных местностей) [4].

Системы охраняемых территорий в странах Центральной Европы развиваются на фоне густозаселенного и полностью освоенного ландшафта. В настоящее время в них насчитывается более 440 природных охраняемых территорий, в том числе 75 национальных парков, из которых 6 включены в Список всемирного наследия. Наиболее крупные (площадью более 50 тыс. га) находятся в Венгрии, Словакии, Словении, Македонии, Сербии и Черногории. По числу природных охраняемых территорий (106), в том числе национальных парков (22), лидером является Польша.

Показатель доли природных охраняемых территорий в общей площади страны свидетельствует об устойчивости природной среды к рекреационной нагрузке. С этой точки зрения наиболее благоприятные возможности для развития экологического туризма сложились в Словакии (доля охраняемых природных территорий – 21,8 %) и Словении (доля национальных парков – 4,2 %) [5].

В странах бывшего СССР широко применялось создание заповедников как особой формы охраняемых территорий, не предполагающих рекреационного их использования. Первые национальные парки Восточной Европы были созданы в 1970-х гг. в Прибалтике, в 1980–1990-е гг. – России, Украине, Беларуси. Необходимо отметить, что большинство из них занимают площадь более 50 тью. га, в них представлена первозданная природа, не затронутая антропогенным воздействием, в отличие от парков Центральной Европы. Лидером по числу национальных парков в Восточной Европе является Россия (25). Благоприятные возможности для развития экологического туризма имеются также в странах Балтии, где наиболее высокие показатели доли природных охраняемых территорий в общей площади страны (в среднем – 11,5 %). Основной проблемой для большинства стран Восточной Европы является включение зон отдыха в число особо охраняемых природных территорий и закрепление их в системе землепользования на законодательном уровне, что позволит создать пространственный базис туристской отрасли и повысить рационализацию туристского природопользования [4].

Один из аспектов проблемы повышения эффективности использования природно-рекреационных ресурсов ЦВЕ связан с влиянием экологических факторов на развитие международного туризма. Так, в Беларуси и Украине развитие международного туризма ограничивается радиоактивным загрязнением территории. В прибрежных районах, где сосредоточены основные курорты Польши, Латвии, Литвы и Эстонии, остро стоит вопрос очистки вод от промышленных стоков и выбросов. В связи с повышенным уровнем бактериального загрязнения некоторые балтийские пляжи закрываются, устанавливается запрет на купание. Такая же проблема характерна и для крупных рек Румынии, России и Украины, которые являются основой дельтово-озерного ПТК отдыха и туризма. Освоение высокогорных районов России, Польши, Словакии, Румынии, Болгарии и Словении ограничивает широкое распространение лавиноопасных участков, в связи с чем предъявляются строгие требования к обеспечению безопасности туристов на горнолыжных курортах. Одной из проблем, отрицательно сказывающихся на притоке иностранных туристов, является загрязнение воздуха. Во второй половине 1990–2000-х гг. наиболее остро в этом отношении складывалась ситуация в

Болгарии, Венгрии, Чехии, России и Эстонии. При этом заслуживает внимания тот факт, что многие курорты являются крупными промышленными и транспортными узлами (агломерации Варна, Бургас, Сочи, Туапсе, Пярну и др.), что в современных условиях экологизации различных отраслей природопользования снижает эффективность ресурсов данных территорий.

Культурно-исторические ресурсы ЦВЕ представлены археологическими и архитектурными памятниками, этнографическими объектами. Важную роль при организации познавательного туризма играют национальные выставки, праздники и другие зрелищно-развлекательные мероприятия, обычно включенные в специальные культурно-экскурсионные программы. Многие туристские центры имеют как культурно-исторические, так и природные достопримечательности, что значительно повышает их познавательную насыщенность. Основой для развития познавательного МТ в различных его формах являются объекты международного значения, которые отражают основные этапы мировой цивилизации отдельных регионов или государств и народов. В эту группу входят культурно-исторические, природные объекты, а также несколько десятков городов, объявленных ЮНЕСКО достоянием человечества. В странах ЦВЕ насчитывается более 70 объектов международного значения (согласно Списку всемирного наследия за 2001 г.), 12 из них имеют природное происхождение (национальные парки, резерваты биосферы, памятники природы), 4 – смешанное природное и культурно-историческое происхождение, остальные – культурно-исторические объекты. Это составляет 25,2 % от общего числа объектов в Европе и 10,6 % от мирового потенциала. Среди культурно-исторических объектов мирового значения преобладают памятники архитектуры IX–XIII вв. (62 % от общего числа), а также археологические объекты периодов до нашей эры – начала нашего времени (более 20 %). Наибольшее число таких объектов находится в Чехии (9), Польше (8), Болгарии (7), Румынии и России (по 6) [6].

Многие культурно-исторические объекты и туристские центры ЦВЕ не получили международного статус. Однако они значительно усиливают познавательную насыщенность страны и в МТ могут играть как самостоятельную роль (например, курорты), так и выступать в качестве целевых и дополнительных экскурсионных объектов (памятники архитектуры) при организации познавательных маршрутов. Для сравнения ценности таких объектов автором была применена балльная оценка на основе наиболее существенных показателей: познавательной ценности, известности объекта, экзотичности, выразительности, медико-географических свойств территории. В результате было выявлено более 35 объектов и центров национального и около 60 объектов регионального значения. Объекты национального значения имеют статус «европейских достопримечательностей», расположены во всех странах ЦВЕ и представлены в основном памятниками архитектуры XIV–XX вв., а также курортными местностями, расположенными на побережьях морей и крупных озер, в горах. Многие из них совмещают несколько функций, являясь одновременно центрами зимнего спорта или национальными парками, памятниками природы и т. д. В ЦВЕ богатством культурно-исторического потенциала отличаются Польша, Румыния и Чехия. В каждой из этих стран насчитывается более 140 туристских объектов различной категории ценности.

Изучение особенностей использования рекреационных ресурсов в разрезе отдельных стран ЦВЕ [7] и проведенный сравнительно-географический анализ рекреационного потенциала позволяют выделить пути повышения их эффективности в МТ.

1. Во всех странах отдается приоритет развитию внутреннего туризма как средству ограничения оттока валютных средств за границу и снижения дефицита платежного баланса страны. Внутренний туризм является необ-

ходимым базисом для развития туризма международного, в связи с чем турбизнесу необходима поддержка на государственном и локальных уровнях. При выработке стратегии учитываются изменения в характере спроса и предложения мирового рынка туристских услуг. Инновационная восприимчивость туристского рынка ЦВЕ обусловила развитие во многих странах региона нетрадиционных форм туризма (экологического, экстремального, городского, агротуризма, фермерского, ностальгического, фольклорно-этнографического и др.). Это направление, получившее развитие в 1990-е гг., эксперты ВТО называли устойчивым туризмом, или альтернативным. Принимая во внимание различные подходы к определению альтернативного туризма (АТ), распространенные в основном в немецкоязычной литературе, можно определить основные черты данной концепции: возможность находить и принимать новые решения в туристском развитии, отличающиеся от принятых стандартов массового туризма; противопоставление АТ современному, разрушающему природу массовому туризму; развитие в рамках АТ новых направлений туризма, связанных тесными контактами с местным населением, способствует лучшему пониманию его культуры, религии, обычаев и традиций, участию местных жителей в получении дохода от туризма.

АТ может быть развит достаточно быстро, так как использует общественный транспорт и простые условия проживания; качество сервиса и его цены обычно значительно ниже, чем при обычном туризме, большую роль играет также самообслуживание. АТ обычно не ставит своей целью развитие туристской привлекательности, он имеет важное значение в туристском развитии периферийных областей (с базовой инфраструктурой, а также в непригодных областях с предложениями низкого ценового уровня). Главная цель – создание условий, соответствующих экологическому и гуманному принципу использования рекреационных ресурсов. Опыт стран ЦВЕ (Венгрии, Чехии, Польши, Хорватии) показал, что АТ в условиях переходной экономики является важнейшим фактором развития внутреннего туризма и стимулирования международного въездного туризма.

2. Для повышения конкурентоспособности на рынке туристских услуг ЦВЕ ведется поиск тех видов туризма, в которых страна может обладать абсолютным или сравнительным преимуществом. С целью повышения туристского спроса многие туристские центры специализируются на предоставлении комбинированных услуг. В связи с этим увеличивается число полифункциональных центров, объединенных использованием природно-рекреационных и культурно-исторических ресурсов. Лечебные и оздоровительные программы сочетаются с развлекательными и познавательными мероприятиями.

3. В современных экономических условиях немаловажную роль для развития туризма продолжает играть фактор традиций. Страны, имидж которых в развитии отдельных видов туризма был закреплён ещё в период существования СЭВ (например, Венгрия и Чехия), в настоящее время более эффективно реализуют свой туристский продукт, что выражается в постоянном росте доходов от МТ. В условиях обострения конкурентной борьбы на рынке туристских услуг государства региона ведут поиск новых форм развития традиционного туризма.

4. С целью привлечения потребителя особое внимание уделяется совершенствованию туристской инфраструктуры, интенсивное развитие которой в условиях переходной экономики невозможно без привлечения иностранных инвестиций. Велико значение интеграционных процессов. Ожидается, что наиболее динамичным будет процесс развития туризма в странах-членах Европейского союза.

