

---

# ВЕСТНИК

Белорусского государственного  
университета

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1969 года  
один раз в четыре месяца

---

СЕРИЯ 2

Химия  
Биология  
География

1'99

ФЕВРАЛЬ

БІБЛІЯТЭКА  
ГЕАГЭСТРЖ-  
УНІВЕРСІТЭТА



МИНСК  
"УНІВЕРСІТЭЦКАЕ"

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

Редакционная коллегия серии:

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

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

Учредитель:  
Белорусский государственный университет

Регистрационный №805

ВЕСТНИК БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия 2: Хим. Биол. Георг. 1999. №1.

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

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

Подписано в печать 11.03.99. Формат 70x108 1/16. Бумага офс. Печать офс. Усл. печ. л. 7,0. Усл. кр.-отг. 7,52. Уч.-изд. л. 8,26. Тираж 500 экз. Заказ **185**ч. Цена 35000 р.

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

Отпечатано с готовых диапозитивов заказчика в Издательском центре Белгосуниверситета 220030, Минск, ул.Красноармейская, 6.



УДК 661.728.8:541.183.6

И.А.БАШМАКОВ, И.Б.БУТЫЛИНА, В.А.ДОРОСИНЕЦ, Ф.Н.КАПУЦКИЙ, Т.Ф.ТИХОНОВА

## ПОЛУЧЕНИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ЧАСТИЦ СЕРЕБРА

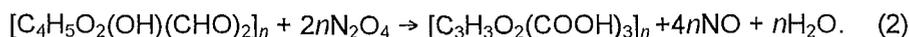
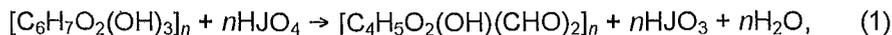
Carbon fibers doped with nanometer-sized silver particles were prepared by thermal treatment in vacuum of polymer precursors. The method of ion sorbing had preference for the fabrication of chemical modified cellulose filaments doped with silver. The conductivity of the sample depended on the silver concentration and temperature was investigated. It showed that variations of the metal doping method and of metal concentration results in changing of the structure of carbon matrix and of the conductivity of these samples.

Интенсивное исследование углеродных материалов обусловлено, в частности, возможностью создания на их основе электронных переключателей [1], холодных катодов для эмиссии электронов [2], сетей графитоподобных гранул размером от нескольких единиц до десятков нанометров [3]. Введение металлов в углеродные структуры широко используется для модификации электрофизических свойств углерода [4].

Получение металлсодержащих углеродных волокон на базе окисленной целлюлозы – монокарбоксилцеллюлозы (МКЦ) – впервые проведено И.Н.Ермоленко с сотр. [4,5]. Из опубликованных данных следует, что металлы преимущественно переменной валентности, образующиеся в углеродной матрице при пиролизе соответствующих солей МКЦ, понижают температуру формирования упорядоченной структуры углерода и увеличивают проводимость углеродной матрицы. Однако к настоящему времени отсутствует полное понимание механизма проводимости в металлсодержащих углеродных материалах. Недостаточны и весьма ограничены сведения о влиянии содержания металла, размерности его частиц и их распределения в углеродной матрице на проводимость углеродных волокон. Поэтому исследования в этом направлении продолжают оставаться актуальными.

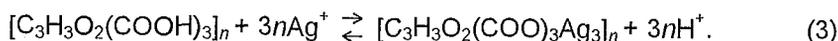
Целью данной работы являлось получение углеродных волокон с наноразмерными включениями частиц серебра термоконверсией карбоксилсодержащих целлюлозных предшественников, допированных серебром, и исследование их электропроводности.

В качестве карбоксилированной целлюлозы была использована трикарбоксилцеллюлоза (ТКЦ). Ее получение проводили на основе крученых хлопчатобумажных нитей путем введения в их состав карбоксильных групп [6] в соответствии с уравнениями (1) и (2):



Синтезированная, согласно уравнению (2), ТКЦ содержала 13,7 мас.% COOH-групп (определение карбоксильных групп проводилось кальций-ацетатным методом [7]), что соответствует 20,2% от теоретически возможного их содержания в полностью окисленной по этой схеме целлюлозе. Такого количества карбоксильных групп достаточно для введения в фазу ТКЦ до 3,0 ммоль/г катионов металлов при статистически равномерном распределении

их в объеме волокна. Введение катионов серебра в фазу ТКЦ проводилось из водных растворов азотнокислого серебра различной концентрации при модуле 1:50 и температуре  $20 \pm 0,2$  °С методом ионообменной сорбции. Концентрация растворов азотнокислого серебра изменялась в пределах 0,025–0,25 М, что позволяло получать ряд серебряных солей ТКЦ, в которых содержание серебра составляло 0,15–1,5 ммоль/г. Максимальная степень замещения протонов карбоксильных групп ТКЦ на катионы серебра в приведенных условиях сорбции не превышала 53% от обменной емкости, что определяется, очевидно, обратимостью ионообменной реакции:



Нами были получены также серебрясодержащие образцы ТКЦ путем "голодной" пропитки ее водными растворами с заданным содержанием в них азотнокислого серебра. При пропиточном модуле 1,2 мл/г произошло полное поглощение раствора азотнокислого серебра ТКЦ. Этим способом серебро в фазу ТКЦ вводилось в количестве 0,15–3,0 ммоль/г. Далее в тексте образцы, полученные методом ионообменной сорбции и "голодной" пропитки, будут обозначаться как Ag-ТКЦ-I и Ag-ТКЦ-II соответственно. Термическая обработка образцов 1-ой и 2-ой серии проводилась под вакуумом при остаточном давлении 1,3 Па. Максимальная температура термообработки составляла 973 К при скорости подъема температуры 3 град/мин. По достижении температуры 973 К следовала изотермическая выдержка образцов в течение 30 мин для стабилизации термохимических превращений в продукте отжига. В результате термообработки Ag-ТКЦ-I и Ag-ТКЦ-II получены воспроизводящие фактуру целлюлозного предшественника углеродные волокна с включениями серебра Ag-C-I и Ag-C-II соответственно. Их состав представлен в таблице.

**Содержание серебра в ТКЦ  
и серебрясодержащих углеродных волокнах  
Ag-C-I и Ag-C-II**

Количество серебра в ТКЦ, ммоль/г	Содержание серебра в образцах 1-й и 2-й серии, мол.%	
	Ag-C-I	Ag-C-II
0,15	0,8	0,8
0,3	1,6	1,3
0,6	3,0	2,4
0,9	4,5	3,4
1,2	6,0	4,5
1,5	7,8	5,6
3,0	—	10,7

Выход углерода (определение проводилось по твердому остатку) при термической обработке волокон Ag-ТКЦ-I с увеличением содержания серебра в них несколько снижался и составлял 27,0–20,0 % и, наоборот, возрастал с 27 до 37% для образцов Ag-ТКЦ-II, что свидетельствует о различиях в глубине протекания термических превращений.

По данным электронной просвечивающей микроскопии установлено, что серебро входит в углеродную матрицу в виде наноразмерных частиц. Так в углеродном волокне Ag-C-I, содержащем 7,8 мол.% серебра, средний размер частиц серебра составляет около 10 нм и расстояние между ними порядка 10–60 нм. На основании результатов просвечивающей микроскопии и электронной дифрактограммы этого образца следует, что отдельные частицы серебра в нем представляют собой нанокристаллы с характерной гранцецентрированной кубической решеткой.

Исследование Ag-C-I волокон методом сканирующей микроскопии показало, что они имеют однородную структуру относительно распределения частиц серебра в углеродной матрице.

Для образцов Ag-C-II наблюдается большой разброс частиц по размерам, а также наличие между волокнами крупных в 2–3 мкм агрегатов частиц серебра. Такое различие серебрясодержащих углеродных волокон, полученных из образцов 1-ой и 2-ой серий, связано, вероятнее всего, с характером распределения серебра в полимерной матрице. При ионообменной сорбции происходит гомогенное на молекулярном уровне распределение катионов

серебра в полимерной матрице путем связывания их карбоксильными группами, тогда как при "голодной" пропитке нитей ТКЦ, наряду с ионообменным связыванием катионов серебра, часть азотнокислого серебра остается в капиллярной системе полимера. Причем с увеличением количества вводимого в ТКЦ серебра методом "голодной" пропитки ионообменное связывание катионов серебра в процентном отношении уменьшается. Так, при сорбции ТКЦ 0,15 ммоль/г практически все серебро закреплено по карбоксильным группам. При общем поглощении ТКЦ 1,5 и 3,0 ммоль/г процент ионообменного связывания катионов серебра ТКЦ составляет соответственно 60,2 и 47,6%. Неравномерное распределение частиц серебра в объеме предшественника приводит к разбросу частиц серебра по размерам в углеродных волокнах Ag-C-II.

Методика исследования электрофизических свойств образцов Ag-C-I и Ag-C-II состояла в следующем. Полученные при термической обработке целлюлозных предшественников серебросодержащие углеродные волокна фиксировались серебряной пастой на медных площадках, нанесенных на диэлектрические подложки. Температура образцов измерялась платиновым термометром, размещенным с обратной стороны подложки. Во всем использованном диапазоне температур (77–300 К) и напряжений (0,1–40,0 В) контакты сохраняли омические свойства. Вольтамперные характеристики синтезированных образцов линейны. Поскольку серебросодержащие углеродные волокна состоят из совокупности нескольких моноволокон, каждое из которых имеет сложную структуру [4], нами для анализа результатов измерений электрофизических свойств использовалось полное сопротивление образцов, а не их удельное сопротивление.

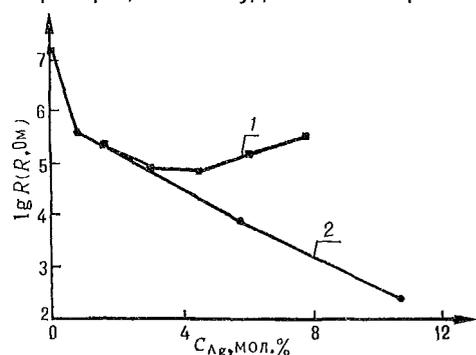


Рис. 1. Зависимость сопротивления серебросодержащих углеродных волокон Ag-C-I и Ag-C-II (кривая 1 и 2 соответственно) от содержания в них серебра

На рис.1 приведены зависимости сопротивления образцов Ag-C-I и Ag-C-II от количества серебра в их составе при комнатной температуре в полулогарифмическом масштабе, из которого следует, что сопротивление образцов Ag-C-II уменьшается с ростом содержания серебра по закону, близкому к экспоненциальному. В то же время аналогичная зависимость для образцов Ag-C-I имеет сложный характер. При малом содержании серебра (меньше 1,0 мол.%) в углеродной матрице наблюдается резкое падение сопротивления. Так, при 0,8 мол.% серебра в углеродной матрице ее сопротивление понижается примерно в 30 раз. Сопротивление образцов, полученных 1-м и 2-м способами, слабо отличается вплоть до содержания серебра 3,0 мол.%. Далее, в отличие от Ag-C-II, в образцах Ag-C-I наблюдается рост сопротивления при больших количествах серебра (4,5 мол.%) в углеродной матрице. Рост сопротивления образцов Ag-C-I с повышением содержания серебра в интервале 4,5–7,8 мол.% также может быть представлен экспоненциальной зависимостью.

Результаты исследования зависимости сопротивления образцов от температуры приведены на рис.2. Как следует из рис.2а, лишь для углеродного волокна эта зависимость линейна, что свидетельствует об активационном механизме в нем электронного транспорта. Энергия активации проводимости углеродного волокна составляет 165 мэВ, что по порядку величины соответствует значениям, приводимым для аморфного углерода, и указывает на низкую степень структурной упорядоченности углеродного волокна, полученного при термической обработке ТКЦ. Наклон кривых, соответствующих серебросодержащим волокнам, плавно уменьшается с ростом обратной температуры. Такие кривые типичны для описания проводимости металлсодержащих углеродных материалов [4,8] и указывают либо на преобладание прыжкового механизма электронного транспорта, либо на соизмеримость вкладов активационной и прыжковой проводимости.

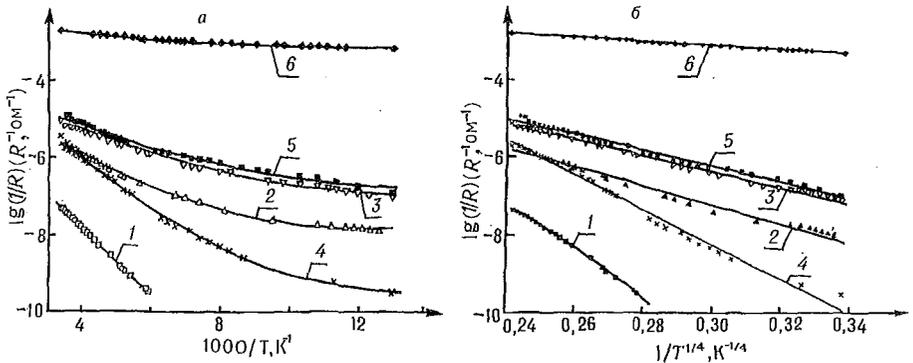


Рис.2. Зависимость обратного сопротивления углеродного (1), серебряносодержащих углеродных волокон Ag-C-I (2,3,4) и Ag-C-II (5,6) от а -  $T^{-1}$  и б -  $T^{-1/4}$ . Содержание серебра в образцах составляет: 2 - 1,6; 3 - 4,5; 4 - 7,8; 5 - 5,6; 6 - 10,7 мол. %

Для установления механизма, определяющего проводимость серебряносодержащих углеродных образцов, нами использовалась стандартная процедура построения приведенных кривых в координатах, в которых должно происходить их спрямление. Оказалось, что только в координатах  $\lg(1/R)$ ,  $T^{-1/4}$  кривые 3, 4, 6 приобретают практически прямолинейный характер (рис.2б). Тогда температурная зависимость проводимости образцов  $\sigma$ , соответствующая этим кривым, может быть представлена формулой, выведенной Моттом [9] для прыжкового механизма электронного транспорта с переменной длиной прыжка:

$$\sigma(T) = \sigma_0 \exp[-(T_0/T)^{1/4}], \quad (4)$$

где  $\sigma_0$  и  $T_0$  - параметры образца. В системе, содержащей металлические включения, расположенные в матрице с малой проводимостью, такая зависимость может быть обусловлена также прыжками носителей заряда между металлическими частицами [10]. Однако большое расстояние между частицами серебра в наших образцах не позволяет реализовать данный механизм. Следовательно, даже для образцов с максимальным содержанием серебра проводимость определяется углеродной матрицей. Зависимость же проводимости от концентрации серебра и способа его введения может быть связана с изменением структуры углеродной матрицы.

Совпадение сопротивлений образцов Ag-C-I и Ag-C-II для малых (до 3 мол.%) концентраций серебра (см. рис.1) позволяет предположить, что их структура также близка. Это соответствует приведенному ранее факту, что при малых количествах вводимого серебра связывание его образцами 1-й и 2-й серии происходит по ионообменному механизму.

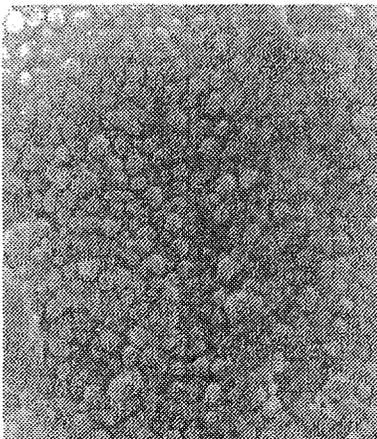


Рис.3. Электронная микрофотография серебряносодержащего углеродного волокна Ag-C-I (7,8 мол. % серебра)

Различие в величине сопротивлений для образцов Ag-C-I и Ag-C-II с более высокой концентрацией логично связать с отличиями в их структуре, вызванными различным характером исходного распределения катионов серебра в ТКЦ для двух способов их введения. Продолжающееся падение сопротивления образцов Ag-C-II с ростом содержания в них серебра может быть объяснено дальнейшим повышением упорядоченности структуры металлоуглеродного волокна (образование турбостратной структуры углерода, как это наблюдалось авторами в [4]).

Необычный характер зависимости сопротивления образцов Ag-C-I от концентрации серебра мы связываем с дополнительным структурированием углерода. Подтверждением этого служат микрофотографии волокон с максимальной концентрацией серебра, введенного ионообменной сорбцией (рис.3). Видно, что образцы состоят из сферических образований размером около 60 нм.

Такая структура волокон, образующихся при пиролизе волокон Ag-C-I, аналогична структуре активированных углеродных волокон (АУВ), полученных термообработкой фенольного предшественника [3], которые состоят из графитоподобных наноразмерных гранул, соединенных в сети. Мы предполагаем, что, как и в случае АУВ, проводимость таких образцов определяется туннелированием электронов через участки аморфного углерода, соединяющего отдельные гранулы, проводимость же углеродного материала самих гранул повышается в той же степени, что и проводимость материалов, полученных из предшественника по методу "голодной" пропитки. Таким образом, введение серебра методом ионообменной сорбции приводит к структурированию углеродной матрицы, состоящему в образовании и совершенствовании углеродных наноразмерных гранул. Гранулярное строение отсутствует у образцов, полученных методом "голодной" пропитки.

Сопоставление кривых температурной зависимости сопротивления для образца Ag-C-I с малым и высоким содержанием серебра, имеющих сравнимые значения сопротивлений при комнатной температуре (соответственно кривые 2 и 4 на рис.2б), может служить дополнительным подтверждением предложенной картины изменения характера структурирования образцов Ag-C-I в зависимости от концентрации введенного серебра. Эта зависимость не описывается ни активационным законом, ни законом Мотта.

В интервале температур 300–77 К при понижении температуры механизм проводимости меняется от активационного к прыжковому. Кривая 2 для малого содержания серебра в Ag-C-I ближе по виду кривым 3, 5 (образцы Ag-C-I и Ag-C-II с высокой степенью структурирования), чем к кривой 1 для аморфного углерода. Наклон же кривой 4 для образца, где высокое содержание серебра, в области средних температур близок к наклону кривой 1. Это указывает на наличие в образце Ag-C-I с содержанием 7,8 мол.%. серебра аморфной фазы, в значительной степени определяющей температурную зависимость его сопротивления. Одновременно полное сопротивление этого образца на несколько порядков меньше сопротивления углеродного волокна. Это возможно, если прослойки аморфного углерода чередуются с участками углерода, которые обладают высокой проводимостью и обеспечивают малое значение полного сопротивления образца. Такое рассмотрение снова приводит нас к структуре углерода, состоящего из графитоподобных гранул, разделенных участками аморфного углерода.

Приведенные данные позволяют констатировать, что к гранулярному строению серебросодержащих углеродных волокон, полученных термokonверсией карбоксилсодержащих целлюлозных предшественников, приводит равномерное распределение катионов серебра в объеме полимера, достигаемое ионообменной сорбцией. Полное представление о механизме структурирования углерода с образованием гранул под воздействием введенного в ТКЦ серебра может быть установлено после проведения дополнительных исследований.

Таким образом, использование карбоксилированных целлюлозных предшественников для получения серебросодержащих углеродных волокон позволяет управлять распределением и концентрацией серебра в углеродной матрице, получать включения серебра наноразмерного уровня и влиять на структуру и электропроводность углеродных материалов.

1. Pagnia H., Sotnik N. // Phys. Stat. Sol. 1988. Vol.108 (A). № 1. P.11.
2. Dan'ko D.B., Fedorovich R.D., Gaidar A.V., Poroshin V.N. // Int. J. Electronics. 1992. Vol.73. №5. P.1005.
3. Fung A.W.P., Wang Z.H., Dresselhaus M.S. et al. // Phys. Reviv B. 1994. Vol.49 (B). №24. P.17325.
4. Ермоленко И.Н., Люблинер И.П., Гулько И.В. Элементосодержащие угольные волокнистые материалы. Мн, 1982.
5. Ермоленко И.Н., Сафонова А.М. // Весці АН БССР. Сер. хім.наук. 1973. №1. С.45.
6. Роговин Э.А. Химия целлюлозы. М., 1972.
7. Ермоленко И.Н. Спектроскопия в химии окисленной целлюлозы. Мн., 1959.
8. Eifert H., Lehmborg H., Pagnia H. // Int. J. Electronics. 1991. Vol.70. №3. P.527.
9. Мотт Р., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М., 1982.
10. Zhou M., Sheng P., Chen L. // Philosophical Magazine. 1992. Vol.65 (B). №4. P.867.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО СЕРЕБРА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

The influence of ultrasound on the process of chemical reduction of silver ions with formic acid by optic spectroscopy, transition electronic microscopy and X-ray analysis was investigated. The possibility was found to form monodisperse sols of silver ( $C_{Ag} \geq 3,5 \cdot 10^{-2}$  mol/l,  $d = 7$  nm,  $\sigma = 3$  nm) from  $AgNO_3$  and formic acid solutions under ultrasonic treatment in the presence gelatin as a stabilizer.

В последние годы непрерывно увеличивается объем новой информации по проблеме химии и физики ультрадисперсных благородных металлов. Это обусловлено тем, что наноразмерные металлические частицы обладают специфическими химическими, оптическими, магнитными и другими свойствами, качественно отличаясь от соответствующих систем с более крупными частицами. Для получения наночастиц используются различные методы: контролируемое химическое восстановление [1–3], фотохимическое [4], радиационно-химическое [5] и фотокаталитическое восстановление [6,7], техника испарения – конденсации металла [8,9] и др. Имеются также данные, хотя и немногочисленные, о формировании ультрадисперсных металлов, в основном благородных (Ag, Au, Pd и др.), при воздействии ультразвука на водные растворы солей восстанавливаемых металлов [10–13]. Как правило, сведения о таких процессах ограничиваются констатацией эффекта и установлением природы формирующегося продукта. Механизм химического воздействия ультразвука на водные растворы металлов пока не совсем ясен. Предполагается, что восстановление ионов металла протекает в объеме раствора с участием радикалов, генерируемых как в кавитационной полости, так и вблизи ее.

Цель настоящей работы – расширить объем сведений, касающихся возможностей использования ультразвука для получения металлов в ультрадисперсном состоянии, в частности монодисперсных золей металлов. Заметим, что проблема получения монодисперсных регулируемых по размерам металлических частиц до сих пор остается сложной и пока нерешенной задачей препаративной нанохимии. В качестве объекта исследования были выбраны водные растворы соли  $Ag^+$ . Оптическая спектроскопия использовалась в качестве метода изучения состояния образующегося продукта.

### Материал и методика

Для создания акустических колебаний в реакционном сосуде использовали ультразвуковой генератор УЗДН-2Т, к которому подключался магнитострикционный излучатель с титановым волноводом, работающий при частоте 22,4 Кгц и удельной мощности 50 Вт/см<sup>2</sup>.

Процесс проводили в инертной атмосфере при постоянном перемешивании при температуре  $20 \pm 1^\circ C$ , которую поддерживали охлаждением сосуда водой. Воздействию ультразвука подвергали как чистые растворы  $AgNO_3$ , так и содержащие муравьиную кислоту и желатин в качестве стабилизатора образующихся частиц.

Спектры поглощения озвученных растворов снимали на двухлучевом спектрофотометре "UV-VIS SPECORD\_M40" в области 300–800 нм, при этом использовались стандартные (1 мм) кварцевые кюветы. Форму и размер формирующихся частиц определяли методом просвечивающей электронной микроскопии на приборе ЭМ-125 К, а их идентификацию проводили рентгенографически на дифрактометре ДРОН-2 с использованием  $CoK_\alpha$ -излучения.

### Результаты и их обсуждение

При воздействии ультразвука на водные растворы  $AgNO_3$ , а также растворы  $AgNO_3$ , содержащие высокомолекулярные соединения (желатин, ПВС, КМЦ), известные как стабилизаторы малых частиц серебра, или изопропиловый спирт, повышающий эффективность процесса восстановления ионов  $Ag^+$  в ультразвуковом поле [14], формируются достаточно полидисперсные золи серебра, оптические спектры которых характеризуются широкой полосой

поглощения во всей видимой области. Степень восстановления ионов  $\text{Ag}^+$  при этом невелика: оптическая плотность золей лежит в пределах от 0,05 до 0,25 в зависимости от состава и концентрации облучаемых растворов  $\text{AgNO}_3$  (рис.1). При воздействии ультразвука на растворы  $\text{AgNO}_3$ , к которым добавлена муравьиная кислота в присутствии желатина как стабилизатора, наблюдается существенное возрастание оптической плотности облученных растворов с четко выраженной областью поглощения с  $\lambda_{\text{max}}=425$  нм (рис.2), что свидетельствует об образовании ультрадисперсного серебра с размерами частиц порядка 10 нм [15]. Рентгенографическое и электронно-микроскопическое исследование образующегося продукта подтвердили данные оптической спектроскопии. Отметим, что при сопоставимых условиях химическое восстановление ионов  $\text{Ag}^+$  муравьиной кислотой протекает с малой скоростью и большим индукционным периодом, при этом формируются полидисперсные золи серебра с размерами частиц 10–20÷100 нм.

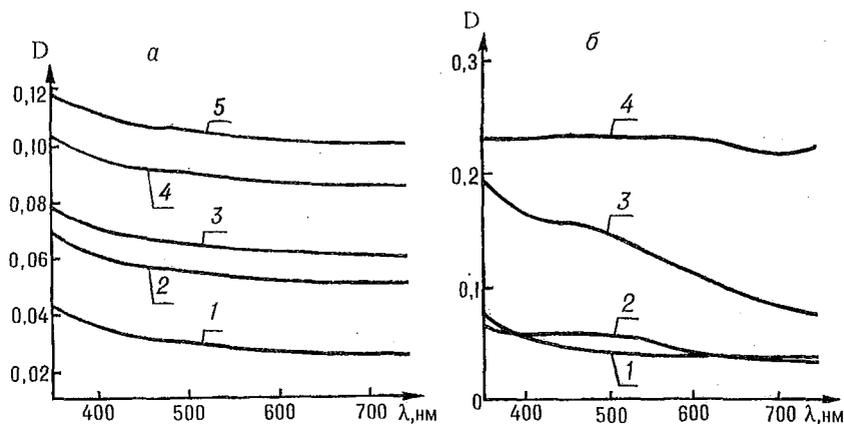


Рис.1. Спектры поглощения растворов  $\text{AgNO}_3$ , подвергнутых ультразвуковому воздействию ( $\tau=20$  мин):

а – в зависимости от концентрации  $\text{Ag}^+$  (моль/л): 1 – 0,005; 2 – 0,0075; 3 – 0,01; 4 – 0,05; 5 – 0,075; б – в присутствии добавок: 1 – ПВС (2%); 2 – желатин (0,5%); 3 – КМЦ (0,5%); 4 – изопропилового спирта (0,01 моль/л),  $C_{\text{AgNO}_3}=0,05$  моль/л

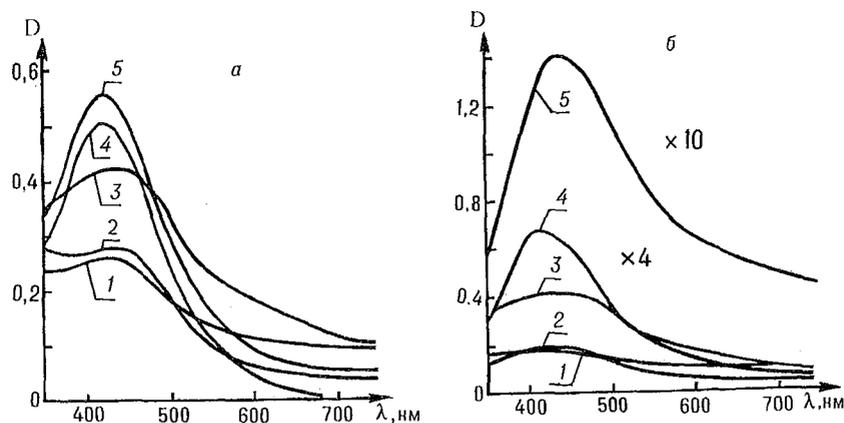


Рис.2. Спектры поглощения растворов  $\text{AgNO}_3$ , подвергнутых ультразвуковому воздействию ( $\tau=20$  мин) в зависимости от концентрации:

а –  $\text{HCOOH}$  (моль/л): 1 – 0,05; 2 – 0,1; 3 – 0,5; 4 – 1,0; 5 – 2,0;  $C_{\text{AgNO}_3}=0,05$  моль/л, желатин (0,5%); б –  $\text{AgNO}_3$  (моль/л): 1 – 0,01; 2 – 0,025; 3 – 0,05; 4 – 0,1; 5 – 0,5  $C_{\text{HCOOH}}=0,5$  моль/л, желатин (0,5%)

На рис.2 представлены оптические спектры озвученных растворов  $\text{AgNO}_3$  в присутствии муравьиной кислоты в зависимости от концентрации основных компонентов. На основании анализа полученных данных можно заключить следующее:

1. Независимо от состава озвучиваемых растворов наблюдается линейная зависимость между временем озвучивания и концентрацией формирующихся золей (рис.3).

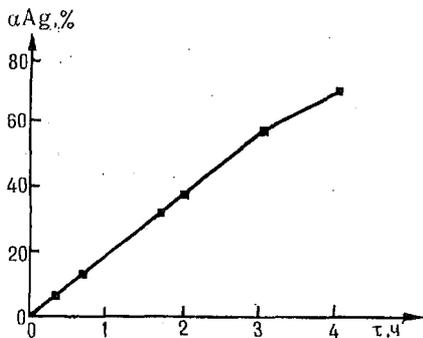


Рис. 3. Зависимость степени восстановления ионов  $\text{Ag}^+$  от времени воздействия ультразвука на раствор состава (моль/л):  $\text{C}_{\text{AgNO}_3}=0,05$ ,  $\text{C}_{\text{HCOOH}}=0,5$ , желатин 1,0%

2. С увеличением концентрации  $\text{HCOOH}$  в интервале 0,05–0,5 моль/л при  $\text{C}_{\text{AgNO}_3}=0,05$  моль/л скорость звукохимического образования серебра растет, однако при  $\text{C}_{\text{HCOOH}}>0,5$  моль/л скорость процесса уменьшается. Наблюдаемое влияние концентрации муравьиной кислоты на эффективность восстановления ионов  $\text{Ag}^+$  при ультразвуковом воздействии можно объяснить следующим образом. Увеличение скорости восстановления с ростом концентрации  $\text{HCOOH}$  до 0,5 моль/л, по-видимому, обусловлено увеличением концентрации радикалов, формирующихся в кавитационном пузырьке за счет увеличения в парогазовой смеси мольной доли  $\text{HCOOH}$ .

Однако при достаточно больших концентрациях  $\text{HCOOH}$  (>0,5 моль/л) может происходить ухудшение режима кавитации из-за снижения коэффициента адиабатического сжатия парогазовой смеси, находящейся в кавитационной полости, что существенно влияет на температуру в кавитационном пузырьке при его схлопывании [16,17]. Наблюдаемый рост оптической плотности при увеличении концентрации муравьиной кислоты выше 0,5 моль/л (см.рис.2б) связан с увеличением скорости химического восстановления ионов  $\text{Ag}^+$  муравьиной кислотой при увеличении концентрации восстановителя.

3. Увеличение концентрации ионов серебра (при  $\text{C}_{\text{HCOOH}}=0,5$  моль/л) в интервале от 0,01 до 0,5 моль/л приводит к значительному увеличению оптической плотности образующихся золей (см.рис.2б).

С учетом выявленных закономерностей определен оптимальный состав раствора, при озвучивании которого эффективность восстановления ионов  $\text{Ag}^+$  наибольшая:  $\text{C}_{\text{AgNO}_3}=0,05$  моль/л,  $\text{C}_{\text{HCOOH}}=0,5$  моль/л, желатин 1,0%. При воздействии ультразвука на раствор указанного состава в зависимости от времени озвучивания формируются золи с разной концентрацией серебра и различной степенью дисперсности (см.рис.3, таблицу). При сравнении дисперсности золей серебра, полученных химическим восстановлением таким сильным восстановителем как  $\text{NaBH}_4$  ( $\text{C}_{\text{AgNO}_3}=0,05$  моль/л,  $\text{C}_{\text{NaBH}_4}=0,1$  моль/л, желатин 1,0%), и в процессе воздействия ультразвука на растворы, содержащие  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{HCOOH}$ , видно, что все золи серебра, полученные звукохимическим методом, состоят из частиц меньших размеров. Значение стандартного отклонения размеров частиц  $\text{Ag}$  в золях, полученных при ультразвуковом воздействии на систему  $\text{AgNO}_3\text{--HCOOH}$ , также меньше по сравнению с этой величиной для частиц  $\text{Ag}$  в золе, полученном химическим восстановлением  $\text{NaBH}_4$ , что свидетельствует об их большей монодисперсности.

Зависимость среднего размера частиц серебра ( $d_{\text{cp}}$ ) и стандартного отклонения ( $\sigma$ ) от способа получения золя

Характеристика золя	Способ получения золя				
	Химическое восстановление с $\text{NaBH}_4$	Звукохимическое восстановление, мин			
		20	40	60	120
$d_{\text{cp}}$ , нм	12	8	7	10	11
$\sigma$ , нм	8	3	3	4	6
$\text{C}_{\text{Ag}}$ , моль/л	$10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$6,25 \cdot 10^{-3}$	$10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$

Наблюдаемое увеличение размеров частиц, а также их дисперсности при увеличении времени озвучивания можно связать с ростом концентрации частиц серебра в формирующихся золях, что способствует протеканию процессов агрегации. Возможно, проведение процесса с большей (>1%) концентрацией желатина будет препятствовать агрегации частиц серебра и способствовать сохранению монодисперсности формирующихся золей. Отметим тот факт, что получить агрегативно стабильные золи серебра с  $\text{C}_{\text{Ag}}>10^{-2}$  моль/л (стабилизатор–желатин) за счет химического восстановления борогидридом натрия не удается (золи разрушаются практически сразу после

их получения), в то время как при ультразвуковом воздействии на растворы  $\text{AgNO}_3\text{--HCOOH}$ –желатин образуются стабильные золи с  $C_{\text{Ag}} > 3,5 \cdot 10^{-2}$  моль/л (золи устойчивы в течение нескольких суток).

Таким образом установлено, что при воздействии ультразвука на систему  $\text{AgNO}_3\text{--HCOOH}$  в присутствии желатина формируются монодисперсные агрегативно устойчивые золи серебра с концентрацией  $\geq 10^{-2}$  моль/л, что свидетельствует о перспективности использования ультразвука как препаративного метода получения наноразмерных монодисперсных частиц металла.

Работа профинансирована Фондом фундаментальных исследований Беларуси.

1. Hirai H., Nakao Y., Toshima N. // Chem.Lett. 1978. P.546.
2. Tsai K.-L., Dye J.L. // J. Am. Chem. Soc. 1991. Vol.113. P.1650.
3. Zeiri L., Efrima S. // J. Phys. Chem. 1992. Vol.96. P.5908.
4. Huang h.H., Ni X.P., Loy G.L. et al. // Langmuir 1996. Vol.12. P.909.
5. Janata K., Henglein A., Ershov B.G. // J. Phys. Chem. 1994. Vol.98. P.10888.
6. Kraeuteler B., Bard A.J. // J. Am. Chem. Soc. 1978. Vol.100. P.4317.
7. Koudelka M., Sanchez J., Augystyhsy J.J. Phys. Chem. 1982. Vol.86. P.4277.
8. Huang h.H., Ni X.P., Loy G.L. et al. // Langmuir 1996. Vol.12. P.909.
9. Esumi K., Ishizuki N., Torigoe K. et al. // J. Appl. Polym. Sci. 1992. Vol.44. P.1004.
10. Nagata Y., Watananabe Y., Fujita S. et. al. // J. of Chemical Society. Chemical Communication. 1992. P.1620.
11. Nagata Y., Watananabe Y., Fujita S. et. al. // Ibid. 1993. P.378.
12. Okitsu K., Bandow H., Maeda Y. // Chemistry of Material. 1996. Vol.8. P.315.
13. Gibson C.P., Putzer K.J. // Science. 1995. Vol.267. P.1338.
14. Kelsuke Makino, Magdl M. Mossoba, Peter Riesz // J. Acoustical Society of America. 1962. Vol.34. P.1369.
15. Creighton J.A., Eadon D.G. // J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1991. Vol.87. P.3881.
16. Маргулис М.А., Дмитриева А.Ф. // Журн. физ. химии. 1982. Т.54. С.323.
17. Margulis M.A. // Ultrasonics 1985. Vol.23. P.157.