Изучение новых путей повышения эффективности использования рекреационных ресурсов в международном туризме на примере ведущих

стран ЦВЕ (Польши, Чехии, Венгрии, Словении, Словакии, Хорватии) позволит разработать рекомендации для стратегии развития туризма в Республике Беларусь с учетом специфики рекреационного потенциала и особенностей социально-экономической модели страны.

1. МIRONENKO Н. С. Рекреационная среда зарубежных европейских стран-членов СЭВ: (Принципы и методы соц.-геогр. исслед.): Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 1987.
2. Туризм и рекреация в Восточной Европе: Науч.-аналит. обзор / Под ред. Н.С. МIRONENKO. М., 1991.
3. MICHKOVSKAYA O. // Conditions of the Foreign Tourism Development in Central and Eastern Europe. Vol. 7. Problems of the Development of Ecotourism with Special Emphasis on Mountain Areas. Wrocław, 2002. P. 199.
4. Тарасенко А. И. Экономико-географическая оптимизация туристского использования природоохранных территорий: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Мн., 2003.
5. Доклад о развитии человека за 2000 год. Нью-Йорк; Оксфорд, 2000.
6. Wyrzykowski J. // Conditions of the Foreign Tourism Development in Central and Eastern Europe. Vol. 6. Changes in model of tourism in the last decade. Wrocław, 2000. P. 93.
7. Conditions of the Foreign Tourism Development in Central and Eastern Europe. Wrocław, 1999. Vol. 5.

Поступила в редакцию 27.10.2003.

Ольга Александровна Мечковская – преподаватель кафедры экономической географии зарубежных стран.

УДК 551.4:330.15 (476)

А.Н. ВИТЧЕНКО, А.Ю. СКРИГАН

МЕТОДИКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КЛИМАТА АДМИНИСТРАТИВНЫХ РЕГИОНОВ

The article considers the methods of environmental assessment of climate resources and conditions concerning the different spheres of economy and the effects on human health.

Одной из актуальных задач укрепления реального суверенитета Беларуси является рациональное использование природных ресурсов страны. При этом изучение и оценка природных ресурсов должны иметь геоэкологическую интерпретацию, позволяющую определять конкретную стратегию природопользования для того или иного региона. Геоэкологическая оценка климата административных территориальных единиц и ее реализация в практике рационального природопользования – существенный вклад в решение этой проблемы.

Несмотря на значительный объем, исследования, выполненные ранее с помощью традиционных подходов к оценке климата для различных сфер хозяйственной деятельности человека, не могут удовлетворить современные запросы практики. Анализ литературных источников и собственные исследования позволили разработать основные теоретические и методологические подходы к геоэкологической оценке природных ресурсов [1, 2], а также предложить оригинальные базовую динамико-статистическую модель и методику геоэкологической оценки климата, основанные на определении его частных и комплексного показателей с использованием методологии системного анализа, базирующейся на математическом моделировании природных и природно-антропогенных объектов и процессов.

Разработанная методика реализована в виде комплексной географической информационной системы геоэкологической оценки климата (ГИС ГОК) на базе MS Access и ArcView GIS.

Под этим термином авторы понимают оценку климатических ресурсов и условий применительно к различным сферам хозяйственной деятельности и воздействию на человека.

Базовая динамико-статистическая модель представляет собой субъектно-объектную модель, построенную на принципах координации, субординации и поэтапного «сжатия» информации от оценки частных характеристик различных сфер хозяйственной деятельности к расчету комплексного показателя климатического потенциала природно-хозяйственной геосистемы.

Сосредоточение статистической информации о хозяйственной деятельности, социальных условиях проживания населения, медико-географических и демографических показателях в рамках административно-хозяйственных единиц определило выбор административных районов в качестве операционных единиц геоэкологической оценки климата природно-хозяйственных геосистем.

ГИС ГОК включает три основных блока: первый представлен полифункциональной базой данных климатической информации в разрезе административных районов; во второй входят субблоки расчета частных показателей оценки климатических ресурсов и условий применительно к различным сферам хозяйственной деятельности; в третьем блоке осуществляется расчет геоэкологического индекса климатического потенциала (ГИКП) административных районов.

Климатические условия применительно к **строительству зданий и сооружений** оцениваются по сочетанию метеорологических элементов, способных вызвать ухудшение их эксплуатационных свойств вследствие климатических воздействий или усложнение их конструкции для предотвращения подобного влияния. К ним относятся среднесуточные значения температуры и относительной влажности воздуха, скорость ветра, наличие либо отсутствие осадков. Для каждого метеорологического элемента разработана собственная шкала значений.

Для температуры воздуха (t) установлены следующие градации: <-5 , -5 – $+3$, $>+3$ – $+20$, $>+20$, °С. При температуре воздуха до -5 °С возможно появление гололедно-изморозевых явлений, а неоднократные колебания температуры воздуха в течение суток усиливают отрицательные воздействия на здания. Среднесуточная температура воздуха 8 °С определяет начало отопительного сезона. Температура $>+20$ °С [3] вызывает перегрев помещений, что требует установки систем вентиляции (т. е. усложнения конструкции здания).

Для скорости ветра (u) выделены две градации: >6 и <6 м/с. В первом случае увеличивается количество осадков на вертикальные стены, возникают пыльные бури, метели. Особо негативное воздействие на здание оказывает сочетание скорости ветра >6 м/с с наличием осадков; поэтому введены два дополнительных показателя этих метеорологических элементов: >6 м/с – с осадками и >6 м/с – без осадков.

При среднемесячной скорости ветра 6 м/с в условиях дождя количество осадков на вертикальную поверхность превышает их количество на горизонтальную поверхность почти в 2 раза [3]. Ветер скоростью 5 – $9,9$ м/с приводит к значительной инфильтрации наружного воздуха через ограждающие конструкции.

Для показателя относительной влажности (ϕ) также выделено две градации: >80 и <80 %, так как значение влажности >80 % вызывает усиление теплоотдачи зданий, интенсивное разрушение ограждающих конструкций, корродирование материалов. Относительная влажность 80 – 85 % ухудшает микроклимат помещений и способствует появлению в них сырости [4]. Важное значение имеет учет влажностного режима при температуре воздуха, близкой к 0 °С, когда резко усиливается процесс механического разрушения под действием замораживания и оттаивания ограждающих конструкций.

На основании изложенного авторами выделено 12 типов погоды со следующим сочетанием метеорологических элементов:

- 1) $8 < t \leq 20$ °С, $\phi < 80$ %, $u < 6$ м/с или $u > 6$ м/с, без осадков;

- 2) $t > 20^\circ\text{C}$, $\varphi < 80\%$, $u < 6$ м/с или $u > 6$ м/с, без осадков;
- 3) $t > 20^\circ\text{C}$, $\varphi > 80\%$, $u < 6$ м/с или $u > 6$ м/с, без осадков;
- 4) $8 < t < 20^\circ\text{C}$, $\varphi > 80\%$, $u < 6$ м/с или $u > 6$ м/с, без осадков;
- 5) $-5 < t < 8^\circ\text{C}$, $\varphi < 80\%$, $u < 6$ м/с или $u > 6$ м/с, без осадков;
- 6) $t > 20^\circ\text{C}$, $u > 6$ м/с, с осадками;
- 7) $8 < t < 20^\circ\text{C}$, $u > 6$ м/с, с осадками;
- 8) $-5 < t < 8^\circ\text{C}$, $\varphi > 80\%$, $u < 6$ м/с или $u > 6$ м/с, без осадков;
- 9) $t < -5^\circ\text{C}$, $\varphi < 80\%$, $u < 6$ м/с;
- 10) $-5 < t < 8^\circ\text{C}$, $u > 6$ м/с, с осадками;
- 11) $t < -5^\circ\text{C}$, $\varphi > 80\%$, $u < 6$ м/с;
- 12) $t < -5^\circ\text{C}$, $u > 6$ м/с.

Последний тип не учитывает наличия либо отсутствия осадков, так как при скорости ветра $u > 6$ м/с и среднесуточной температуре ниже -5°C даже в отсутствие осадков происходит значительное выхолаживание зданий.

Выделенные типы сочетаний метеорологических элементов разбиваются на категории: I – благоприятные (1); II – относительно благоприятные (2–5); III – неблагоприятные (6–9); IV – крайне неблагоприятные (10–12).

Коэффициент благоприятности применительно к строительству зданий и сооружений определяется по продолжительности периода с различными типами погоды.

В умеренном климатическом поясе основные затраты в жилищно-коммунальном хозяйстве связаны с отоплением зданий, сооружений и ремонтом соответствующих коммуникаций. Поэтому показателем оценки климатических условий применительно к эксплуатации зданий и сооружений могут служить предложенные нами коэффициенты их теплопотери (R), вызванные климатическими условиями:

$$R = \sum_{i=1}^N A_i,$$

где N – продолжительность отопительного периода, показатель A изменяется в зависимости от скорости ветра: при $u < 5$ м/с $A = 18 - t$; при $10 > u > 5$ м/с $A = 0,1(18 - t) + (18 - t)$; при $u > 10$ м/с $A = 0,2(18 - t) + (18 - t)$, где t – среднесуточная температура воздуха; u – среднесуточная скорость ветра.

Метеорологические явления и факторы оказывают существенное влияние на эксплуатацию **средств связи, наземного транспорта и безопасность дорожного движения.**

Для оценки такого влияния предлагается рассчитывать показатель продолжительности неблагоприятных погодных условий применительно к эксплуатации транспорта и средств связи (P), отражающий суммарную повторяемость наиболее негативных погодных явлений. Для этого определяется повторяемость дней (в % за год): с туманом (более 1 ч/сут) – P_t ; с гололедом и/или гололедицей (более 1 ч/сут) – P_g ; с метелью (более 1 ч/сут) – P_m ; со среднесуточной скоростью ветра > 6 м/с – P_v , с осадками > 5 мм/сут – P_o , а затем рассчитывается их сумма: $P = P_t + P_g + P_m + P_v + P_o$.

Предложенный показатель незначительно завышает реальную повторяемость неблагоприятных погодных явлений (так как некоторые из перечисленных явлений могут наблюдаться одновременно), но в целом верно отражает особенности воздействия климата на транспорт и связь и может служить объективным критерием для сравнения погодных условий различных районов.

Потенциальные **ветроэнергоресурсы** территории определяются по уравнению, предложенному в [5]:

$$N_e = 0,613(\bar{u})^3 (1 + 3 C_u^2 - 0,9 C_u^3 + 2,9 C_u^4),$$

где C_u – коэффициент вариации скорости ветра; $\bar{u}$ – среднегодовая скорость ветра с периодом осреднения не менее 10 лет.

Величина C_u запишется в виде:

$$C_u = \frac{D}{u}, \text{ где } D - \text{ дисперсия.}$$

Значение D определяем по формуле:

$$D = \frac{\sum (u_i - \bar{u})^2}{N_i},$$

где u_i – среднесуточная скорость ветра i -х суток; N_i – количество членов выборки.

При наблюдаемой в Беларуси среднегодовой скорости ветра экономически целесообразно использование ВЭУ небольшой мощности (до 5–6 кВт), высота которых редко превышает 10 м, поэтому нет необходимости учитывать вертикальный профиль ветра и производить перерасчет его скорости.

Для оценки климатических условий территории применительно к **сельскому хозяйству** используется гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) [6]. Несмотря на ряд недостатков, он позволяет устанавливать начало и окончание избыточно влажных, засушливых и сухих периодов, а также проводить районирование территории по этому фактору. Поэтому ГТК является вполне пригодным для обобщенной оценки климатических условий применительно к сельскому хозяйству. Он рассчитывается по уравнению, предложенному в [6]:

$$\text{ГТК} = \frac{F}{0,1 \sum t},$$

где F – сумма осадков за период с температурой выше 10 °С; $\sum t$ – сумма температур за это же время.

Оценка воздействия климатических условий **на человека** основана на методике определения индексов патогенности погоды с использованием ГИС-технологий [7].

Индексы патогенности погоды характеризуют степень раздражающего действия метеорологических факторов на организм человека. Их расчет основан на изменчивости и отклонении основных метеорологических элементов от оптимальных для человека значений, не вызывающих у него отрицательных реакций. Индекс патогенности определяется как математическая функция параметров погоды. Метеорологические факторы рассматриваются в качестве внешних возмущений, оказывающих влияние на людей одновременно с факторами внутренней среды организма человека.

Комплексный индекс патогенности является суммой его частных индексов, каждый из которых отражает динамику погоды по изменению температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, скорости ветра и облачности.

Расчеты частных индексов патогенности проводились по уравнениям, предложенным в [7]:

Индекс патогенности температуры воздуха: $i_t = 0,02(18 - t)^2$, где t – среднесуточная температура воздуха, °С.

Индекс патогенности влажности воздуха: $i_h = |h - 50|/4$ при $90\% > h > 10\%$; $i_h = |h - 50|/2$ при $h > 90\%$ и при $h < 10\%$, где h – среднесуточная относительная влажность воздуха, %.

Индекс патогенности скорости ветра: $i_u = 0,2 u^2$, где u – среднесуточная скорость ветра, м/с.

Индекс патогенности облачности: $i_n = 0,06 n^2$, где n – среднесуточная облачность в баллах.

Индекс патогенности изменения атмосферного давления: $i_{\Delta P} = 0,06(\Delta P)^2$, где ΔP – межсуточное изменение атмосферного давления, мб/сут.

Индекс патогенности изменения температуры воздуха: $i_{\Delta t} = 0,03(\Delta t)^2$, где Δt – межсуточное изменение температуры воздуха, °С/сут.

Комплексный индекс патогенности по метеофакторам: $I_m = I_T + I_H + I_U + I_P + I_{\Delta P} + I_{\Delta T}$.

Для биоклиматической оценки погодных условий используются следующие градации I_m : оптимальная погода – 0–9, раздражающая погода – 10–24, острая погода – 25 и более.

Индексы патогенности дают возможность выявить степень раздражающего действия на человека отдельных метеорологических элементов и погоды в целом, определить характер ее изменения и уровень патогенности.

Используемые во втором блоке ГИС ГОК климатические характеристики и расчетные показатели являются разнокачественными. Поэтому для расчета геоэкологического индекса климатического потенциала административного района в третьем блоке ГИС ГОК значения частных показателей оценки климатических ресурсов и условий нормируют в интервале 0–10 баллов по формуле, приведенной в работе [8]: $p = k(p_i - p_{\min}) / (p_{\max} - p_{\min})$, где k – множительный коэффициент, в нашем случае равный 10; p – нормированное значение показателя в диапазоне 0–1; p_i – значение i -го признака в вариационном ряду; $p_{\min}$, $p_{\max}$ – минимальное и максимальное значения признака в вариационном ряду соответственно.

Комплексный геоэкологический индекс климатического потенциала (ГИКП) n -го административного района рассчитывается следующим образом:

$$K_n = \sum_{i=1}^6 K_i / 6,$$

где K_i – частные ГИКП n -го района применительно к различным сферам хозяйственной деятельности.

Разработанная методика и ГИС ГОК апробированы на примере административных районов Могилевской области. Анализ расчетных данных показал, что климат области вносит существенные коррективы в хозяйственную деятельность человека и учет климатических ресурсов и условий позволяет повысить эффективность природопользования в Могилевской области.

Районы с минимальным значением ГИКП (2,5–3,5) расположены на севере – Горецкий и Дрибинский, а также на востоке Могилевской области – Кричевский, Климовичский и Чериковский, где крайне низкие значения ГИКП обусловлены наиболее неблагоприятными климатическими условиями: континентальностью климата, высокой скоростью ветра и высокой относительной влажностью воздуха. Районы с низкими значениями ГИКП (3,6–4,5) находятся на северо-востоке, в центре и на востоке области – Шкловский, Могилевский, Чаусский, Костюковичский и Хотимский. Средние показатели ГИКП (4,6–5,5) характерны для западной, южной и юго-западной части области – Круглянский, Бельничский, Кличевский, Осиповичский, Быховский и Краснопольский районы. Высокие значения ГИКП (5,6 и выше) зафиксированы на юго-западе и юге области – в Глуском, Бобруйском, Кировском и Славгородском районах.

1. Брилевский М.Н., Витченко А.Н., Гагина Н.В. // Брэсц. геагр. весн. Брест, 2002. Т. 2. Вып. 2. С. 7.

2. Витченко А.Н. Геоэкология. Мн., 2002.

3. Анапольская Л.Е., Гандин Л.С. // Труды ГГО. 1969. Вып. 250. С. 3.

4. Круглова А.И. Климат и ограджающие конструкции. М., 1970.

5. Рекомендации по определению климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов. Л., 1989.

6. Жуков В.А., Полевой А.Н., Витченко А.Н., Даниэлов С.А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. Л., 1989.

7. Витченко А.Н. // Брэсц. геагр. весн. Брест, 2002. Т. 2. Вып. 2. С. 14.

8. Меллума А.Ж. Особо охраняемые природные объекты на староосвоенных территориях (на примере Латвийской ССР). Рига, 1988.

Поступила в редакцию 17.11.2003.

Александр Николаевич Витченко – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географической экологии.

Анна Юрьевна Скриган – аспирант кафедры географической экологии. Научный руководитель – А.Н. Витченко.

ГЕОГРАФИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В БЕЛАРУСИ: ОСОБЕННОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ ПЕРЕХОДНОГО ПЕРИОДА

The volume, branch and regional structure of capital investments in Belarus during the transition period (1991–2002) is analyzed; the features of using current methods of estimating investment projects with the aim of increasing the investment attraction of Belarus and its regions are reviewed. Conclusions have been made that the tendency of polarization in the distribution of production forces is increasing and it is necessary to increase the degree of economic feasibility of investment projects.

Одной из важнейших задач социально-экономической географии как науки о территориальной организации общества является анализ сдвигов в размещении производительных сил, т. е. выявление закономерностей, тенденций этого процесса и его прогнозирование на перспективу.

В экономической географии республики советского периода сложилась традиция анализировать изменения в территориальной организации хозяйства страны по пятилетиям, так как реализация директивных пятилетних планов четко отслеживалась как отраслевыми, так и территориальными органами управления всех уровней. Типичными экономико-географическими исследованиями по данной проблематике были работы, посвященные характеристике новостроек пятилеток, анализу факторов, определивших их размещение, и оценке результатов их строительства для совершенствования специализации и повышения уровня комплексности хозяйства республики в целом и конкретных регионов, городов в частности. При этом в теории оценки эффективности сдвигов в размещении производительных сил определяющим был критерий достижения народнохозяйственного оптимума, т. е. эффективность вариантов размещения новостроек оценивалась исходя из общесоюзных интересов на макроэкономическом уровне. Поэтому нередко объекты, строившиеся в республике, городе, сельской местности, не соответствовали ресурсам и потребностям этих территориальных подразделений, но эффективно функционировали в системе общесоюзного разделения труда на привозных ресурсах и при централизованном распределении (вывозе) произведенной продукции. Именно по этому критерию в Беларуси были размещены не соответствовавшие ее потребностям, энергетическим и сырьевым ресурсам предприятия-гиганты машиностроения, химии и нефтехимии, стройиндустрии, легкой промышленности, крупные животноводческие комплексы и другие объекты союзного финансирования.