Поступила в редакцию 09.10.98.

УДК 621.357.

Е.В.РАКОВИЧ, Т.В.ГАЕВСКАЯ

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ СПЛАВА ЖЕЛЕЗО-БОР

Dependence of deposition rate and boron content in the iron-boron alloys on current density, temperature and sodium borohydride concentration was studied. The results of this study demonstrated the possibility of obtaining both crystalline and amorphous Fe-B films with wide range of boron content (from a few tenth to approximately 30–31% by atom) using an electrodeposition procedure. The crystallization process of the Fe-B alloys under the heat treatment has been observed in dependence on their chemical composition and temperature.

В последние годы в связи с особым интересом специалистов к различным аморфным сплавам в литературе достаточно много внимания уделялось изучению особенностей структуры и строения систем переходный металл–неметалл (бор, фосфор), полученных высокотемпературным спеканием исходных компонентов. Намного менее исследованы эти сплавы в виде тонких пленок, осаждаемые из водных растворов. Между тем исследование низкотемпературных процессов образования тонкопленочных структур представляет не только научный, но и практический интерес. В предыдущих публикациях [1–3] нами исследованы закономерности химического и электрохимического осаждения пленок никеля, содержащих бор, а также приведены данные об их химическом и фазовом составе, структуре до и после термообработки и некоторых химических и физико-механических свойствах.

Цель настоящей работы состояла в исследовании процесса электрохимического осаждения пленочных покрытий железо-бор из борогидридных растворов, выявлении факторов, определяющих химический состав пленок, изучении их структуры и термостимулируемых структурно-фазовых превращений.

### Материал и методика

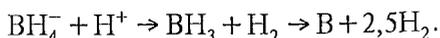
Выбор состава электролита для электроосаждения пленок Fe-B определялся требованиями, которые предъявляются к борогидридным водным растворам с учетом высокой восстановительной активности  $\text{NaBH}_4$  и его неустойчивости

в кислых и нейтральных водных средах [4]. Согласно данным литературы [4–6], такие растворы отличаются сложностью состава: помимо соли металла и щелочи, они обязательно содержат один или несколько лигандов, которые предотвращают образование гидроксида в сильнощелочной среде. С учетом сказанного, электроосаждение пленок железо-бор проводили на поверхность меди или стали из электролита следующего состава (моль/л): железо серно-кислое – 0,072, калий-натрий виннокислый – 0,70, натрия гидроксид – 0,4; рН электролита составлял  $13,2 \pm 0,2$ . Борогидрид натрия вводили в электролит непосредственно перед осаждением в виде 10%-го щелочного раствора (0,5N NaOH). Количество бора в сплаве определяли алкалиметрическим титрованием в присутствии маннита с использованием иономера И-130.2М. Ошибка определения бора в образце составляла  $\pm 0,2\%$ . Исследование состава и структуры поверхностных слоев металлических пленок проводили на электронном Оже-спектрометре РНН-660 (Perkin Elmer). Вакуум в аналитической камере составлял  $10^{-10}$  торр. Профили концентрации элементов по глубине были получены в процессе травления образцов ионами аргона на глубину до 3500 нм. Рентгенограммы полученных пленок снимали с помощью дифрактометра ДРОН-3 на  $\text{CoK}_\alpha$ -излучении ( $\lambda=0,1789$  нм) при скорости записи 1 град/мин в интервале углов  $2\theta=20\text{--}115$  град. При исследовании влияния термообработки на структуру сплавов образцы прогревали при температуре 350, 550, 650 и 910 °С в инертной атмосфере (ток аргона или вакуум) в течение 60 мин.

### Результаты и их обсуждение

Проведенное исследование позволило установить характер влияния концентрации борогидрида натрия в растворе, температуры осаждения и величины плотности катодного тока на скорость осаждения металлических пленок и их химический состав. Скорость осаждения железных пленок из электролита, не содержащего борогидрид натрия, либо при его содержании в растворе менее 0,26 моль/л составляет 2,5 мкм/ч ( $T=40$  °С,  $i_k=2$  А/дм<sup>2</sup>) (рис.1). При увеличении концентрации борогидрида натрия в растворе от 0,26 до 0,52 моль/л скорость осаждения возрастает до 5,0 мкм/ч. Такое увеличение скорости процесса можно объяснить параллельно протекающей в растворе реакцией химического восстановления Fe(II) борогидридом натрия на поверхности катода. Следует отметить, что при концентрации борогидрида натрия в растворе менее 0,26 моль/л химический процесс формирования пленки в рассматриваемых условиях практически прекращается, а при  $C_{\text{ВН}_4}$  более 0,52 моль/л наблюдается частичное восстановление Fe(II) в объеме раствора. Повышение температуры электролита с 20 до 60°С, как и в случае электроосаждения чистого железа, приводит к увеличению скорости осаждения пленок Fe-B от 1,5 до 9 мкм/ч (см. рис.1). Скорость процесса также существенно зависит от плотности тока, при которой проводят осаждение, и увеличивается практически линейно с ростом  $i_k$ .

Химический анализ полученных пленок показал, что при введении борогидрида натрия в раствор железо соосаждается с бором, причем с увеличением концентрации  $\text{NaBH}_4$  с 0,065 до 0,52 моль/л содержание бора в сплаве железо-бор возрастает с 10 до 25 ат. % ( $i_k=2$  А/дм<sup>2</sup>,  $T=40$  °С) (рис.2). Повышение температуры осаждения и плотности тока приводит к резкому снижению количества неметалла в пленках. Можно предположить, что содержание бора в сплаве железо-бор определяется соотношением скоростей катодного (преимущественно) восстановления Fe(II) и каталитического распада борогидрида натрия, согласно уравнению реакции:



Увеличение соотношения скоростей этих реакций при росте плотности тока и увеличении температуры, способствующем частичному разложению  $\text{NaBH}_4$  по реакции гидролиза [4], по-видимому, и следует рассматривать как

причину уменьшения содержания бора в катодном осадке. Наибольшее количество бора (~31,5 ат.%) соосаждается с железом при комнатной температуре, плотности катодного тока 1 А/дм<sup>2</sup> и концентрации борогидрида натрия в растворе не менее 0,52 моль/л.

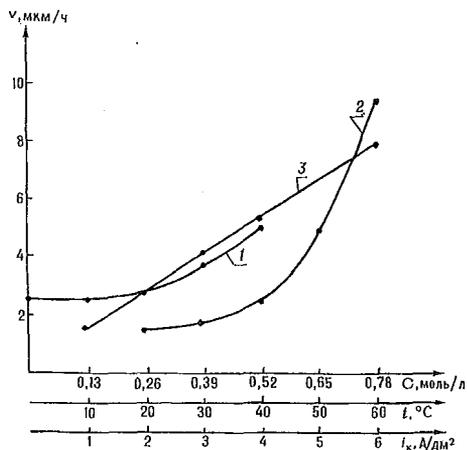


Рис.1. Зависимость скорости осаждения пленок железо-бор из щелочного борогидридного электролита: 1 - от концентрации  $\text{NaBH}_4$  (при  $T=40^\circ\text{C}$ ,  $i_c=2 \text{ A/dm}^2$ ); 2 - от температуры (при  $C_{\text{NaBH}_4}=0,26 \text{ моль/л}$ ,  $i_c=2 \text{ A/dm}^2$ ); 3 - от плотности тока (при  $C_{\text{NaBH}_4}=0,26 \text{ моль/л}$ ,  $T=40^\circ\text{C}$ )

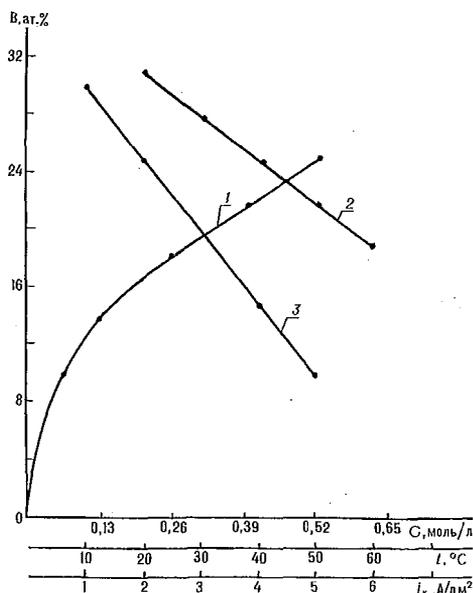


Рис.2. Зависимость содержания бора в пленках железо-бор из щелочного борогидридного электролита: 1 - от концентрации  $\text{NaBH}_4$  (при  $T=40^\circ\text{C}$ ,  $i_c=2 \text{ A/dm}^2$ ); 2 - от температуры (при  $C_{\text{NaBH}_4}=0,52 \text{ моль/л}$ ,  $i_c=2 \text{ A/dm}^2$ ); 3 - от плотности тока (при  $C_{\text{NaBH}_4}=0,52 \text{ моль/л}$ ,  $T=40^\circ\text{C}$ )

Исследование, проведенное с использованием Оже-метода, показало, что в верхних слоях (до 300 нм) пленок чистого электролитического железа и аморфного сплава железо-бор, содержащего 30 ат. % бора, присутствуют адсорбированные углеродсодержащие соединения и продукты взаимодействия основных компонентов с воздушной средой. Соединения, содержащие углерод, полностью удаляются после ионного травления в течение 5–10 мин при скорости травления около 30 нм/мин. При дальнейшем травлении на глубину до 3000 нм и более качественный и количественный состав пленок остается практически постоянным. Присутствие кислорода в глубине пленок, характерное как для образцов чистого железа, так и для сплава железо-бор, связано, по-видимому, с наличием оксидных состояний железа в объеме покрытия [7], а неравномерное распределение бора по глубине пленки Fe-B – с уменьшением количества борогидрида натрия, что указывает на необходимость периодической корректировки электролита по борсодержащей добавке.

Нами была предпринята попытка электрохимического соосаждения железа с бором из растворов, содержащих в качестве борсодержащего соединения декагидроборат натрия  $\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{H}_{10}$ . Ранее было установлено [3]; что из растворов электрохимического осаждения никеля, содержащих указанную добавку, удается получать покрытия с содержанием бора до 30 ат.%. Однако введение декагидробората в растворы электрохимического осаждения железа различных составов (как, например, щелочного, используемого в данной работе, так и кислых: сульфатно-цитратного либо сульфатно-хлоридного [5]) не приводит к соосаждению бора. Это связано, по-видимому, с тем, что в отличие от никеля на поверхности электрохимически осаждаемого железа не происходит каталитического распада декагидробората натрия с последующим включением бора в покрытие.

Методом рентгенофазового анализа установлено, что при электроосаждении железа из борогидридного электролита в зависимости от содержания бора в пленках формируются как кристаллические, так и аморфные сплавы Fe-B.

Чем меньше содержание бора в образце, тем в большей степени выражена его кристалличность. Свежеосажденные пленки Fe-B, содержащие до 17 ат.% бора, характеризуются достаточно совершенной кристаллической структурой, о чем свидетельствует присутствие на рентгенограммах острых дифракционных пиков, соответствующих плоскостям отражения Fe[110], Fe[200], Fe[211] (рис.3,б,в); период их кубической объемно-центрированной решетки соответствует литературному ( $a=0,28664$  нм). Следует отметить тот факт, что в отличие от чистого электролитического железа, осажденного из того же щелочного электролита в отсутствие борогидрида натрия, для которого в соответствии со справочными данными самым интенсивным является дифракционное отражение кристаллографического направления Fe[110] (рис.3,г), в пленках железо-бор происходит перераспределение интенсивности между линиями Fe[110] и Fe[211]. Это, по-видимому, связано с тем, что внедрение уже небольших количеств бора в кристаллическую решетку металла приводит к изменению оси преимущественной ориентации роста кристаллитов железа. На формирование твердого раствора бора в железе указывает также асимметричность регистрируемых дифракционных максимумов со стороны меньших значений углов дифракции.



Рис.3. Фрагменты рентгенограмм пленок железа (а) и сплава железо-бор, содержащих бора (ат.%):

а - 18,5 и более (до 31 ат.%), б - 10, в - 17

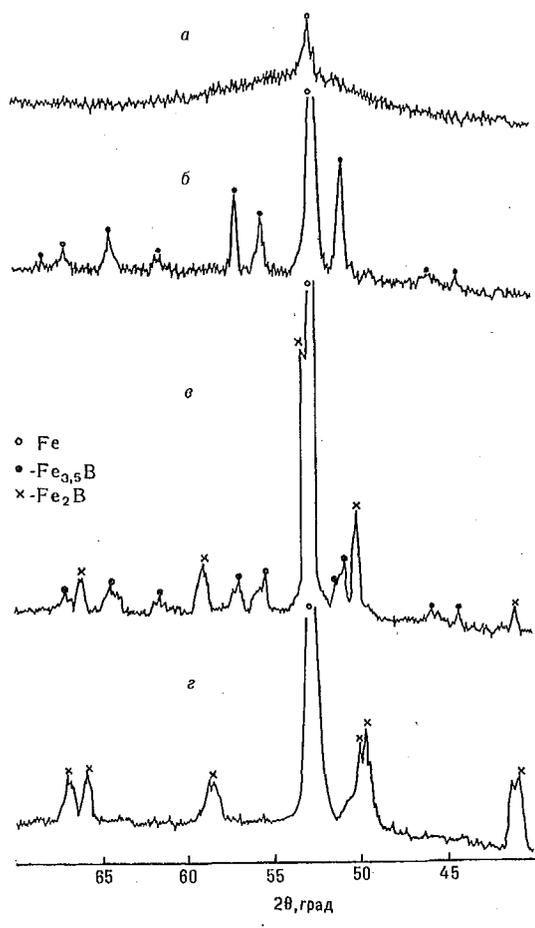


Рис.4. Фрагменты рентгенограмм в области углов  $2\theta=40-70$  град пленок Fe-B, содержащих 30 ат.% бора, после прогрева при температурах (°C):

а - 350, б - 550, в - 650, г - 910

Аморфные сплавы железо-бор с содержанием В от 18,5 ат.% и более (до 31 ат.%) представляют собой однофазную систему, состоящую из пересыщенного твердого раствора. Для них характерно исчезновение на дифрактограммах наиболее интенсивного рефлекса Fe[110] и появление широкого гало в интервале углов  $2\theta = 45-60$  град (рис.3,а), причем с увеличением

содержания бора в сплаве интенсивность гало несколько возрастает, а положение максимума сдвигается на 1–2 град в сторону больших углов. Можно предположить, что наблюдаемое нами гало получается суммированием отражений от атомных микрогруппировок двух типов, отличающихся расположением атомов в первых координационных сферах. В интенсивность гало под меньшим углом отражения преимущественно вносят вклад кластеры со структурой ближнего порядка, соответствующей  $\alpha$ -Fe. С увеличением содержания бора в сплаве вклад этой структурной составляющей уменьшается.

Изучение структурно-фазовых превращений в пленках железо-бор проводили после их прогрева в течение 60 мин в токе аргона или вакууме для исключения возможности протекания окислительных процессов. Проведенное рентгенографическое исследование показало, что процессы кристаллизации сплавов системы железо-бор различны: для кристаллических пленок железо-бор, содержащих до 17 ат.% неметалла, прогрев при температурах 350, 550 и 650 °C не приводит к появлению новых фаз. Наблюдаются лишь процессы совершенствования кристаллической решетки  $\alpha$ -железа, что следует из увеличения на рентгенограммах интенсивностей дифракционных пиков, соответствующих плоскостям отражения Fe[110], Fe[200], Fe[211] и Fe[220]. Термообработка этих пленок в инертной атмосфере при температуре 910 °C приводит к распаду твердого раствора бора в железе с образованием новой фазы борида  $Fe_2B$ . Для аморфных образцов, содержащих 30 ат.% бора, характерна двухступенчатая кристаллизация. В результате отжига при температуре 550 °C на фоне гало (рис.4,б) появляются интенсивные дифракционные линии, указывающие на выделение фазы  $\alpha$ -Fe и метастабильного бориды железа  $Fe_{3,5}B$ , кристаллизующегося в тетрагональной кристаллической решетке с параметром ячейки  $a=0,862$  нм, который затем при температуре 910 °C переходит в устойчивый  $Fe_2B$  (рис.4,з). Переход лабильной аморфной фазы в стабильное состояние протекает через ряд промежуточных превращений, соответствующих более низким температурам прогрева – 350 и 650 °C (рис.4,б,в). Различия в характере протекания кристаллизационных процессов в пленках с разным содержанием бора могут быть связаны с различиями в условиях диффузии компонентов в ходе процесса распада исходного твердого раствора. На скорость формирования новой фазы, связанной не только с перераспределением компонентов в системе, но и с перестройкой кристаллической решетки, оказывает влияние характер концентрационных изменений в зоне, граничащей с новой фазой. Следует также иметь в виду, что на процесс распада твердого раствора оказывают влияние и различия во вторичной структуре пленок (дисперсность, слоистость, дефектность решетки и др.).

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что, изменяя состав электролита, температуру и величину плотности тока электроосаждения, удается получить пленки железо-бор, содержащие до 30–31 ат.% бора. Химический состав пленок определяет характер протекания кристаллизационных процессов при термообработке аморфных пленок Fe-B в инертной атмосфере, связанных с образованием фаз боридов  $Fe_{3,5}B$  и  $Fe_2B$ .

1. Gaevskaya T.V., Novotortseva I.G., Tsybulskaya L.S. // Metal Finishing. 1996. Vol.94. №6. P.100.

2. Ракович Е.В., Цыбульская Л.С., Гаевская Т.В., Ивашкевич Л.С. // Весті АНБ. Сер. хім. наук. 1991. №6. С.65.

3. Гаевская Т.В., Новоторцева И.Г., Цыбульская Л.С. // Журн. прикл. химии. 1995. Т.68. №4. С.587.

4. Мальцева Н.Н., Хаин В.С. Боргидрид натрия. М., 1985.

5. Электролитическое осаждение железа / Под ред. Г.Н.Зайдмана. Кишинев, 1990.

6. Химическое осаждение металлов из водных растворов / В.В.Свиридов, Т.Н.Воробьева, Т.В.Гаевская, Л.И.Степанова; Под редакцией В.В.Свиридова. Мн., 1987.

7. Новоторцева И.Г., Гаевская Т.В. // Неорганич. материалы. 1995. Т.31. №8. С.1053.

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ НА СОСТАВ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА (II, III)

The comparative preparation of the magnetite magnetic liquids by the conventional and the novel methods are described and some characteristics of the obtained liquids are discussed. By contrast to the conventional method, according to novel method the oleic acid was prepared by the interaction of sodium oleate and hydrochloric acid coincidentally with the deposition of the magnetite. It was shown that disperse phase of the magnetic liquid, obtained by the novel method, contain  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  and paramagnetic iron oleate and is characterised by a larger dispersity as compared to the conventional method.

Традиционно магнитные жидкости на основе оксида железа (II,III) и минеральных масел получают в результате щелочного гидролиза солей двух- и трехвалентного железа с последующей стабилизацией образовавшегося осадка  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  поверхностно-активным веществом [1]. В качестве поверхностно-активного вещества используют, как правило, олеиновую кислоту, которая обеспечивает эффективную гидрофобизацию поверхности  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Обработка оксида железа (II,III) олеиновой кислотой является наиболее трудоемкой и важной стадией получения магнитной жидкости, в значительной степени определяющей ее эксплуатационные свойства. В связи с этим исследования, направленные на совершенствование методов получения магнитных жидкостей, представляются весьма важными с практической точки зрения.

В настоящей работе представлены результаты исследования магнитной жидкости, при получении которой олеиновая кислота не вводилась в состав магнитной жидкости в виде индивидуального соединения, а образовывалась одновременно с осаждением оксида железа (II,III) в результате обменного взаимодействия олеата натрия и соляной кислоты. При этом предполагалось, что олеиновая кислота в момент образования обеспечит эффективную стабилизацию частиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  на стадии роста, создав тем самым предпосылки для получения высококачественной магнитной жидкости.

### Материал и методика

Магнитные жидкости получали двумя способами – традиционным [1] (первый способ) и разработанным авторами данной статьи (второй способ).

*Первый способ.* К 50 мл 25%-ного водного раствора аммиака при интенсивном перемешивании приливали 80 мл водного раствора, содержащего 13 г  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и 23 г  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Полученный осадок  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  промывали дистиллированной водой до pH 7 и при нагревании обрабатывали 2 мл олеиновой кислоты. Гидрофобизированный олеиновой кислотой  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  диспергировали в декане при 100°C.

*Второй способ.* К 80 мл водного раствора, содержащего 13 г  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 23 г  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и 2,2 мл концентрированной соляной кислоты в 80 мл воды, при нагревании до 95°C и интенсивном перемешивании приливали 100 мл водного раствора, содержащего 8 г олеата натрия и 14 г гидроксида натрия. Осадок отделяли декантацией, промывали дистиллированной водой до pH 7 и диспергировали в декане при 100°C.

Дисперсный и фазовый состав полученных магнитных жидкостей исследовали методами химического анализа, электронной микроскопии, рентгенофазового анализа, мессбауэровской и ИК спектроскопии.

Содержание железа в образцах определяли фотоколориметрическим методом [2]. Электронно-микроскопические исследования проводили на электронном микроскопе ЭВМ-100ЛМ. Препарирование образцов осуществляли методом реплик с извлечением. Рентгенограммы образцов записывали на рентгеновском дифрактометре HZG-4A ( $\text{CoK}_\alpha$ -излучение). Расчет областей когерентного рассеяния для кристаллографического направления (220) выполняли в оксиде железа (II, III) с использованием аппроксимирующей функции Коши. При этом с учетом условий получения коллоидных частиц оксида железа (II, III) предполагали, что микронапряжения в них отсутствуют. Для выделения дисперсной фазы растворитель (декан) отгоняли в ротационном испарителе при 55°C и остаточном давлении 20 мм рт. ст. ИК спектры запи-

сывали на спектрофотометре Specord-75 IR в интервале частот  $4000-400 \text{ см}^{-1}$ . Образцы готовили прессованием с KBr. Для обеспечения однородного распределения исследуемого образца каплю магнитной жидкости добавляли к порошкообразному KBr и тщательно перемешивали. Измерение мессбауэровских спектров образцов магнитных жидкостей проводили в трансмиссионном варианте с использованием детектора  $\text{YAlO}_3:\text{Ce}$  при температуре  $-100^\circ\text{C}$  и  $-196^\circ\text{C}$  (при комнатной температуре величина резонансного эффекта была близкой к нулю). Получаемые спектры обрабатывали по программе «NORMOS».

### Результаты и их обсуждение

Согласно данным рентгенофазового анализа, дисперсная фаза обоих образцов содержит оксид железа (II, III). Характерная особенность рентгенограмм – уширение линий, что является следствием высокой дисперсности  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Размер областей когерентного рассеяния для образцов, полученных первым и вторым методами, составил 8 и 5 нм соответственно.

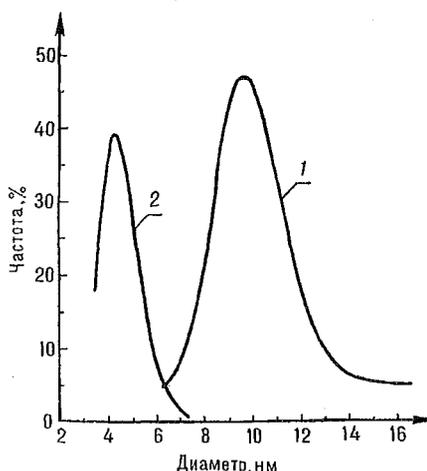


Рис.1. Кривые распределения частиц по размерам дисперсной фазы магнитных жидкостей, полученных:

1 – традиционным и 2 – разработанным авторами способом

По данным электронно-микроскопических наблюдений дисперсная фаза обоих образцов магнитных жидкостей образована сферическими частицами  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Кривые распределения по размерам частиц оксида железа (II,III) представлены на рис.1: для магнитных жидкостей, полученных первым и вторым способами, кривые распределения по размерам имеют максимумы в области 9,6 нм и 4,3 нм соответственно. При этом дисперсная фаза магнитной жидкости, полученной вторым способом, характеризуется более узким распределением частиц по размерам.

Мессбауэровский спектр магнитной жидкости, полученной традиционным методом, при температуре образца  $t = -100^\circ\text{C}$  содержит группу из двух близко расположенных секстетов с разрешенной МСТС и широкую линию с неразрешенной МСТС, отвечающей фракции ультрамалых частиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (рис.2а). Наличие двух, а не трех секстетов разрешенной МСТС объясняется быстрым электронным обменом между ионами  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$  в октаэдрическом положении (для массивного образца  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  этот процесс существенен при температуре  $>20^\circ\text{C}$  [3]). Поэтому в спектре остаются только два секстета, отвечающие тетраэдрическому и октаэдрическому положению атомов железа соответственно. Параметры секстетов:

$$\text{I} - H_{\text{эф}} = 437 \pm 5 \text{ кЭ}; \Delta = 0,27 \pm 0,02 \text{ мм/с}; \Delta\nu = 0,62 \pm 0,02 \text{ мм/с};$$

$$\text{II} - H_{\text{эф}} = 399 \pm 10 \text{ кЭ}; \Delta = 0,38 \pm 0,02 \text{ мм/с}; \Delta\nu = 0,88 \pm 0,02 \text{ мм/с},$$

где  $H_{\text{эф}}$  – эффективное магнитное поле на ядре Fe;  $\Delta$  – изомерный химический сдвиг линий относительно  $\alpha\text{-Fe}$ ;  $\Delta\nu$  – ширина линий.

Полученные значения  $H_{\text{эф}}$  заметно меньше, а ширины  $\Delta\nu$  существенно больше, чем для массивного образца  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $H_{\text{эф}} = 450-510 \text{ кЭ}$ ;  $\Delta\nu \approx 0,50 \text{ мм/с}$  [4,5]). Это может быть связано с релаксационными эффектами в малых частицах при данной температуре исследуемого образца.

Неразрешенная МСТС отвечает такому суперпарамагнитному поведению ультрамалых частиц, когда время релаксации магнитного поля на ядре  $\tau$  сравнимо или меньше времени жизни возбужденного состояния ядра Fe  $\tau_p$ . В результате за время жизни ядро "чувствует" некоторое усредненное распределение эффективного магнитного поля на ядре  $H_{\text{эф}}$ : линии сдвигаются к центру, уширяются и образуют широкий неразрешенный спектр. Время релаксации  $\tau$  экспоненциально уменьшается с уменьшением объема частиц

и (или) с ростом температуры образца. В пределе  $\tau < \tau_p$  (для очень малых частиц) магнитная СТС полностью исчезает.

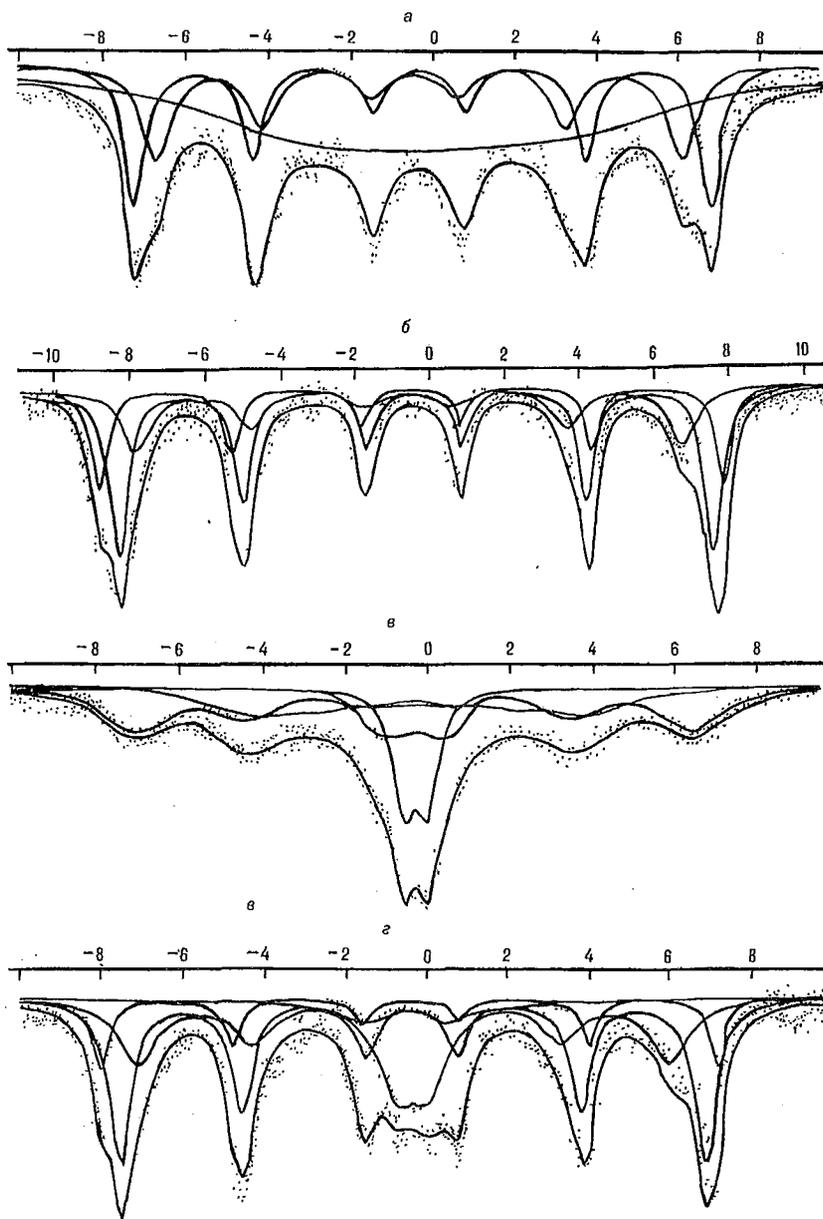


Рис.2. Мессбауэровские спектры ферромагнитных жидкостей, полученных:  
а,б – традиционным методом и в,г – разработанным авторами методом при  $-100^\circ\text{C}$  (а,в) и  $-196^\circ\text{C}$  (б,г).

При  $t = -196^\circ\text{C}$  (рис.2б) мессбауэровский спектр магнитной жидкости, полученной традиционным методом, аналогичен соответствующему спектру для массивного  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  [4]. МСТС описывается тремя секстетамы с параметрами:

- I –  $H_{3\phi} = 518 \pm 5$  кЭ;  $\Delta = 0,50 \pm 0,05$  мм/с;  $\Delta\nu = 0,51 \pm 0,03$  мм/с;
- II –  $H_{3\phi} = 493 \pm 5$  кЭ;  $\Delta = 0,41 \pm 0,05$  мм/с;  $\Delta\nu = 0,60 \pm 0,03$  мм/с;
- III –  $H_{3\phi} = 456 \pm 5$  кЭ;  $\Delta = 0,54 \pm 0,05$  мм/с;  $\Delta\nu = 0,95 \pm 0,03$  мм/с.

Полученные данные свидетельствуют о том, что релаксационные эффекты при этой температуре в частицах  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  пренебрежимо малы. В то же время ширина линий МСТС (0,5–0,95 мм/с) заметно превышает соответствующие ширины линий массивного  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $\approx 0,5$  мм/с). Уширение линий обусловлено скорее всего отклонениями от стехиометрии, а также несовершенством и дефектами структуры частиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Мессбауэровский спектр магнитной жидкости, полученной вторым способом, при температуре образца  $t = -100^\circ\text{C}$  приведен на рис.2в. В этом спектре парциальные интенсивности разрешенной и неразрешенной МСТС сравнимы друг с другом ( $\approx 40\%$ ). Разрешенная МСТС описывается секстетом с усредненным значением  $H_{\text{эф}} = 420 \pm 15 \text{ кЭ}$ ,  $\Delta = 0,38 \pm 0,02 \text{ мм/с}$ . Кроме того, в спектре присутствует интенсивный дублет линий в районе нуля скорости. Он может отвечать как трансформации МСТС в парамагнитный дублет (за счет релаксационного эффекта для фракции ультрамалых частиц), так и собственно парамагнитным соединениям железа. Сохранение дублета при  $t = -196^\circ\text{C}$  (рис.2г) свидетельствует о том, что его происхождение не связано с релаксацией. Параметры дублета (квадрупольное расщепление  $\Delta E_a = 0,80 \pm 0,03 \text{ мм/с}$ ;  $\Delta = 0,38 \pm 0,02 \text{ мм/с}$ ) указывают, что он относится к высокоспиновым соединениям железа (III). Меньшая величина изомерного химического сдвига  $\Delta$ , по сравнению со значениями, характерными для ионных октаэдрических комплексов железа ( $0,51-0,57 \text{ мм/с}$ ), указывает на возрастание степени ковалентности связи железо (III) – лиганд в парамагнитном комплексе (возрастание плотности  $4s$ -электронов на ядре железа). Это может иметь место, если в качестве лиганда выступают карбоксильные группы олеиновой кислоты, используемой для стабилизации магнитных жидкостей [6,7]. Парциальная интенсивность парамагнитного дублета  $15,8 \pm 0,2\%$  ( в приближении равной вероятности эффекта Мессбауэра для всех соединений железа в исследуемом образце).

Температурная зависимость формы спектра парамагнитного железа намного слабее, чем для магнитной фазы. Действительно, градиент электрического поля на ядре создается главным образом зарядами решетки и мало зависит от температуры. Вклад в температурную зависимость для квадрупольного расщепления вносит ионный обмен [4]. В целом, однако, величина этого взаимодействия намного слабее зависит от температуры, чем эффективное магнитное поле на ядрах при наличии релаксационных процессов.

Параметры секстетов МСТС для спектра рис.2г:

$$\text{I} - H_{\text{эф}} = 472 \pm 5 \text{ кЭ}; \Delta = 0,43 \pm 0,03 \text{ мм/с}; \Delta\nu = 0,43 \pm 0,03 \text{ мм/с};$$

$$\text{II} - H_{\text{эф}} = 447 \pm 5 \text{ кЭ}; \Delta = 0,39 \pm 0,03 \text{ мм/с}; \Delta\nu = 0,63 \pm 0,03 \text{ мм/с};$$

$$\text{III} - H_{\text{эф}} = 407 \pm 5 \text{ кЭ}; \Delta = 0,54 \pm 0,05 \text{ мм/с}; \Delta\nu = 1,05 \pm 0,03 \text{ мм/с}.$$

Возможно, наблюдаемое в данном случае снижение  $H_{\text{эф}}$  по сравнению с массивным  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $450-510 \text{ кЭ}$ ) объясняется некоторым влиянием релаксационных эффектов из-за меньшего размера частиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  по сравнению со спектром рис.2б. В то же время значительный разброс  $\Delta\nu$  для трех секстетов МСТС нельзя отнести только к релаксационным эффектам. По-видимому, он обусловлен нестехиометрией соединений железа в октаэдрическом окружении.