В начале 1990-х гг. общественно-политические условия функционирования хозяйственного комплекса Беларуси и соответственно инвестирования в основной капитал кардинально изменились. Начался сложный переходный период: а) от экономики БССР как неотъемлемой части единого народнохозяйственного комплекса СССР – к становлению целостной национальной экономики суверенного государства Республики Беларусь; б) от централизованно планируемой командно-административной системы хозяйствования – к принятой модели социально ориентированной рыночной экономики; в) от индустриальной стадии развития – к постиндустриальной инвестиционно-инновационной стадии.

Все сложности многоаспектного переходного периода, продолжающегося уже 13 лет, проявляются прежде всего в ухудшении динамики основных макроэкономических показателей, а также в трансформации критериев оценки эффективности строительства и функционирования объектов хозяйства. Особенности этих процессов, хотя и с некоторым лагом, отражаются на территориальной организации производительных сил и методах обоснования размещения новых и модернизации действующих предприятий. Поэтому для оценки тенденций и направлений изменений в географии хозяй-

ства Беларуси большое значение имеет анализ объемов, структуры и особенно географии инвестиций в основной капитал. Именно в последнем результирующем показателе отражается влияние всех особенностей переходного периода: падение объемов инвестиций, структурная перестройка экономики, инерционность сложившейся территориальной организации хозяйства, преимущества и недостатки конкретных регионов и пунктов для привлечения инвестиций с учетом изменившихся условий оценки эффективности капиталовложений.

Важнейшим фактором, определяющим масштабы возможных сдвигов в территориальной организации хозяйства, является динамика объемов и отраслевой структуры инвестиций в основной капитал. Данные, приведенные в табл. 1, фиксируют катастрофическое (более чем на 60 %) падение объемов инвестиций в первом пятилетии (1991–1995 гг.), сравнительно высокий (от низкой базы) рост во втором пятилетии (в 2000 г. по отношению к 1995 г. инвестиции в основной капитал составили 133 %) и нестабильный подъем в 2001–2002 гг. Естественно, что при такой динамике инвестиций коренных изменений в территориальной структуре хозяйства страны на прошедшем более чем 10-летнем этапе переходного периода произойти не могло. В то же время трансформация отраслевой структуры инвестиций, происходящая под влиянием изменившихся внешних и внутренних социально-экономических факторов (см. табл. 1), отчетливо прослеживается и в географии инвестиций (табл. 2), т. е. может существенно сказаться на сдвигах в размещении хозяйства.

Таблица 1

**Динамика объемов и структуры инвестиций в основной капитал Беларуси
в переходном периоде, %***

Показатели	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.
Инвестиции в основной капитал, в % к 1990 г.	100	39	52	50	54
Отраслевая структура инвестиций в основной капитал					
Всего инвестиций в основной капитал	100	100	100	100	100
В том числе:					
В отрасли, производящие товары	58,6	40,3	38,8	38,8	39,4
Из них:					
промышленность	24,4	29,7	30,2	31,8	31,9
сельское хозяйство	28,8	8,5	6,8	4,9	5,3
строительство	3,2	1,7	1,4	1,8	1,8
В отрасли, оказывающие услуги	41,4	59,7	61,2	61,2	60,6
Из них:					
транспорт	5,9	12,6	10,8	13,8	14,5
связь	1,7	3,4	2,6	3,4	4,0
торговля, общественное питание, материально-техническое снабжение и сбыт	2,2	2,0	4,3	4,0	4,3
жилищное строительство и коммунальное хозяйство	24,2	27,9	32,3	29,5	27,5
отрасли социально-культурной инфраструктуры	6,8	8,5	7,3	6,1	6,1

Примечание. *Составлена по [1, с. 43, 427–429].

Изменения в структуре инвестиций в основной капитал отражают намечающуюся тенденцию перехода хозяйства страны от индустриальной к постиндустриальной стадии развития: из года в год повышается доля инвестиций в отрасли, оказывающие услуги, и соответственно снижается в отрасли, производящие товары (см. табл. 1). Из отраслей сферы услуг наиболее быстрый рост инвестиций характерен для транспорта и связи. В этом проявляется особенность Беларуси, имеющей выгодное экономико-географическое положение и использующей это преимущество для наращивания экспортного потенциала.

Таблица 2

**Территориальное распределение инвестиций
в основной капитал Беларуси в переходном периоде, %***

Регион	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	Рост в 1996–2002 гг.
Республика Беларусь	100	100	100	100	100	137,5
Области:						
Брестская	12,9	11,5	11,9	12,5	11,5	124,0
Витебская	12,9	12,2	10,7	11,2	10,0	101,3
Гомельская	17,2	17,0	16,0	19,0	19,5	154,0
Гродненская	10,7	7,9	9,2	9,2	10,0	164,6
г. Минск	15,1	21,0	23,4	24,5	26,7	231,3
Минская	17,2	17,9	21,1	15,9	15,5	116,0
Могилевская	14,0	12,5	7,7	7,7	6,8	77,9

Примечание. *Рассчитано по [1, с. 430].

Можно ожидать, что приток капиталовложений в объекты транспорта и связи усилит процесс концентрации хозяйственной деятельности в зоне влияния белорусских участков трансевропейских коридоров № 2 (Брест – Минск – граница с Россией), № 9 (Витебск – Орша – Могилев – Гомель) и № 9В (Гомель – Минск – граница с Литвой). Повышение удельного веса капиталовложений в торговлю, общепит, материально-техническое снабжение и сбыт обусловлено более быстрым реформированием этой сферы деятельности. Как правило, инвестиции в эти отрасли концентрируются в основном в крупных городах, где есть платежеспособный спрос на их услуги и более развита рыночная инфраструктура.

На протяжении всего переходного периода в стране сохраняется высокий удельный вес инвестиций в жилищное строительство, являющееся приоритетным направлением государственной политики. Распределение инвестиций в жилье по территории страны в основном соответствует географии населения, т. е. более 70 % инвестиций в эту сферу сосредоточено в городской местности, а около 70 % из них – в 15 самых крупных городах.

Среди отраслей, производящих товары, наиболее стремительно снижается доля инвестиций в сельское хозяйство (с 28,8 % в 1990 г. до 5,3 % в 2002 г.) и растет – в промышленность. Медленное реформирование сельского хозяйства в сочетании с сохранением высокого удельного веса инвестиций в промышленность означает, что устойчивая тенденция поляризации в размещении производства в стране будет усиливаться, так как урбанизированные территории продолжают накапливать производственный потенциал, сельские – по-прежнему терять.

Вместе с тем в связи с изменением приоритетов в развитии отраслей промышленности и различиями в отраслевой структуре промышленных центров и областей возможна дифференциация в темпах развития урбанизированных территорий. В переходном периоде приоритет в государственных промышленных инвестициях отдавался экспортоориентированным и импортозамещающим отраслям, среди которых калийная промышленность, нефтепереработка, производство химических волокон, черная металлургия, машиностроение, электроэнергетика, отдельные отрасли пищевой промышленности. В итоге по сравнению с 1990 г. заметно изменилось распределение инвестиций по областям (см. табл. 2).

Произошло значительное падение удельного веса инвестиций в экономику Могилевской области, снизили свой инвестиционный рейтинг Витебская, Минская и Брестская области, резко возрос удельный вес г. Минска, повысился рейтинг Гродненской и Гомельской областей. Значительная роль в изменении географии инвестиций в этот период принадлежит реализации таких крупных проектов, как строительство первой нитки газопровода «Ямал – Европа», газификация Полесья, увеличение протяженности автодорог с твердым покрытием на 23 тыс. км, ввод в строй цементного завода

в Костюковичах и новых мощностей на Белорусском металлургическом заводе в Жлобине, реконструкция Мозырского нефтеперерабатывающего завода и ПО «Нафтан» в Новополоцке, организация производства автобусов и троллейбусов ПО «Белавтомаз» в Минске, начало строительства пятого калийного рудника и др. В последние годы на инвестиционную привлекательность областей и их центров стало влиять создание шести свободных экономических зон – по одной в каждом областном центре.

Таким образом, на основании анализа отраслевой структуры инвестиций и их распределения по областям в 1991–2002 гг. можно сделать вывод, что для географии инвестиций в переходный период (и соответственно для изменений в территориальной структуре хозяйства) характерны две тенденции: 1) сохранение и усиление процесса концентрации инвестиционных ресурсов в уже развитых экономических центрах и 2) неравномерность их распределения по регионам, обусловленная территориальными различиями в отраслевой структуре хозяйства и особенно промышленности.

Низкая инвестиционная активность в первом десятилетии переходного периода привела к повышению степени износа основных фондов страны и особенно их активной части – оборудования до критического уровня (в промышленности износ оборудования достиг 82 %). Поэтому в прогнозах социально-экономического развития Беларуси [2, 3] намечены высокие темпы роста инвестиций и существенное изменение их структуры. Так, в 2001–2005 гг. инвестиции в основной капитал должны вырасти в 1,6–1,7 раза, в следующей пятилетке – в 1,4 раза. При этом в их общем объеме предполагается увеличение удельного веса иностранных инвестиций (с 4,3 % в 2000 г. до 6,5 – в 2005 г. и 7,5 % в 2010 г.) и собственных средств организаций, включая банковские кредиты.

Успешное решение этих задач и особенно привлечения инвестиций в экономику страны, регионов, городов, районов во многом зависит от степени обоснованности разрабатываемых инвестиционных программ и проектов. В изменившихся условиях переходного периода с целью привлечения потенциальных инвесторов (банков, иностранных фирм, предприятий, организаций, фондов и т. п.) необходимо при обосновании проектов использовать современные, применяемые в мировой практике методы оценки их эффективности [4]. Вместе с тем, как показывает накопленный к настоящему времени опыт, использование данных методов требует их адаптации к особенностям белорусских условий. Остановимся кратко на этих особенностях переходного периода, учитываемых банками Беларуси при предоставлении инвестиционных кредитов, а также потенциальными иностранными инвесторами при оценке целесообразности инвестирования в белорусскую экономику.

Для получения долгосрочного инвестиционного кредита в банках нашей страны клиент обязан представить бизнес-план, включающий расчет экономической эффективности и окупаемости кредитуемого проекта. При этом долгосрочные кредиты предоставляются, если срок окупаемости составляет не более 5 лет и погашение кредита обеспечивается в течение 6 лет со дня выдачи первой суммы кредита.

Основные требования, предъявляемые банками Беларуси к структуре бизнес-плана и составу рассчитываемых в его рамках показателей эффективности проекта, предусматривают расчет следующих показателей ожидаемой эффективности инвестиций: чистый дисконтированный доход, индекс доходности, внутренняя норма доходности и срок окупаемости капиталовложений (простой и динамический).

В целях выявления и снижения риска вложений бизнес-план должен содержать многофакторный анализ устойчивости (чувствительности) проекта в отношении его входных параметров (цены, объемов производства, издер-

жек, условий финансирования) и внешних факторов (инфляционные процессы), а также расчет уровня безубыточности производства.

Однако основная масса бизнес-планов, представляемых в банки страны для получения долгосрочного кредита, содержит неполные данные о проекте и ограниченный набор рассчитанных показателей его эффективности.

Часто встречающейся ошибкой бизнес-планов является недостаточное внимание к анализу рынка продукции или услуг и обоснованию их конкурентоспособности. Но, если завышены потребности в будущей продукции и объемы будущих продаж (нередко в 3–5 раз), то в таком случае цена анализа эффективности равна нулю. Как правило, самой слабой частью бизнес-планов белорусских предприятий является именно их маркетинговая составляющая. Это обусловлено, во-первых, объективными причинами, так как в реалиях белорусской экономики очень трудно собрать необходимую достоверную информацию о производителях аналогичной продукции на внутреннем и внешних рынках, ценах на нее, потребностях рынка, во-вторых, отсутствием опыта у белорусских специалистов, которые практически не владеют конкретными приемами продвижения продукции своих предприятий на рынок, в-третьих, трудностью оценки уровня инфляции и девальвации национальной валюты на длительный период.

Самой распространенной ошибкой белорусских бизнес-планов является применение западной методологии их разработки без адаптации к действующей в стране системе бухгалтерского учета и налогообложения. Без точного учета всех уплачиваемых конкретным субъектом хозяйствования налогов и платежей существенно искажается конечный результат расчетов – реальная эффективность инвестиционного проекта.

В процессе разработки бизнес-плана необходимо также учитывать действующую в Беларуси систему ограничений деятельности субъекта хозяйствования в самых разных сферах. Это и административное регулирование цен, и различные ограничения по поставкам продукции на экспорт и внутренний рынок, и действующие правила валютного регулирования, и фактический запрет на сокращение персонала неэффективно работающих предприятий с долей государственной собственности, и различные решения местных органов власти (например, запрет реализации на территории конкретной области продукции, произведенной в другой области) и т. д.

Зачастую в бизнес-планах инвестиционных проектов отсутствует анализ проектных рисков, который является одной из ключевых частей бизнес-плана и служит основой для определения реальной доходности проекта. Особенностью инвестиционных решений является то, что они всегда осуществляются в условиях неопределенности, поскольку принимаются в отношении событий, которые произойдут в будущем. Не существует безрисковых инвестиционных проектов, поэтому оценка рисков является важнейшим этапом анализа инвестиционного предложения [5].

На анализ проектных рисков в бизнес-плане особенно обращают внимание иностранные инвесторы, которые предъявляют достаточно жесткие требования к проектам из стран с переходной экономикой, справедливо считая степень риска выюкой. Негативной оценке перспектив возвратности средств с точки зрения западных финансовых институтов способствуют макроэкономическая нестабильность, отсутствие кредитной истории большинства заемщиков, низкая степень прозрачности финансовой отчетности, мягкая политика в отношении банкротств несостоятельных фирм, неудовлетворительная степень защиты кредитора при банкротстве должника, низкая ликвидность залоговых активов, слабая диверсификация рынков сбыта большинства белорусских заемщиков.

Инвестиционные возможности, которые сегодня предлагает белорусский рынок, уникальны тем, что, с одной стороны, имеется огромный неудовлетворенный спрос на рискованный капитал, а с другой – отсутствуют качествен-

но проработанные проекты, в которые можно было бы вложить деньги с разумной степенью риска.

Учитывая особенности белорусских условий, по любому инвестиционному проекту банком в первую очередь анализируется возможность его практической реализации с точки зрения ограничений, накладываемых законодательством в данной сфере бизнеса (наличие необходимых лицензий и разрешений, квот на поставку продукции, соблюдение требований ценового и валютного регулирования и т. п.).

Следующим этапом является определение показателей окупаемости капитальных вложений, внутренней нормы доходности (ВНД) по проекту и чистой приведенной его стоимости. При этом в качестве ставки дисконтирования принимается прогнозируемая процентная ставка по долгосрочному кредиту. Учитывая повышенный риск долгосрочного инвестирования средств в условиях макроэкономической нестабильности Беларуси и вероятностный характер прогноза финансовых потоков по любому инвестиционному проекту, приемлемым для расчетного показателя ВНД является значение, превышающее 15 %.

В целях учета проектных рисков используется обязательный этап оценки инвестиционного проекта – анализ чувствительности показателей его эффективности к изменению (в пределах 10–20 %) основных расчетных параметров (снижению цен реализации готовой продукции, росту производственных издержек, падению объемов производства, увеличению капитальных вложений). Желательно, чтобы даже при этих условиях капитальные вложения в проект окупались в течение срока кредитования, а величина чистой приведенной стоимости была положительной.

Даже краткий анализ современных требований к уровню обоснования инвестиционных проектов позволяет сделать вывод, что для традиционного экономико-географического анализа и оценки эффективности сдвигов в размещении производительных сил необходима дальнейшая экономизация экономико-географических методов исследований, чтобы адекватно оценивать происходящие процессы и прогнозировать их развитие. Ибо важно осуществлять инвестиции только в реальные и перспективные проекты, иначе они будут просто тратой ресурсов.

Достижение макроэкономической стабильности и интеграция Беларуси в мировую систему хозяйства, совершенствование информационного рынка, повышение открытости в деятельности белорусских субъектов хозяйствования, снятие административных барьеров на пути частного бизнеса будут способствовать снижению проектных рисков при долгосрочном инвестировании средств и повысят инвестиционную привлекательность Беларуси и ее регионов как для отечественных, так и для иностранных инвесторов.

1. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2003. Мн., 2003.
2. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2001–2005 годы. Мн., 2001. С. 63.
3. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. (проект). Мн., 2003. С. 57, 211.
4. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. М., 2003.
5. Жишкевич А. // Банк. вестн. 2001. № 2.

Поступила в редакцию 17.11.2003.

Людмила Васильевна Козловская – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической географии Беларуси и государств Содружества.

Александр Сергеевич Шлопак – студент 4-го курса экономического факультета.



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ЛИМНОЛОГИИ» (МИНСК, 20–24 ОКТЯБРЯ 2003 г.)

Международная научно-практическая конференция «Теоретические и прикладные проблемы современной лимнологии» проходила в объявленный Генеральной ассамблеей ООН Международный год пресной воды и была приурочена к 30-летию со дня основания кафедры общего земледования и научно-исследовательской лаборатории озераведения БГУ, сотрудники которых внесли значительный вклад в изучение озера фонда республики, разработку путей его рационального использования, обоснование и организацию охраняемых территорий.

На конференцию было заявлено 123 доклада ученых из стран ближнего и дальнего зарубежья и ведущих научных учреждений Беларуси. В работе приняли участие 82 представителя 11 организаций Беларуси, МГУ, Института водных и экологических проблем СО РАН, Института земной коры (Иркутск), Кубанского госуниверситета, НИИ геологии (г. Петрозаводск), Санкт-Петербургского госуниверситета, Института озераведения РАН, Смоленского госуниверситета, университетов г. Познани и Гданьска (Польша), Сумского госуниверситета (Украина) и др.