ИК спектры обоих образцов (рис.3а,б) практически идентичны в областях  $400-1400 \text{ см}^{-1}$  и  $2800-4000 \text{ см}^{-1}$ , где наблюдаются полосы поглощения, обусловленные валентными колебаниями связи  $\text{Fe-O}$  ( $596 \text{ см}^{-1}$ ), симметричными колебаниями группы  $\text{COO}^-$  ( $1436 \text{ см}^{-1}$ ), валентными колебаниями  $\text{C=O}$  связи свободной (несвязанной) олеиновой кислоты, симметричными и антисимметричными валентными  $\text{C-H}$  колебаниями  $\text{CH}_2$ -групп ( $2854$  и  $2926 \text{ см}^{-1}$ ) и валентными колебаниями  $\text{O-H}$ -групп, связанных водородной связью ( $3450 \text{ см}^{-1}$ ). Различия в спектрах проявляются в области антисимметричных колебаний  $\text{COO}^-$ -групп ( $1500-1700 \text{ см}^{-1}$ ). В указанной области для образца, полученного первым способом, наблюдаются две полосы поглощения ( $1550$  и  $1630 \text{ см}^{-1}$ ), что по аналогии с солями многоосновных карбоновых кислот [8] может быть обусловлено неравноценностью карбоксильных групп, связанных с поверхностью оксида железа (II,III). Очевидно, как и в случае высокодисперсного алюминия [9], в результате взаимодействия олеиновой кислоты с поверхностью высокодисперсного  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  образуются как хемосорбированные, так и химически связанные карбоксил-ионы. В отличие от образца, полученного первым способом – в области  $1500-1700 \text{ см}^{-1}$  ИК спектра образца, полученного вторым способом, наблюдается широкая полоса антисимметричных колебаний группы  $\text{COO}^-$ , максимум которой ( $1540 \text{ см}^{-1}$ ) смещен в сторону более низких частот, что с учетом условий получения магнитной жидкости вторым способом

является, очевидно, результатом образования в растворе, а не на поверхности  $Fe_3O_4$ , олеата железа с более прочными химическими связями.

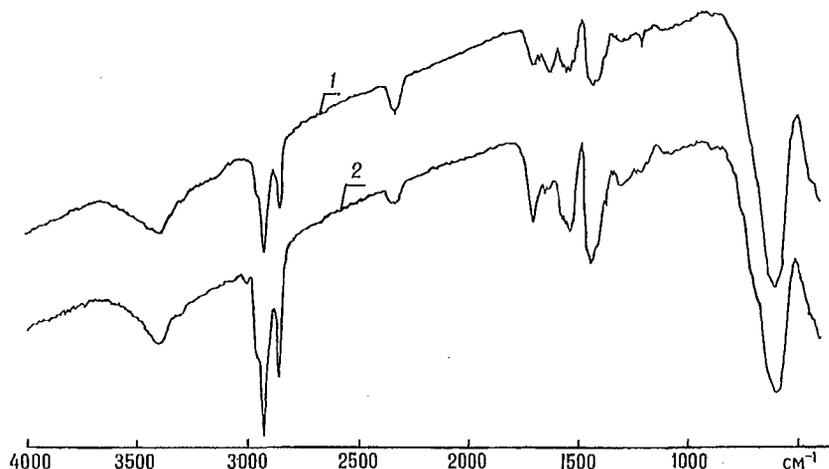


Рис.3. ИК спектры дисперсной фазы магнитных жидкостей:  
а – полученных традиционным и б – разработанным авторами методом

Анализ полученных данных позволяет сделать заключение, что дисперсная фаза магнитной жидкости, полученной разработанным способом, наряду с оксидом железа (II,III) содержит парамагнитное соединение – олеат железа (~15%) и характеризуется более высокой дисперсностью по сравнению с дисперсной фазой магнитной жидкости, полученной традиционным методом.

1. Такетоми С., Тикадзуми С. Магнитные жидкости. М., 1993.
2. Шарло Г. Методы аналитической химии. Количественный анализ неорганических соединений. М., 1969. Ч.2.
3. Verwey E. I. // Nature. 1939. V.144. P.327.
4. Химические применения мессбауэровской спектроскопии / Под ред. В.И. Гольданского, Р.Харбера. М., 1970.
5. Bauminger R. // Phys. Rev. 1961. V.122. P.1447.
6. Михайлик О.М., Повстугар В.И., Михайлова С.С. и др. // ЖПХ. 1988. №11. С.2414.
7. Багуров Р.М., Донцев А.Е. // Биофизика. 1986. Т.31. №6. С.1017.
8. Шевченко Л.Л. // Успехи химии. Вып.4. 1963. Т.32. С. 457.
9. Лесникович А.И., Шункевич Т.М., Воробьева С.А. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1993. №2. С.7.

Поступила в редакцию 27.05.98.

УДК 541.183.2

С.А.МЕЧКОВСКИЙ, С.Ф.ПЕТРАШКЕВИЧ, Ю.В.ЗАНЕВСКАЯ, С.М.ПАНТЕЛЕЕВА

### ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИМЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ФУНКЦИИ АФФИННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

It was investigated the influence of sodium, magnesium and calcium chlorides and nitrates on value and selectivity of signal of heavy metals concentration sensors, which action is based on the combination of affinity chromatography accumulation of testing microelement and solidphase photometry titration. It was found, that electrolyte influences on the signal at concentration more that  $10^{-3}$  mol/l. Influence degree of background depend on sensors selectivity, pH solution, protolytic properties of testing microelement.

Аффинно-хроматографические системы находят все более широкое применение в качестве сенсорных элементов, используемых в следовом анализе [1]. Обусловлено это возможностью достижения высоких степеней концентрирования определяемых компонентов с помощью реагентов селективного действия, иммобилизованных на пористые носители, при проведении реакции в режиме микромасштабной фронтальной хроматографии. Детектирование сигнала, генерируемого в данных условиях, возможно непосредственно измерением светопоглощения твердой стационарной фазы [2] или сочетанием фотометрии с микромасштабным титрованием [3]. Нашли применение и электрохимические методы детектирования [4]. Однако независимо от степени селективности применяемых реагентов и технического уровня измерения

сигнала для данной группы методов характерны ограничения. Главное из них — влияние электролитного фона на величину и селективность сигнала. Перво-степенное значение этого фактора обуславливается сложностью химического состава объектов анализа, осуществляемого названными методами: почвы, донные отложения, природные и сточные воды, геологические объекты, пищевые продукты и др. При варьировании в широких пределах природы и концентрации сопутствующих веществ и нередко имеющей место нелинейности их влияния на аналитический сигнал [5] внесение адекватных поправок в результаты и корректирование методик затруднены. Усугубляется это крайне ограниченными сведениями в литературе относительно концентрационного влияния электролитов на химическое равновесие в гетерофазных системах при высоких степенях разбавления определяемых компонентов.

В данной работе изучено влияние наиболее характерных для природных объектов растворимых электролитов на ионные функции датчиков, представляющих собой хроматографические микроколоники, содержащие в качестве аффинного сорбента сульфид цинка, иммобилизованный на оксид алюминия. Методика приготовления колонок, их параметры и способ измерения сигнала соответствовали описанному в [3]. Растворы изучаемых солей готовились из твердых препаратов квалификации "ч.д.а." и "х.ч.". По точным навескам этих солей готовились исходные растворы концентрации 1,000 моль/л, из которых затем путем последовательного разбавления дистиллированной водой готовились стандартные растворы с заданными концентрациями. Область концентраций определяемых токсичных металлов выбиралась на основе предварительно построенных градуировочных графиков, по которым устанавливалось оптимальное соотношение четкости формирования окрашенной зоны в колонке и объема измеряемой подвижной фазы. При этих условиях погрешности в измерении сигнала не превышали 5%.

Результаты экспериментов, приведенные на рис. 1–3, отражают зависимость сигнала  $V$  (объем подвижной фазы, отвечающий заданной интенсивности окраски хроматографической зоны) от концентрации фонового электролита при фиксированной концентрации определяемого металла. Общим для всех изученных систем является постоянство сигнала в интервале концентраций фонового электролита  $10^{-5}$ – $10^{-3}$  моль/л. При более высоких концентрациях наблюдаются заметные отклонения, величина и знак которых зависят не только от концентрации фона, но и от природы определяемого металла. Исключение составляет ртуть (II), для которой постоянство величины  $V$  соблюдается во всем диапазоне изученных концентраций фоновых растворов. Эту особенность можно объяснить исключительно высоким сродством ионов ртути (II) к иммобилизованному реагенту. Проявляется не только очень низкая величина произведения растворимости сульфида ртути, образующегося в результате обменной реакции с иммобилизованным сульфидом цинка, но и образование устойчивого сульфидного комплекса в жидкой фазе [6]. Последнее, согласно [7], может служить определяющим фактором при переносе металла из раствора в фазу сорбента. Сочетание этих двух факторов обуславливает необычно малую чувствительность сигнала к фоновому электролиту.

Наибольшая чувствительность к концентрации солевого фона характерна для ионов свинца (II). При этом, в отличие от ионов кадмия и меди, для свинца наблюдается уменьшение величины  $V$  с увеличением концентрации фона. Обращение знака солевого эффекта является неожиданным как с точки зрения влияния ионной силы на активность определяемых металлов, так и при учете конкурирующего влияния катионов фона на сорбционное равновесие. По-видимому, в данном случае определяющую роль играет способность катионов к образованию гидроксокомплексов в подвижной фазе. Эта способность для ионов свинца наиболее характерна [6]: в водной среде образуются не только моноядерные, но и 2-, 4- и 6-ядерные гидроксокомплексы. Логично в связи с этим полагать, что стабилизация свинца (II) в жидкой фазе в большей степени (по сравнению с другими металлами) зависит от активности воды. С ростом концентрации фоновых солей активность воды уменьшается. Это обуславливает увеличение химического потенциала ионов свинца, преобладающее над эффектом ионной силы раствора, что и приводит к возрастанию интенсивности сорбции. Последнее равнозначно уменьшению

объема подвижной фазы, необходимой для формирования окрашенной зоны заданной интенсивности.

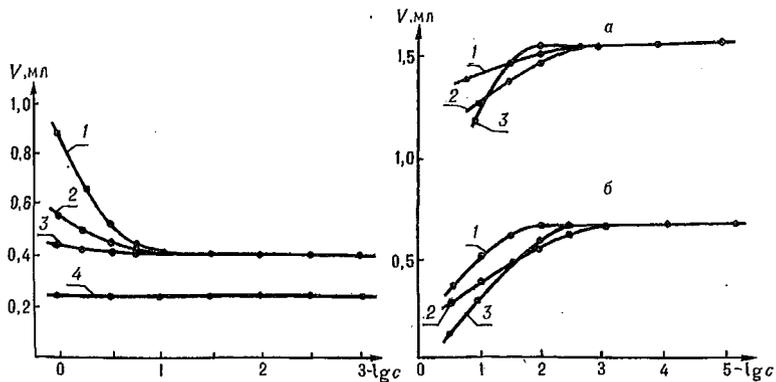


Рис.1. Зависимость величины сигнала для ионов кадмия от концентрации хлорида натрия (1), нитрата натрия (2) и нитрата магния (3) и для ионов ртути (II) на фоне тех же растворов (4). Концентрация кадмия в растворе  $5 \cdot 10^{-4}$  моль/л, концентрация ртути  $1 \cdot 10^{-5}$  моль/л

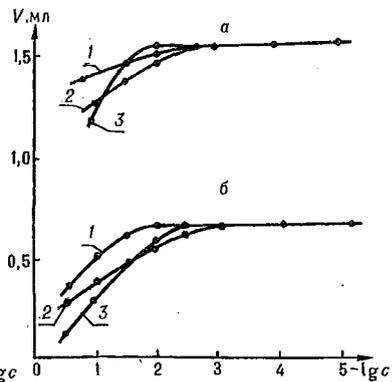


Рис.2. Зависимость сигнала от концентрации нитрата кальция (1), хлорида натрия (2) и нитрата натрия (3) для растворов свинца (II)  $5 \cdot 10^{-7}$  (а) и  $5 \cdot 10^{-8}$  моль/л (б)

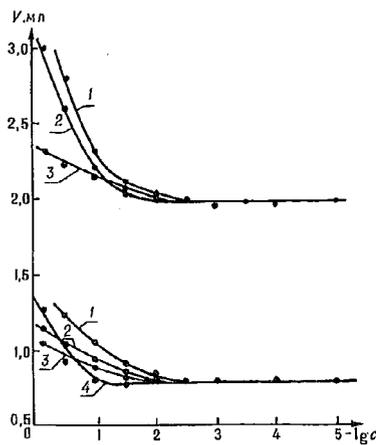


Рис.3. Влияние концентрации хлорида натрия (1), нитрата натрия (2), нитрата кальция (3) и нитрата магния (4) для растворов меди (II)  $5 \cdot 10^{-7}$  и  $1 \cdot 10^{-5}$  моль/л (б)

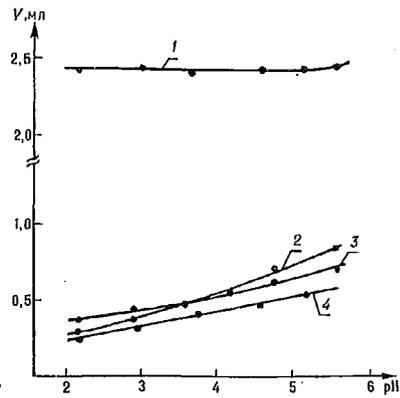


Рис.4. Влияние pH на величину сигнала для растворов  $1 \cdot 10^{-5}$  моль/л хлоридов кадмия (1), меди (2), свинца (3) и ртути (4)

Наблюдаемые положительные отклонения величины  $V$  для ионов меди и кадмия (см.рис.1, 3) согласуются с общеизвестными представлениями о влиянии ионной силы раствора на коэффициенты активности в жидкой фазе в соответствии с теорией Дебая-Хюккеля.

Существенное влияние на величину сигнала оказывает кислотность среды (рис.4). Как правило, имеет место уменьшение значения  $V$  с увеличением кислотности. Это соответствует изложенному в [7] взгляду на механизм сорбции микроэлементов полярными осадками. Процесс переноса металлов в фазу сорбента в рассматриваемых нами системах можно разделить на три стадии: 1) растворение поверхностных слоев иммобилизованного на носитель сульфида цинка; 2) образование сульфидных комплексов микроэлементов в слоях воды, прилегающих к твердой фазе; 3) адсорбция этих комплексов на микрочастицах сульфида цинка. Возрастание кислотности среды в наибольшей мере усиливает первую стадию процесса в связи с более высокой растворимостью сульфида цинка по сравнению с сульфидами сорбируемых металлов. Этим можно объяснить и относительно малую чувствительность величины  $V$  к кислотности, наблюдаемую для ионов кадмия (рис.4, кривая 1). Последние как наиболее жесткие в ряду изученных микроэлементов образуют сульфид, близкий по растворимости к сульфиду цинка.

Полученные результаты важны для установления оптимальных режимов использования цинк-сульфидных датчиков концентрации тяжелых металлов. Так, для анализируемых образцов воды с концентрацией солей не выше  $10^{-3}$  моль/л и рН 5–6 применимы градуировочные графики, построенные на основе данных по растворам в дистиллированной воде. При концентрации фона до  $10^{-2}$  моль/л завышенные результаты (до 20%) возможны по ионам свинца. В случае большого содержания солей и рН ниже 4 необходима специальная градуировка на фоне среды, близкой по составу к анализируемой.

1. Саввин С. Б., Михайлова А. В. // Журн. аналит. химии. 1996. Т.51. №1. С.49.
2. Золотов Ю. А. // Вестн. Рос. АН. 1997. Т.67. №6. С.508.
3. Мечковский С. А., Абугоффа А. А., Муравская Н. В. // Химия и хим. технология. 1993. №10. С.27.
4. Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М., 1996. С.270.
5. Чарыков А. К. // Журн. аналит. химии. 1984. Т.39. №9. С.1708.
6. Инцеди Я. Применение комплексов в аналитической химии. М., 1979. С.286.
7. Артюхин П. И. // Изв. СО АН СССР. Сер.хим.наук. 1984. №11. Вып.4. С.3.

Поступила в редакцию 22.05.98.

УДК 543.544.45

В.И.КУЛИКОВ, В.А.ВИНАРСКИЙ, Р.А.ЮРЧЕНКО, Л.А.ДАНИЛЬЧИК

### ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ КОМПОНЕНТОВ НА ПАРАМЕТРЫ УДЕРЖИВАНИЯ В ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

The influence of changes quantitative ratio of components in mixture the toluene, o-xylene, butanole and n-heptane and also the influence of changes standard's concentration on the retention parameters was studied in optimal separated conditions on packed columns by using apieson-L and PEG-1500 as stationary liquid phases.

В газовой хроматографии для решения вопросов отнесения пиков чаще всего используются величины параметров удерживания компонентов разделяемых смесей, определяемых по положению максимумов пиков компонентов на хроматограмме [1].

Следовательно, достоверность получаемых результатов будет зависеть от того, насколько определенные параметры удерживания действительно соответствуют данному соединению. Это соответствие является абсолютным, если в качестве хроматографического детектора используются масс-спектрометр или ИК спектрометр. При использовании других типов детекторов, когда для определения параметров удерживания используют положение на хроматограмме максимумов пиков разделяемых веществ, достоверность заключения о качественном составе смеси снижается.

Было установлено [2], что определенные таким способом величины параметров удерживания существенным образом зависят от большого числа факторов, связанных, с одной стороны, с условиями процесса разделения и их изменением в ходе эксперимента и, с другой стороны, с особенностями взаимного влияния разделяемых компонентов на характеристики их взаимодействия с неподвижной фазой.

Если первую группу факторов можно достаточно легко изучить и исключить ее влияние, поддерживая условия эксперимента постоянными в течение всего процесса разделения, то точный учет влияния факторов второй группы на параметры удерживания весьма сложен.

В настоящей работе исследовано влияние изменения количественного соотношения компонентов в разделяемой смеси на параметры удерживания с целью выявления среди последних наименее зависимых от взаимного влияния компонентов на особенности их взаимодействия с неподвижной фазой.

#### Материал и методика

Для исследований использовался газовый хроматограф марки ЛХМ-8МД, оснащенный детектором теплопроводности и двумя насадочными хроматографическими колонками из нержавеющей стали длиной 3 м и внутренним диаметром 3 мм. Одна колонка заполнялась насадкой, содержащей 15% (массовых) апиезона-Л на носителе хроматон NAW DCMS с диаметром частиц 0,16–0,20 мм. Вторая колонка заполнялась насадкой, содержащей 15% (массовых) ПЭГ-1500 на носителе хроматон NAW с диаметром частиц 0,20–0,25 мм.

Разделение выполнялось в изотермическом режиме при оптимальных для каждой колонки температурах: на колонке с апиезоном-L – 60°C, на колонке с ПЭГ-1500 – 70°C, температура испарителя – 250°C, термостата детектора – 140°C. Сила тока моста детектора – 100 мА, объем анализируемой пробы варьировался в интервале 0,5–1,0 мкл. Для регистрации сигнала использовали самопишущий потенциометр КСП-4, скорость движения диаграммной ленты составляла 240 мм/час, уровень записи сигнала в положении 3. Газ-носитель – гелий, скорость потока – 25 мл/мин.

Весовым методом были приготовлены 11 искусственных смесей одних и тех же веществ (толуола, бутанола, *o*-ксилола и *n*-гептана), находящихся в переменных количественных соотношениях. При этом толуол выступал в качестве стандарта, концентрация которого в смесях 1–6 оставалась постоянной и равной 10%. Концентрация бутанола и *o*-ксилола в этих смесях изменялась в интервале от 10 до 70%, а концентрация *n*-гептана изменялась таким образом, чтобы суммарный состав смеси составлял 100%. В смесях 7–11 концентрации бутанола и *o*-ксилола были зафиксированы на уровне 10%, а концентрация толуола (стандарта) изменялась от 20 до 70%; соответствующим образом изменялась и концентрация *n*-гептана.

Из полученных хроматограмм (по пяти для каждого состава смеси) вычислялись значения параметров удерживания компонентов смеси по положению максимумов пиков на хроматограмме и по положению на хроматограмме точки с "нулевой" концентрацией компонента в начале пика, определяемой по пересечению нулевой линии и касательной к восходящему линейному участку пика.

### Результаты и их обсуждение

На рис.1 приведены зависимости исправленного времени удерживания ( $VU'$ ) и относительного времени удерживания ( $ОВУ$ ) бутанола и *o*-ксилола, рассчитанные из хроматограмм по положению максимумов пиков ( $VU'_h, ОВУ_h$ ), и по положению точек с "нулевой" концентрацией компонента ( $VU'_o, ОВУ_o$ ) от концентрации этих соединений в анализируемой смеси.

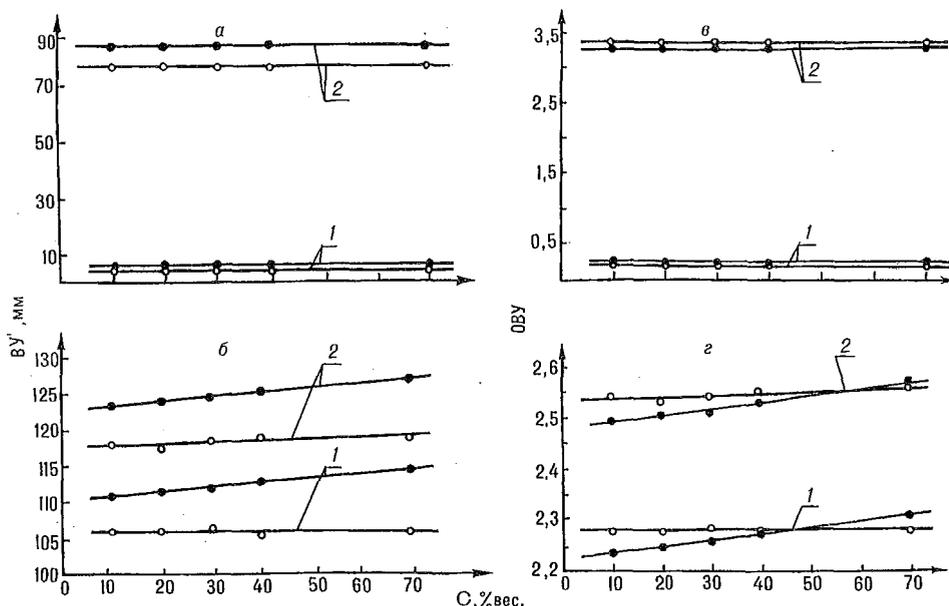


Рис.1. Зависимость исправленного и относительного времени удерживания 1 – бутанола, 2 – *o*-ксилола от их концентрации в пробе на колонках с:

а, б – апиезоном-L, в, г – ПЭГ-1500 (\* – рассчитано по положению максимумов пиков; о – рассчитано по положению точки с "нулевой" концентрацией)

Из полученных значений величин исправленного времени удерживания следует, что рост концентрации компонента в смеси приводит к увеличению численного значения величины  $VU'_h$ , причем чем больше величина  $VU'_h$  по абсолютному значению, тем больше эти изменения. Если же расчет величины

исправленного времени удерживания ведется по положению точек с "нулевой" концентрацией компонентов, то влияние изменения количественного соотношения компонентов в смеси на значения  $V_{U_0}$  не наблюдается, и во всем диапазоне изменения концентраций компонентов величины  $V_{U_0}$  остаются практически постоянными.

Считается [3], что использование относительных параметров удерживания позволяет существенно снизить влияние изменения концентраций компонентов в разделяемой смеси на абсолютные значения этих параметров. Из рис.1 видно, что при расчетах максимумов пиков на основании их положения на хроматограмме полностью исключить этого влияния не удастся, а значения величины  $OV_{U_0}$ , рассчитанные по положению на хроматограмме точек с "нулевой" концентрацией компонентов, от изменения концентрации веществ в смеси практически не зависят.

На рис.2 отражено влияние концентрации стандарта (толуола) в разделяемой смеси на параметры удерживания бутанола и о-ксилола, рассчитанные по положению на хроматограмме максимумов пиков и по точкам на хроматограмме, соответствующим "нулевой" концентрации компонентов. В этом случае особенно существенным изменениям подвергаются величины относительных параметров удерживания, рассчитанные по положению максимумов пиков для о-ксилола (на обеих неподвижных жидких фазах) и для бутанола (на ПЭГ-1500), и гораздо меньшему влиянию изменения концентрации стандарта подвержены параметры удерживания, рассчитанные по положению на хроматограмме точек с "нулевой" концентрацией компонентов.

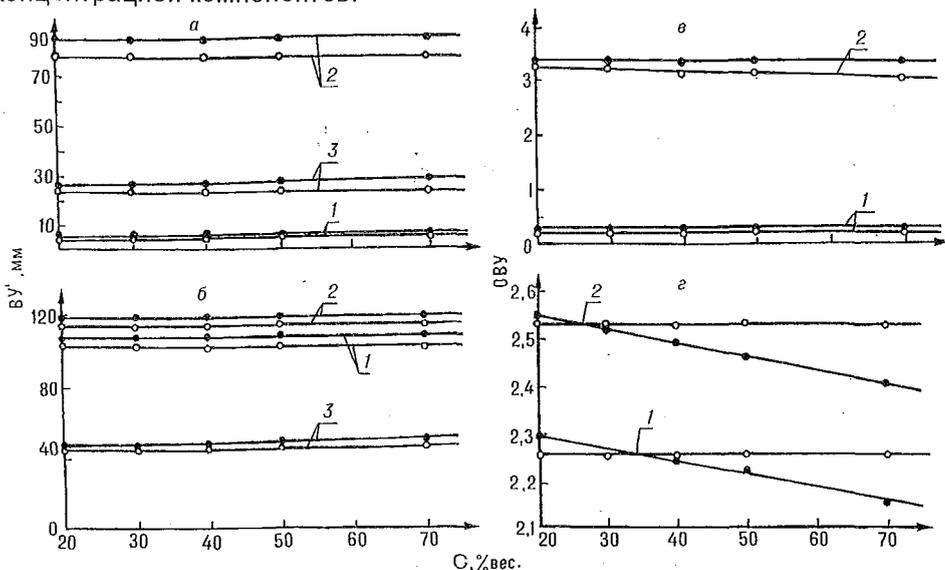


Рис.2. Зависимость исправленного и относительного времени удерживания 1 – бутанола, 2 – о-ксилола, 3 – толуола от концентрации толуола в пробе на колонках с: а, б – апиезоном-Л, в, г – ПЭГ-1500 (\* – рассчитано по положению максимумов пиков; о – рассчитано по положению точки с нулевой концентрацией)

Таким образом, использование для качественного газохроматографического анализа параметров удерживания, рассчитанных по положению на хроматограммах точек с "нулевой" концентрацией разделяемых веществ, позволило исключить влияние изменения количественного соотношения компонентов в смеси на величины параметров удерживания.

Установленные закономерности, очевидно, носят общий характер и обязательно должны приниматься во внимание при разработке автоматизированных систем регистрации и обработки хроматограмм в целях обеспечения более высокой степени достоверности результатов качественного газохроматографического анализа.

1. Руководство по газовой хроматографии / Под ред. Э.Лейбница, Х.Г.Штрuppe. М., 1988. Ч.2. С.228.

2. Гиошон Ж., Гийемен К. Количественная газовая хроматография для лабораторных анализов и промышленного контроля. М., 1991. Ч.2. С.9.

3. Вигдергауз М.С., Семенченко Л.В., Езрец В.А., Богословский Ю.Н. Качественный газохроматографический анализ. М., 1978. С.198.



УДК 595.75+581.526.35(476)

Е.Л.МЕДВЕДЬ, Л.С.ЧУМАКОВ

## ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ (Heteroptera) ВЕРХОВЫХ БОЛОТ БЕЛАРУСИ

We studied the fauna of Heteroptera in the sphagnum bogs of Belarus. The number of the revealed species is 43. Miridae and Lygaeidae were represented richer. Everywhere in the bogs Heteroptera made up 0,4-46,8% of invertebrates, in the grassy-undershrubed layer. In the Eryoforioso-sphagnosum bogs the faunal composition of Heteroptera is less various, in the Ledosum bogs it is richer. Under the condition of antropogenic load the share of Heteroptera in the association of bog invertebrates is 2 times lower than in the protected territories.

Значительную часть территории Беларуси занимают верховые (олиготрофные) болота, существенно влияющие на климат, водный баланс, флору и фауну республики. В настоящее время болота сильно трансформированы и подвержены деградации [1], что отражается на окружающих природных комплексах. В связи с этим изучение верховых болот имеет практический и научный интерес.

До сих пор при изучении болот основное внимание уделялось почвенно-гидрологическому режиму, химии почвенных вод, генезису и флоре [2-7]. Фауна верховых болот республики изучена крайне слабо. Имеются некоторые сведения по орнитокомплексам [8,9], а также по мезофауне почв некоторых болот в заповедниках Беларуси [10-13]. Отсутствие сведений по иным группам позвоночных и беспозвоночных животных, обитающих на верховых болотах, вызывает необходимость проведения широкомасштабных исследований в этом направлении, что позволит использовать полученные данные при составлении кадастра животного мира Беларуси, разработке системы мер по охране болотных экосистем и т.д.

Целью проведенной работы было изучение полужесткокрылых на верховых болотах. Эти насекомые являются одной из наиболее многочисленных и широкораспространенных в наземных экосистемах групп и играют здесь существенную роль, оказывая влияние на фито- и зооценозы.

Исследования проводились на охраняемых территориях (Березинский биосферный и Припятский ландшафтно-гидрологический заповедники) и на болотах с комплексной антропогенной нагрузкой (мелиорация, рекреация, загрязнение). Были обследованы 16 лесных болотных массивов в различных геоботанических подзонах республики. По структуре фитоценозов болота были разделены на три основные группы, различающиеся составом растительности и уровнем почвенно-грунтовых вод: сосняки багульниковые, сосняки кустарничково-сфагновые, сосняки пушицево-сфагновые.

Учет клопов проводился с весны (апрель) по октябрь методом кошения энтомологическим сачком по травостою (1 учет = 50 двойным взмахам сачком), ловушками Барбера (пластмассовые стаканчики с диаметром отверстия 72 мм, наполненные 4%-ным раствором формалина) и почвенно-зоологическими раскопками.

Для сравнения видового состава полужесткокрылых мы использовали коэффициент сходства Чекановского–Серенсена [14]\*.

Полужесткокрылые верховых болот Беларуси

Вид	Типы растительных ассоциаций		
	пушицево-сфагновая	пушицево-кустарничково-сфагновая	багульниково-сфагновая
Hebridae			
Hebrus ruficeps Thoms.	+	+	+
Dipsocoridae			
Ceratocombus coleopratus Zett.	+	+	+
Nabidae			
Nabis ferus L.	+	+	+
Microphysidae			
Myrmedobia tenella Zett.	-	-	+
Anthocoridae			
Anthocoris nemorum L.	-	-	+
Miridae			
Bothynotus pilosus Boh.	-	-	+
Stethoconus cyrtopeltis Fl.	-	+	-
Deraeocoris ruber L.	-	-	+
Lygus rugulipennis Popp.	+	+	+
L. pratensis L.	-	+	+
Stenodema laevigatum L.	+	+	-
Trigonotylus ruficornis Geoffr.	+	-	-
Globiceps salicicola Reut.	-	+	+
Blepharidopterus angulatus F.	+	-	-
Hallodapus rufescens Burm.	+	+	+
Tingidae			
Acalypta nigrina Fall.	+	+	+
A. marginata Wolff.	-	+	-
A. gracilis Fieb.	-	-	+
Stephanitis oberti Kol.	-	+	+
Agramma tropidoptera Fl.	+	-	-
Ag. ruficorne Germ.	+	-	-
Ag. femorale Thoms.	-	+	+
Reduviidae			
Coranus subapterus Deg. (?)	-	-	+
Aradidae			
Aradus cinnamomeus Pz.	-	-	+
Lygaeidae			
Kleidocerys resedae Pz.	-	+	+
Geocoris ater F.	-	+	+
Stygnocoris pedestris Fall.	-	-	+
Eremocoris plebejus Fall.	-	+	+
Er. abietis L.	-	-	+
Rhyparochromus pini L.	+	+	+
Pterotmetus staphyliniformis Schill.	-	-	+
Ligyrocorys sylvestris L.	-	-	+
Rhopalidae			
Rhopalus parumpunctatus Schill.	-	-	+
Stictopleurus crassicornis L.	+	+	+
Acanthosomatidae			
Acanthosoma haemorrhoidale L.	-	+	-
Cydnidae			
Adomerus biguttatus L.	-	-	+
Pentatomidae			
Aelia acuminata L.	-	+	+
Dolycoris baccarum L.	-	+	-
Carpocoris sp.	+	-	-
Palomena prasina L.	-	+	-
Pitedia pinicola Mis.	+	+	-
Picromerus bidens L.	-	+	-
Rhacognathus punctatus L.	-	+	+

За период работы на всех болотах нами обнаружены 43 вида полужесткокрылых насекомых из 14 семейств (таблица). Богаче представлены Miridae (10 видов), Lygaeidae (8 видов), Tingidae и Pentatomidae (по 7 видов). На долю представителей этих семейств приходится 74,4% видового состава полужесткокрылых.

\* Авторы статьи выражают глубокую благодарность И.М.Кержнеру (ЗИН РАН) и В.Б.Голубу (Воронежский университет) за оказанную помощь в определении материалов.

Разнообразнее фауна полужесткокрылых в сосняках багульникового типа (30 видов). Вдвое меньше видовое богатство клопов в пушицевых ассоциациях. Общими для всех типов растительных ассоциаций являются 8 видов (*Ceratombus coleoptratus*, *Nabis ferus*, *Lygus rugulipennis*, *Stictopleurus crassicornis*, *Rhyparochromus pini*, *Hebrus ruficeps*, *Acalipta nigrina*, *Hallodapus rufescens*). Только в багульниковых сосняках нами обнаружены 13 видов, в кустарничковых – 6, в пушицевых – 5 видов. Следует заметить, что лишь в пушицевых сосняках Белорусского Полесья нами обнаружены *Agramma tropidoptera* и *A. ruficorne* (последний вид – впервые на территории Беларуси). Здесь же встречается и *Vlepharidopterus angulatus*, обитающий в древесном ярусе.

Оценка сходства видового состава сообществ полужесткокрылых по типам растительных ассоциаций свидетельствует, что более близки между собой сообщества багульниковых и кустарничковых болот. Коэффициент сходства составил здесь в среднем 61,8%. Минимально сходны комплексы клопов багульниковых и пушицевых болот (35,6%). Интересно отметить, что в сосняках багульниковых из разных геоботанических подзон коэффициент сходства клопов колеблется от 20 до 60%, в кустарничковых – от 19 до 71%, а в пушицевых он не превышает 33,3%.

По данным почвенно-зоологических раскопок, средняя численность клопов на пушицево-сфагновых болотах республики достигает  $9,2 \pm 4,16$  экз/м<sup>2</sup>. В целом в данном ярусе они составляют 1–22% всех беспозвоночных. Преобладающим видом здесь является *Hebrus ruficeps*. Следует заметить, что на восстанавливающихся после пожаров пушицево-сфагновых болотах численность вида может превышать в отдельные годы 40 экз/м<sup>2</sup>.

Среди беспозвоночных обитателей поверхности сфагнового покрова клопы составляют 2–4%. Динамическая плотность их в болотных сосняках достигает 0,19–1,58 экз/10 ловушко-суток, выше она в багульниковых биоценозах, минимальна – в пушицевых. Отмечаются ее колебания по годам. В частности, в багульниковых биоценозах динамическая плотность клопов в разные годы может различаться втрое.

В травянисто-кустарничковом ярусе клопы составляют 0,4–46,8% беспозвоночных. Выше их доля среди беспозвоночных этого яруса в сосняках кустарничково-сфагновых. Наиболее бедны сообщества полужесткокрылых в пушицевых биоценозах Белорусского Полесья. На багульниковых болотах в травянисто-кустарничковом ярусе клопов насчитывается 2,8–31,1 экз/учет, на кустарничковых 3,0–34,3 экз/учет, а на пушицевых их численность не превышает 1 экз/учет.

Наиболее многочисленны в травянисто-кустарничковом ярусе *Stictopleurus crassicornis*, *Stephanitis oberti*, *Agramma femorale*, *Nabis ferus*, *Lygus rugulipennis*, *Aelia acuminata*. Причем два последних вида обильны лишь в осенний период на болотах в антропогенной зоне. Возможно, это связано с перемещением клопов на зимовки.

Изучение динамики сезонной активности клопов показало, что на всех болотах эти насекомые наиболее многочисленны во второй половине лета – осенью. Динамическая плотность их повышается в это время в пять раз по сравнению с весной.

Антропогенное влияние отражается на фауне полужесткокрылых обитателей болот. Видовой состав клопов здесь беднее на 1/3 по сравнению с заповедными территориями. Более выражено это в кустарничковых ассоциациях. Сходство фауны клопов багульниковых сосняков заповедной и антропогенной территорий не превышает 57,1%. В то же время в кустарничковых фитоценозах оно может понижаться до 26,7–21%. Господствующим видом на болотах в антропогенной зоне (как уже отмечалось) является *L. rugulipennis*, численность которого повышается при переходе от кустарничковых к багульниковым фитоценозам. Аналогично растет и количество *N. ferus*.

Таким образом, в целом фауна полужесткокрылых олиготрофных болот Беларуси довольно богата. Разнообразнее представлены клопы в багульниковых ассоциациях, находящихся на последнем этапе олиготрофной стадии болот и являющихся наиболее сухими. Антропогенная нагрузка, приводя к изменениям условий среды обитания, отражается и на комплексах полужестко-

крылых болот, что проявляется в обеднении их видового состава, обильном развитии лишь отдельных видов, оказывающих существенное влияние на фитоценозы, в том числе созданные человеком.

1. Кухарчик Т. И. Верховые болота Беларуси: Трансформация, проблемы использования. Мн., 1996.
2. Юркевич И. Д., Смоляк Л. П. // Березинский заповедник. Мн., 1975. Вып. 4. С. 28.
3. Тюрменов С. Н. Торфяные месторождения. М., 1980.
4. Пидопличко А. П. Торфяные месторождения Белоруссии. Мн., 1961.
5. Конойко М. А. // Ботан. журн. 1971. Т. 56. № 10. С. 1407.
6. Валетов В. В. Фитомасса и первичная продукция безлесных и лесных болот. Мн., 1992. Ч. 1.
7. Кудин М. В., Валетов В. В. // Заповедники Белоруссии. Мн., 1983. Вып. 7. С. 15.
8. Дучиц В. Н. Орнитофауна болот Белоруссии и ее изменения в связи с мелиорацией: Автореф. дис... канд. биол. наук. Мн., 1972.
9. Кузьменко В. Я., Козлов В. П., Дорофеев А. М. // Вестн. зоологии. 1985. № 3. С. 63.
10. Чумаков Л. С. Наземные беспозвоночные в сфагновом покрове верховых болот заповедников Белоруссии. Мн., 1991. Деп. в ВИНТИ 03.01.91. N51-B91.
11. Чумакоў Л. С. // Весці АН Беларусі. Сер. біял. навук. 1994. № 1. С. 112.
12. Мурашко С. В., Ануфриенко М. В., Чумаков Л. С. // Проблемы изучения, сохранения и использования биологического разнообразия животного мира: Тез. докл. VII зоол. конф., Минск, 27–29 сент. 1994 г. Мн., 1994. С. 179.
13. Блинов В. В. // Там же. С. 163.
14. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М., 1982.

Поступила в редакцию 15.09.88.

УДК 595.76:591.151

О. Ю. МИЛЯШЕВИЧ

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ В ПОПУЛЯЦИЯХ *CHRYSOMELA POPULI* L. (Coleoptera, Chrysomelidae)

Morphometric indications in four *Chrysomela populi* populations from north and central districts of Belarus have been investigated. In all selections middle size individuals were dominated. This phenomenon is one of population stability indicators. Analysis of variation coefficients was carried out. While distant populations were essentially varied, neighbor populations had similarity in these parameters.

Размеры насекомых определяются несколькими генами и поэтому являются слабо вариабельным признаком [1], жестко контролируемым естественным отбором. Каждая популяция имеет свой специфический набор генов, ответственных за признаки размеров. Поэтому особый интерес представляет изучение изменчивости размеров тела насекомых в разных популяциях, соседних и удаленных друг от друга. Особое внимание при этом следует уделять коэффициентам вариации изучаемых признаков как популяционным параметрам, которые могут использоваться в качестве самостоятельных и важных показателей отношений в системе среда–популяция [1, 2].

В качестве объекта исследования нами выбраны жуки-листоеды *Chrysomela populi* L. – массовые вредители лесных и парковых древесных пород.

Изучение фенооблика исследуемых популяций предполагало решение следующих задач: 1) анализ изменчивости морфометрических признаков (а именно – размеров) жуков в различных популяциях; 2) сравнение коэффициентов вариации данных признаков.

### Материал и методика

Нами исследовались четыре популяции *Chrysomela populi* из Минской (окр. д. Щемьслицы – Минский р-н, окр. д. Радошковичи – Молодечненский р-н) и Витебской (окр. д. Задрачье – Городокский р-н, Березинский заповедник – Лепельский р-н) областей. Сбор материала производился в период с мая по июль 1997 г., а в окрестностях д. Щемьслицы в этот же период 1996 г. Изучение морфометрических показателей проводилось на основе стандартных промеров для жесткокрылых [1, 3]: длина переднеспинки (длпрдсп), ширина переднеспинки (шпрдсп), длина надкрылий (длндкр), ширина надкрылий (шрндкр), а также вычислялось отношение длины надкрылий к длине переднеспинки (отн), что также является важным показателем, характеризующим популяцию. Для измерений вся выборка делилась на самцов и самок. Измерения проводились под бинокляром с использованием окуляра-микрометра.

Всего измерено 584 особи, из них – 285 самцов, 299 самок.

Статистическая обработка данных производилась по общепринятой методике [4]: вычислены средняя арифметическая ( $\bar{X}$ ), средняя ошибка средней арифметической ( $S\bar{X}$ ), коэффициент вариации ( $CV$ ), критерий достоверности разницы ( $t$ ).

### Результаты и их обсуждение

Во всех изученных популяциях самки крупнее самцов по всем пяти показателям (табл.1), причем, согласно величине нормированного отклонения  $t$ , различия эти можно считать статистически достоверными.

Таблица 1

Средняя арифметическая морфометрических показателей *Chrysomela populi*, мм

Показатели	Самцы					Самки				
	1* n=96	2 n=50	3 n=30	4 n=33	5 n=76	1 n=67	2 n=79	3 n=50	4 n=36	5 n=67
Длина переднеспинки	1,464± 0,011	1,465± 0,015	1,525± 0,019	1,463± 0,022	1,561± 0,012	1,597± 0,016	1,592± 0,012	1,640± 0,015	1,611± 0,022	1,647± 0,017
Ширина переднеспинки	3,623± 0,022	3,532± 0,031	3,671± 0,036	3,669± 0,042	3,663± 0,019	3,973± 0,029	3,955± 0,019	3,989± 0,023	3,925± 0,038	3,931± 0,091
Длина надкрылий	7,326± 0,045	7,138± 0,068	7,353± 0,046	7,351± 0,065	7,218± 0,052	8,564± 0,044	8,434± 0,041	8,376± 0,042	8,405± 0,071	8,249± 0,061
Ширина надкрылий	5,111± 0,033	5,100± 0,046	5,278± 0,036	5,090± 0,053	5,344± 0,025	5,752± 0,032	5,767± 0,028	5,804± 0,035	5,661± 0,047	5,807± 0,028
Отношение длины надкрылий к длине переднеспинки	5,026± 0,044	4,889± 0,057	4,844± 0,071	5,052± 0,073	4,644± 0,050	5,397± 0,061	5,322± 0,050	5,125± 0,051	5,250± 0,079	5,051± 0,073

Примечание: \* здесь и в табл.3 обозначены места сбора материала: 1 – д.Задрачье (Городокский р-н); 2 – Березинский заповедник (Лепельский район); 3 – д.Радошковичи (Молодечненский р-н); 4 – д.Щемыслицы (Минский р-н), 1997 г.; 5 – д.Щемыслицы (Минский р-н), 1996 г.

Рассматриваемые популяции располагаются в северных (Березинский заповедник, Городокский р-н) и центральных (Молодечненский и Минский р-ны) районах распространения *Chrysomela populi* в Беларуси. На основании сравнения средней арифметической размеров тела жуков из этих популяций не обнаружено какой-либо закономерности изменения изучаемых морфометрических признаков в северных и центральных районах. Существенных различий в размерах жуков для этих четырех популяций не наблюдается (см. табл.1).

Статистически достоверны различия по трем показателям для самцов в выборках из окрестностей д.Радошковичи (Молодечненский р-н) и Березинского заповедника (Лепельский р-н): по **шрпрдсп** ( $t=2,87$ ), **длндкр** ( $t=2,58$ ) и **шрндкр** ( $t=3,03$ ). У самок из этих популяций статистически достоверны лишь отличия в значениях отношения **длндкр** к **длпрдсп** ( $t=2,74$ ). Установлены также достоверные различия по **длпрдсп** ( $t=2,65$ ) и **шрндкр** ( $t=3,39$ ) между самцами; по **длндкр** ( $t=3,07$ ) и значениям отношения **длндкр** к **длпрдсп** ( $t=3,39$ ) между самками в выборках из окрестностей д.Радошковичи (Молодечненский р-н) и д.Задрачье (Городокский р-н); по **шрндкр** ( $t=2,88$ ) между самцами из окрестностей д.Радошковичи и д.Щемыслицы (Минский р-н); по **шрпрдсп** ( $t=2,56$ ) между самцами из Березинского заповедника и из окрестностей д.Щемыслицы.

Сравнение выборок *Chrysomela populi*, взятых из окрестностей д.Щемыслицы (Минский р-н) летом 1996 и 1997 г., показало, что размеры самцов претерпели более значительные изменения, чем размеры самок из той же популяции. Однако никаких закономерностей в этих изменениях не прослеживается: самцы из выборки 1997 г. имеют большую, по сравнению с 1996 г., величину **шрпрдсп** и **длндкр** (различия недостоверны) и значения отношения **длндкр** к **длпрдсп** ( $t=4,58$ ), но меньшую величину **длпрдсп** ( $t=3,85$ ) и **шрндкр** ( $t=4,25$ ). У самок из этой популяции значения **длпрдсп**, **шрпрдсп** (различия недостоверны) и **шрндкр** ( $t=2,67$ ) в выборке 1997 г. меньше, а **шрпрдсп** и отношения **длндкр** к **длпрдсп** больше (различия недостоверны), чем в выборке 1996 г.

Размерный состав имаго является одной из важных характеристик популяций насекомых [5]. По преобладанию особей тех или иных размерных групп можно

судить о состоянии популяции в определенный период. В зависимости от длины тела (длина тела определялась сложением  $длпрдсп$  и  $длндкр$ ) жуки (раздельно по полу) в каждой выборке были разбиты на три группы – мелкие, средних размеров и крупные. Подсчитано процентное соотношение различных размерных групп жуков (табл.2).

Соотношение размерных групп имаго *Chrysomela populi*, % Таблица 2

Популяции	Мелкие особи		Особи средних размеров		Крупные особи	
	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки
1. д.Задрачье (Городокский р-н) n (самцов)=96 n (самок)=67	25,3	–	71,5	75,8	3,2	24,2
2. Березинский заповедник n (самцов)=50 n (самок)=79	24,0	2,6	74,0	79,7	2,0	17,7
3. д.Радощковичи (Молодечненский р-н) n (самцов)=30 n (самок)=50	3,6	4,3	93,0	95,7	3,4	–
4. д.Щемяслицы (Минский р-н), 1997 n (самцов)=33 n (самок)=36	12,1	–	87,9	90,3	–	9,7
5. д.Щемяслицы (Минский р-н), 1996 n (самцов)=76 n (самок)=67	30,3	17,6	63,2	75,0	6,5	7,4

В результате произведенных подсчетов установлено, что во всех выборках из исследованных нами популяций и среди самцов и среди самок доминируют имаго средних размеров, что может служить одним из показателей стабильности данных популяций [5]. В выборке из окрестностей д.Щемяслицы за 1996 г. отмечен некоторый сдвиг в сторону увеличения доли мелких особей (30,3%). У самок из этой популяции доля мелких особей составила 17,6%, что могло быть связано с ухудшением условий развития личинок. Интересно отметить, что в выборке из этой же популяции за 1997 г. доля мелких особей совсем незначительна (см. табл.2). В выборках из Городокского р-на и Березинского заповедника также наблюдается сдвиг в сторону увеличения доли мелких имаго среди самцов (25,3 и 24,0% соответственно). Среди самок в этих популяциях достаточно высока по сравнению с выборками из других районов доля крупных особей – 24,2% (д.Задрачье) и 17,7% (Березинский заповедник).

Исследования различных авторов [1–3] показывают, что коэффициент вариации может быть с успехом использован для сравнения популяций и анализа происходящих в них изменений. Как следует из табл.3, наиболее вариабельными среди морфометрических показателей *Chrysomela populi* в исследованных популяциях оказались значения отношения  $длндкр$  к  $длпрдсп$ . Различия в величине коэффициентов вариации самцов и самок в каждой выборке незначительны и недостоверны. Исключение составляют коэффициенты вариации  $длндкр$  у самцов из д.Задрачье и Березинского заповедника, которые заметно выше коэффициентов вариации самок ( $t=3,20$  и  $3,08$  соответственно), а также более высокие значения коэффициентов вариации  $шрндкр$  у самцов по сравнению с самками из этих же популяций ( $t=3,04$  и  $2,78$ ).

Сравнение данных табл.3 показывает, что коэффициенты вариации размеров *Chrysomela populi* отличаются в разных популяциях. Более сходны значения коэффициентов вариации по всем показателям в популяциях из д.Задрачье и Березинского заповедника, что объясняется их небольшой удаленностью друг от друга. Различия коэффициентов вариации почти по всем показателям в популяциях из д.Радощковичи и д.Щемяслицы, также относительно близко расположенных, связаны, по-видимому, с различными условиями обитания. Жуки из окрестностей д.Радощковичи были собраны на ивах, растущих вдоль водоканала. Сбор жуков в окрестностях д.Щемяслицы производился с молодых осин и тополей вблизи железнодорожного полотна.

Интересно проследить изменение коэффициентов вариации размеров жуков в выборках из д.Щемяслицы за два года, в которые проводились исследования. Как следует из табл.3, и у самцов и у самок в выборке за 1997 г.

значения коэффициентов вариации для шрпрдсп, шрндкр и длпрдсп (у самцов) выше, а для длндкр и отношения длндкр к длпрдсп – ниже по сравнению с выборкой за 1996 г. Можно предположить, что причина заключается в том, что различные признаки по-разному реагируют на изменение условий окружающей среды. Возможно, они подвергаются воздействию разных форм отбора: те признаки, у которых произошло снижение изменчивости, испытывают действие стабилизирующего отбора, тогда как у признаков с увеличившейся изменчивостью проявилось влияние движущей формы отбора [3,6]. Этим, видимо, объясняется и различная изменчивость разных признаков под воздействием одинаковых условий.

Таблица 3

Коэффициенты вариации (CV) размеров тела самцов и самок *Chrysomela populi*, %

Показатели	Самцы					Самки				
	1* n=96	2 n=50	3 n=30	4 n=33	5 n=76	1 n=67	2 n=79	3 n=50	4 n=36	5 n=67
Длина переднеспинки	7,65± 0,455	7,44± 0,744	6,82± 0,880	8,68± 1,068	6,98± 0,566	8,45± 0,730	7,04± 0,560	6,28± 0,628	8,44± 0,995	8,44± 0,729
Ширина переднеспинки	6,13± 0,442	6,31± 0,631	5,23± 0,675	6,70± 0,825	4,61± 0,374	6,02± 0,520	4,35± 0,346	3,94± 0,394	5,83± 0,687	4,04± 0,349
Длина надкрылий	6,05± 0,437	6,75± 0,675	3,33± 0,430	5,11± 0,629	6,30± 0,511	4,23± 0,365	4,40± 0,350	3,44± 0,344	5,09± 0,600	6,07± 0,524
Ширина надкрылий	6,32± 0,456	6,35± 0,635	3,66± 0,472	6,07± 0,747	4,21± 0,341	4,55± 0,364	4,34± 0,347	4,14± 0,414	4,98± 0,586	3,96± 0,342
Отношение длины надкрылий к длине переднеспинки	8,62± 0,622	8,16± 0,816	7,76± 1,001	8,37± 1,030	9,39± 0,761	9,38± 0,810	8,46± 0,673	6,89± 0,689	9,03± 1,064	11,96± 1,033

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Во всех выборках исследованных нами популяций *Chrysomela populi* доминируют имаго средних размеров, что может свидетельствовать о стабильности данных популяций.

2. В большинстве случаев различия коэффициентов вариации размеров самцов и самок незначительны и статистически недостоверны.

3. Коэффициенты вариации размеров могут отличаться в разных популяциях: наиболее сходны они в соседних популяциях и значительно отличаются в удаленных.

4. В одной и той же популяции в разные годы могут наблюдаться изменения коэффициентов вариации размеров, что может быть связано с различной чувствительностью разных признаков к изменению абиотических факторов среды. Это свидетельствует о том, что коэффициенты вариации являются важным параметром, отражающим специфику популяции как коадаптированной и интегрированной генетической системы [1].

1. Новоженев Ю. И. // Зоол. журн. 1978. Т.57. Вып.6. С.857.
2. Яблоков А. В. Изменчивость млекопитающих. М., 1966.
3. Шевцова Л. С. // Известия сиб. отд. АН СССР. 1975. №5. Вып.1. С.58.
4. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Мн., 1973.
5. Емец В. М. // Бюлл. МОИП, отд. биол. 1983. Т.88. №2. С.56.
6. Новоженев Ю. И. // Журн. общ. биол. 1976. Т.37. Вып.6. С.841.

Поступила в редакцию 08.10.98.

УДК 595.768.12:575.21

О.Ю.МИЛЯШЕВИЧ, О.Л.НЕСТЕРОВА

### ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РИСУНКА 20-ТОЧЕЧНОГО ЛИСТОЕДА *CHRYSOMELA VIGINTIPUNCTATA* SCOP. (Coleoptera, Chrysomelidae)

Study of variability range of figures of *Chrysomela vigintipunctata* has been carried out using material from different districts of distribution of this specie in former USSR (collections from Institut of Zoology of Russian Academy of Sciences) and several Belarus populations. It's has been found 52 aberrations of elytra and 35 aberrations of pronotum figure. Phenotype structure of population of Berezinsky Biosphere Reservat has been investigated.

Каждый вид характеризуется особым рисунком, отличающим его от других видов. Под видовым рисунком подразумевают весь комплекс aberrаций,

присущих данному виду. Все формы рисунка могут быть выведены из одной исходной и отражают этапы развития рисунка либо в направлении его усиления, либо ослабления [1].

Изучение эволюции рисунка у жуков-листоедов показало, что непрерывная и дискретная изменчивость являются стадиями одного процесса и дискретная изменчивость возникает на основе непрерывной [2]. Как полиморфизм, так и непрерывная изменчивость имеют существенное адаптивное значение, насыщая популяцию генетическим материалом, что позволяет ей быстро изменять свою структуру и успешно приспосабливаться к новым условиям. Кроме того, большая изменчивость у насекомых, обладающих расчленяющей и другими типами покровительственной окраски, имеет индивидуальную адаптивность. Она не позволяет хищникам вырабатывать условный рефлекс на определенный раздражитель [2].

Целью нашего исследования явилось изучение изменчивости рисунка 20-точечного листоеда *Chrysomela vigintipunctata* из Березинского биосферного заповедника, а также фенетической структуры этой популяции.

### Материал и методика

20-точечный листоед *Ch. vigintipunctata* является палеарктическим видом, распространенным в Европе, Сибири, Казахстане, Монголии, Китае, Корею и Японии. Обитает в припойменных, реже смешанных лесах на ивах [3].

Для изучения спектра изменчивости рисунка использовался материал из коллекции Зоологического института РАН, а также собственные сборы на территории Беларуси. Поскольку *Ch. vigintipunctata* не является массовым видом, выборки оказались малочисленными. Всего изучено 247 жуков, из них 134 самца и 113 самок.

Жуки из Березинского заповедника выведены из куколок, собранных в начале июня на ивах в окр. Сергуч-канала. Всего выведено 57 особей: 27 самцов и 30 самок. Для изучения рисунка верха использовался бинокуляр МБС-10. Рисунки выполнены с использованием окулярной сетки.

Рассчитаны показатели внутривидовой изменчивости:  $\mu$  – показатель внутривидового разнообразия и  $h$  – доля редких морф в популяции [4].

### Результаты и их обсуждение

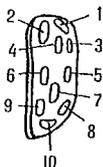


Рис. 1. Стандартная форма рисунка надкрылий *Chrysomela vigintipunctata* (1–10 – номера пятен)

20-точечный листоед характеризуется светло-желтой фоновой окраской надкрылий в сочетании с пришовной полоской и 10 пятнами металлически-зеленого цвета на каждом надкрылье (рис. 1). Переднеспинка чаще всего металлически-зеленая с боковыми полосами светло-желтого цвета.

Всего нами выделено 52 aberrации рисунков надкрылий. Под aberrацией мы понимали композиции фонов [5]. Изменчивость рисунка проявляется как в сторону редукции пятен, вплоть до их исчезновения, так и в сторону слияния элементов рисунка. В отдельных случаях некоторые пятна могут распадаться на два отдельных пятна меньших размеров (рис. 2, 15, 16). Следует отметить, что в некоторых случаях редукция рисунка связана с "истончением" пигмента, в результате чего пятна едва различимы. Причем наиболее стабильными в этом отношении являются пятно 1 и пришовная полоска, тогда как пигмент остальных пятен "истончается" в большей степени вплоть до их исчезновения (см. рис. 2, 1, 3, 8, 11). Такие aberrации с редуцированным рисунком отмечены при изучении материала из Южно-Уссурийского края, собранного в 1912–1913 гг. (коллекция ЗИН РАН). Интересно, что с ослаблением пигментации надкрылий жуков из этих выборок сочетается редукция рисунка переднеспинки (рис. 3, 25, 26, 27). В остальных же случаях рисунки надкрылий и переднеспинки, функционально составляя единое целое, изменяются по разным законам. И однозначного соответствия между конкретными aberrациями переднеспинки и надкрылий не существует. Рисунок надкрылий связан с их жилкованием [1], в то время как для листоедов показана взаимосвязь между меланизированными

элементами рисунка переднеспинки и прикреплением конкретных мышечных пучков [5].

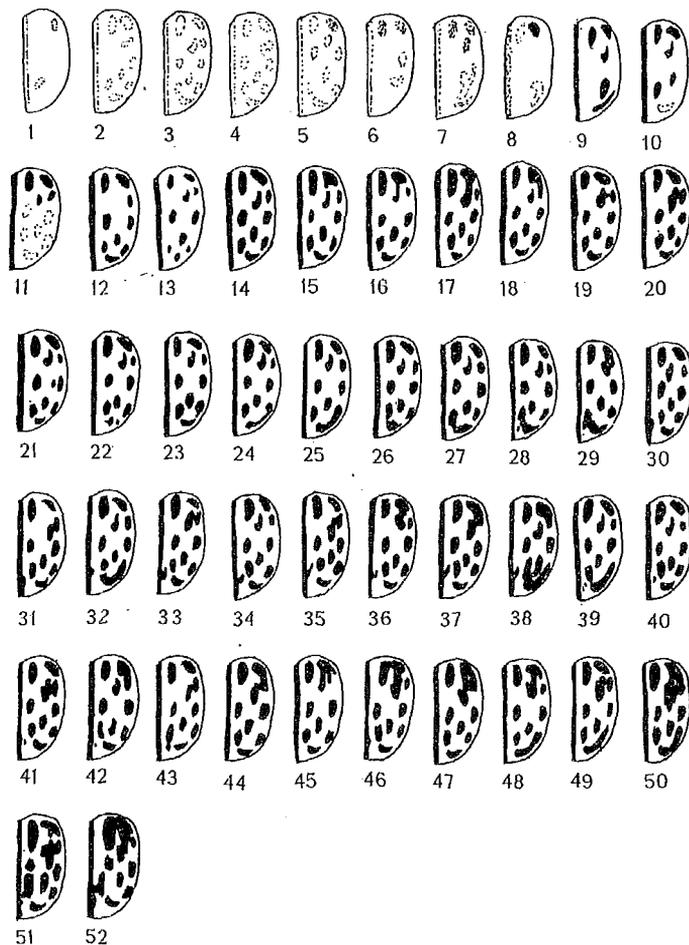


Рис.2. Аберрации рисунка надкрылий *Chrysomela vigintipunctata* (1-52)

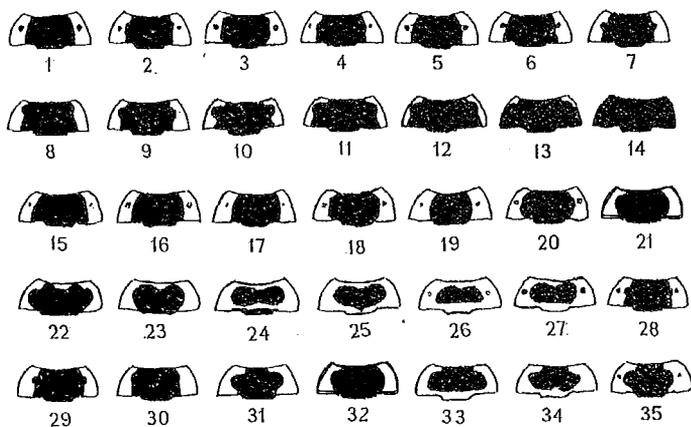


Рис.3. Аберрации рисунка переднеспинки *Chrysomela vigintipunctata* (1-35)

Поскольку аберрация №14 наиболее часто встречалась в просмотренном материале, она была принята за стандартную форму рисунка *Ch. vigintipunctata*. В материале из разных районов Беларуси нами было выделено 25 аберраций рисунка надкрылий. Изменчивость рисунка здесь идет в направлении слияния отдельных элементов рисунка. Чаще всего сливаются пятна: 1-4, 1-3, 1-3-4, 2-1-3, 2-1-3-4, 8-10, 9-10, 7-9-10-8. Разные комбинации

слившихся пятен могут сочетаться друг с другом, образуя сильно меланизированный рисунок (см. рис.2, 29,38,48–50). Такие сложные феноккомплексы обнаружены в выборках из окр. д.Радощковичи (1996–1998 гг.) и р.Березина (Бобруйский р-н). Иногда aberrации связаны с возникновением выроста в нижней части пришовной полоски (см. рис.2, 30–38). Этот вырост может сливаться с пятном 9 (см. рис.2, 51,52) или терять связь с пришовной полоской до образования лежащих рядом 1–2 точек (см. рис.2, 39–42). Кстати, такие aberrации с точками, лежащими вблизи шовной полоски, обнаружены нами только в выборках из белорусских популяций, что нужно принять во внимание при дальнейшем изучении фенетической структуры этих популяций.

Кроме aberrации №14 с достаточно высокой частотой в белорусских популяциях встречается aberrация №34, а также №19,22 – у самцов и №40 – у самок.

Из всего просмотренного материала выделено 35 aberrаций рисунка переднеспинки, 15 из которых встречаются в белорусских популяциях. За стандарт нами принята aberrация №9, наиболее часто встречающаяся в изученном материале (см. рис.3). Изменчивость рисунка переднеспинки идет как в сторону изменения формы пятна, так и в сторону меланизации до полного вытеснения светлого фона (см. рис.3). Кроме aberrации №9 с достаточно высокой частотой в белорусских популяциях встречаются aberrации №7 и 11.

К сожалению не представляется возможным провести сравнительный фенетический анализ различных белорусских популяций из-за отсутствия массового материала. Поэтому остановимся на изучении фенетической структуры популяции *Ch. vigintipunctata* из Березинского заповедника.

Выделено 16 aberrаций рисунка надкрылий. Доминирующей формой рисунка надкрылий является стандартная форма №14. Она встречается с частотой 30% у самок и 18,5% у самцов (рис.4). Кроме того, достаточно высокую частоту встречаемости имеют aberrации №34,22 и 19 у самцов и №34, 40 – у самок. Остальные aberrации можно отнести в группу редких.

Для изучения внутривидовой изменчивости рассчитаны следующие показатели:  $\mu$  – показатель внутривидовой изменчивости, который дает оценку разнообразия в единицах “число морф”, и  $h$  – доля редких морф в популяции. Чем более равномерно распределены частоты aberrаций, тем ближе значение  $\mu$  к числу aberrаций  $m$  в данной выборке. По рисунку надкрылий для выборки самцов  $\mu=11,49 \pm 0,80$  при  $m=13$ , для самок  $\mu=7,07 \pm 0,47$  при  $m=8$ . Доля редких морф  $h$  одинакова для самцов и самок и равна  $0,116 \pm 0,062$  ( $\pm 0,058$ ).

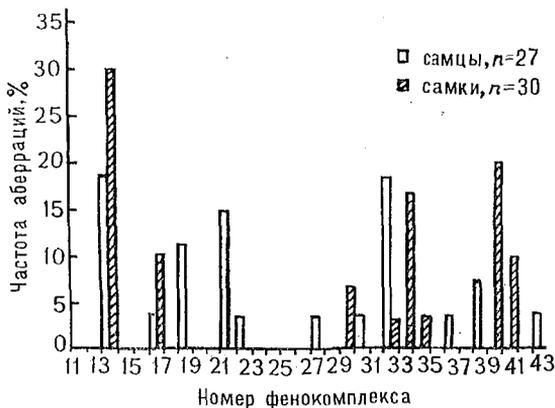


Рис.4. Частота aberrаций рисунка надкрылий *Chrysomela vigintipunctata* из популяции Березинского заповедника, 1998 г.

и у самок, а 5 характерны только для выборки самок. Доминирующей формой является aberrация №9 (см. рис.3). Она встречается с частотой 40,7% у самцов и 20% у самок. Кроме того, с достаточно высокой частотой отмечены aberrации №11 у самцов и №7,30,6,15 – у самок (рис.5).

Сравнение выборок самцов и самок между собой по частотам aberrаций рисунка надкрылий производилось с использованием показателя сходства  $r$ . Его рассматривают как частоту общих морф (aberrаций) в сравниваемых выборках. Он равен  $0,200 \pm 0,097$ , что свидетельствует о достаточно больших различиях в наборе aberrаций и частоте их встречаемости между выборками самцов и самок из Березинского заповедника (см. рис.4).

По рисунку переднеспинки выделено 12 aberrаций, 7 из которых встречается и у самцов,

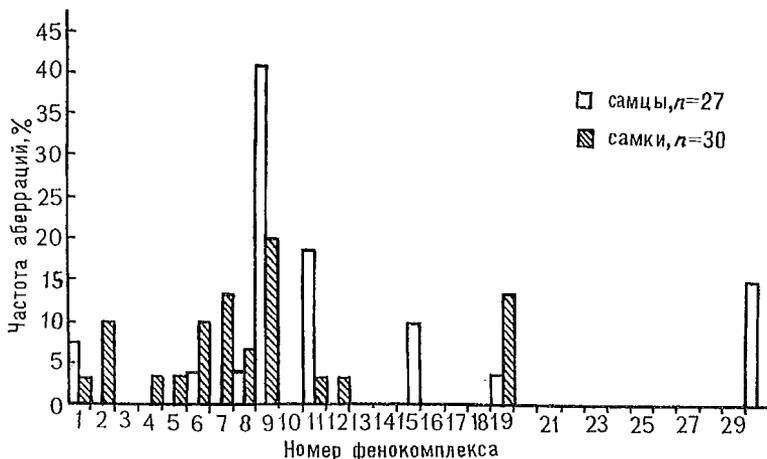


Рис.5. Частота aberrаций рисунка переднеспинки *Chrysomela vigintipunctata* из популяции Березинского заповедника, 1998 г.

Показатели  $\mu$  по рисункам переднеспинки равны  $5,67 \pm 0,53$  при  $m=7$  для самцов и  $10,84 \pm 0,65$  при  $m=12$  для самок, что говорит о достаточно равномерном распределении частот aberrаций в изученных выборках. Доля редких морф  $h$  составила  $0,19 \pm 0,075$  для самцов и  $0,097 \pm 0,054$  для самок.

Показатель сходства  $r$  по рисунку переднеспинки составил  $0,331 \pm 0,113$ , что также свидетельствует о различиях выборок по набору и частоте встречаемости aberrаций рисунка переднеспинки.

### Заключение

В результате проведенного исследования из всего просмотренного материала по *Ch. vigintipunctata* нами выделено 52 aberrации рисунка надкрылий и 35 aberrаций рисунка переднеспинки. Из них 25 aberrаций рисунка надкрылий и 15 aberrаций рисунка переднеспинки встречаются в выборках из белорусских популяций.

Установлено, что с ослаблением пигментации рисунка надкрылий сочетается уменьшение размеров рисунка переднеспинки (на примере выборки из Южно-Уссурийского края, 1912–1913 гг.). В остальных случаях рисунки надкрылий и переднеспинки изменяются независимо.

При изучении фенетической структуры популяции Березинского заповедника выделено 16 aberrаций рисунка надкрылий и 12 – рисунка переднеспинки. Изучение внутривидового разнообразия показало, что в выборках и самцов, и самок частоты aberrаций по обоим признакам распределены равномерно и доля редких aberrаций невелика, что может быть связано с малым объемом выборок. Выборки самцов и самок отличаются между собой по набору и частоте встречаемости aberrаций, о чем свидетельствуют вычисленные показатели сходства выборок  $r$ .

1. Филиппов Н. Н. // Зоол. журн. 1961. Т.40. Вып.3. С.372.
2. Новоженев Ю. И. // Журн. общ. биол. 1980. Т.41. №5. С.668.
3. Дубешко Л. Н., Медведев Л. Н. // Сб. статей: Фауна насекомых Вост. Сиб. и Дальн. Вост. Иркутск, 1974. С.147.
4. Животовский Л. А. // Фенетика популяций. М., 1982. С.38.
5. Васильев А. Г. // Фенетика природных популяций. М., 1988. С.158.
6. Присный А. В. // Зоол. журн. 1980. Т.59. Вып.10. С.1575.

Поступила в редакцию 17.09.98.

УДК 612.82

А.В.СИДОРОВ

### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИ СВЯЗАННЫЕ НЕЙРОНЫ МОЛЛЮСКА

Temperature is show to modulate electrotonic coupling between two giant peptidergic neurons in the CNS of *Lymnaea stagnalis* (L.). High temperature could decrease and low – to increase junctional conductance. All these changes are reversible.

Центральная нервная система (ЦНС) пресноводного легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* (L.) состоит из относительно небольшого количества нейронов (около 15 тыс.), многие из которых имеют размеры свыше 50 мкм. Количество идентифицированных нейронов и синапсов у *Lymnaea* превышает сотню, что делает возможным успешное изучение нейрональной и синаптической пластичности в простых нервных системах.