На конференции было заслушано 49 пленарных и секционных докладов, в которых поднимались основные проблемы современной лимнологии: теоретические вопросы палеогеографии и эволюции озер в голоцене; гидрологический режим озер и современные лимнологические процессы; гидробиология озер и водохранилищ; природные ресурсы озер и водохранилищ, их использование и охрана; проблемы экологии водоемов замедленного водообмена и их взаимодействия с окружающей природной средой. В значительной части докладов были представлены результаты научных исследований, поддержанных Российским фондом фундаментальных исследований и выполненных ведущими научными учреждениями России.

В результате обсуждения было принято постановление конференции, в котором определены наиболее важные научные направления развития современной лимнологии, а также задачи в исследовании озер и водохранилищ:

- восстановление физико-географических условий территорий водосборов озер на основе палеогеографических методов;
- выявление закономерностей эволюции природных и искусственных водных объектов;
- оценка природно-ресурсного потенциала водоемов и разработка рекомендаций по рациональному использованию водных, биологических, сапропелевых ресурсов;
- разработка теоретических основ развития водоемов;
- вопросы классификации озер и прочих водных объектов;
- разработка геоинформационной системы «ГИС – озера и водохранилища Беларуси»;
- мониторинг озер и водохранилищ.

В документе отмечается, что участники конференции считают необходимым:

- активизировать научные исследования в области теоретического обоснования необходимости решения задач, направленных на снижение негативного воздействия на экосистемы озер, преодоление антропогенного эвтрофирования, вызванного загрязнением озер, восстановление деградировавших водоемов;
- поддержать предложение водного форума «Современное состояние и перспективы использования водных ресурсов Беларуси» об объявлении 2005–2015 гг. Международным гидрологическим десятилетием;
- обратиться в Министерство образования и Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Комитет по земельным ресурсам, НАН Беларуси с предложением учредить журнал «География» для популяризации научных знаний по водным объектам и их охране;
- считать целесообразным проведение подобных конференций раз в 5 лет.

Международная научно-практическая конференция «Теоретические и прикладные вопросы современной лимнологии» была проведена при финансовой поддержке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Тезисы докладов были опубликованы.

П.С. Лопух, Б.П. Власов

Выдающиеся ученые Беларуси



АКАДЕМИК Н.Ф. БЛИОДУХО — ГЕОЛОГ, УЧЕНЫЙ И ОРГАНИЗАТОР ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ



Становление геологического образования в БГУ связано с именем первого белорусского академика-геолога, талантливого организатора науки, исследователя и педагога профессора Николая Федоровича Блюдоху.

Родился Н.Ф. Блюдоху 10 декабря 1878 г. в небольшом городке Игумен (ныне – г. Червень Минской области) в семье учителя. После окончания Двинского реального училища он поступает в Горный институт в Петербурге. Во время учебы (1896–1903 гг.) проявляет интерес к петрографии и минералогии рудных месторождений, участвует в полевых работах в Сибири.

Важную роль в становлении Н.Ф. Блюдоху как геолога сыграли экспедиционные исследования на Дальнем Востоке, где в 1903–1907 гг. под руководством известного в то время профессора Я.С. Эдельштейна он изучает месторождения золота и серебра на р. Амур, Манчутайское месторождение угля. В дальнейшем геологическая деятельность Н.Ф. Блюдоху была связана с Сибирью: он заведует золотосплавной и химической лабораторией в г. Томске (1903–1911 гг.), возглавляет Енисейский горный округ в г. Красноярске (1911–1917 гг.), руководит горнопоисковыми работами на Алтае (1917–1922 гг.). При его участии в Сибири были открыты месторождения мрамора, доломита, пирита, бурого угля, цветных металлов.

В 1922 г. Николай Федорович возвратился в Белоруссию, где возглавил Горный отдел Управления СНХ БССР, а с 1923 г. – кафедру геологии педагогического факультета БГУ. О большом значении, которое придавалось в то время в университете геологическим наукам, говорят учебные планы тех лет – на каждом курсе естественноисторического отделения педагогического факультета читались лекции по геологическим дисциплинам (кристаллографии, минералогии, петрографии, геологии БССР). Курс минералогии преподавался также и на медицинском факультете. Интересен тот факт, что на педагогическом факультете за кафедрой геологии было закреплено 11 кабинетов. В 1924–1929 гг. проводились студенческие геологические экскурсии по Южной России, Северному Кавказу, Уралу.

В Горном отделе Н.Ф. Блюдоху руководит геологическими исследованиями, организует полевые партии, составляет кадастр нерудных полезных ископаемых территории БССР. Первая карта их распространения в республике масштаба 1:800 000 была завершена в 1926 г. и с учетом новых геологических данных была издана Академией наук БССР в 1933 г.

В 1926 г. по решению СНК БССР в составе Института белорусской культуры (Инбелкульт) учреждается Комиссия по изучению естественных производительных сил Белоруссии. В 1927 г. на базе этой комиссии и части научно-технических кадров геолого-почвоведческой подсекции Инбелкульта создается Институт геологии (ныне – Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт). Николай Федорович становится первым директором института, оставаясь одновременно заведующим кафедрой геологии БГУ. В 1928 г. Н.Ф. Блюдоху присваивается высокое звание академика АН БССР.

Н.Ф. Блюдоху придавал большое значение развитию исследований минеральных ресурсов на территории БССР. При его непосредственном участии были открыты новые залежи мергелей, мела, фосфоритов, доломитов, стекольных песков, торфа, сапропелей, строительных материалов. Результаты научных изысканий послужили основанием для строительства цементного завода в Кричеве. В 1928–1929 гг. по предложению Н.Ф. Блюдоху в центре г. Минска была пробурена скважина № 4, самая глубокая (353,8 м) в то время на территории западной части СССР, которая позволила не только решить проблему водоснабжения города, но и узнать его геологическое строение, доказать наличие минеральных вод. По просьбе участников экспедиции Н.Ф. Блюдоху организовал группу студентов 4-го курса БГУ для круглосуточного дежурства на буровой с целью отбора образцов проходимых горных пород.

Н.Ф. Блюдоху уделял много внимания подготовке геологических кадров в БГУ, где при его поддержке в 1934 г. был открыт геолого-почвенно-географический факультет. Являясь директором Института геологии АН БССР и одновременно заведующим кафедрой геологии нового факультета, он сформировал коллектив высококвалифицированных преподавателей из числа таких известных в то время ученых-геологов, как М.А. Громыко, А.М. Жирмунский, С.С. Мажаревич, Н.С. Тараймович, Н.И. Зуев, М.М. Цапенко, В.Н. Шарай, М.Ф. Козлов и др. Для выполнения работ на территории республики он активно привлекал студенческую молодежь. Николай Федорович подарил университету богатейшую коллекцию горных пород и минералов, собранных им в различных районах Советского Союза. Эта уникальная коллекция послужила основой для открытия в БГУ кабинета минералогии и кристаллографии, а впоследствии – создания известного в настоящее время Музея землеведения географического факультета.

В своих работах Н.Ф. Блюдоху указывал на трудность геологического изучения территории БССР в связи с редкой обнаженностью коренных (мезозойских, палеозойских) отложений при мощном развитии пород четвертичного возраста. Он считал необходимым проведение в республике геофизических исследований и бурения глубоких скважин для исследования тектоники и выявления возможных полезных ископаемых, в том числе подземных вод как источника водоснабжения. Николай Федорович подчеркивал, что территория БССР неоднократно была ареной морских трансгрессий и наступления покровных оледенений. Он обращал внимание на важность изучения и картографирования четвертичных отложений с целью обнаружения различных видов минерального сырья. Характеризуя рельеф земной поверхности, он указал на тесную связь его форм с геологическим строением. Н.Ф. Блюдоху первым дал классификацию рельефа республики, основанную на геолого-геоморфологических исследованиях долины р. Сож.

На геологической карте БССР масштаба 1:2 000 000, составленной Н.Ф. Блюдоху в 1933 г., отражены основные геологические формации, за исключением ошибочно выделенного коренного залегания пород кембрия и силура у д. Рованичи (Червенский район Минской области). В районе д. Глушкевичи (Лельчицкий район Гомельской области) показаны выходы на земную поверхность гранитов. Высказанное Н.Ф. Блюдоху предположение, что кристаллический фундамент Русской плиты разбит трещинами на отдельные блоки, в дальнейшем было подтверждено детальными геофизическими исследованиями.

Николай Федорович Блюдоху скоропостижно скончался 13 января 1935 г. Похоронен на военном кладбище в г. Минске. Не все задуманное выполнил выдающийся академик-геолог и талантливый педагог.

Выдвинутые Н.Ф. Блюдоху новые идеи в области геологии нашей страны получили дальнейшее развитие в работах белорусских геологов, открывших во второй половине XX в. в Беларуси залежи калийных и каменных солей, нефти, углей, сланцев, железных руд, даунсонита, фосфоритов, редких и цветных металлов, строительных материалов, лечебных и питьевых подземных вод, промышленных рассолов и других полезных ископаемых. На вновь созданной в 1995 г. кафедре динамической геологии географического факультета БГУ продолжают традиции первого заведующего кафедрой профессора Николая Федоровича Блюдоху.