Электрическая связь между клетками широко распространена среди различных типов тканей [1] и обеспечивает скоординированную работу между различными отделами нервной системы как за счет скорости проведения, так и за счет возможности проведения возбуждения в обоих направлениях. Предполагается также участие связанных таким образом клеток в генерации ритма [2]. Однако в настоящее время недостаточно полно известен механизм подобной связи. Структурной основой электрической связи являются трансмембранные белки коннексины – основные составляющие межклеточных каналов [3,4]. Возможно участие различного рода "вторых внутриклеточных посредников" в реализации данного взаимодействия за счет модуляции работы воротных механизмов каналов [5].

В настоящее время довольно широко исследовано влияние различных биологически активных веществ на электрическую связь. Между тем действие физических факторов изучено еще недостаточно. Температура и ее изменения играют заметную роль в протекающих в организме физиологических процессах. Целью настоящей работы явилось изучение действия температуры на параметры электрической связи между пептидэргическими нейронами *Lymnaea stagnalis* (L.).

#### Материал и методика

Исследования проводились на восьми препаратах изолированных ЦНС представителей отряда *Basommatophora* – *Lymnaea stagnalis* (L.). Моллюски были собраны в окрестности д.Негорелое (Минская область) в осенний период. В лаборатории содержались в аквариуме при температуре 14–16°C. Пищей служили молодые листья капусты.

Для внутриклеточной регистрации электрофизиологических показателей применялась стандартная методика. Микроэлектроды заполнялись 2,5М раствором KCl и имели сопротивление 15–30 МОм. ЦНС моллюсков полностью изолировалась, соединительнотканная оболочка удалялась вольфрамовыми иглами. Перед микроэлектродными исследованиями ЦНС обрабатывали раствором проназы (1мг/1мл раствора Рингера). После этого ЦНС в течение 30 мин промывалась в свежем растворе Рингера следующего состава (в мМ): NaCl 44,0, KCl 1,7, CaCl<sub>2</sub> 4,0, MgCl<sub>2</sub> 1,5, HEPES 10,0, pH 7,35.

Термостатирование и изменение температуры осуществлялось с помощью специальной термоячейки. Электрическая активность нейронов была усилена (усилитель МС-01М) и регистрировалась при помощи чернильного самописца НЗЗ8-4П.

Изучался ряд показателей эффективности электрической связи: коэффициент связи (КС) и общее сопротивление цепи. В одну из исследуемых клеток подавался постоянный гиперполяризующий ток (0,5 нА). Мембрана данной клетки, как и мембрана электрически связанного с ней нейрона, гиперполяризовалась. Отсюда рассчитывался КС как отношение изменения мембранного потенциала (МП) постсинаптической клетки к изменению МП пресинаптического нейрона (в который подавался ток). Общее сопротивление цепи определялось как отношение изменения МП пресинаптического нейрона к величине тока, качиваемого в данный нейрон.

#### Результаты и их обсуждение

Пара гигантских пептидэргических нейронов VD1-RPaD2 (по классификации Winlow & Benjamine) [6] расположена на вершинах вентрального и париетального ганглиев соответственно. Она может быть легко идентифицирована по размерам и цвету. Однако наиболее просто данная пара определяется по электрофизиологическим параметрам. В изолированных препаратах ЦНС эти клетки всегда спонтанно активны с частотой 0,8–1,0 Гц, иногда наблюдаются периоды покоя. Потенциалы действия (ПД) в указанных клетках неизменно

формируются строго синхронно. Незначительное изменение в работе одного точчас отражается на работе спаренного нейрона.

Полученные результаты показывают, что температура оказывает влияние на такие характеристики нейрона, как частота и амплитуда ПД, величина потенциала покоя (ПП) (рис.1). Понижение температуры приводит к полному исчезновению спонтанной активности и гиперполяризации на 5–7 мВ. С ростом температуры наблюдается обратная картина: на фоне деполяризации (4–5 мВ при 25°C, 9–10 мВ при 35°C) – значительное увеличение частоты ПД (1,2–1,3 Гц при 25°C и 1,5 Гц при 35°C). При этом амплитуда ПД уменьшается (на 15 мВ при 25°C и 35 мВ при 35°C).

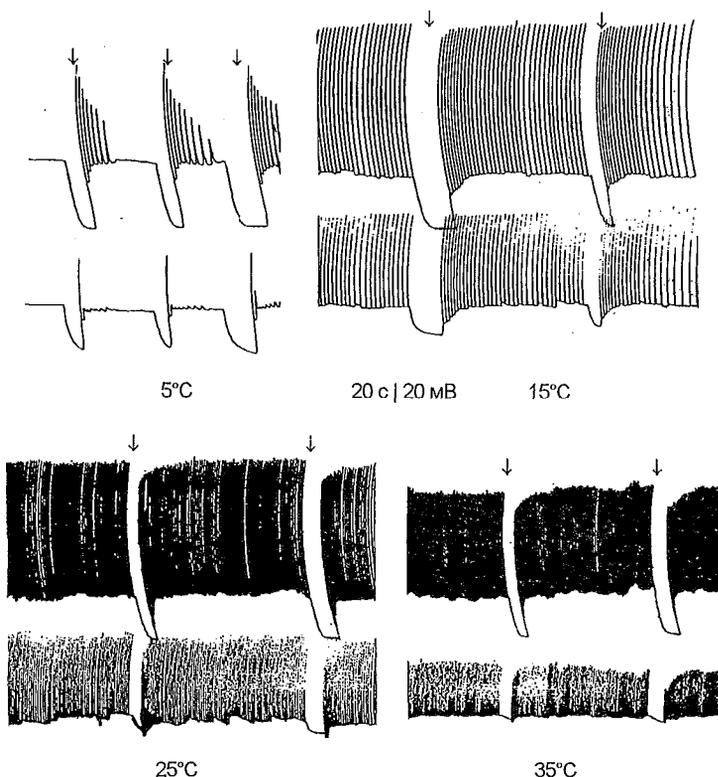


Рис.1. Спонтанная электрическая активность нейронов VD1 (верхняя линия) и RPaD2 (нижняя линия) и примеры работы электрической связи (подача импульса тока отмечена ↓) при разных экспериментальных температурах

Влияние температуры на коэффициент связи между VD1 и RPaD2 представлено на рис.1 и 2. Анализ показателей осуществлялся в четырех температурных диапазонах: 5, 15, 25 и 35°C соответственно. С повышением температуры наблюдается значительное падение КС между нейронами (на 38,6% и 67,0% при 25 и 35°C соответственно). При понижении температуры до 5°C КС, наоборот, возрастал на 33,8%.

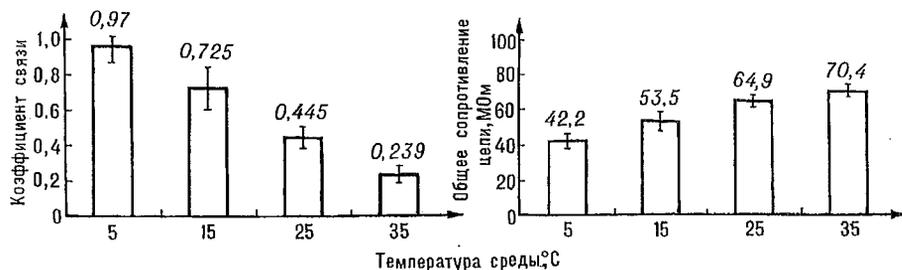


Рис.2. Изменения коэффициента связи при разных экспериментальных температурах (показано значение и доверительный интервал,  $P < 0,05$ )

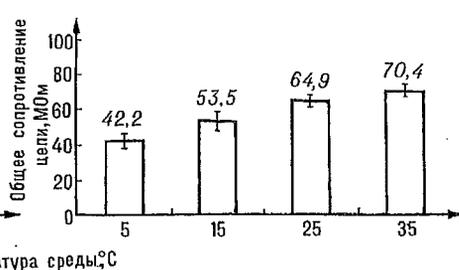


Рис.3. Изменения общего сопротивления цепи при разных экспериментальных температурах (показано значение и доверительный интервал,  $P < 0,05$ )

Изменение общего сопротивления цепи в тех же температурных диапазонах (рис.3) также имеет место, но величина подобных сдвигов не может полностью объяснить изменения в КС. При 5 и 25°C величина изменения общего сопротивления цепи только на 2/3, а при 35° С лишь на 1/2 покрывает наблюдаемые величины сдвигов в КС между VD1 и RPaD2. Таким образом, полученные результаты нельзя объяснить лишь возрастанием токов утечки, т.е. изменением свойств мембран. Вероятно, температура оказывает прямое влияние и на конформацию коннексинов.

Следует отметить обратимость подобного рода реакций. При возвращении к исходным температурным условиям параметры электрической активности нейронов (частота и амплитуда ПД, величина ПП) полностью нормализовывались. Величины КС и общего сопротивления цепи принимали первоначальное значение.

Уменьшение КС с ростом температуры подтверждает имеющиеся данные о том, что моллюски, как и многие другие водные животные, плохо переносят значительное повышение температуры. Водная среда за счет высокой теплопроводности способна сглаживать температурные колебания, наблюдаемые на суше. Нейроны VD1 и RPaD2 играют значительную роль в координации работы кардиореспираторной сети Лумнаеа [8,9]. Очевидно, что нарушение взаимодействия столь важных клеток незамедлительно сказывается на работе всего организма в целом. Можно также предположить, что при относительно низких температурах электрическая связь имеет некоторые преимущества по сравнению с химической (менее энергоемка). Нервные клетки, обладая высокой степенью пластичности, по-видимому, способны выполнять свои функции и при высоких температурах, однако для подобной адаптации требуется некоторое время и постепенное изменение температурных условий.

Полученные нами данные позволяют предположить, что температурные альтерации оказывают влияние как на электрический синапс, так и на нейрональные мембраны. Температура проявляет модулирующее воздействие на конформационное состояние белков щелевых контактов и их подвижность в плоскости мембраны, что и приводит к наблюдаемым изменениям в эффективности электрической передачи.

1. Bennett M.V.L. // Ann. N. Y. Acad. Sci. 1968. Vol.157. P.509.
2. Getting P.A. // Ann. Rev. Neurosci. 1989. №12. P.185.
3. Bruzzone R., Ressot C. // Eur. J. Neurosci. 1997. Jan. 9(1). P.1.
4. Bukauskas F.F., Peracchia C. // Biophys. J. 1997. Vol.72. №5. P.2137.
5. Spray D.C., Bennett M.V.L. // Ann. Rev. Physiol. 1985. Vol.47. P.281.
6. Benjamin P.R., Winlow W. // Comp. Biochem. Physiol. 1981. Vol.70A. P.293.
7. Kolb H.A., Somogyi R. // Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol. 1991. Vol.118. P.1.
8. Kerkhoven R.M., Crol R.P. et al. // Brain Res. 1991. Vol.565. P.8.
9. Van der Steen W.J., Van den Hoven N.P., Jager J.C. // Symp. Biol. Hungarica. 1988. Vol.36. P.377.

Поступила в редакцию 24.03.98.

УДК 615.2/3.015.4

Е.Э.ГРИНЦЕВИЧ, В.В.СЕНЧУК

### БИОТРАНСФОРМАЦИЯ АМИНОБИФЕНИЛОВ СОЛЮБИЛИЗИРОВАННОЙ ТИРЕОИД-ПЕРОКСИДАЗОЙ ЧЕЛОВЕКА

The objective of the study was to investigate the role of human thyroid-peroxidase in the biotransformation of carcinogenic benzidine derivative as possible molecular mechanism of thyroid carcinogenesis. Our results demonstrate that human thyroid-peroxidase oxidized 3,3'-dimethylbenzidine to the genotoxic metabolites. Our results confirm that the role of genotoxic environmental factors needs consideration in estimation of thyroid cancer risk from external and internal irradiation.

Среди последствий аварии на ЧАЭС особое место занимает увеличение частоты рака щитовидной железы [1]. Представления о молекулярных механизмах появления злокачественных опухолей щитовидной железы у людей основываются на роли мутаций онкогенов под действием внутреннего и внешнего облучения [2]. Известно, что многие ксенобиотики, энзиматически превращаясь в реакционноспособные метаболиты, могут изменять биохимические процессы в клетке, вызывать мутации и процессы канцерогенеза [3]. Центральное место в исследованиях молекулярных механизмов химического

канцерогенеза отводится поиску специфических ферментативных систем биотрансформации ксенобиотиков, которые способны не только обезвреживать чужеродные соединения, но и продуцировать радикальные продукты активации ксенобиотиков, активные формы кислорода, обладающие генотоксичным, мутагенным действием [3]. Результаты модельных исследований позволяют предположить, что одним из путей метаболизма распространенной группы ксенобиотиков, относящихся к аминобифенилам бензидинового ряда, может быть их окисление различными гемопротеинами (цитохром P-450, простагландин-синтетаза, гемоглобин) по пероксидазному механизму [4,5]. Известно, что бензидин является канцерогеном для человека, диметоксибензидин и диметилбензидин обладают ограниченной канцерогенной активностью, что установлено в экспериментах на животных, а тетраметилбензидин не обладает канцерогенной активностью [6]. Установлено, что аминобифенилы в эксперименте на животных обладают тиреотропной активностью и способны индуцировать злокачественные и доброкачественные опухоли щитовидной железы [6]. Вместе с тем к началу выполнения настоящей работы в литературе отсутствовали сведения о метаболических превращениях аминобифенилов с участием ферментных систем клеток щитовидной железы. Среди ферментов щитовидной железы наше внимание привлекла тиреоид-пероксидаза, которая, наряду с участием в реакциях активации иодида в присутствии пероксида водорода и биосинтеза тиреоидных гормонов [7], может, как мы предполагали, окислять аминобифенилы по пероксидазному механизму с образованием генотоксичных продуктов, способных повреждать ДНК, приводя в итоге к злокачественному перерождению тиреоцитов. С целью проверки этих предположений мы попытались установить роль тиреоид-пероксидазы человека (ТПЧ) в биотрансформации 3,3'-диметилбензидина как возможного механизма патогенеза щитовидной железы.

#### Материал и методика

В работе использовали гистологически классифицированные послеоперационные образцы щитовидной железы человека\*.

Субклеточные фракции щитовидной железы человека получали методом дифференциального центрифугирования [8]. В качестве источника солиubilизированной ТПЧ использовали цитоплазматическую фракцию клеток щитовидной железы [9].

Реакцию окисления аминобифенила солиubilизированной ТПЧ проводили в условиях, оптимальных для пероксидазного окисления аминобифенилов пероксидазой из хрена [5]. Реакцию окисления аминобифенила при 30°C запускали добавлением 10 мМ пероксида водорода в реакционную смесь объемом 3 мл, содержащую 0,05 М цитратный буфер (рН 5,6), 0,025% Tween-20, солиubilизированную ТПЧ и 1 мМ диметилбензидин. Реакцию оценивали по величине начальной скорости ( $V_0, M^{-1} \cdot c^{-1}$ ) накопления продуктов пероксидазного окисления аминобифенила.

Концентрацию белка определяли микробиуретовым методом [10]. Концентрацию пероксида водорода определяли йодометрическим титрованием. Концентрацию продуктов пероксидазного окисления 3,3'-диметилбензидина определяли спектрофотометрически, используя коэффициент молярной экстинкции, равный  $1,4 \cdot 10^4 M^{-1} \cdot cm^{-1}$  при 460 нм [5].

Спектрофотометрические анализы проводили на приборе "Spekord M-40" (ГДР) и спектрофотометре СФ-46.

#### Результаты и их обсуждение

На рис.1 представлены спектры поглощения 3,3'-диметилбензидина и окрашенных продуктов пероксидазного окисления 3,3'-диметилбензидина, катализируемого солиubilизированной ТПЧ в присутствии насыщающих концентраций пероксида водорода и аминобифенила при рН=5,6, т.е. в условиях, оптимальных для пероксидазного окисления аминобифенилов различными

\* Авторы благодарят проф. Е.П.Демидчика (Республиканский научно-практический центр опухолей щитовидной железы МЗ Беларуси) за предоставленный материал.

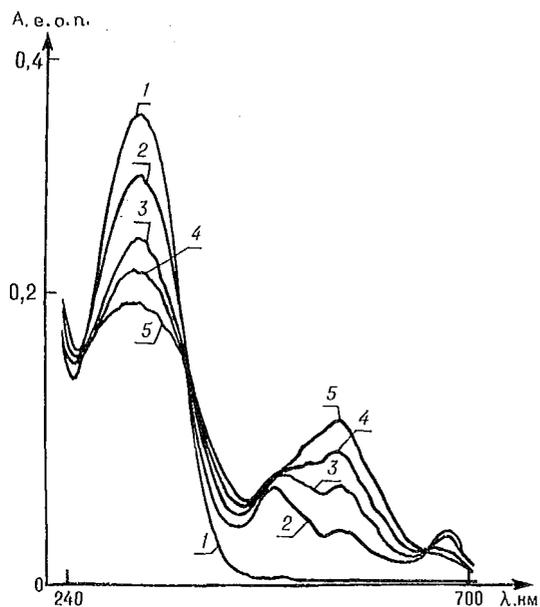


Рис.1. Спектр поглощения 3,3'-диметилбензидина (1) и продуктов пероксидазного окисления 3,3'-диметилбензидина (2-5; с интервалом регистрации 1 мин) при участии солюбилизированной ТПЧ

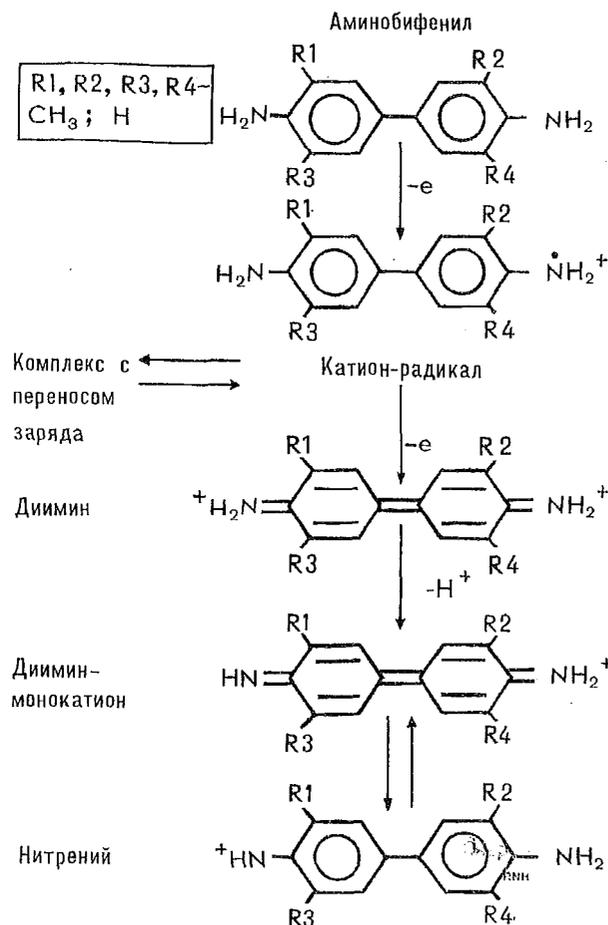


Рис.2. Возможные пути биотрансформации аминобифенилов по пероксидазному механизму тиреоид-пероксидазой человека

гемопротеинами [4, 5]. Из этих данных видно, что солюбилизированная ТПЧ осуществляет последовательное расщепление 3,3'-диметилбензидина ( $\lambda_{\text{max}}=282$  нм) с образованием окрашенных продуктов реакции, характерных для пероксидазного окисления 3,3'-диметилбензидина пероксидазой из хрена [4,5]. Первичными продуктами реакции являются катион-радикал 3,3'-диметилбензидина и комплекс с переносом заряда ( $\lambda_{\text{max}}=335$  нм и 635 нм), которые постепенно превращаются в диимин 3,3'-диметилбензидина ( $\lambda_{\text{max}}=460$  нм). Эти данные являются первым экспериментальным доказательством способности солюбилизированной ТПЧ окислять 3,3'-диметилбензидин по пероксидазному механизму в соответствии со схемой реакции, ранее предложенной для пероксидазы из хрена (рис.2) [4,5]. Важной

особенностью такой схемы биотрансформации аминобифенилов бензидинового ряда является генерация радикальных продуктов реакции, которые способны реагировать с ДНК с образованием поперечно сшитых молекул ДНК [11].

В модельных исследованиях с использованием пероксидазы из хрена установлено, что в присутствии NADH не происходит образования окрашенных продуктов реакции окисления некоторых ароматических аминов, а запускается циклический процесс, приводящий к появлению супероксидного анион-радикала [12], который может быть источником появления OH-радикала – наиболее активного генотоксичного радикала в биосистемах, способного эффективно повреждать белки и нуклеиновые кислоты [13]. Поскольку для клеток щитовидной железы характерен высокий уровень NADPH [14], мы исследовали особенности протекания реакции пероксидазного окисления 3,3'-

диметилбензида при участии солюбилизированной ТПЧ в присутствии NADPH. Из данных рис.3 видно, что с увеличением концентрации NADPH, внесенного в реакционную смесь, происходит резкое уменьшение скорости образования окрашенных продуктов пероксидазного окисления 3,3'-диметилбензида в реакции, катализируемой солюбилизированной ТПЧ. При этом наблюдается окисление NADPH в присутствии 3,3'-диметилбензида, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и солюбилизированной ТПЧ, а в отсутствие фермента NADP<sup>+</sup> не образуется (рис.4). Следует отметить, что окрашенные продукты окисления 3,3'-диметилбензида начинают появляться только после полного расходования NADPH (см. рис.4). Следовательно, в этих условиях восстановленный нуклеотид предотвращает образование окрашенных продуктов пероксидазного окисления 3,3'-диметилбензида, вовлекаясь в циклический процесс регенерации аминобифенила. Этот вывод подтверждается и результатами исследования зависимости скорости образования продуктов пероксидазного окисления 3,3'-диметилбензида солюбилизированной тиреоид-пероксидазой человека от концентрации NAD<sup>+</sup>, которые показали, что окисленный нуклеотид мало влияет на накопление окрашенных продуктов окисления аминобифенила.

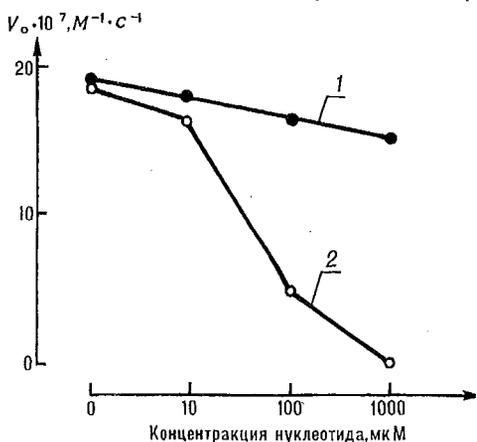


Рис.3. Зависимость скорости образования продуктов пероксидазного окисления 3,3'-диметилбензида солюбилизированной ТПЧ от концентрации NAD<sup>+</sup> (1) и NADPH (2)

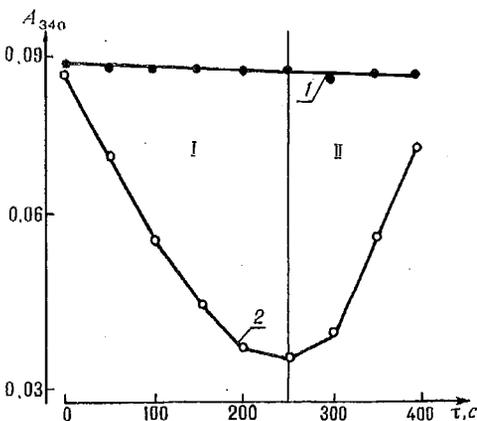


Рис.4. Окисление NADPH в реакции, катализируемой солюбилизированной тиреоид-пероксидазой человека в присутствии 3,3'-диметилбензида, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и NADPH: I — окисление NADPH, II — образование продуктов окисления аминобифенила; 1 — без ТПЧ, 2 — в присутствии ТПЧ

Таким образом, характер биотрансформации 3,3'-диметилбензида солюбилизированной ТПЧ во многом определяется присутствием восстановленной формы нуклеотида NADPH, которая принимает участие в формировании цикла биохимических реакций (рис.5). Принципиально важной особенностью этого цикла является генерация активных форм кислорода (супероксид анион-радикал, OH-радикал) при одновременном предотвращении восстановленным нуклеотидом глубокого окисления аминобифенилов. Свободнорадикальные продукты реакций обладают высокой генотоксичностью и мутагенной активностью, что, как предполагают, лежит в основе злокачественной трансформации клеток [3,13]. Следовательно, ключевую роль в этих процессах приобретает состояние систем детоксикации активных форм кислорода в тиреоцитах, регенерации восстановленных нуклеотидов, которые могут легко подвергаться истощению в условиях окислительного стресса [13].

Результаты работы позволяют заключить, что ТПЧ способна окислять канцерогенный аминобифенил бензидинового ряда по пероксидазному механизму. В ходе биотрансформации ксенобиотика образуются генотоксичные продукты (катион-радикалы аминобифенилов, диимины). NADPH принимает участие в цикле биохимических реакций, сопряженных с функционированием ТПЧ в процессе окисления аминобифенила,

стимулируя образование высокотоксичных активных форм кислорода. В условиях широко распространенных у жителей республики аномалий щитовидной железы, применения лекарственных препаратов для их коррекции,

экспозиции к ионизирующему излучению и к разнообразным ксенобиотикам функциональное состояние ферментативной системы биосинтеза тиреоидных гормонов может служить одним из важнейших звеньев в процессе злокачественного перерождения клеток щитовидной железы. Это предположение представляется обоснованным по следующим причинам. Во-первых, вовлечение тиреоид-пероксидазы в метаболические превращения хронически поступающих в организм ксенобиотиков может приводить к стойким нарушениям реакций иодирования тиреоглобулина, синтеза тиреоидных гормонов и, как следствие, к компенсаторному изменению пролиферативного статуса тиреоцитов. Во-вторых, генерация генотоксичных продуктов, образование их аддуктов с ДНК и белками, изменение вследствие этого процессов деления клеток, транспорта и секреции гормонов, структурного состояния мембран может иметь особенно негативные последствия на фоне уже имеющихся аномалий щитовидной железы и воздействия малых доз радиации.

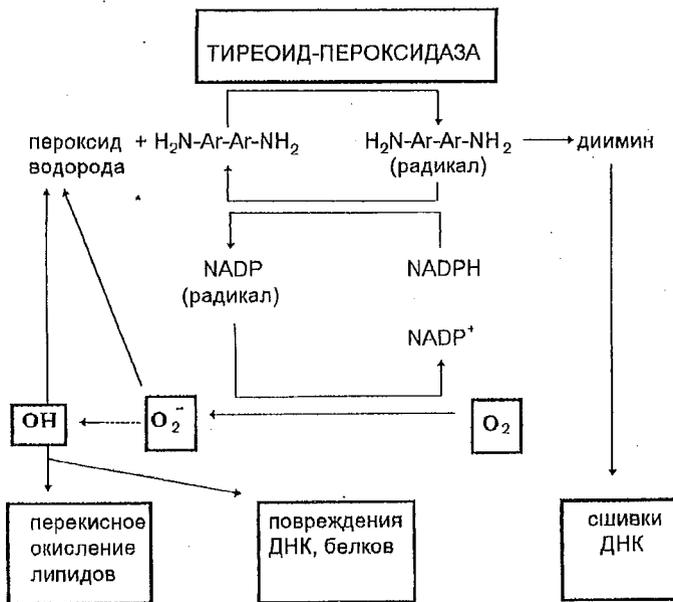


Рис.5. Циклическая реакция генерации активных форм кислорода при пероксидазном окислении аминобифенилов ТПЧ в присутствии NADPH

Таким образом, результаты работы подтверждают предположение о необходимости учета вклада ксенобиотиков наряду с радиационным фактором при эпидемиологическом анализе и выяснении молекулярных механизмов появления злокачественных опухолей щитовидной железы человека.

1. Baverstock K. et al. // Nature. 1992. Vol.359. P.21.
2. Farid N.R., Shi Y., Zou M. // Endocrine Rev. 1994. Vol.15. №2. P.202.
3. Сейц И.Ф., Князев П.Г. Молекулярная онкология. М., 1986.
4. Josephy P.D., Mason R.P., Eling T. // Cancer Res. 1982. Vol.42. P.2567.
5. Исмаил И., Гавриленко Н.В., Пикулев А.Т., Курченко В.П. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1991. №2. С.28.
6. Канцерогенные вещества: Справ. / Под ред. В.С.Турусова. М., 1987.
7. McLachlan S., Rapoport B. // Endocr. Rev. 1992. Vol.13(2). P.192.
8. Современные методы в биохимии / Под ред. В.Н. Ореховича. М., 1979.
9. Niepomniszcze H., Degroot L.G., Hagen G.A. // JCE & M. 1972. Vol.34. №4. P.607.
10. Практикум по биохимии / Под ред. С.Е.Северина, Г.А.Соловьевой. М., 1989.
11. Курченко В.П. // Генетическая инженерия и биотехнология: Тез. докл. науч. конф. Мн., 1994. С.37.
12. O'Brien P.G. Free Radicals in Biology. 1984. Vol.6. P.289.
13. Davies K.J.A. // Biochem. Soc. Symp. 1995. Vol.61. P.1.
14. Рачев Р.Р., Ещенко Н.Д. Тиреоидные гормоны и субклеточные структуры. М., 1975.

## ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ НАХОДКИ В МСТИСЛАВСКОМ РАЙОНЕ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

In this article 3-year investigations of Mstislavsky district (Mogilev province) flora are summed up. 27 species, brought in Red-data Book of Republic of Belarus, 28 rather rare and disappearing species are given. Their locality, habitat and number are given too.

В течение 1994–1996 гг. нами были проведены полевые маршрутные исследования в долине р.Вихры в Мстиславском районе Могилевской области. В физико-географическом отношении [1] этот район охватывает Горецко-Мстиславскую возвышенность, которая в соответствии с ландшафтным районированием [2] входит в Горецко-Мстиславский ландшафтный район Восточно-Белорусской провинции. Для этого региона характерны уникальные волнисто-увалистые лессовые ландшафты. Их характерная особенность – развитая долинно-овражно-балочная сеть, местами вскрывающая карбонатные породы. Сельскохозяйственные угодья с преобладанием пашни занимают свыше 90% территории района, лесная же растительность сохранилась лишь на 5% территории в виде небольших массивов.

Интерес автора к данной территории не случаен. Несмотря на то, что восточная Беларусь традиционно считается флористически довольно хорошо изученной, подавляющая часть материалов была получена 100–150 лет назад. Последние же 60–70 лет данная территория практически не исследовалась, поэтому современное состояние флоры – большое "белое пятно" в отечественной флористике. Что же касается Мстиславского района, то (по данным литературы) единственным ботаником, достоверно побывавшим в окрестностях г.Мстиславля, является М.А.Пряхин [3]. Для окрестностей города он указал такие редкие виды растений, как: *Potentilla alba* L., *Dracoscephalum ruyschiana* L., *Serratula tinctoria* L., *Prunella grandiflora* (L.) Scholl. В 1985 г. Д.И.Третьяков изучил синантропную флору в г.Мстиславле и окрестностях (данные, к сожалению, не опубликованы). Он собрал более 100 гербарных листов, которые хранятся в Гербарии Института экспериментальной ботаники (MSK). Им были найдены следующие виды: *Anemone sylvestris* L., *Anthemis cotula* L., *Campanula latifolia* L., *Cucubalus baccifer* L., *Cuscuta epithimum* (L.) L., *Digitalis grandiflora* Mill., *Fragaria viridis* Duch., *Gentiana cruciata* L., *Jovibarba sobolifera* (Sims) Opiz., *Lamium amplexicaule* L., *Leontodon danubialis* Jacq., *Monogynella lupuliformis* (Krock.) Hadac et Chrtek, *Picris hieracioides* L., *Potentilla alba* L., *Prunella grandiflora* (L.) Scholl., *Viola hirta* L.

В результате наших исследований было выявлено 11 видов, занесенных в Чырвоную кнігу Рэспублікі Беларусь [4], 16 видов, требующих профилактической охраны и рационального природопользования [4] (из них 8 видов приведены ниже с указаниями местонахождений и местообитаний, а такие виды, как *Campanula persicifolia* L., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Convallaria majalis* L., *Digitalis grandiflora* Mill., *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo, *Primula veris* L., *Thalictrum aquilegifolium* L., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., являются обычными и известны из большого числа местонахождений), а также 28 видов редких и исчезающих растений и видов, представляющих интерес в фитогеографическом плане. Ниже приводится перечень всех этих видов по алфавиту латинских названий с указанием местонахождений, местообитаний и характера встречаемости.

*Anemone sylvestris* L. – Ветреница лесная. 1) Окр. д. Нов. Вихряны (1,5 км к В) Печковского с/с. Опушка сосняка на первой коренной террасе по склону коренного берега в месте слияния рек Вихра и Сож, одиночно и небольшими группами, неравномерно распределена на общей площади около 1 га (Тихомиров В.Н., 04.06.1995, №23, цв., пл.). 2) г.Мстиславль (СЗ окраина), "Троецкая гора". Мезоксерофитные луговины по склонам овражно-балочной сети, выходящей к р.Вихра. Покрывает склоны оврагов, местами образуя монодоминантные сообщества (Тихомиров В.Н., 05.06.1995, №26, цв., пл.).

*Angelica palustris* (Bess.) Hoffm. (*Ostericum palustre* (Bess.) Bess.) – Дудник болотный. Окр. д. Печковка (0,2 км к С) Печковского с/с. Пойменный луг среднего и низкого уровня в левобережной части долины р.Вихра, система мелиоративных каналов в междуречье реки и безымянного ручья. Популяция представлена крупной агрегацией с диффузным распределением особей по бортам и берегам мелиоративных каналов, которая занимает общую площадь 60x80 м (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 17.08.1994, № 235, цв., пл.).

*Anthemis cotula* L. – Пулавка вонючая, или собачья. Д.Заречье Мстиславского г/с. Растет на обочинах проселочной дороги, проходящей вдоль р.Вихра и вдоль заборов на протяжении 100 м. Встречается группами (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 17.08.1994, №137, цв., пл.).

*Arctium nemorosum* Lej. – Лопух дубравный. Окр. д. Печковка (1 км к Ю) Печковского с/с, в долине р.Вихра, в месте впадения двух стариц в реку. Среди разреженного ивняка по берегу старицы. Единственное растение (Тихомиров В.Н., 29.07.1995, № 112, цв.).

*Beckmannia eruciformis* (L.) Host. – Бекманния обыкновенная. Окр. г.Мстиславля (0,1 км к В). Пойменный луг среднего уровня в правобережной части долины р.Вихра. Образует монодоминантные сообщества (Тихомиров В.Н., 22.07.1994, №144, цв.).

*Campanula latifolia* L. – Колокольчик широколистный. Окр. д.Печковка (0,1 км к С). Растет по берегам безымянного ручья, заросшим ольхой серой. Одиночно и небольшими группами на протяжении 1,5 км (Тихомиров В.Н., 1994).

*Carduus nutans* L. – Чертополох поникший. Окр. д.Печковка (0,3 км к ЮЗ). Пустошный луг в левобережной части долины р.Вихра, подверженный интенсивному выпасу скота. Встречается одиночно и небольшими группами, но на значительной площади (Тихомиров В.Н., 17.07.1994, № 112, цв., вер.).

*Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch. – Пыльцеголовник длиннолистный. Окр. д. Заречье Мстиславского г/с (0,5 км к В). Молодая дубрава с сосной и осиной на плакоре между деревьями Печковка и Заречье. Единственное растение (Тихомиров В.Н., 23.06.1995, №75, пл.).

*Cnidium dubium* (Schkuhr) Thell. – Жгун-корень сомнительный. 1) Окр. д.Белищено Печковского с/с (1,5 км к ЮЗ). Опушка ельника мертвопокровного. Отмечено около 10 растений (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 17.08.1994, №242, цв.). 2) Окр. д.Печковка (0,2 км к С) Печковского с/с. Пойменный луг среднего и низкого уровня в левобережной части долины р.Вихра, система мелиоративных каналов в междуречье реки и безымянного ручья. Рассеянно по бортам и берегам мелиоративных каналов, на площади 100x200 м (Тихомиров В.Н., 25.07.1995, № 110, цв.).

*Cuscuta baccifera* L. – Волдырник ягодный. Окр. деревень Заречье Мстиславского г/с, Печковка и Нов. Вихраны Печковского с/с. Растет по берегам р.Вихра, заросшим ольхой серой и ивняком. Встречается довольно часто одиночными особями и небольшими группами (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 16.08.1994, №206, 208, цв., пл.).

*Cyperus fuscus* L. – Сыть бурая. Окр. д. Печковка Печковского с/с (в 0,7 км к ЮЗ), в левобережной части долины р.Вихра. Иловатый берег реки у самой воды. Одиночное растение (Тихомиров В.Н., 17.07.1994, № 119, цв.).

*Eleocharis ovata* (Roth) Roem. et Schult. – Болотница яйцевидная. Окр. д.Заречье Мстиславского г/с (1 км к СЗ), в долине р.Вихры. Крайна пересыхающей лужи на обочине проселочной дороги. Несколько растений (Тихомиров В.Н., 21.07.1995, №105, цв.).

*Eriopactis palustris* (L.) Craz – Дремлик болотный. Окр. д. Печковка (0,5 км к С) Печковского с/с, заброшенный песчаный карьер. Сырая луговина с подростом березы пушистой. Довольно массово (Тихомиров В.Н., 23.06.1995, №65, цв.).

*Equisetum variegatum* Schleicher ex Weber et Mohr – Хвощ пестрый. Окр. д.Печковка (0,5 км к С) Печковского с/с, заброшенный песчаный карьер. Об-

разует заросли как по берегу неглубокого озера, образованного при изъятии песка ниже уровня грунтовых вод, так и на хорошо прогреваемом мелководье до глубины примерно 10 см на общей площади примерно 10x50 м (Тихомиров В.Н., 23.06.1995, №74, вег., споронос.).

*Fragaria moschata* Duch. – Земляника мускусная. Окр. д. Нов. Вихраны Печковского с/с (в 2 км к Ю) на лесной дороге через сосняк лециново-бузиново-мертвопокровный. Небольшая плотная агрегация вегетирующих особей, занимающая общую площадь 20x20 м (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 16.08.1994, №200, вег.).

*Fragaria viridis* Duch. – Земляника зеленая. Окр. д.Нов.Вихраны Печковского с/с (0,5 км к СЗ), долина р.Вихра. Сухие остепненные склоны коренного берега реки в местах выхода мела. Довольно обычно.

*Galium physocarpum* Ledeb. – Подмаренник вздутоплодный. Окр. д.Ковшово (0,7 км к В), пойма р.Сож. Сырой косимый пойменный луг. Нередко (Тихомиров В.Н., 30.07.1995, №121, цв., пл.).

*Gentiana cruciata* L. – Горечавка крестообразная. 1) Окр. д. Нов. Вихраны Печковского с/с (0,3 км к СЗ), долина р.Вихра. Коренной берег реки в местах выходов мела. Одиночные особи и небольшие группы – отмечены две агрегации по 25–30 растений (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 16.08.1994, №227, пл.). 2) г.Мстиславль (СЗ окраина), "Троецкая гора". Мезофитная луговина в нижней и средней части склона оврага овражно-балочной сети, выходящей к р.Вихре. Порядка 30–40 растений, совместно с *Orchis militaris* L. (Тихомиров В.Н., 05.06.1995, вег.).

*Gentiana pneumonanthe* L. – Горечавка легочная. Окр. г. Мстиславля (0,5 км к ЮВ). Ксеромезофитный залуговелый склон балки, выходящей к р.Вихре. Небольшая группа (Тихомиров В. Н., 20.07.1995, №98, цв.).

*Geranium dissectum* L. – Герань рассеченная. Окр. д.Нов. Вихраны (0,2 км к СЗ) Печковского с/с, долина р.Вихра. Коренной берег реки в местах выходов мела, на обочине строящейся дороги. Одиночное растение (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 16.08.1994, № 221, цв.).

*Gladiolus imbricatus* L. – Шпажник черепитчатый. Окр. г. Мстиславля (0,1 км к В), долина р. Вихра. Пойменный луг среднего уровня. Массово (Тихомиров В.Н., 22.07.1994, №146, цв.).

*Inula hirta* L. – Девясил шершавый. Окр. д. Печковка Печковского с/с (в 0,4 км к С). Сосняк мшистый по склону коренного берега р.Вихра, совместно с *Geranium sanguineum* L., *Origanum vulgare* L., *Campanula persicifolia* L. Группа из 15–20 растений (Тихомиров В.Н., 19.07.1994, №140, цв.).

*Jovibarba sobolifera* (Sims) Opiz. Бородник отпрысковый. г.Мстиславль, склоны "Замковой горы". Встречается массово, как натурализовавшийся вид (Тихомиров В.Н., 22.07.1994, №141, цв., вег.).

*Lamium amplexicaule* L. – Яснотка стеблеобъемлющая. Окр. д. Нов. Вихраны Печковского с/с (0,2 км к СЗ), долина р.Вихра. Коренной берег реки в местах выхода мела, на обочине строящейся дороги. Несколько растений (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 16.08.1994, №223, цв.).

*Laserpitium latifolium* L. – Гладыш широколистный. 1) Окр. д. Нов. Вихраны (0,7 км к СЗ) Печковского с/с, долина р.Вихра. Коренной берег реки в местах выхода мела, на опушке сосняка мшистого. Одиночные экземпляры и небольшие группы в общей сложности порядка 25–30 растений (Тихомиров В.Н., 04.06.1995, №25, вег.). 2) Окр. д.Заречье Мстиславского г/с (0,5 км к В). Дубрава с сосной по изрезанному склону коренного берега р.Вихры. Спорадически (Тихомиров В.Н., 23.06.1995, №75, вег.).

*Laserpitium prutenicum* L. – Гладыш прусский. Окр. д.Заречье Мстиславского г/с (0,5 км к В). Дубрава с сосной по изрезанному склону коренного берега р.Вихры. Спорадически (Тихомиров В.Н., 23.06.1995, №78, цв.).

*Lathyrus tuberosus* L. – Чина клубненосная. Окр. г.Мстиславля (0,2 км к ЮВ). Обочина шоссеиной дороги Мстиславль – Коробчино. Небольшая группа (Тихомиров В. Н., 20.07.1995, №96, цв.).

*Leontodon danubialis* Jacq. – Кульбаба дунайская. Окр. г. Мстиславля (1 км к З). Средняя часть открытого злаково-разнотравного лугового склона балки в 0,5 км от р.Вихра. Встречается массово, дерновинами (Тихомиров В.Н., 26.07.1994, №154, цв.).

*Malva mauritiana* L. – Просвирник мавританский. Д.Заречье Мстиславского г/с. Мусорная куча на обочине проселочной дороги, проходящей вдоль р.Вихра. Несколько растений (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 17.08.1994, цв., №238, пл.).

*Malva sylvestris* L. – Просвирник лесной. Д.Заречье Мстиславского г/с. Мусорная куча на обочине проселочной дороги, проходящей вдоль р.Вихра. Несколько растений (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 17.08.1994, цв., № 239, пл.).

*Melandrium dioicum* (L.) Coss. et Germ. – Дрема двудомная. Окр. д.Печковка Печковского с/с (0,1 км к С). Берега безымянного ручья, поросшие ольхой серой и ивняком. Встречается очень редко, одиночными экземплярами (Тихомиров В.Н., 20.08.1994, №243, пл., вторичн. цв.).

*Monogynella lupuliformis* (Krock.) Hadas et Chrtek – Моногинелла хмелевидная. Окр. д. Печковка Печковского с/с (в 0,4 км к СЗ). На берегу р.Вихры в зарослях *Alnus incana* (L.) Moench и *Salix viminalis* L. Паразитирует на *Calystegia sepium* (L.) R. Br. (Тихомиров В.Н., 23.07.1994, №153, цв.).

*Orchis militaris* L. – Ятрышник шлемоносный. 1) Окр. д. Нов. Вихраны Печковского с/с (0,5 км к СЗ), долина р. Вихра. Склон коренного берега реки с меловыми обнажениями, поросшими ивняком. Единственное растение (Тихомиров В.Н., 22.06.1994, №25, цв.). 2) Окр. д. Нов. Вихраны (0,7 км к СЗ) Печковского с/с, долина р. Вихра. Коренной берег реки в местах выхода мела, на опушке сосняка мшистого. Встречается одиночными экземплярами и небольшими группами, в общей сложности порядка 25–30 растений (Тихомиров В.Н., 04.06.1995, № 24, цв.). 3) Г. Мстиславль (СЗ окраина), "Троецкая гора". Мезофитная луговина в нижней и средней части склона овражно-балочной сети, выходящей к реке Вихре. Популяция порядка 500–700 растений на общей площади 10х300 м, встречаются белоцветковые формы (Тихомиров В. Н., 5.06. 1995, №33, цв.).

*Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt. – Фегоптерис связывающий. Окр. г.Мстиславля (1,5 км к ЮЗ), правобережье р.Вихра. Склон коренного берега, поросший липой. Встречается очень редко, одиночными экземплярами (Тихомиров В.Н., 26.07.1994, №162, сп.).

*Picris hieracioides* L. – Горчак ястребинковидный. Окр. г. Мстиславля (1,5 км к ЮЗ). Обочина дороги, идущей по опушке сосняка лещиново-мертвопокровного. Популяция из 25–30 растений площадью 10х10 м (Тихомиров В.Н., 26.07.1994, цв., № 160).

*Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb. – Любка зеленоцветковая. Окр. д.Печковка Печковского с/с (0,3 км к С). Посадки ели и дуба на месте вырубленной дубравы. Встречается очень редко одиночными экземплярами (Тихомиров В.Н., 25.06.1994, цв.).

*Polemonium coeruleum* L. – Синюха лазоревая. Окр. д.Печковка Печковского с/с (0,1 км к С). Берега безымянного ручья, поросшие ольхой серой и ивняком. Встречается не часто, одиночными экземплярами (Тихомиров В.Н., 20.08.1994, №244, вер.).

*Potentilla alba* L. – Лапчатка белая. 1) Г. Мстиславль (СЗ окраина), "Троецкая гора". Ксеромезофитная луговина в верхней части склона овражно-балочной сети, выходящей к р.Вихре. Массово (Тихомиров В.Н., 05.06.1995, №34, цв.). 2) Окр. д.Заречье Мстиславского г/с (0,5 км к В). Дубрава с сосной по изрезанному склону коренного берега р.Вихры. Спорадически (Тихомиров В.Н., 23.06.1995, №79, цв.). 3) Окр. д. Нов. Вихраны (1 км к СЗ) Печковского с/с, долина р. Вихра. Коренной берег реки в местах выхода мела, в сосняке с лещиной. Одиночно и небольшими группами (Тихомиров В.Н., 11.05.1996, №28, цв.).

*Potentilla intermedia* L. – Лапчатка средняя. 1) Окр. д. Печковка Печковского с/с (0,3 км к С), левобережная часть долины р. Вихра. Пойменный луг.

Одинокое растение (Тихомиров В.Н., 01.07.1994, №64, цв., пл.). 2) Окр. д.Печковка (0,7 км к ЮЗ), левобережная часть долины р.Вихра. Обрывистый берег реки. Одинокая группа из нескольких растений (Тихомиров В.Н., 17.07.1994, №114, цв.).

*Potentilla recta* L. s. l. – Лапчатка прямая. 1) Окр. д.Печковка Печковского с/с (0,2 км к В). Залуговелое дно заброшенного песчаного карьера. Одинокая группа из нескольких растений (Тихомиров В.Н., 25.06.1994, №29, цв., пл.). 2) Окр. д. Заречье Мстиславского г/с (2 км к ЮЗ). Средняя часть склона лощины в ее устье в 0,1 км от р. Вихра. Несколько одиночных растений (Тихомиров В.Н., 26.07.1994, №161, цв., пл.).

*Prunella grandiflora* (L.) Scholl. – Черноголовка крупноцветковая. 1) Окр. г.Мстиславля (1 км к З). Средняя часть склона балки в 0,5 км от р.Вихра. Небольшие группы на общей площади 15x15 кв.м (Тихомиров В.Н., 26.07.1994, №156, цв., пл.). 2) г. Мстиславль (СЗ окраина), "Троецкая гора". Ксеромезофитная луговина в верхней части склона оврага овражно-балочной сети, выходящей к реке Вихре. Массово (Тихомиров В.Н., 05.06. 1995, №34, цв.).

*Scrophularia umbrosa* Dumort. – Норичник теневой. Окр. д.Печковка Печковского с/с (0,1 км к С). Мелководье в безымянном ручье. Несколько растений (Тихомиров В.Н., 20.08.1994, №246, пл.).

*Senecio fluviatilis* Wallr. – Крестовник приречный. 1) Окр. д.Заречье (0,2 км к СЗ) Мстиславского г/с (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 17.08.1994, № 236, цв., пл.). 2) Окр. деревень Печковка и Нов. Вихраны (0,5 км к СЗ) Печковского с/с в долине р.Вихра (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 16.08.1994, №207, цв., пл.). Растет по берегу реки, одиночными экземплярами и крупными группами. Встречается нечасто, но иногда в значительном количестве особей.

*Trifolium spadiceum* L. – Клевер темнокаштановый. Окр. д.Печковка Печковского с/с (0,2 км к В). Дно заброшенного песчаного карьера. Несколько растений (Тихомиров В.Н., 25.06.1994, №31, цв., пл.).

*Veratrum lobelianum* Bernh. – Чемерица Лобеля. Окр. д.Ковшово (0,7 км к В), пойма р.Сож. Сырой косимый пойменный луг. Массово, образует заросли (Тихомиров В.Н., 30.07.1995.).

*Veronica teucrium* L. – Вероника широколистная. 1) СВ окр. г.Мстиславля, на обочине дороги, идущей от ул. Ленина к территории Мстиславского спиртзавода. У заборов и в кустарнике по откосу дорожной насыпи. Несколько одиночных растений (Тихомиров В.Н., 05.07.1994, цв.). 2) Окр. д. Нов. Вихраны (0,3 км к СЗ) Печковского с/с, долина р.Вихра. Коренной берег реки в местах выхода мела. Встречается нечасто одиночными экземплярами и небольшими группами (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 16.08.1994, №225, пл.).

*Viola hirta* L. – Фиалка коротковолосистая. 1) Окр. д. Нов. Вихраны Печковского с/с (1,5 км к СВ), долина р.Вихра. Опушка сероольшаника. Несколько растений (Тихомиров В.Н., Дубовик Д.В., 16.08.1994, №215, вег.). 2) Окр. д. Нов. Вихраны (0,7 км к СЗ) Печковского с/с, долина р.Вихра. Коренной берег реки в местах выхода мела на опушке сосняка мшистого. Нередко, встречается одиночными экземплярами и небольшими группами (Тихомиров В.Н., 23.08.1994, №256, вег.). 3) Окр. д.Печковка (1 км к С) Печковского с/с, долина р.Вихра. Коренной берег реки на опушке сосняка мшистого. Нередко, встречается одиночными экземплярами и небольшими группами (Тихомиров В.Н., 09.05.1996, №7, цв.).

Собранный гербарный материал хранится в Гербарии Института экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича Академии наук Беларуси (MSK) и Гербарии Белорусского государственного университета (MSKU).

1. Дементьев В. А. // Белорусская Советская Социалистическая Республика. Мн., 1978. С.45.

2. Ландшафты Белоруссии / Г.И.Марцинкевич, Н.К.Клицунова, Г.Т.Хараничева и др.; Под ред. Г.И.Марцинкевич, Н.К.Клицуновой. Мн., 1989. С.167.

3. Прахін М. А. // Матэрыялы да вывучэння флоры і фауны Беларусі. 1928. Т.2. С.66.

4. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення, віды жывёл і раслін. Расліны. Мн., 1993. С.275.

## ОЦЕНКА И ОТБОР ЛУКА РЕПЧАТОГО НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БОТРИТИОЗНОЙ ГНИЛИ

Some results of evaluation of onion to rot caused by *Botrytis allii* Munn and *B. cinerea* Pers. are presented. Cytausksy, Iantarnye, Krivitsky roozhovyе, Shetana, Show Stoppers, Strygunovsky mestnye, Vetrax, №68, 718, 9302, 9717 were chosen out of 41 specimens tested. The above mentioned varieties are recommended for further breeding to storageability.

Одной из задач экологической (адаптивной) селекции растений является создание сортов и гибридов, у которых высокая продуктивность сочетается с устойчивостью к биотическим стрессам [1–3]. Для Беларуси это требование чрезвычайно актуально. Отправной точкой при выведении устойчивых форм является оценка уже имеющихся сортов и гибридов на восприимчивость к заболеваниям. Это утверждение прямо касается лука репчатого (*Allium cepa* L.) – культуры, занимающей среди овощей одно из ведущих мест по объемам, закладываемым на длительное хранение [4]. Среди болезней *A. cepa* в период хранения, вредоносность которых в последние годы возросла, ботритиозные гнили занимают основное место [5]. Поэтому выявление относительно устойчивых к ботритиозу сортообразцов, использование их в селекционном процессе по данному признаку, внедрение отобранных форм в практику возделывания является гарантом снижения вредоносности ботритиоза на луке репчатом.

### Материал и методика

Исследования по оценке и отбору лука репчатого на устойчивость к ботритиозной гнили проведены нами в 1996–1998 гг. среди 41 сорта и гибрида *A. cepa*, полученного из коллекции БелНИИ овощеводства. Оцениваемые формы лука репчатого включали районированные в Республике Беларусь и перспективные сорта белорусского, российского, западноевропейского, американского происхождения, а также гибриды, созданные в БелНИИ овощеводства. Оценка и отбор осуществлены по луковицам *A. cepa* в период хранения с применением метода искусственной инокуляции [6]. В качестве возбудителей заболевания использованы изоляты грибов *Botrytis allii* Munn и *B. cinerea* Pers. из коллекции кафедры ботаники БГУ. Чистые культуры микромицетов выращивались 10 сут на картофельно-сахарозном агаре при температуре 20–22°C. Инокуляция негативно отобранных здоровых луковиц производилась водной суспензией конидий каждого патогена в отдельности (титр  $4 \times 10^6$  спор/мл). Оценка степени поражения луковиц ботритиозом проведена по 6-балльной шкале поражения ВНИССОК [6]. Луковицы, у которых степень поражения ботритиозом не превышала 2 баллов, отбирались для получения семян при самоопылении.

### Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования позволили установить, что изученные сортообразцы *A. cepa* различаются по устойчивости как к одному, так и к другому испытываемому возбудителю ботритиоза. Так, степень поражения луковиц разных сортообразцов грибом *B. allii* колебалась от 1 до 4 баллов, грибом *B. cinerea* – от 1 до 5 баллов (табл.1).

По степени восприимчивости к ботритиозу изученные сортообразцы *A. cepa* можно разделить на устойчивые (степень поражения луковиц 1 балл), относительно устойчивые (2 балла), восприимчивые (3 балла), высоковосприимчивые (4–5 баллов). По отношению к грибу *B. allii* устойчивыми являются 1 (2,4%), относительно устойчивыми – 6 (14,6%), восприимчивыми – 16 (39,1%), высоковосприимчивыми – 18 (43,9%) сортов и гибридов, по отношению к *B. cinerea* – соответственно 4 (9,8%), 2 (4,8%), 4 (9,8%) и 31 (75,6%) (см. табл.1).

Таблица 1

**Количественное соотношение сортообразцов А. сера  
по степени поражения ботритиозом разной этиологии**

Баллы по шкале поражения	Возбудитель ботритиоза			
	B. allii		B. cinerea	
	Количество сортообразцов	%	Количество сортообразцов	%
0	0	0,0	0	0,0
1	1	2,4	4	9,8
2	6	14,6	2	4,8
3	16	39,1	4	9,8
4	18	43,9	19	46,3
5	0	0,0	12	29,3
<i>Всего</i>	41	100,0	41	100,0

Установлено, что к поражению *B. cinerea* устойчивы сорта Ветразь, Стригуновский местный, гибриды №68, 718, относительно устойчивы – Крывіцкі ружовы, Янтарный. Другие исследуемые сортообразцы оценены как восприимчивые и высоковосприимчивые к ботритиозу, вызываемому *B. cinerea*.

Устойчивым к *B. allii* является гибрид №718, относительно устойчивыми – гибриды №68, 9302, 9717, сорта Show Stoppers, Шетана, Цитаусский. Все другие изученные сортообразцы проявили низкую устойчивость (степень поражения 3–4 балла) (табл.2).

Таблица 2

**Степень поражения луковиц А. сера  
ботритиозом при искусственном заражении, баллы**

Наименование сорта, гибрида	Возбудитель ботритиоза		Наименование сорта, гибрида	Возбудитель ботритиоза	
	B. allii	B. cinerea		B. allii	B. cinerea
Ветразь*	3	1	231	4	4
Стригуновский местный*	3	1	310	4	4
Янтарный*	3	2	339	3	4
Stuttgarten Riesen*	4	4	718	1	1
Вольский	3	3	728	4	4
Кармен	4	3	730	3	5
Крывіцкі ружовы	4	2	949	4	4
Одинцовец	3	5	960	3	5
Рейсбургер	4	4	962	4	5
Сильный	3	5	1016	4	4
Сухачевский	4	4	1704	3	4
Фердутти	3	4	1750	3	4
Цитаусский	2	4	4265	4	5
Шетана	2	4	9302	2	4
Show Stoppers	2	5	9701	4	3
14 ЦМС	4	3	9708	3	4
15/19	3	4	9710	4	5
23	4	5	9711	4	4
68	2	1	9713	4	5
143	3	4	9717	2	5
209	3	5			

Примечание: \* – сорт, районированный в Республике Беларусь.

Выявлено, что сорта Рейсбургер, Stuttgarten Riesen, Сухачевский, Вольский, гибриды №231, 310, 728, 949, 1016, 9711 имеют одинаково низкую устойчивость к поражению как одним, так и другим изучаемым патогеном (степень поражения 3–4 балла). Гибриды №68 и 718 проявили одинаково высокую устойчивость к обоим возбудителям ботритиоза (степень поражения 1–2 балла) (см. табл.2).

Изученные нами районированные в республике сорта лука репчатого не одинаково устойчивы к поражению как *B. allii*, так и *B. cinerea*. Сорта Ветразь, Стригуновский местный и Янтарный являются практически устойчивыми к ботритиозу, вызываемому грибом *B. cinerea* (степень поражения луковиц 1–2 балла), но восприимчивыми в отношении гриба *B. allii* (см. табл.2).

Сортообразцы Цитаусский, Шетана, Show Stoppers, №68, 718, 9302, 9717 превосходят по устойчивости к *B. allii* исследованные районированные в Беларуси сорта. Сорт Крывіцкі ружовы выходит на уровень районированных

по устойчивости к гнили, вызываемой грибом *V. cinerea* (степень поражения 2 балла).

Наблюдения за развитием ботритиозной гнили, вызываемой *V. allii* и *V. cinerea* на луковицах всех изучаемых сортообразцов, показывают, что по шкале ВНИИССОК [6] не всегда точно можно оценить степень поражения луковиц ботритиозом. Довольно часто реально наблюдаемая картина поражения имеет признаки, частично соответствующие одному показателю шкалы, а частично другому. Отмечаются, например, единичные мокнувшие пятна на поверхности среза (балл 2), но в то же время имеются участки спороношения (балл 3); иногда мокнущее пятно и мицелий покрывают всю поверхность среза (балл 4), но скудное спороношение наблюдается на небольших участках (балл 3). Данная ситуация требует введения промежуточных баллов оценки (2–3 балла, 3–4 балла и т. д.) или использования более дробной шкалы учета. Подобные подходы описаны в литературе и успешно используются в практике [7]. По результатам проведенных исследований нами предлагается следующая 9-балльная шкала оценки интенсивности поражения луковиц ботритиозом:

- 1 – здоровая луковица (0)\*;
- 2 – спороношения нет, ткани незначительно отличаются от здоровых, слегка розового цвета, гриб не развивается (1);
- 3 – единичные мокнувшие пятна по краю среза, спороношения нет;
- 4 – поражение незначительное, спороношения нет, единичные мокнувшие пятна на поверхности среза (2);
- 5 – единичные мокнувшие пятна на поверхности среза с участками спороношения;
- 6 – половина среза покрыта мокнущими пятнами с участками спороношения (3);
- 7 – мокнущее пятно занимает всю площадь среза, спороношение скудное, отдельными участками;
- 8 – мокнущее пятно занимает всю площадь среза, сплошной серый налет спороношения гриба (4);
- 9 – луковица сильно поражена, гниль проникает в глубь ткани, спороношение обильное (5).

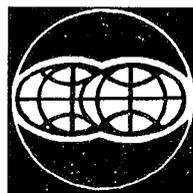
Использование 9-балльной шкалы, на наш взгляд, сможет облегчить оценку и отбор лука репчатого на устойчивость к указанному заболеванию. Для селекционной работы следует использовать луковицы с интенсивностью поражения 1–4 балла (по предлагаемой шкале), являющиеся практически устойчивыми к ботритиозу.

Таким образом, нами установлено, что исследованные формы лука репчатого существенно различаются по устойчивости к ботритиозу при искусственном заражении. Для селекции А. сера по этому признаку из изученных целесообразно использовать следующие сортообразцы: Ветразь, Стригуновский местный, Крывіцкі ружовы, Янтарный (устойчивы к *V. cinerea*), Show Stoppers, Шетана, Цитаусский, №9302, 9717 (устойчивы к *V. allii*), №68, 718 (устойчивы к обоим названным возбудителям ботритиоза). Перечисленные сорта и гибриды могут быть рекомендованы в качестве исходного материала при селекции лука репчатого на лёжкость.

1. Гануш Г. И. // Проблемы фитопатологии в Республике Беларусь: Тез. докл. науч. конф. Мн., 1996. С. 7.
2. Он же // Проблемы селекции овощных культур: Тез. докл. науч.-практ. конф. Мн., 1997. С. 3.
3. Купреенко Н. П. // Там же. С. 19.
4. Он же // Проблемы фитопатологии в Республике Беларусь: Тез. докл. науч. конф. Мн., 1996. С. 30.
5. Иванюк В. Г., Купреенко Н. П. // Овощеводство: Сб. науч. тр. Мн., 1996. Вып. 9. С. 62.
6. Методические указания по селекции луковых культур. М., 1989. С. 51.
7. Гешеле Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М., 1978. С. 151.

Поступила в редакцию 17.09.98.

\* В скобках приведены соответствующие баллы по шкале ВНИИССОК.



УДК 312.95(476)

И.В. ЗАГОРЕЦ

## ДИНАМИКА ЭТНИЧЕСКОГО СОСТАВА НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ

Article describe the dynamic of ethnic structure of population from 1897 till present time, the most important factors of dynamic structure.

Изучение этнического состава населения любой страны возможно только по материалам переписей населения, поскольку текущий учет не дает достоверных сведений.

Первая всеобщая перепись на территории Беларуси – Первая Всероссийская – состоялась в 1897 г. Национальная политика, проводившаяся Российской империей, внесла свои коррективы в особенности учета национального состава населения в программе переписи. Согласно Указу Сената от 18 июля 1840 г., на территории империи было запрещено употребление терминов "Белоруссия" и "Литва" [1]. Непосредственно вопроса о национальной принадлежности в программе переписи не стояло. Учитывалось владение языками, принадлежность к конфессиям. В опубликованных материалах русское (великорусское), белорусское и украинское (малорусское) население относилось к одному этносу.

В силу перечисленных причин точный этнический состав населения Беларуси в конце XIX ст. был неизвестен и стал предметом многочисленных позднейших научных исследований. По данным С.Польского и С.Матюнина [2], в 1897 г. в Российской империи проживало 5885,5 тыс. белорусов, или 4,7% от всего населения страны. В современных границах Беларуси насчитывалось 4989,2 тыс. белорусов (84,8% от их общей численности), или 78,2% от общей численности населения. Самая высокая доля белорусов была на востоке и в центре: в Могилевской губернии – 82,4%, Минской – 76,1%. В западных и северных губерниях их доля была значительно ниже – около половины населения: в Виленской губернии – 56,1%, Витебской – 53,0, Гродненской – 44%. Исследования М.В.Довнар-Запольского [3] дают аналогичные результаты, лишь в Гродненской губернии, по его данным, доля белорусов составляла не 44, а 66,7%.

Вторым по численности этносом Беларуси был еврейский. Евреи впервые появились на белорусской земле во времена князя Всеслава. Позднее, в XIV в., когда началось массовое переселение евреев из Западной Европы, они находили пристанище в Великом княжестве Литовском. Их первые общины возникли здесь в конце XIV ст. в Берестье и Гародне. Во второй половине XVI в., после интенсивной миграции из Германии и Польши, евреи стали занимать заметное место в этнической структуре Беларуси [4].

Согласно переписи 1897 г. [5], евреи составляли около 14% населения Беларуси, или более половины городского населения. Согласно Указу Екатерины II от 28 декабря 1791 г., евреям запрещалось селиться за пределами так называемой "черты оседлости". После второго раздела Речи Посполитой, 23 июня (4 июля) 1794 г., была узаконена расширенная черта оседлости евреев. В конце XIX в. в нее входили 15 губерний Российской Империи, в том числе

все белорусские. Вне черты оседлости правом на жительство пользовались купцы 1-й гильдии, лица с высшим или специальным образованием, некоторые категории ремесленников, солдаты, проходившие службу по рекрутскому уставу, и их потомки [6].

Указом 1795 г. повелевалось приписывать всех живущих в деревнях евреев к городам и "стараться переписать их в уездные города" [7, с.186]. К началу 1808 г. было предписано выселить всех евреев из сельской местности. К январю 1824 г. по Беларуси было насильственно переселено около 20 тыс. евреев [7, с.188].

Таким образом, евреи Российской империи концентрировались на территории современных Беларуси и Украины и жили в городах и местечках. По отдельным губерниям доля еврейского населения доходила до 50–60% от городского населения: по Виленской – 57%, Минской – 64, Гродненской – 60, Витебской – 61, Могилевской – 52% [5], а в ряде городов и местечек превышала 70% (Дисна, Лида, Друя, Докшицы, Мозырь, Пинск, Слуцк, Слоним и др.). Накануне революции 1917 г. на территории нашей страны проживало 1372,3 тыс. евреев, или около 12% евреев всего мира [8].

В конце XIX в. третьим по численности населения этносом Беларуси был русский. Этническая русско-белорусская граница проходила по территории Могилевской и Смоленской губерниям, поэтому в восточных землях традиционно проживала значительная часть русских. Особенно велика их доля была в Витебской губернии – 13,3% [3, с.27]. В западных и центральных частях Беларуси численность русского населения стала значительной только в XVIII в., после присоединения к Российской империи. В большинстве губерний доля русских в 1897 г. не превышала 3–5%.

Четвертым по численности этносом Беларуси были поляки, значительную часть которых составляли ополяченные белорусы. Доля их была невелика: 3–10% от общей численности населения (Виленская губерния – 8,3%, Минская – 4,3, Гродненская – 9,6, Витебская – 4, Могилевская – 2,8%) [5].

Пятое место в этническом составе населения Беларуси в 1897 г. занимали татары. Первые из них поселились на Беларуси в конце XIV в., когда сторонники хана Тохтамыша, потерпев поражение в междоусобной войне, искали убежища на территории Великого княжества литовского. Татарское население увеличивалось в результате естественного прироста, а также за счет крымских татар, которых брали в плен во время их набегов на Беларусь в XV–XVI вв. [9]. Согласно переписи 1897 г., наиболее крупные татарские общины были в Новогрудке (500 чел.), Гродно (800 чел.), Бресте (300 чел.), Слониме (100 чел.), Бобре (160 чел.), Борисове (170 чел.) и др.

Расселение этносов было строго локализовано. В целом соблюдалась зависимость: практически моноэтническое сельское население и многонациональное городское. Белорусы проживали в сельской местности по всей территории и составляли 10–40% городского населения. Русские концентрировались в сельской местности на востоке и в крупных административных центрах. Поляки заселяли преимущественно западные территории, как сельскую местность, так и города. Евреи были расписаны по кагалам, прикреплены к месту прописки. Хотя для белорусских евреев существовала возможность переселяться из одного в другое городское поселение, но свободное расселение по территории страны запрещалось.

Первая мировая война, революция, гражданская война, последовавший за ней раздел Беларуси оказали существенное влияние на этнический состав населения. Первая Всесоюзная перепись 1926 г. проводилась только на территории восточной части современной Беларуси.

По материалам переписи всего в СССР проживало 4438,8 тыс. белорусов, или 3,2% от общей численности населения страны. В БССР насчитывалось 4017,3 тыс. белорусов, или 80,6% населения республики. Еще 2,3 млн белорусов проживало в западных землях на территории Польши [2]. Таким образом общая численность белорусов на территории современной Беларуси возросла, их доля в БССР увеличилась. Одновременно происходил процесс русификации. Материалы переписи свидетельствуют о трудностях в получении образования на родном языке. Белорусский язык считали родным 81,5% мужчин и 82,4% женщин, но читать и писать по-белорусски могли только 48,2% мужчин и 45,4% женщин (от общего количества грамотных) [10].

Вторым по численности этносом Беларуси продолжал оставаться еврейский, хотя его численность и доля значительно сократились. 20 марта 1917 г. Временное правительство, "исходя из убеждения, что в свободной стране все граждане должны быть равны перед законом", приняло "Постановление об отмене всех национальных и вероисповедных ограничений", что давало евреям право на свободное расселение и положило начало их массовой миграции [7]. Общая численность евреев за счет миграции сократилась в БССР до 407 тыс. человек (в 1,5 раза меньше, чем в 1897 г.), или 8% от общей численности населения. Проживали евреи по-прежнему преимущественно в городских поселениях, причем в отдельных из них составляли более половины населения: Логойск (90%), Смиловичи, Узда, Глусск, Паричи, Бешенковичи, Сенно, Чашники, Яновичи, Краснополье, Хотимск, Корма (71%), Наровля, Озаричи (74%), Дубровно, Толочин, Улла, Ушачи, Слуцк, Старобин, Ст. Дороги [10]. Около 34 тыс. евреев было переселено в сельскую местность на земли экспроприированных поместий, где были созданы первые коммуны [11].

Евреи были самым образованным этносом Беларуси. Проживая компактно в городах, имели собственные школы. 68,95% евреев были грамотными (для сравнения: среди русских грамотными были только 49,2% населения, среди белорусов – 39,7%), причем 81,6% из них получили образование на еврейском языке, а более половины владели двумя и более языками [10].

Третье место по численности занимал русский этнос. Общее количество русского населения возросло до 384 тыс. человек, или до 7% от общей численности. Традиционно русские составляли около 38% сельского населения Гомельского округа, значительной была их доля в отдельных городских поселениях: Огородне (100%), Лоеве (59%), Плещеницах (30%).

Половозрастная структура русского населения свидетельствовала о преобладании мигрантов первого поколения, которые направлялись в БССР для укрепления советской власти, развития экономики, культуры, образования. Если среди белорусов и евреев наблюдалось преобладание женщин (52%), то среди русских преобладали мужчины (53%). Чем крупнее город, тем больше была доля русского населения, а среди них – доля мужчин. Так, в Минске в 1926 г. среди русских на 4,5 тыс. женщин приходилось 8,1 тыс. мужчин [10].

Отделение западных земель привело практически к исчезновению на территории БССР поляков, поскольку подавляющее число их оказалось в Польше. По данным переписи выделяются лишь два польских местечка – Глуша и Елизово, где поляки составляли около половины населения.

В 30-е гг. на этнический состав населения Беларуси оказывал влияние ряд факторов:

1. Образование в 1934 г. на Дальнем Востоке Еврейской АО, куда переехало значительное количество белорусских евреев;
2. Образование Крымско-Татарской АО, куда переселились белорусские татары;
3. Воссоединение западных земель, что привело к увеличению численности поляков;
4. Миграционные и этнические процессы в западных землях;
5. Организованные наборы рабочей силы, преимущественно из сельской местности. По данным Пешковой [12], только за две довоенные пятилетки из БССР уехали 1 млн 629 тыс. человек. Поскольку в селе проживали преимущественно белорусы, это привело к сокращению сельского белорусского населения.

Перепись 1939 г. проводилась также лишь в восточной части страны. Она показала, что общая численность белорусов возросла и составила 4,6 млн. человек, или 82,9% от общей численности населения [2]. Вновь отмечается концентрация белорусов в БССР. Так, в 1926г. в республике проживало 85,8% от общей численности белорусов БССР, а в 1939 г. – уже 87,3%. При наличии громадных потоков мигрантов из республики объяснить данный факт можно лишь процессами ассимиляции белорусов за пределами своей этнической среды. Кроме того, по оценкам ЦСУ, на территории Западной Беларуси проживало около 3 млн белорусов, или 80% от всего населения.

Численность евреев сокращалась как в восточных, так и в западных частях за счет миграции. По переписи 1939 г. в БССР проживало 375 тыс. евреев, или только 6,7% от общей численности населения БССР [7, с.259]. В Западной

Беларуси по различным данным их доля по переписи 1931 г. составляла от 10,2 до 11%. Перенаселенность местечек и городов вынуждала евреев покидать Родину. В 1931–1939 гг. из Польши эмигрировало 163,6 тыс. евреев, или 26,5% их общего числа [7, с.261]. В 1939–1940 гг. Литве были переданы Вильно и прилегающие к нему территории, где проживало более 50 тыс. евреев. С момента нападения фашистской Германии на Польшу на территории Беларуси оказалось более 100 тыс. беженцев, 90% которых составляли евреи. Таким образом, к началу войны общее количество евреев в Беларуси достигало 990 тыс. чел. [7, с.264].

Большинство поляков Белоруссии в 30-х – начале 40-х гг. проживало в западной ее части. В этот период их число постоянно возрастало, чему способствовала проводимая Польшей национальная политика. Одновременно происходил активный процесс окатоличивания и ополячивания этнических белорусов. Кроме того, численность поляков в Западной Беларуси возрастала за счет так называемых осадников – бывших военных, которые по выходе в отставку получали от государства землю. Общая их численность составляла около 300 тыс. [13]. Накануне второй мировой войны они подверглись репрессиям и многие были высланы в Сибирь. Так, 10 февраля 1940 г. за пределы республики были высланы 50,8 тыс. чел. [14]. На территории Восточной Беларуси поляки составляли менее 3% населения.

События 40–50-х гг. способствовали еще более существенному изменению этнического состава республики. Военные действия привели к общему сокращению численности населения. Геноцид по отношению к евреям (на территории БССР были созданы еврейские гетто в 133 населенных пунктах [15]) привел к гибели 810 тыс. человек, или 82% их довоенной численности [7]. С этого времени евреи перестают быть многочисленной этнической группой в республике и перемещаются со второго на пятое место среди других этносов.

На численность белорусов оказала влияние война, насильственный вывоз молодежи на работы в Германию. Хотя большая их часть вернулась на Родину, около 260 тыс. человек остались на Западе [16].

На численность поляков значительное влияние оказала миграция населения, вызванная изменением государственных границ. Наиболее интенсивно этот процесс проходил в 1944–1948 гг. (продолжался до 1957 г.), когда из отошедшей к СССР территории выехало 270 тыс. поляков, а из Польши переехало около 40 тыс. белорусов [17].

Начиная с 50-х гг. на этнические процессы в республике оказывают влияние два основных фактора: миграции и процессы ассимиляции.

Миграция в 50–80-х гг. способствовала уменьшению численности белорусов и увеличению численности других этносов, в первую очередь русских. В течение 1946–1963 гг. из республики только в порядке организованного набора и переселений выехало около 600 тыс. человек трудоспособного населения [12]. В целом по переписи 1959 г. за границами республики проживало 1,38 млн белорусов, или каждый пятый, по переписи 1970 г. – 1,76 млн, в 1979 г. – 1,89 млн [18].

С 1991 г. после распада СССР белорусы начали возвращаться на Родину. В течение 90-х гг. положительное сальдо миграции республики составило более 75 тыс. человек. В общей численности приезжающих около половины (в отдельные годы – до 60%) – этнические белорусы.

На белорусах сказывались и процессы ассимиляции. Все меньшее количество белорусов считали белорусский своим родным языком: по переписи 1959 г. – 93,2%, по переписи 1979 г. – 83,5% [19]. Сказывалось и большое количество смешанных браков: среди белорусов каждый пятый брак – межэтнический.

Наиболее сильно в послевоенный период миграции сказались на численности белорусских евреев. В первые послевоенные годы отмечалось положительное сальдо миграции евреев. Они как специалисты в различных областях приезжали для оказания помощи в восстановлении разрушенного хозяйства и оставались навсегда.

Указ Президиума Верховного Совета СССР от 1967 г., впервые за всю историю Советского Союза разрешивший легальный выезд на постоянное проживание при наличии приглашения заграничных родственников, положил

начало массового выезда евреев в Израиль и США. В 1973 г. в Израиль выехало 34 тыс. человек [16]. Второй "пик" приходится на 1990 г., когда в Израиль выехало 33 тыс. человек. Доля евреев в населении Беларуси неуклонно снижалась – до 1,1% в 1989 г. В настоящее время их доля в населении составляет не более 0,3–0,5%.

По переписи 1989 г. насчитывалось 418 тыс. поляков, или 4,1% (против 6,7% в 1959г.) [20]. В конце 90-х гг. наметился отток поляков в Польшу.

Численность русского населения неуклонно возрастала. В 1959 г. [21] их насчитывалось 8,2%, в 1970 г. – 10,4, в 1979 г. – 11,9, в 1989 г. – 13,2%. В 90-х гг. до 40% приезжающих в республику мигрантов – этнические или ассимилированные русские.

Таким образом, за последние 100 лет этнический состав населения Беларуси претерпел существенные изменения.

1. На протяжении всего периода исследования доля белорусов составляла 77–83%. Однако постепенно возрастала доля ассимилированных белорусов, не владеющих белорусским языком, не знающих истории и культуры страны. Отмена обязательной графы "национальность" в паспорте может вызвать изменения доли белорусов и русских. Насколько массовым будет этот процесс, покажет перепись 1999 г.

2. За последние 100 лет резко, в 3–4 раза, возросла доля русского населения. Связано это как с миграционными, так и с этническими процессами.

3. Практически исчез еврейский этнос. Его доля в численности населения сократилась в 30 раз.

4. Статистически незначительна доля татар. Общая их численность в 1989 г. составляла 11 тыс. человек.

5. В результате миграций возросло общее количество этносов, проживающих в стране. Распад СССР, межэтнические конфликты вызвал волну беженцев – азербайджанцев, армян, грузин, таджиков и др. В стране находятся до 100 тыс. нелегальных мигрантов – беженцев из стран "третьего мира": афганцев, эфиопов, пакистанцев, вьетнамцев. Появление новых замкнутых диаспор может привести к возникновению межэтнических конфликтов в спокойной в этом отношении Беларуси, ухудшению эпидемиологической обстановки, появлению новых для республики тропических заболеваний.

Точную картину этнического состава Беларуси на рубеже веков признана отразить перепись населения 1999 г.

1. Далідовіч Г. // Нар. газ. 1992. 18 лістап.
2. Польскі С., Мацюнін С. // ЛіМ. 1989. 3 сак.
3. Довнар-Запольский М. В. Народное хозяйство Белоруссии: 1869–1914. Мн., 1926.
4. Нар. газ. 1993. 26 мая.
5. Первая Всеобщая перепись населения Российской Империи, 1897г. СПб, 1900–1904.
6. Иоффе Э. // Нар. газ. 1995. 27 чэрв.
7. Евреи. По страницам истории. Мн., 1997.
8. Аиф, №36. 1988.
9. Нар. газ. 1993. 26 мая.
10. Всесоюзная перепись 1926 года. Т.10. Белорусская Советская республика. Отд.1. М., 1928.
11. Мясцэчкі БССР у рэканструкцыйны перыяд. Менск, 1932.
12. Пешкава А. Н. Тенденции миграционных процессов и некоторые вопросы управления ими (на примере Белорусской ССР). М., 1979.
13. Калачынскі Ю. // Нар. воля. 1998. 5 лістап.
14. Кузнецов И. // Нар. газ. 1995. 16–18 верас.
15. Иоффе Э., Гольдзін А. // Добры вечар. 1994. 29 верас.
16. Ляднева А. С. // Чырв. змена. 1994. 1 лют.
17. Слемнев М., Полький С., Матюнин С. // Нар. газ. 1992. 4 студз.
18. Население СССР, 1987. М., 1988.
19. Численность и состав населения СССР: По данным Всесоюзной переписи населения 1979 г. М., 1985.
20. Республика Беларусь в цифрах: Стат. справ. Мн., 1998.
21. Итоги Всесоюзной переписи населения 1959 г. Белорусская ССР. М., 1963.

Поступила в редакцию 16.10.98.

УДК 911.3.312(476)

Б.А.МАНАК, Е.А.АНТИПОВА

## СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ В ПРОЦЕССАХ ЕСТЕСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

The article contains analytic materials of the new and specific tendencies of demographic situation of Belarus (aspects of the birth-rate and demographic history).

**Современный период в демографической истории Беларуси (1985–1998 гг.).** Отличительная особенность данного периода заключается в том, что демографические нарушения произошли в условиях мирного времени и явились следствием следующих, совпавших по времени трансформационных процессов:

экономической перестройки и перехода от общественных форм социалистической экономики к рыночной; политических преобразований, связанных с распадом самого крупного в мире союзного государства СССР и образованием суверенных государств, в том числе и Республики Беларусь; экологической катастрофы и ее последствий после аварии на Чернобыльской атомной электростанции.

Любая трансформация – явление в общественном развитии, которое объективно протекает в форме эволюции. Трансформации, как правило, сопровождаются нарушениями, разрушениями, кризисами в политической и экономической жизни общества, на преодоление которых требуется не только длительный период времени, но и большие человеческие усилия, затраты.

Современный период в развитии населения и хозяйства Беларуси отличается одновременным сочетанием многих видов трансформаций и кризисных явлений. Его можно классифицировать как самый сложный период в условиях мирного времени, требующий невероятно больших человеческих усилий для выхода из кризисного состояния и перехода на путь устойчивого развития.

Кризисным состоянием характеризуется и демографическая ситуация на территории Беларуси в период 1985–1998 г. Никогда ранее в условиях мирного времени она не имела таких негативных тенденций. При этом следует отметить, что данный период подразделяется на три демографических подпериода.

Первый из них – это вторая половина 80-х гг., когда произошли фактически одновременно резкие нарушения экологического, экономического и политического характера. Вначале они затронули только условия жизнедеятельности людей и вызвали первую ответную реакцию в форме непредвиденных, часто вынужденных, массовых перемещений как внутри страны, так и за ее пределы. Но в режиме воспроизводства населения еще не было заметных сдвигов. Рождаемость оставалась на уровне 15–16‰, смертность на уровне 9–10‰; страна имела естественный прирост населения в пределах 5–7 человек в расчете на тысячу жителей. Еще сохранялись тенденции 70-х – начала 80-х гг., когда доминирующей была семья с двумя-тремя детьми.

Второй подпериод (1990–1992 гг.) уже характеризуется довольно резкими изменениями в самом режиме воспроизводства населения, переходом его от простого к суженному вследствие ухудшения условий жизни семей. Это их "репродуктивная реакция" на резко нарушенную среду обитания. Естественный прирост приблизился к нулевой отметке за счет все нарастающих естественных потерь среди селян и резкого падения прироста среди горожан (табл.1). За три года естественные потери сельского населения составили свыше 60 тыс. человек или почти столько, сколько за все 80-е гг.

Третий подпериод начался в 1993 г. и продолжается по настоящее время. Его отличительная особенность – переход режима воспроизводства населения в состояние депопуляции с нарастанием естественных потерь не только среди селян, но и горожан (см. табл.1).

Этот период можно характеризовать еще как состояние "демографической депрессии, кризиса", когда доминирующим становится разрушительный процесс смертности, а созидательный процесс рождаемости как бы приостановился под сильным действием сдерживающих сил. Естественные потери среди постаревшего сельского населения достигли небывалых за всю историю XX в. величин – 10–12 человек на каждую тысячу жителей. Начались они и среди относительно молодого городского населения.

Особенности этого периода и в том, что население страны депопулирует, имея достаточно хорошие естественные репродуктивные возможности. В его составе около 5 млн (почти половина) мужчин и женщин репродуктивного возраста от 15 до 50 лет, в том числе свыше 2 млн в самом активном детородном возрасте от 20 до 35 лет. Но в силу сложившихся обстоятельств они сознательно приняли решение ограничить число рождений детей.

**Изменения в режиме воспроизводства населения Республики Беларусь  
за период с 1990 по 1997\* гг.**

Годы	Ежегодный абсолютный показатель прироста (+), потерь (-), тыс. человек			Ежегодный относительный показатель прироста (+), потерь (-), %		
	все население	городское	сельское	все население	городское	сельское
<b>Республика Беларусь</b>						
1990-1991	1,1	81,4	-80,3	0,01	1,20	-2,32
1991-1992	20,4	71,1	-50,7	0,20	1,03	-1,50
1992-1993	64,9	73,4	-8,5	0,63	1,06	-0,26
1993-1994	21,6	48,4	-26,8	0,21	0,69	-0,81
1994-1995	-22,2	24,1	-46,3	-0,21	0,34	-1,41
1995-1996	-32,8	10,8	-43,6	-0,32	0,15	-1,34
1996-1997	-28,3	18,2	-46,5	-0,27	0,26	-1,45
Итого за период	24,7	327,4	-302,7	0,24	4,81	-8,75
<b>Минск</b>						
1990-1991	21,3	21,3	0,0	1,30	1,30	0,00
1991-1992	12,4	12,4	0,0	0,75	0,75	0,00
1992-1993	16,3	16,4	-0,1	0,98	0,98	-20,00
1993-1994	6,4	6,4	0,0	0,38	0,38	0,00
1994-1995	7,1	7,1	0,0	0,42	0,42	0,00
1995-1996	5,7	5,7	0,0	0,34	0,34	0,00
1996-1997	8,1	8,1	0,0	0,47	0,47	0,00

Примечание: \* здесь и далее при составлении таблиц использованы справочные материалы Министерства статистики и анализа за 1995-1997 гг. ("Население Республики Беларусь")

Этим непредвиденная депопуляция среди населения Беларуси в конце 90-х гг. отличается от подобного негативного процесса во многих давно постаревших странах Европы, где отдельные нации называют "вымирающими", потому что почти иссякли их репродуктивные возможности.

Белорусская нация может выйти из состояния депопуляции, если государством будут созданы благоприятные социально-экономические условия для развития общества в целом, и семьи в частности.

**Изменения в процессе рождаемости.** Территория Беларуси входит в число тех регионов мира, где процесс обновления населения за короткий период исторического развития (послевоенные годы) изменился от расширенного до простого типа и приблизился к суженному. Демографическая революция на этой территории прошла за очень короткий срок и сопровождалась коренными изменениями в процессах рождаемости и смертности. Теперь Республика Беларусь входит в группу стран с самым низким уровнем рождаемости и естественного прироста населения. Уровень смертности при этом, начиная с конца 80-х гг., медленно, но постоянно растет. Начиная с 1993 г. уровень смертности превышает уровень рождаемости (табл.2). Общий коэффициент рождаемости упал с 18‰ в 80-е гг. до 13‰ в 1990 г. и 9‰ в 1996 г. Рождаемость ниже 10‰ – это самый низкий показатель в современном мире и в истории демографического развития вообще. Кроме Беларуси, такой уровень рождаемости наблюдается уже во многих странах (Россия, Украина, Латвия, Эстония, Болгария, Германия, Италия, Чехия, Япония).

Резкое падение уровня рождаемости в Беларуси в 90-е гг. обусловлено рядом причин демографического и социально-экономического характера. Среди демографических причин – уменьшение численности детородного контингента и старение населения, снижение уровня брачности, увеличение незамужних и холостых, рост разводов, снижение уровня плодovitости (фертильности) женщин в результате сознательного ограничения деторождения.

Среди экономических причин – ухудшение материального положения населения, увеличение расходов на содержание и воспитание детей, неуверенность в будущем, рост безработицы и т.д. Действуют и причины экологического характера – радиофобия и психологическая неуверенность в здоровье детей в связи с радиационным загрязнением территории.

В итоге с изменениями образа жизни населения связано сокращение желаемого числа детей с 2-3 в 80-е гг. до 1-2 в 90-е (по результатам социологического опроса). Поэтому изменения коснулись и показателей плодovitости (фертильности). Если в 50-е гг. коэффициент рождаемости в расчете на

тысячу женщин детородного возраста (15–49 лет) достигал 100%, то к 1996 г. он снизился в 3 раза до минимального уровня – 36%. Ограничение деторождения в наибольшей степени коснулось женщин-горожанок. Поэтому чем больше доля городского населения, тем ниже уровень рождаемости. В среднем одна современная женщина-горожанка на протяжении всего репродуктивного периода (35 лет) рождает одного ребенка, сельская – двоих детей (табл.3, суммарный коэффициент рождаемости).

Таблица 2

**Изменения в естественном движении населения Республики Беларусь за период с 1990 по 1996 гг.**

Годы	Изменение в процессе рождаемости (число родившихся), чел.			Изменение в процессе смертности (число умерших), чел.			Результат естественного движения прирост (+), потери (-), чел.		
	все население	городское население	сельское население	все население	городское население	сельское население	все население	городское население	сельское население
<b>Абсолютные показатели</b>									
1990	142167	102144	40023	109582	50502	59080	32585	51642	-19057
1991	132045	94231	37814	114650	53954	60696	17395	40277	-22882
1992	127971	90272	37699	116674	56841	59833	11297	33431	-22134
1993	117384	81442	35942	128544	62260	66284	-11160	19182	-30342
1994	110599	76291	34308	130003	64022	65981	-19404	12269	-31673
1995	101144	69751	31393	133775	66677	67098	-32631	3074	-35705
1996	95798	65967	29831	133422	65906	67516	-37624	61	-37685
Итого за период	827108	580098	247010	866650	420162	446488	-39542	159936	-199478
<b>Относительные показатели (на тысячу человек)</b>									
1990	13,9	14,9	11,7	10,7	7,4	17,3	3,2	7,5	-5,6
1991	12,9	13,6	11,3	11,2	7,8	18,1	1,7	5,8	-6,8
1992	12,4	12,9	11,3	11,3	8,1	18,0	1,2	4,8	-6,7
1993	11,3	11,6	10,9	12,4	8,8	20,0	-1,1	2,8	-9,1
1994	10,7	10,8	10,5	12,6	9,0	20,2	-1,9	1,8	-9,7
1995	9,8	9,8	9,7	13,0	9,4	20,8	-3,2	0,4	-11,1
1996	9,3	9,3	9,4	13,0	9,3	21,2	-3,7	0,0	-11,8

Таблица 3

**Падение уровня рождаемости среди женщин детородного возраста (15–50 лет)**

Годы	Число родившихся за год детей на 1000 женщин в возрасте, лет								Суммарный коэффициент рождаемости
	Моложе 20	20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–50	15–50	
<b>Сельское население Беларуси</b>									
1958-1959	18	163	194	137	84	28	5	99	3,1
1969-1970	20	192	152	100	52	16	2	62	2,7
1978-1979	37	218	139	73	32	9	1	58	2,6
1984-1985	38	235	155	70	31	6	0,3	72	2,7
1989-1990	61	220	111	55	24	6	0,3	70	2,4
1996	53	162	88	34	14	4	0,1	51	1,8
<b>Городское население Беларуси</b>									
1958-1959	13	122	148	94	49	12	1,5	77	2,2
1969-1970	19	146	121	76	33	8	0,7	60	2,0
1978-1979	27	155	111	56	18	4	0,2	62	1,8
1984-1985	30	154	116	55	20	3	0,1	65	1,9
1989-1990	36	165	101	45	15	3	0,1	57	1,8
1996	30	103	63	26	9	2	0,1	32	1,2

Для сравнения следует отметить, что суммарный среднемировой коэффициент рождаемости (общий показатель фертильности) составлял в 1996 г. 2,8 или вдвое больше, чем в Беларуси (1,3), но это превышение обеспечивается за счет женщин менее развитых стран, где в среднем одна женщина на протяжении репродуктивного периода рождает 3–4 детей, в Африке 5–7. Среди женщин развитых стран тенденция та же, что и в Беларуси – падение уровня фертильности до 1–2 детей, минимальные показатели отмечены в Италии и Испании (1,2), Германии (1,3), России (1,3).

Таким образом, первой причиной снижения общего уровня рождаемости среди населения Беларуси, как и других развитых стран мира, является изменение репродуктивного поведения женщин и ограничение ими числа детей до одного-двух. Это общая тенденция во всех промышленно развитых, высокоурбанизированных странах. Отличие Беларуси лишь в том, что данная

тенденция проявилась очень резко и пришлось в основном на 90-е гг., в то время как страны Европы испытывают этот процесс на протяжении всего XX ст. Несмотря на все усилия самых высокообеспеченных государств перейти к 2–3-детной семье, реально в жизни наблюдается обратное явление – переход к семье с одним ребенком или к бездетной семье, а значит – к депопуляции. Поэтому ситуация в Беларуси не является исключением. Это общая черта образа жизни современной семьи в развитых странах. Но явление это, оправданное экономически, нельзя оправдать с общечеловеческих позиций, так как оно и является первопричиной депопуляции (поколение детей не замещает поколение родителей).

По данным табл.4, из процесса деторождения фактически выбывают женщины в возрасте старше 40 лет, а детородную миссию выполняют в основном молодые женщины. Так, из 96 тыс. детей, рожденных в Беларуси в 1996 г., 42 тыс. пришлось на матерей в возрасте 20–24 года, 13 тыс. на группу до 20 лет и 24 тыс. на группу от 25 до 30 лет. Следовательно, 80% родившихся детей приходится на матерей до 30 лет. Поэтому от численности данной группы женщин и их плодовитости зависит число родившихся детей в стране, ее будущий демографический потенциал.

Таблица 4

Число женщин	Годы			
	1959	1979	1989	1997
Всего женщин детородного возраста,	2265	2486	2463	2656
из них в возрасте до 30 лет:	1129	1193	1132	1083
в том числе				
в городах	411	854	868	830
в сельской местности	718	339	064	253

Численность женщин детородного (репродуктивного) возраста – первая демографическая составляющая общего уровня рождаемости. В табл.4 показана динамика численности данной когорты женщин. Данные таблицы свидетельствуют о том, что когорта репродуктивных женщин Беларуси довольно стабильна (около 2,5 млн чел.). Причем наблюдается две тенденции: постепенное уменьшение численности и доли самой молодой детородной группы до 30 лет и перераспределение ее в пользу городов. На тысячу горожан в настоящее время приходится 120 молодых детородных женщин, на тысячу селян – 84 (в 1959 г. 170 и 130 соответственно). Численность этой группы в сельской местности уменьшилась в 3 раза, а в городах увеличилась в 2 раза. Отсюда и перераспределение детей в пользу городов.

Таким образом, численность детородной группы и количество рожденных детей в среднем на одну женщину определяют не только общий уровень рождаемости в стране, но и территориальные различия в нем. Поскольку уровень фертильности территориально в пределах Беларуси отличается незначительно (максимальный показатель – 43‰ в Брестской области, минимальный – 33‰ в Витебской), то определяющее значение в территориальной дифференциации рождаемости имеет численность детородной группы и ее доля в составе населения. Между областями существенных различий не наблюдается, а вот на микроуровне (в разрезе районов и отдельных городов) различия значительны. Поэтому в процессе исследования ставилась цель на базе типологии районов и городов по уровню рождаемости выявить те из них, где положение наиболее стабильно благоприятное и где ситуация ухудшилась настолько, что требует незамедлительного реагирования со стороны государства.

Оценивая общую ситуацию в процессе рождаемости, необходимо отметить, что на фоне постоянно действующей тенденции в сторону снижения абсолютных и относительных показателей произошло катастрофически быстрое, непредвиденное, обвальное их падение за 90-е гг. (см. табл.2). Главная причина – ограничение деторождения. За 1990–1996 гг., по сравнению с 1960–1966 гг., родилось на 400 тыс. детей меньше. Последствия сложившейся ситуации будут проявляться в начале XXI ст. в резком уменьшении молодых трудовых ресурсов, детородных групп и т. д. За период с 1980 по 1998 г. максимальное число родившихся детей отмечалось в 1983 г. (174 тыс.): в детородном возрасте находилось многочисленное поколение периода после-

военной "компенсации". В 1997 г. число родившихся снизилось до 90 тыс., т.е. почти вдвое. Такого перепада в процессе деторождения не отмечалось за все годы XX ст. даже в годы войны. Основным "виновником" таких демографических потерь явилось городское население, на долю которого приходится 70% "недорода". Особенно выделяется в этом отношении население столицы, где число родившихся за указанный период уменьшилось с 30 тыс. в 1984 г. (максимальная цифра за послевоенные годы) до 14,5 тыс. в 1996 г., (т.е. вернулось к уровню 1960 г.), когда численность населения в Минске была всего 538 тыс. человек.

Число родившихся в сельской местности уменьшилось в 5 раз до цифры 28 тыс. человек в 1997 г. (в 1950 г. – 150 тыс.). В итоге относительные показатели уровня рождаемости сравнительно молодого городского населения и сильно постаревшего сельского сблизились до минимальной цифры 9‰. Такой уровень рождаемости не может компенсировать потери от смертности, поэтому вместо естественного прироста начался процесс естественной убыли населения. В этом состоит сущность демографической трансформации на территории Беларуси. Период выхода из сложившейся ситуации будет тем короче, чем быстрее будет преодолен экономический кризис и страна войдет в русло устойчивого развития.

Поступила в редакцию 16.10.98.

УДК 911.3.312(476)

Б.А.МАНАК, Е.А.АНТИПОВА

### ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ И ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ В ПРОЦЕССЕ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ

The article contains analytic materials about the new and specific tendencies of the demographical situation of Belarus (the aspect of the death-rate).

Смертность – явление не только противоположное рождаемости, сущность этого процесса совершенно иная. Если рождаемость можно прервать, приостановить, снизить до нуля, то смертность остановить невозможно. Все живое смертно – таков непререкаемый закон природы. Если в рождаемости есть верхние и нижние границы, то смертность не имеет определенной верхней границы. Например, от войн, нашествий, природных катастроф могут исчезнуть целые народы. Смертность связана с рождаемостью: чем больше рождается, тем со временем (по мере старения) будет больше и умирать. С рождаемостью есть связь и другого рода: чем ниже рождаемость, тем меньше доля детей, тем больше доля пожилых и старых людей, следствием чего является увеличение смертности. В свою очередь, смертность может снизить долю женщин детородного возраста и уменьшить рождаемость.

Если рождаемость – явление положительное, процесс созидательный, то смертность – процесс разрушительный. Но в результате этих двух процессов идет обновление человеческого общества, воспроизводство населения.

Смертность, как и рождаемость, определяется и биологическими, и социально-экономическими факторами.

Причины смертности делятся на две группы: внутренние (эндогенные), естественные – необратимые, по мере старения человеческого организма; внешние (экзогенные), привнесенные – от болезней, насилия, несчастных случаев, голода, войн, эпидемий, конфликтов, геноцида, катастроф и др.

Специальная комиссия ООН свела все факторы смертности к одному интегральному – *жизненный уровень*, под которым подразумевается: состояние здоровья, обеспеченность питанием, уровень здравоохранения, характер и степень занятости, условия труда и отдыха, уровень образования, урбанизации, бюджет семьи, жилищные условия, степень безопасности проживания, экологические условия, этнические традиции, алкоголизм, наркомания, СПИД, природные условия и природные бедствия и др.

Среди факторов смертности, которые имеют этнические аспекты, для белорусов, например, особо выделяются биологические и географические, как результат взаимодействия организма со средой обитания.

Внутренние и внешние причины смертности определяют дифференциацию ее уровня в территориальном отношении. Географические различия в уровне смертности имеют демографическую (пол и возраст населения) и социально-экономическую основы (проявление внешних факторов смертности).

Изменения в процессе смертности носят количественный, структурный и территориальный характер.

*Количественные* изменения проявляются в увеличении абсолютных (число умерших) и относительных (общий и специальные коэффициенты смертности) показателей, отражающих уровень смертности.

*Структурные* изменения проявляются в демографическом (смертность мужчин, женщин, отдельных возрастных групп), социальном (смертность отдельных социальных групп населения), этническом (смертность отдельных этнических групп проживающего населения) аспектах.

*Территориальные* изменения проявляются в углублении территориальной дифференциации в уровне смертности.

Абсолютная численность умерших на территории Беларуси на протяжении всего послевоенного периода постоянно увеличивается по мере роста общей численности населения, но темпы смертности по десятилетним периодам разные. Самый большой прирост числа умерших отмечается в 80–90-е гг. Если за 20-летний период с 1960 по 1979 г. умерло 1374 тыс. человек, то за 18 лет (с 1980 по 1997 г.) – около 2 млн человек (табл.1). Число умерших в 1997 г. (137 тыс.) превысило этот показатель 1960 г. (54 тыс.) в 2,5 раза. Общий прирост населения составил только 25%. Следовательно, темпы роста числа умерших превысили темпы общего прироста населения в 6 раз. Это значит, что не только ростом населения можно объяснить нарастание масштабов смертности. В этот процесс внедрились другие факторы, о чем свидетельствуют и относительные показатели смертности в расчете на тысячу жителей. Если в 60-е гг. на каждую тысячу жителей Беларуси приходилось 6–7 умерших (самый низкий показатель за всю демографическую историю Беларуси), то в 90-е гг. – 11–13 человек, вдвое больше. Каковы причины потерь населения от смертности?

Таблица 1

**Возрастные коэффициенты смертности населения Беларуси  
(число умерших в среднем за год на 1000 человек соответствующего пола и возраста)\***

Количество умерших	Мужчины				Женщины			
	1958–1959	1968–1969	1989–1990	1996	1958–1959	1968–1969	1989–1990	1996
Всего	8,1	8,6	10,9	14,3	6,8	7,4	10,0	11,9
Из них в возрасте, лет:								
до 5	12,8	7,7	3,3	3,3	11,0	6,3	2,4	2,4
5–9	1,3	0,9	0,5	0,4	1,0	0,6	0,3	0,3
10–14	1,0	0,7	0,5	0,4	0,7	0,4	0,3	0,2
15–19	1,6	1,4	1,1	1,3	1,0	0,6	0,5	0,5
20–24	2,3	2,1	2,3	2,5	1,3	0,8	0,6	0,6
25–29	2,9	3,3	2,6	3,5	1,4	1,0	0,6	0,8
30–34	3,6	4,2	3,2	4,5	1,7	1,4	0,9	1,1
35–39	4,5	5,4	4,4	6,2	2,2	1,8	1,3	1,6
40–44	5,8	7,1	6,5	9,1	2,9	2,6	2,1	2,5
45–49	7,9	8,8	10,3	13,4	3,9	3,7	3,5	4,0
50–54	11,9	12,8	14,2	21,3	5,5	5,4	4,9	6,8
55–59	17,8	18,8	20,5	27,4	7,8	8,2	7,6	9,5
60–64	25,4	28,1	28,5	38,7	12,6	12,7	11,8	14,7
65–69	35,3	41,1	39,0	50,8	19,8	21,3	19,1	21,5
70 и старше	74,7	82,3	99,6	107,0	58,7	60,9	75,1	79,5

Примечание: \* здесь и далее при составлении таблиц использованы справочные материалы Министерства статистики и анализа за 1995–1997 гг. ("Население Республики Беларусь").

Отсутствие многих дополнительных источников информации не позволяет с достаточной полнотой ответить на данный вопрос, но та информация, которую представляет Министерство статистики и анализа, дает основания для следующих выводов.

Одной из главных причин увеличения смертности являются изменения в структуре населения – старение, увеличение численности и доли пожилых и старых людей; увеличение численности и доли мужчин, смертность среди которых выше, чем среди женщин; изменения в социальной структуре и характере занятий.

Согласно исследованиям геронтологов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), принята примерная *периодизация жизни населения*: всего выделено 18 групп.

Процессу смертности подвержены две наиболее уязвимые возрастные группы населения.

Первая – это новорожденные и грудные дети (до 1 года), наименее адаптированные к среде обитания, слабые и беззащитные. Именно для этой группы введен специальный коэффициент – младенческая смертность (число умерших в возрасте до 1 года на тысячу родившихся). От него в первую очередь зависит средняя продолжительность жизни данного поколения родившихся.

Вторая группа – это люди старше 60 лет, пожилые, старые и престарелые (увядающее поколение), организм которых постепенно стареет и умирает.

Как свидетельствуют данные Министерства статистики и анализа, коэффициент младенческой смертности в Беларуси довольно стабильно держится на уровне 11–13‰. Это значит, что по сравнению с 50-ми гг. его удалось снизить в 4–5 раз, а по сравнению с 60-ми гг. – вдвое. По этому важнейшему демографическому показателю Беларусь отвечает стандартам более развитых стран мира. Стабильность показателя свидетельствует о том, что не младенческая смертность виновна в росте общего показателя смертности. Об этом свидетельствует и ежегодное число умерших младенцев (в возрасте до 1 года): 1950 г. – 11,6 тыс.; 1960 г. – 7,1 тыс.; 1970 г. – 2,7 тыс.; 1980 г. – 2,5 тыс.; 1985 г. – 2,4 тыс.; 1990 г. – 1,7 тыс.; 1996 г. – 1,2 тыс.

Поэтому причину роста показателей смертности следует искать во второй уязвимой группе населения – старше 60 лет. Для этой категории характерны две тенденции: снижение выживаемости и вероятность дожития до более старших возрастов, рост повозрастных коэффициентов смертности и увеличение доли данной категории в составе населения.

В табл.1 приведены сравнительные данные о числе умерших в среднем за год на тысячу человек соответствующего пола и возраста. На основании этих данных можно сделать вывод о том, что наблюдается увеличение смертности людей более молодого возраста, периода второй зрелости, особенно по мере старения населения, в частности мужского.

В 1996 г. показатель смертности среди мужчин в возрасте 45–49 лет стал таким же, как был в 1958–59 гг. в возрасте 50–54 года, а в возрасте старше 70 лет увеличился в полтора раза. Это значит, что все меньшая часть мужчин доживает до возраста 60–70 лет и более. Отсюда снижение средней продолжительности жизни мужчин Беларуси с 69 лет в 1964–65 гг. (максимальный показатель в XX в.) до 63 в 1996 г.