В.Н. Губин

Основные опубликованные труды академика АН БССР Н.Ф. Блюдоху

- Рэгістрацыйны спіс карысных выкапняў БССР з кароткім нарысам, табліцамі і картаю. Мн., 1930.
- Матэрыялы да геалагічнага і геамарфалягічнага вывучэння Беларусі: У 2 т. Мн., 1930–1931. Т. 2.
- Основные черты геологического строения территории БССР и ее полезные ископаемые // Зап. Бел. АН. 1933. Кн. 1.
- Да геалагічнага вывучэння тэрыторыі г. Мінска (па матэрыялах свідравіны № 4 Эльвода і некаторых іншых) // Матэрыялы па вывучэнню геалогіі і карысных выкапняў Беларусі. Мн., 1933. Т. 6.
- Карта полезных ископаемых БССР масштаба 1:800 000. Мн., 1933.
- Рэгістрацыйны спіс карысных выкапняў БССР // Зап. Бел. АН. 1934. Кн. 2.
- Матэрыялы да геалагічнага і геамарфалягічнага апісання тэрыторыі БССР. Мн., 1935.
- Схематичная геалагічная карта дачацвярцічных адкладаў БССР маштаба 1:420 000 // Зап. Бел. АН. 1935. Кн. 4.

РЕФЕРАТЫ

УДК 678.54:677.826.26

Юркштович Т.Л. Влияние физико-химических параметров бинарных растворителей на набухание целлюлозных сорбентов // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Рассмотрено влияние некоторых физико-химических параметров бинарных водно-органических растворителей (параметр Гильдебранда, диэлектрическая постоянная, параметр кислотности) на степень набухания целлюлозных сорбентов. Постоянство степени набухания целлюлозы и монофункциональных ионитов на ее основе в водно-спиртовых растворителях при фиксированном значении диэлектрической постоянной фазы набухшего сорбента свидетельствует о том, что основной вклад в энергию набухания вносят электростатические взаимодействия в системе, роль которых увеличивается при переходе от целлюлозы к целлюлозным ионитам.

Библиогр. 31 назв., табл. 2, ил. 4.

УДК 541.64

Мардыкин В.П., Костюк С.В., Гапоник Л.В., Мильчанина Т.Л., Капуцкий Ф.Н. Малеинизация углеводородных полимеров // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Рассмотрены основные методы получения maleинизированных углеводородных полимеров и области их практического использования. Обсуждены преимущества и недостатки каждого из методов в синтезе сополимеров maleинового ангидрида и непредельных углеводородов с различным содержанием maleинового ангидрида.

Библиогр. 31 назв., табл. 2.

УДК 541.182.642 : 541.138

Бокшиц Ю.В., Осипович Н.П., Стрельцов Е.А., Шевченко Г.П. Подпотенциальное осаждение свинца на наноразмерные частицы серебра и золота // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Исследован процесс подпотенциального осаждения (underpotential deposition – UPD) атомов Pb на коллоидные частицы Ag и Au, а также биметаллические частицы Ag-Au. Показано, что процессы UPD Pb_{ad} на этих частицах протекают аналогично тому, как и на массивных поликристаллических электродах из золота, серебра и сплава Ag-Au соответственно. Разрабатываемый электрохимический подход перспективен в качестве дополнительного метода исследования как химической природы металлических коллоидных частиц, так и структуры биметаллических наночастиц.

Библиогр. 15 назв., ил. 3.

УДК 541.182.024

Чернявская А.А., Ковальчук Т.В., Логинова Н.В., Полозов Г.И., Шадыро О.И. Особенности взаимодействия ионов серебра(I) с пространственно-затрудненными производными пирокатехина // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

При взаимодействии ионов серебра(I) с некоторыми пространственно-затрудненными производными пирокатехина в большинстве случаев происходит образование зольей серебра. 2-(4,6-Ди-трет-бутил-2,3-дигидроксибензилсульфанил)уксусная кислота не восстанавливает ионы серебра(I), а связывает его в комплекс. Золи исследовали методами ЭМ-микроскопии и оптической спектроскопии. Комплексообразование изучали методом потенциометрического титрования, а характеристики комплекса производного пирокатехина с ионами серебра(I) устанавливали методами ИК-спектроскопии, рентгенофазового анализа, термогравиметрии, элементного анализа.

Библиогр. 19 назв., ил. 2.

УДК 615.451.16

Корик Е.О., Наумова М.В., Найдун С.Н., Решетников В.Н., Юрин В.М., Семак И.В. Восстановление лигандсвязывающего потенциала вне- и внутриклеточных транспортных систем при внепеченочном холестазе с помощью экстрактов из семян расторопши, лофанта, горца и душицы // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Изучена возможность восстановления лигандсвязывающего потенциала альбумина и глутатион S-трансферазы при внепеченочном холестазе с помощью экстрактов из семян расторопши, лофанта, горца и душицы. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что наибольший положительный эффект по отношению к вне- и внутриклеточным транспортным системам наблюдался при введении экстракта из семян расторопши – растения, традиционно используемого при лечении заболеваний печени. Не менее эффективным по ряду показателей оказался экстракт из семян лофанта. В меньшей степени положительное действие оказывали экстракты из семян горца и душицы.

Обнаруженный нами феномен восстановления лигандсвязывающего потенциала как внеклеточных, так и внутриклеточных транспортных систем под влиянием изученных экстрактов позволяет прогнозировать их высокую терапевтическую эффективность при холестазе и циррозе печени.

Библиогр. 27 назв., табл. 2.

УДК 541.144.7

Самович Т.В., Кудряшов А.П., Аверина Н.Г. Аккумуляция 1,10-фенантролина в клетках хлореллы и транспорт CO₂ через плазмалемму // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Определена оптимальная концентрация 1,10-фенантролина в среде, когда отмечается максимальное его накопление в клетках хлореллы. Установлены константы ингибирования потоков CO₂. Согласно экспериментальным данным, транспорт CO₂ в клетках хлореллы может быть связан с непосредственным влиянием 1,10-фенантролина на плазматическую мембрану.

Библиогр. 11 назв., табл. 2, ил. 1.

УДК 599:616.988

Савицкий Б.П., Кучмель С.В., Бурко Л.Д., Цвирко Л.С. Роль млекопитающих в циркуляции и сохранении возбудителей болезней человека. Ч. 1. Заболевания вирусной природы // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

В Беларуси с млекопитающими связаны возбудители четырех нетрансмиссивных вирусных заболеваний: бешенства, ящура, геморрагической лихорадки с почечным синдромом, лимфоцитарного хориоменингита и двух трансмиссивных заболеваний: клещевого энцефалита, лихорадки Западного Нила. Описана их связь с позвоночными, особенности сохранения и циркуляции в природных очагах.

Библиогр. 15 назв.

УДК 595.524:595.753.1 (476)

Бородин О.И. Биотопическая приуроченность фоновых видов цикадовых Западно-Белорусской ландшафтно-географической провинции // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

На основании анализа степени относительной биотопической приуроченности (F_{β}) 27 фоновых видов цикадовых Западно-Белорусской ландшафтно-географической провинции проанализированы основные закономерности распределения *Auchenorrhyncha* по биотопам. В составе группы отмечено преобладание форм с достаточно высоким уровнем эвритопности. Показано, что среди проанализированных видов меньше всего цикадовых проявляют приуроченность к болотным и лесным стадиям, в то время как обитатели луговых биотопов представлены значительно большим числом видов.

Библиогр. 4 назв., табл. 1.

УДК 574.5.088.55

Деренговская Р.А., Ковалевская Р.З., Никитина Л.В. Автотрофная и гетеротрофная компоненты в сестоне и осаждающейся взвеси мезотрофного озера // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

При исследовании седиментационных процессов в мезотрофном оз. Нарочь проведен сравнительный анализ абсолютного и относительного содержания хлорофилла «а» и феофигментов, а также биомассы бактерио- и зоопланктона в сестоне и осаждающейся взвеси. Показано, что относительное содержание автотрофной компоненты выше в планктоне по сравнению с седиментируемой взвесью, выше также биомасса бактериопланктона в сестоне. Отмечена высокая концентрация зоопланктонных организмов в седиментомерах. Приведенные корреляционные зависимости автотрофной и гетеротрофной составляющих сестона и осаждающейся взвеси указывают на тесную взаимосвязь между ними.

Библиогр. 8 назв., табл. 3, ил. 3.

УДК 595.768.1

Нестерова О.Л. Географическая структура и генезис фауны листоедов (*Coleoptera, Chrysomelidae*) Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Результаты исследования географической структуры фауны *Chrysomelidae* Беларуси показали, что ее основу составляют виды с широкими ареалами – транспалеарктическими полизональными, евро-сибирскими и европейскими. Была сделана попытка восстановить генезис фауны листоедов Беларуси. Как оказалось, фауна является смешанной по своему составу и происхождению.

Библиогр. 3 назв., ил. 1.

УДК 595.752-153.133 (476)

Мелешко Ж.Е., Бородин О.И., Петров Д.Л., Буга С.В. Равнокрылые хоботные насекомые (*Insecta: Homoptera*) в консорции осины (*Populus tremula* L.) в Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

В течение 20-летнего периода исследований в составе консорции осины в условиях Беларуси зарегистрировано 36 видов растительноядных насекомых отряда *Homoptera*. Среди них 25 видов цикадовых (*Auchenorrhyncha*), 8 видов тлей (*Aphidinea*) и 3 вида кокцид (*Coccinea*). Еще 2 вида тлей известны по данным литературы. Среди выявленных видов преобладают полифаги (20 видов) и олигофаги (13 видов). Монофаги представлены 5 видами, среди которых лишь цикадка *Populicerus populi* (L.) многочисленна в зеленых насаждениях, тогда как остальные принадлежат к числу редких и малочисленных форм.

Библиогр. 16 назв.

УДК 635.64:632.4/38:631.544 (476)

Поликсенова В.Д. Многолетняя динамика микозов культуры томата в защищенном грунте Беларуси. Ч. 2. Фузариоз. Ботритиоз // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Показана многолетняя динамика опасных заболеваний томата – фузариоза и ботритиоза (серой гнили) в теплицах Беларуси. Впервые отмечено появление фузариоза в открытом грунте. Рассмотрены причины, влияющие на смену доминирующих видов патогенов.

Библиогр. 10 назв., табл. 4, ил. 1.

УДК 632.4:635.25

Храмцов А.К., Купреенко Н.П. Фитопатоконплексы с участием грибов рода *Botrytis Micheli* на луке репчатом (*Allium cepa* L.) при хранении // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Представлены данные по встречаемости фитопатоконплексов с участием грибов рода *Botrytis Micheli* на пораженных луковицах лука репчатого (*Allium cepa* L.) при хранении. На основании коэффициентов межвидовой сопряженности и взаимоотношений патогенов в культуре анализируется состав выявленных фитопатоконплексов. Приводятся новые для Беларуси сочетания патогенов в фитопатоконплексах на луке репчатом в период хранения.

Библиогр. 23 назв., табл. 3.

УДК 556.51 (282.243.613)

Токарчук О.В. Некоторые аспекты трансформации гидрографической сети в черте современного г. Бреста в XIX–XX вв. // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Описаны количественные и качественные изменения гидрографической сети в черте современного г. Бреста в XIX–XX вв. Дана оценка влияния города на русло и пойму р. Мухавец. Раскрыты исторические особенности развития города, определившие трансформацию гидрографической сети.

Библиогр. 6 назв., ил. 2.

УДК 504.7 (476)

Давыдик Е. Е., Яцухно В. М. Общеевропейская экологическая сеть и перспективы ее создания на территории Беларуси: географический аспект // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Приводятся основные положения концепции формирования Общеевропейской экологической сети. Анализируются природно-территориальные предпосылки и географические особенности создания экосети на территории Беларуси.

Библиогр. 22 назв., табл. 1.

УДК 577.486:627 (476)

Зарубов А.И., Бахрамов А.Н. Особенности сукцессии прибрежного зоопланктона р. Сож в осенний период // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Изучены особенности развития доминирующих комплексов зоопланктона в прибрежной зоне р. Сож выше и ниже г. Гомеля. Приведен список видов, обнаруженных в реке в городской черте. Оценена биомасса основных групп зоопланктона в осенний период. Рассчитаны индексы видового разнообразия (Шеннона и Маргалёфа), которые указывают на относительно низкую структурированность планктонного сообщества в межсезонный период.

Библиогр. 3 назв., табл. 3.

УДК 911.375 (476)

Чижевская Ж.А. Историко-географические особенности развития малых городов Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Рассмотрены географические особенности социально-экономического развития малых городов Беларуси на различных исторических этапах. Раскрыты причины возникновения первых городских поселений, факторы и условия их дальнейшего развития. Проанализированы особенности пространственного расположения малых городских поселений в национальной системе расселения, выделены кольцевые структуры городов, рассмотрена возможность использования основных положений теории Кристаллера – Леша в условиях Беларуси.

Библиогр. 11 назв., табл. 1.

УДК 556.52

Лопух П.С., Некрасова Л.А., Данилович И.С. Анализ воднобалансовых характеристик и уровня режима оз. Нарочь за многолетний период // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2002. № 1.

К настоящему времени накоплен большой материал по гидрологическому режиму оз. Нарочь. Это позволило детально подойти к оценке и уточнить ранее выполненные расчеты. Расчет водного баланса оз. Нарочь выполнен за многолетний период и 2002 г. Приводятся количественные характеристики и анализ составляющих водного баланса.

Библиогр. 9 назв., табл. 1, ил. 4.

УДК 796.50; 914.0

Мечковская О.А. Особенности использования рекреационных ресурсов стран Центральной и Восточной Европы для развития международного туризма // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

На основе сравнительно-географического анализа рекреационного потенциала стран Центральной и Восточной Европы рассмотрены новые пути повышения эффективности использования рекреационных ресурсов в международном туризме. Позитивный опыт стран региона позволит разработать рекомендации по стратегии развития туризма в Республике Беларусь с учетом особенностей социально-экономической модели и рекреационного потенциала страны.

Библиогр. 7 назв.

УДК 551.4:330.15 (476)

Витченко А.Н., Скриган А. Ю. Методика геоэкологической оценки климата административных регионов // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Рассматривается методика геоэкологической оценки климатических ресурсов и условий применительно к различным сферам хозяйственной деятельности и воздействию на человека.

Библиогр. 8 назв.

УДК 911.3(476)

Козловская Л.В., Шлопак А.С. География инвестиций в Беларуси: особенности и тенденции переходного периода // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 1.

Анализируется динамика объемов, отраслевой и территориальной структуры инвестиций в основной капитал Беларуси в переходном периоде (1991–2002 гг.). Рассматриваются особенности применения современных методов оценки эффективности бизнес-проектов в целях повышения инвестиционной привлекательности Беларуси и ее регионов. Сделаны выводы об усилении тенденции поляризации в размещении производительных сил Беларуси и о необходимости повышения степени обоснованности инвестиционных проектов.

Библиогр. 5 назв., табл. 2.

Индексы: для индивидуальных подписчиков – 74852
для организаций – 748522

CONTENTS

CHEMISTRY

<i>Yurkshtovich T.L.</i> Influence of physico-chemical parameters of binary solutions on swelling of cellulose sorbents	3
<i>Mardykin V.P., Kostjuk S.V., Gaponik L.V., Milchanina T.L., Kaputsky F.N.</i> Maleinization of hydrocarbon polymers	11
<i>Bokshits Yu.V., Osipovich N.P., Streltsov E.A., Shevchenko G.P.</i> The underpotential deposition of Pb on the nanosized Ag and Au particles	16
<i>Chernyavskaya A.A., Koval'chuk T.V., Loginova N.V., Polozov G.I., Shadyro O.I.</i> The peculiarity of silver(I) ion interaction with sterically hindered pyrocatechol derivatives	20

BIOLOGY

<i>Korik E.O., Naumova M.V., Naydun S.N., Reshetnikov V.N., Yurin V.M., Semak I.V.</i> Reduction of ligand binding potential of extra- and intrahepatic transport systems under cholestasis using extracts from seeds of silybum marianum, aconogonon weyrichii, lophanthus virescens, origanum vulgare	26
<i>Samovich T.V., Kudryashov A.P., Averina N.G.</i> Accumulation of the 1,10-phenanthroline and CO ₂ fluxes across plasma membrane in cells Chlorella	31
<i>Savitsky B.P., Kuchmel S.V., Burko L.D., Tsvirko L.S.</i> The role of mammals in circulation and retention of causative agents of diseases in man	35
<i>Borodin O.I.</i> Biotypical attribution of background species of Auchenorrhyncha of West-Belorussian landscape-geographical province	40
<i>Derengovskaya R.A., Kovalevskaya R.Z., Nikitina L.V.</i> Autotrophic and heterotrophic components in seston and settling matter in mesotrophic lake	43
<i>Nesterova O.L.</i> The geographical structure and genesis of Belarus leaf-beetles (<i>Coleoptera</i> , <i>Chrysomelidae</i>) fauna	50
<i>Meleshko J. E., Borodin O. I., Petrov D. L., Buga S.V.</i> Homopterous insects (<i>Insecta: Homoptera</i>) in aspen (<i>Populus tremula</i> L.) consorcia in Belarus	54
<i>Polyksenova V.D.</i> The long-lift dynamics of tomato diseases caused by fungi in glass-houses and greenhouses of Belarus. Part 2. Fusarium wilt. Gray mold	59
<i>Khramtsov A.K., Koopreyenko N.P.</i> The investigation of phytopathocomplexes contained fungi of Botrytis Micheli genus on the onion (<i>Allium cepa</i> L.) during storage	64

GEOGRAPHY

<i>Tokarchuk O.V.</i> Some aspects of transformation of the drainage within the modern precincts of the Brest city during XIX–XX centuries	69
<i>Davydik E. E., Yatsukhno V. M.</i> Pan-European ecological network and perspectives of its forming on the territory of Belarus: geographical aspect	74
<i>Zarubov A.I., Bakhranov A.N.</i> The peculiarities of riverside zooplankton succession in Sozh river in autumnal season	79
<i>Chigevskaya J.A.</i> Historical and geographical peculiarities of the development of small towns of Belarus	82
<i>Lopukh P.S., Nekrasova L.A., Danilovich I.S.</i> Analysis of the water balance characteristics and level conditions of the Naroch lake for the long-term period	87
<i>Mechkovskaya O.A.</i> Peculiarities of the use of recreational resources of the Central-Eastern Europe for the development of the international tourism	94
<i>Vitchenko A.N., Skrigan A.Yu.</i> Methods for geoecological assessment of climate of the administrative regions	100
<i>Kozlovskaya L.V., Shlopak A.S.</i> Investments geography: features and tendencies of the transition period	105

CHRONICLE

<i>Lopuch P.S., Vlasov B.P.</i> The International scientific and practical conference «Theoretical and applied problems of modern limnology» (Minsk, the 20–24 of October 2003)	111
---	-----

OUTSTANDING SCIENTISTS OF BELARUS

<i>Gubin V.N.</i> Academic N.F. Blodukho – the geologist, scientist and organizer of geological education	112
Summary	114