Среди женского населения резкое увеличение смертности начинается после 60 лет и нарастает в последующих возрастах. Но в целом наблюдается очень заметное расхождение в уровне смертности мужчин и женщин, особенно в возрасте от 20 до 65 лет (в 3–4 раза). Поэтому средняя продолжительность жизни женщин Беларуси хотя и снизилась на 2 года, она по-прежнему превышает мужскую на 11 лет.

Отмеченные тенденции снижения выживаемости лежат в основе увеличения общего показателя смертности (на 5–6 человек на каждую тысячу жителей по сравнению с 50-ми гг.). При этом рост смертности наблюдается не только среди пожилых и людей более старших возрастов, но и среди молодого населения, в самом активном и зрелом возрасте. Следовательно, необходимо знать причины "омоложения" смертности, глубоко изучать их с целью снижения до минимума их негативного воздействия.

Как отмечалось, вторая составляющая роста количественных показателей смертности – увеличение численности и доли тех категорий населения, которые отличаются повышенной смертностью.

За длительный послевоенный период заметно выровнялась структура населения по полу за счет увеличения численности мужчин (на 1,2 млн за период с 1959 по 1997 гг.). Но смертность среди мужчин остается более высокой, чем среди женщин (см. табл.1). Так, за период 70–90-х гг. коэффициент смертности среди мужчин Беларуси увеличился с 8 до 14‰, а среди женщин с 7 до 12. Следовательно, увеличение численности мужского населения сопровождается и увеличением потерь от смертности.

Снижение доли детей и увеличение продолжительности жизни сопровождается увеличением численности и доли пожилых и старых людей. В 1959 г. в Беларуси насчитывалось около 1 млн лиц старше трудоспособного возраста. Их доля составляла 13,5% в составе населения и была в 2,5 раза меньше, чем детей до 16 лет. К 1997 г. численность этой категории населения превысила 2 млн человек и достигла 21% от общей численности населения (доля детей снизилась с 31 до 23%). Учитывая, что основная масса умерших людей принадлежит именно к данной возрастной группе, она и является определяющей в процессе смертности (табл.2).

Таблица 2

**Тенденции в динамике возрастной структуры населения**

Годы	Возрастные группы, тыс. человек					
	Дети и подростки от 0 до 15 лет	Трудоспособные				Лица пенсионного возраста
		всего	молодые от 16 до 29 лет	средние от 30 до 49 лет	старшие от 50 до 54(59) лет	
<b>Все население</b>						
1989	2482571	5685066	2124490	2628393	932183	1984010
1997	2311009	5749280	2006262	3078708	664310	2175838
Изменения за период	-171562	64214	-118228	450315	-267873	191828
<b>Городское население</b>						
1989	1746149	4013233	1574200	1925354	513679	881947
1997	1650049	4322933	1520593	2350532	451808	1116887
Изменения за период	-96100	309700	-53607	425178	-61871	234940
<b>Сельское население</b>						
1989	736422	1671833	550290	703039	418504	1102063
1997	660960	1426347	485669	728176	212502	1058961
Изменения за период	-75462	-245486	-64621	25137	-206002	-43112

Таблица 3

**Причины и уровень смертности трудоспособного населения Беларуси (на 100 тыс. лиц трудоспособного возраста)**

Причины смерти	Мужчины		Женщины	
	1990 г.	1996 г.	1990 г.	1996 г.
Несчастные случаи, отравления, травмы	222	325	39	57
Болезни системы кровообращения	217	281	47	53
Новообразования	135	128	56	51
Болезни органов дыхания	28	35	6	5
Болезни органов пищеварения	19	27	5	8
Инфекционные и паразитарные болезни	9	15	2	2

Таким образом, изменения в структуре по полу и возрасту обусловили рост смертности по внутренним (эндогенным) причинам.

Но современный период демографического развития характеризуется усилением негативного воздействия внешних (экзогенных) причин смерти, которые вызывают потери более молодого, трудоспособного населения, преимущественно мужского.

Первое место среди причин смерти трудоспособного населения заняли несчастные случаи, отравления, травмы, убийства и самоубийства, т.е. причины, которые вообще могли бы отсутствовать в социально благополучном обществе. Как видно из табл.3, эти внешние причины безвременной смерти вызывают самые большие потери трудоспособного мужского населения. Только за 90-е гг. смертность мужчин из-за данной группы причин увеличилась в полтора раза и в наибольшей степени повлияла на потери мужского населения. Именно устранение данных причин может существенно повлиять на показатель смертности (путем усиления безопасности жизнедеятельности, ликвидации таких негативных явлений, как пьянство, наркомания, насилие, убийства; путем усиления мер по профилактике заболеваемости и охране здоровья, доступности медицинского обслуживания, улучшения материального положения людей).

Поступила в редакцию 16.10.98.

## К ВОПРОСУ О КАРТОГРАФИРОВАНИИ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

The review of major cards of the population of Republic Belarus is resulted, the methods of drawing up of cards of the population are considered.

Картографирование населения – один из важнейших разделов тематического картографирования. Наиболее объективное и полное представление о размещении населения может дать только карта. При помощи карт появляется возможность систематизировать, сравнивать и обобщать результаты исследований; карты помогают открыть новые географические закономерности. С.А.Ковалев, О.А.Евгеев, А.М.Берлянт и другие исследователи в своих работах показали огромные возможности использования карт для изучения особенностей географии населения.

Впервые картографирование населения на территории нашей республики началось во второй половине XIX ст., но наибольшее развитие оно получило в начале нашего столетия и связано было с проводившимися переписями населения [1]. Прежде всего следует назвать первую многолистную карту населения – "Дозиметрическую карту Европейской России", составленную в начале 20-х гг. XX ст. по материалам дореволюционной переписи населения 1897 г. в масштабе 1:420000 [1]. При ее составлении впервые был применен особый "метод пятен" (дозиметрический способ), разработанный В.П.Семеновым-Тян-Шанским.

Большой научный и практический интерес представляет "Обзорная карта плотности населения СССР" В.А.Каменецкого (1929 г.), составленная по данным переписи СССР 1926 г. [2]. На основании материалов этой же переписи в Белоруссии была составлена "Карта размещения населения Белорусской ССР" в масштабе 1:1000 000, опубликованная в "Матэрыялах да геаграфіі і статыстыкі Беларусі" (т.2, 1929). На этой карте значковым способом были показаны города, а методом изодем – плотность сельского населения.

Предвоенное десятилетие отмечено некоторым "затишьем" в картографировании населения – размещение населения Белоруссии нашло отражение лишь на школьных стенных картах населения СССР, а первый Атлас БССР, подготовленный к изданию в 1941 г., вовсе не имел карт населения.

В первом комплексном региональном атласе Союза ССР послевоенного периода – "Атласе БССР" (1958 г.) приводится карта населения в масштабе 1:4000000, составленная В.Я.Кришановичем. При ее составлении был применен значковый способ для показа городов и изолиний с послойной окраской для плотности сельского населения.

Значительно активизировалась работа по составлению и изданию карт населения в республике после проведения всесоюзных переписей населения 1959 и особенно 1970 г. Карты населения появляются в научных трудах географического содержания: "Белоруссия" (из серии "Советский Союз"); "Население Белоруссии" А.А.Ракова, а также в ряде диссертаций, связанных с изучением населения республики (А.А.Раков, Л.И.Спижанков, С.А.Польский, С.И.Сидор, Б.А.Манак, Л.П.Шахотько и др.). Большой интерес представляют карты в работе Л.И.Спижанкова "Сельское расселение" (1974 г.), которые в основном иллюстрируют текст монографии и в то же время позволяют делать некоторые обобщающие выводы [3]. Однако способы изображения на этих картах весьма ограничены (значки, картограмма, картодиаграмма, метод изолиний), что в значительной степени обусловлено масштабом изображения.

Из изданий этого времени следует отметить "Карту размещения населения СССР" (1964 г.) в масштабе 1:4000000, составленную на географическом факультете Московского государственного университета под руководством В.П.Коровицына.

Результаты всесоюзных переписей населения 1959 и 1970 гг. давали большой фактический материал для картографирования, однако его было трудно свести воедино: не совпадали границы административно-территориального деления; не было одинакового трактования понятия "сельский населенный пункт" в материалах двух переписей; в переписи 1959 г. отсутствовала произ-

водственно-функциональная типология населенных пунктов. Составление карт населения этого периода отличается совершенствованием способов картографического изображения, расширением тематики, углублением содержания, повышением детальности и достоверности изображения, что в значительной степени связано с совершенствованием статистического учета, разработкой методики тематического картографирования. О возросшем значении картографирования населения свидетельствует увеличение количества карт населения в комплексных региональных атласах.

Проблемы картографирования населения обсуждались на ряде научных совещаний по географии населения (1961, 1967, 1973, 1976 гг.), тематическому картографированию (1966, 1968, 1975 гг.), освещались в многочисленных работах по географии населения и его картографированию.

Важнейшим картографическим произведением этого периода явилась единая "Государственная карта населения СССР" (1977 г.) в масштабе 1:1000000, составленная по данным переписи населения 1970 г., которая отражает особенности размещения населения по территории Союза и его распределение по отдельным населенным пунктам. Карта служила основным источником для изучения расселения при планировании использования трудовых ресурсов и организации сферы обслуживания населения. Она вышла под грифом "Для служебного пользования". В составлении "Государственной карты населения СССР" принимал участие большой круг географов и картографов из многих городов страны. Авторские и составительские оригиналы для территории Белоруссии выполнили преподаватели кафедры геодезии и картографии Белгосуниверситета. Методическое руководство по созданию карты осуществляла Проблемная лаборатория комплексного картографирования и атласов МГУ им.М.В.Ломоносова.

В этот период кафедра геодезии и картографии Белгосуниверситета под руководством В.Я.Крищановича проделала также огромную работу по сбору, обработке материалов всесоюзных переписей населения 1959, 1970 и 1979 гг. для территории Белоруссии, в том числе составлению серии карт населения. Кафедрой была составлена адресная карта в масштабе 1:300000 по всем областям республики и на основании ее – "Карта людности населенных пунктов БССР", являющаяся одной из важнейших среди карт населения, так как размещение населения неразрывно связано с его расселением в отдельных населенных пунктах или территориальных системах и обусловлено историческими, социально-экономическими и природными условиями. Для народного хозяйства особенно существенны, кроме размещения, социально-экономические характеристики населения. Карта людности, в свою очередь, послужила исходной для создания других карт населения: производственно-функциональных типов населенных пунктов (позволила установить зависимость между людностью поселений и их типологией); динамики людности за период 1959–1970 гг., 1970–1979 и 1959–1970 гг.; изменения плотности населения БССР (по сельсоветам) за этот же период; а также динамические диаграммы по районам Белоруссии, отражающие изменения в группировках населенных пунктов по группам людности и численности населения и функциональным типам. Составленные карты и диаграммы наглядно иллюстрируют изменения в расселении, людности поселений, позволяют выявить тенденции и закономерности этих изменений. Названные карты населения дают богатый материал для изучения географии населения Белоруссии, однако искаженная основа, использованная для составления карт, сильно снизила их практическое применение.

В период с 1959 по 1989 г. заметна тенденция постепенного сокращения численности сельского населения (рис.1) и сельских населенных пунктов и резкого увеличения численности городского населения (так называемый "бум урбанизации"), особенно крупных городов в центральной, западной и северной частях республики (рис.2). Исключение составляют мелкие и средние города Гомельской и Могилевской областей, наиболее пострадавшие от аварии на ЧАЭС.

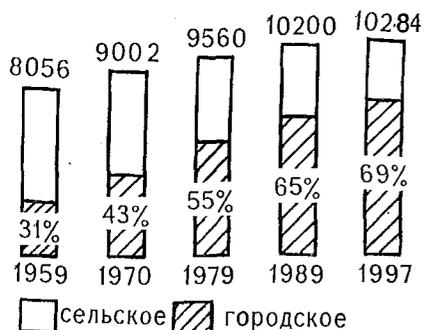


Рис.1. Динамика численности населения республики (тыс. чел.)

В ряде проектных и исследовательских организаций республики (БелНИИГипросельстрой, НИИЭМП при Госплане БССР и др.) также были составлены карты населения. Особо следует отметить создание в секторе перспективного расселения БелНИИГипросельстроя схем перспективной сети сельских населенных пунктов БССР. Эти схемы обладают большой информативностью, наглядны, обзорны и хорошо читаемы [4].

Интересны, разнообразны по тематике и способам изображения карты населения в работе Б.А.Манак "Насельніцтва Беларусі: рэгіянальны асаблівасці развіцця і рассялення" [5].

Составленный лабораторией этнической и конфессиональной географии населения Государственного педагогического университета под руководством С.А.Польского атлас "Беларусы" (1996 г.) отражает расселение населения и формирование территории республики по переписям 1897, 1926, 1937, 1939, 1959, 1970, 1979, 1989 г. Представленный в атласе графический материал (в основном карты, диаграммы, графики) дает разнообразную информацию по крупнейшим городам республики, районам, областям и по Белоруссии в целом.

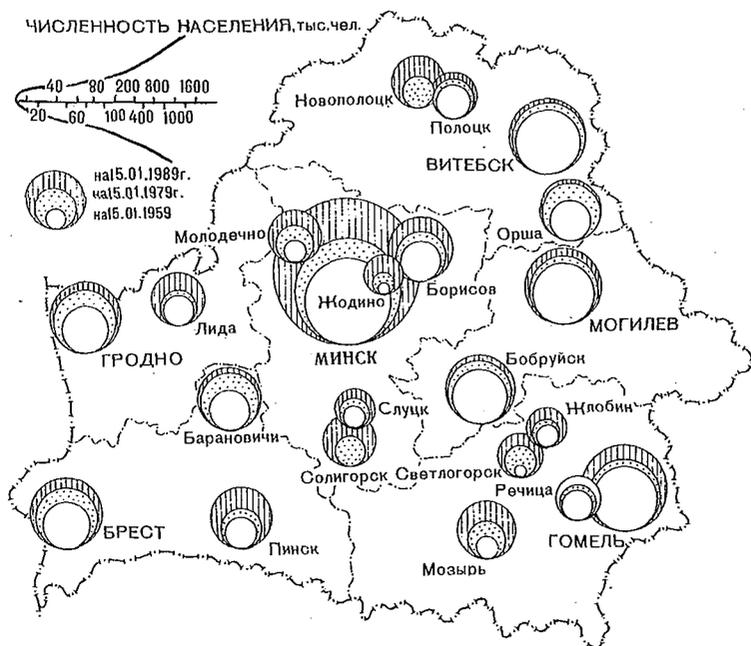


Рис.2. Рост численности населения крупнейших городов Беларуси

Изданные Минской картфабрикой учебно-справочный "Атлас Белорусской ССР" (1990 г.) и фактически переизданный "Атлас Рэспублікі Беларусь" (1998 г.) содержат карту населения РБ (масштаб 1:3000000), составленную Р.А.Жмойдяком и Л.Д.Мельниковой по данным на 1 января 1989 и на 1 января 1997 г. На карте применен значковый способ для показа плотности городских поселений и картограмма (по районам) – для плотности сельского населения (рис.3). Назначение атласов явно ограничивает количество, конкретную тематику карт населения и примененные способы изображения.

Анализируя изданные за последние 15 лет карты населения, можно отметить:

1) практическую направленность карт населения, что связано с необходимостью точности, достоверности карт, которые повышают значение картографического метода исследований, математических методов и средств

автоматизации при составлении карт населения и их применения в научных и практических целях;

2) совершенствование способов изображения при составлении карт населения, а также создание производных синтетических карт, обобщающих частные характеристики [6].

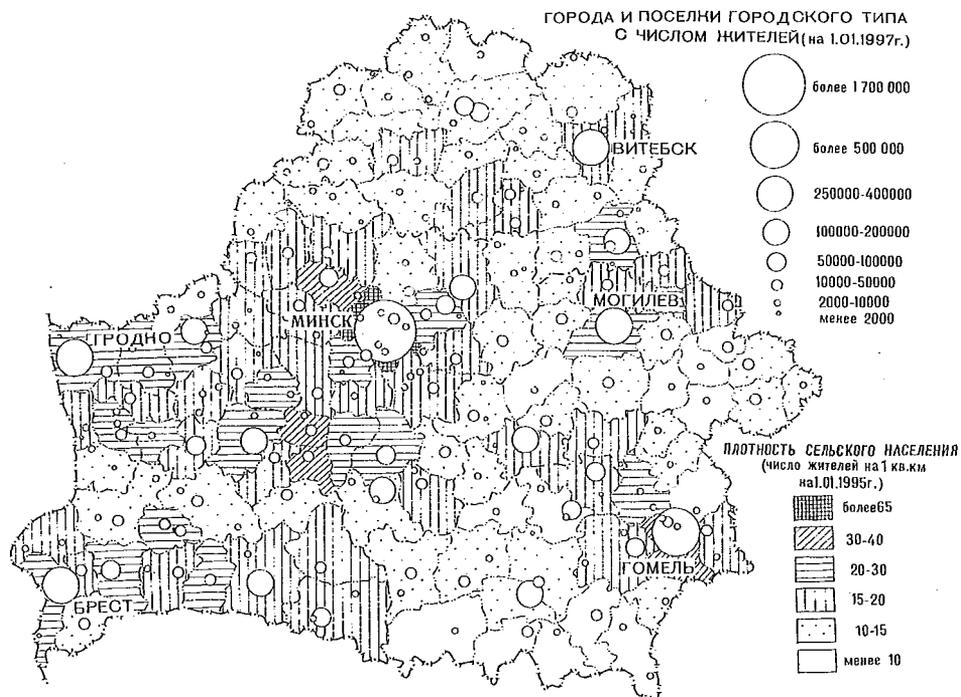


Рис.3. Население Беларуси

Дальнейший прогресс в изучении населения и его картографировании в республике мы связываем с Конференцией по устойчивому развитию населенных пунктов и территорий, которая проводилась 24–27 ноября 1998 г. по инициативе Министерства архитектуры и строительства РБ в соответствии с решением Национальной комиссии по развитию населенных пунктов Беларуси.

Новым стимулом для дальнейшего развития географии населения и составления карт населения различной тематики является перепись населения Беларуси, которая будет проходить с 16 по 23 февраля 1999 г.

1. Преображенский А. И. Русские экономические карты и атласы. М., 1953.
2. Он же. Экономические карты в преподавании географии. М., 1980.
3. Спичанков Л. И. Сельское расселение Белоруссии. Мн., 1974.
4. Проблемы расселения в БССР. Мн., 1974.
5. Манах Б. А. Населенітва Беларусі: рэгіянальны асаблівасці развіцця рассялення. Мн., 1992.
6. Комплексные региональные атласы / Под ред. К.А.Салищева. М., 1976.

Поступила в редакцию 19.10.98.

УДК 626.8

Л.В.КОЗЛОВСКАЯ, А.В.ТОМАШЕВИЧ

### ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ В МИНЕРАЛЬНЫЕ

On the basis of the analysis and generalization of accumulated data a system approach to the assessment of ecological and socioeconomical consequences of transformation of drained peat soils into mineral ones is proposed. An original approach to the calculation of the degradation of drained peat soils used in agricultural production is substantiated.

Значимость проблемы оценки эколого-экономических последствий трансформации осушенных торфяных почв в минеральные для Беларуси в условиях современной переходной экономики определяется следующим: масштабностью

производившегося в течение длительного периода осушения торфяных болот и превращения их в сельскохозяйственные угодья; проявившимся и усиливающимся процессом деградации осушенных торфяных почв вследствие несовершенства созданных мелиоративных систем и в результате нерационального сельскохозяйственного использования осушенных торфяников; чрезвычайной ограниченностью средств (по причине кризиса в экономике), необходимых для совершенствования уже созданных мелиоративных систем и для рационального ведения сельскохозяйственного производства на осушенных землях; принятой в республике "Национальной стратегией устойчивого развития", предусматривающей сбалансированное решение социально-экономических задач, проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений людей.

Для подтверждения сказанного приведем некоторые известные данные. Так, к настоящему времени в Беларуси осушено 3,2 млн га болот и заболоченных земель, из которых 2,9 млн га используются в сельскохозяйственном производстве. Это 31% от всех сельхозугодий страны [1]. На этих землях в 1986–1990 гг. производилось более трети растениеводческой продукции республики [2, с. 11]. В то же время торфяным почвам (около 1 млн га) – самым плодородным в составе осушенных земель – грозит исчезновение как генетическому типу. По различным оценкам 200–350 тыс. га осушенных торфяных почв уже трансформировались в различные виды минеральных почв и процесс их трансформации (а точнее, деградации) продолжается [2, с. 107; 3]. При сохранении современных темпов деградации осушенных торфяных почв республика рискует потерять для будущих поколений потенциально наиболее продуктивные сельскохозяйственные земли – национальное богатство страны. Уже сегодня сельское хозяйство несет ощутимые потери в объемах производимой растениеводческой продукции.

Для того чтобы затормозить процесс деградации осушенных торфяных почв, обеспечить их длительную сельскохозяйственную эксплуатацию и превращение в итоге в высокоплодородные антропогенные минеральные почвы, необходимы крупные капиталовложения в реконструкцию мелиоративных систем и значительные ежегодные затраты на их эксплуатацию, а также на обеспечение хозяйств достаточным количеством органических и минеральных удобрений, высокая агротехника возделывания сельхозкультур, использование торфяных почв под многолетние травы и т. д.

Ограниченность средств в современных условиях, с одной стороны, и стремление следовать принципам стратегии устойчивого развития – с другой, диктуют необходимость изучения всех возможных вариантов при выборе приоритетных направлений решения проблемы сохранения плодородия осушенных земель и экологического равновесия в районах крупномасштабной осушительной мелиорации. Для этого прежде всего необходимо проанализировать накопленные данные по проблеме деградации торфяных почв, последствия, к которым приводит этот процесс, и методику их оценки.

Вопрос о сущности эволюции осушенных торфяных почв и о факторах, влияющих на скорость их деградации, исследован к настоящему времени достаточно хорошо [4–6 и др.]. Составлены модели эволюции мелиорированных торфяных почв при различных нормах осушения и различном использовании [6]. Во многих публикациях также рассматриваются экологические, социальные и экономические последствия осушения торфяных болот, их последующего сельскохозяйственного использования и неизбежной трансформации осушенных торфяных почв в минеральные. При этом в зависимости от целей исследования авторы обращают внимание на различные аспекты проблемы, используют различные методические подходы к оценке последствий осушения и трансформации торфяных почв и, что естественно – приходят к разным выводам.

На наш взгляд, определение экологических и социально-экономических последствий трансформации осушенных торфяных почв в минеральные требует системного подхода.

Исходя из принципов "Национальной стратегии устойчивого развития", последствия трансформации торфяных почв должны быть оценены с точки зрения их воздействия на природную среду (экологические), человека (социальные) и хозяйственную сферу (экономическую).

Анализ факторов, определяющих трансформацию осушенных торфяных почв в минеральные, дает возможность отнести последствия этого процесса (хотя и довольно условно из-за их взаимосвязи) к двум уровням: 1) последствия осушения торфяных болот и вовлечения их в сельскохозяйственный оборот, т.е. замены естественных биогеоценозов торфяных болот агроценозами; 2) последствия собственно процесса трансформации (эволюции) осушенных торфяных почв, т.е. сработки торфа, разложения органического вещества и уменьшения его содержания (см. табл.1).

Последствия первого уровня сравнительно легко оцениваются для социальной и экономической сфер: прирост площадей сельхозугодий с высокоплодородными почвами; увеличение объема сельскохозяйственной продукции, полученной на осушенных землях; повышение благосостояния и качества жизни населения в регионах мелиорации. Уже отмечалось, что благодаря осушению болот и заболоченных земель Беларусь получила прирост на одну треть площадей сельхозугодий и продукции растениеводства. На осушенных землях Полесья было создано 45 новых совхозов с современной инфраструктурой, создана сеть дорог с твердым покрытием. Однако все это потребовало около 10 млрд руб. капиталовложений (в ценах 1983 г.), постоянных крупных эксплуатационных расходов и в то же время привело к возникновению негативных экологических последствий.

Экологические последствия этого уровня трудно поддаются количественной оценке и поэтому служат предметом научных дискуссий. Безусловно, очень сложно оценить в количественной сопоставимой форме такие последствия, как утрата биосферной функции торфяных болот, нарушение гидрологического режима территорий, уменьшение биологического разнообразия, обеднение генофонда и др. Вместе в тем накопленный к настоящему времени материал о негативных последствиях масштабной осушительной мелиорации с точки зрения нарушения экологического равновесия в регионах (в частности, в Белорусском Полесье) требует введения жестких экологических ограничений при проектировании мелиоративных работ, выработки экологических нормативов формирования территориальной структуры мелиоративных агроландшафтов, перехода к так называемой биосферносовместимой мелиорации, адаптивным мелиоративным системам.

Последствия второго уровня, обусловленные сработкой торфа, разложением и уменьшением содержания органического вещества, также наиболее остро проявляются в социально-экономической сфере в виде ущерба (потерь) от выбытия из состава сельхозугодий деградированных торфяных почв, снижения плодородия торфяных почв по мере их трансформации в минеральные, загрязнения водных источников и атмосферы в результате водной и ветровой эрозии почв.

Если отрицательные экологические последствия первого уровня могут быть предотвращены (или уменьшены до приемлемого уровня) сокращением масштабов мелиоративных работ и экологизацией мелиоративных систем, то для предотвращения отрицательных последствий второго уровня этого недостаточно. Здесь, кроме совершенствования мелиоративных систем, необходима оптимизация направлений использования осушенных торфяных почв и уровня интенсификации сельскохозяйственного производства. И задача определения эколого-экономических последствий трансформации торфяных осушенных почв сводится к оценке величины экономического ущерба от снижения плодородия почвы при различных вариантах совершенствования мелиоративных систем и использования мелиорированных торфяников, а также величины ущерба от загрязнения водных источников и атмосферы.

К настоящему времени методы оценки экономического ущерба от загрязнения атмосферы и водоемов достаточно хорошо разработаны [7] и могут быть использованы для оценки названных потерь при трансформации торфяных почв.

**Социо-эколого-экономические последствия трансформации осушенных торфяных почв в минеральные**

Последствия	Проявление последствий и показатели для их оценки		
	в природной среде	в социальной сфере	в сфере экономики
Первый уровень Замена естественных биогеоценозов торфяных болот агроценозами	Изменение гидрологического режима территорий; изменение экологической устойчивости ландшафтов; уменьшение биологического разнообразия, обеднение генофонда (выпадение из местной флоры и фауны видов, теряющих места обитания); утрата биосферной функции торфяных болот по очистке атмосферы от CO <sub>2</sub> и обогащению ее кислородом; изменение климата; усиление эрозионной опасности; естественный процесс гумусо- и торфообразования (аккумулятивный) сменяется процессами разложения и минерализации органического вещества и уменьшения его запасов, в результате чего происходит эволюция осушенных торфяных почв	Повышение уровня занятости населения, рост доходов, улучшение условий труда, повышение уровня обеспеченности социальной инфраструктурой; обеднение ландшафтного разнообразия; ухудшение возможностей общения с живой природой и рекреации; загрязнение атмосферы в результате пыльных бурь	Увеличение площади сельхозугодий, повышение среднего бонитета почв в стране, регионе, повышение продуктивности сельскохозяйственного производства; рост затрат на мелиорацию земель и вовлечение их в сельскохозяйственное использование; уменьшение ресурсов лекарственных растений, ягод, площадей медосбора для пчел, охотничьих угодий и ресурсов, рыбных ресурсов.
Второй уровень Эволюция осушенных торфяных почв	Сработка торфа, разложение органического вещества и уменьшение его содержания; изменение мезо- и микрорельефа территории; изменение мезо- и микроклиматических условий на трансформированных территориях; загрязнение (изменение химического состава) поверхностных и почвенно-грунтовых вод; загрязнение атмосферы; изменение структуры почвенного покрова; утрата торфяных почв как генетического типа	Изменение качества среды жизнедеятельности населения: – микроклимата; – качества питьевой воды; – уровня запыленности атмосферы; – условий земледельческого труда; – эстетических качеств ландшафта, Уменьшение доходов населения	Уменьшение плодородия сельскохозяйственных угодий – снижение бонитета почв: торфяные осушенные почвы с мощностью торфа 1–2 м имеют бонитет 73 балла; торфяно-глееватые с мощностью торфа 0,3–0,5 м – 63 балла; торфянисто-глееватые, подстилаемые песками – 43; антропогенные глееватые, сильноотторфованные песчаные – 40; антропогенные, оплеенные внизу, слабогумусированные песчаные – 30. Ухудшение условий земледелия, из-за увеличения пестроты почвенного покрова, усложнения условий регулирования водного режима почв вследствие увеличения контрастности микро- и мезорельефа, увеличения объема противозерозионных мероприятий. Увеличение затрат на снабжение населения качественной питьевой водой

Однако для исследуемого процесса деградации торфяных почв определяющее значение имеет снижение их плодородия и связанная с ним потеря части урожая, так как именно этот вид экономического ущерба наиболее ощутим для экономики страны. Трансформация осушенных торфяных почв в минеральные – довольно продолжительный по времени процесс, что требует при оценке ущерба учета фактора времени. Величина ущерба также должна включать потерю средств, вложенных в мелиоративные работы на объекте в той части, которая еще не компенсирована прибавкой урожайности.

Таким образом, наиболее целесообразно для оценки экономического ущерба от трансформации торфяных почв использовать не разницу в стоимости полученной продукции на деградированных почвах и тех, которые еще не затронуты деградацией, а различия в оценке самой земли как основы реального и потенциального плодородия при различной степени ее деградации. При этом в основу оценки экономического ущерба от трансформации осушенных торфяных почв в минеральные следует положить не дифференциальную ренту, которой может и не оказаться, а величину чистого дохода сельскохозяйственного предприятия, скорректированную баллом бонитета почв, характеризующим уровень их плодородия на момент оценки.

Анализ оценок повышения плодородия пахотных земель за счет дополнительного вложения капитала позволяет обосновать целесообразность увеличения для осушенных торфяных почв с мощностью торфа 1–2 м цены одного балла бонитета до 0,8 ц/га, из чего следует, что 1 га не затронутых деградацией торфяных осушенных почв с баллом бонитета 73 должен обеспечить урожайность 58,4 ц/га зерновых культур. По мере деградации торфяно-болотных почв (трансформации их сначала в торфяно-глеевые, затем в торфянисто-глеевые, дерновые глеевые и дерново-подзолистые глееватые) снижение балла бонитета сопровождается уменьшением цены 1 балла с 0,8 ц/га до 0,5 и 0,3 ц/га.

В современных условиях переходной экономики (инфляция, нарушения в области взаиморасчетов между сельхозпредприятиями и государством, несопоставимость прошлых и настоящих затрат и др.) в качестве стоимостной основы оценки земли возможно использование вместо чистого дохода сельхозпредприятия показателя прибыли, рассчитываемой как разница между ценой реализации продукции в текущих оптовых ценах и ее себестоимостью по основному виду продукции – зерну. В результате разность между рыночной ценой продукции и себестоимостью ее производства, откорректированная баллом бонитета и его ценой, дает величину денежной оценки 1 га земельного ресурса:

$$O = (Ц - С) \cdot б \cdot ц_1,$$

где  $O$  – денежная оценка 1 га земельного ресурса, руб.,  $Ц$  – рыночная цена с/х продукции, руб/ц,  $С$  – себестоимость той же продукции, руб/ц,  $б$  – балл бонитета,  $ц_1$  – цена балла бонитета, ц/га.

Сопоставив денежную оценку 1 га сельхозугодий на осушенных высокоплодородных торфяных почвах с денежной оценкой того же 1 га на уже деградированных почвах, получим величину прямого ущерба от деградации торфяных почв.

Расчеты на основе данной методики по фактическим ценам и себестоимости зерна в 1997 г. свидетельствуют, что прямой ущерб от потери урожая зерновых на деградированных торфяных почвах составляет 18 млн руб./га. Только в Брестской области, где по расчетам специалистов из 202,2 тыс. га осушенных торфяных почв, используемых в сельском хозяйстве, к 2005 г. деградирует 75%, рассчитанный по данной методике прямой ущерб от трансформации торфяных почв в минеральные составит 2,7 трлн руб. даже без учета упущенных возможностей и фактора времени. Он, конечно, может быть существенно уменьшен, если до этого срока будут предприниматься меры по замедлению процесса деградации. Следует также отметить, что приведенный расчет весьма условен, так как не учтены все факторы, влияющие на скорость деградации почв. Они индивидуальны для каждого отдельного хозяйства, эксплуатирующего торфяные почвы. Вместе с тем предлагаемая методика расчета прямого экономического ущерба дает возмож-

ность в каждом конкретном случае определить соотношение ожидаемого ущерба с теми затратами, которые необходимы для его предотвращения, т.е. целесообразность всего комплекса мелиоративных работ.

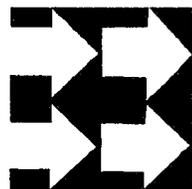
Проведенное исследование проблемы, обобщение и систематизация разрозненных данных об эколого-экономических последствиях осушительной мелиорации и трансформации осушенных торфяных почв в минеральные позволяют кратко сформулировать суть предлагаемых методических подходов к их оценке следующим образом: часть экологических последствий не может быть оценена количественно и должна быть отражена в форме экологических ограничений (соблюдения экологических нормативов) при вмешательстве в природные процессы (принцип "не навреди"); основное внимание необходимо сосредоточить на сравнительной экономической оценке затрат по воспроизводству (поддержанию) сельскохозяйственной продуктивности уже осушенных торфяных почв (разных видов, образовавшихся в процессе трансформации) при разных режимах их эксплуатации; в основу оценки экономического ущерба от трансформации осушенных торфяных почв в минеральные следует положить не дифференциальную ренту, а величину чистого дохода сельскохозяйственного предприятия, скорректированную баллом бонитета почвы на момент оценки и его ценой в ц/га.

Исследование подтверждает неоднократно высказывавшиеся различными авторами положения о нецелесообразности в современных условиях увеличения в Беларуси площадей осушенных земель и необходимости реконструкции действующих мелиоративных систем и совершенствования сельскохозяйственного использования торфяных почв для замедления процесса их деградации и формирования высокоплодородных антропогенных типов почв на месте сработанных торфяных; об оправданности выведения из состава сельхозугодий части деградированных торфяников и их ренатурализации (особенно в Белорусском Полесье).

1. Лихацевич А. П. // Весці Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. 1998. №2.
2. Проблемы теории и практики осушительной мелиорации (тезисы докладов). Мн., 1996.
3. Мееровский А. С., Белковский В. Н. // Природные ресурсы. 1998. №2.
4. Бамбалов Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. Мн., 1984.
5. Медведев А. Г., Зайко С. М., Вашкевич Л. Ф. и др. Эволюция мелиорированных почв и ее последствия. Мн., 1984.
6. Эволюция почв мелиорируемых территорий Белоруссии / С. М. Зайко, Л. Ф. Вашкевич, Л. Я. Свирновский и др.; Под ред. С. М. Зайко, В. С. Аношко. Мн.; 1990.
7. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. М., 1986.

Поступила в редакцию 19.10.98.

# Краткие сообщения



УДК 002.6:54

А.А.РАГОЙША

## УКАЗАТЕЛИ ХИМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ WORLD WIDE WEB

Brief information on chemistry metasites and on ChemWeb, the online club for chemists.

Универсальная поисковая система, даже такая мощная, как *AltaVista* или *InfoSeek*, не всегда является эффективным инструментом для обнаружения полезной информации в *World Wide Web*. Отбор документов по формальному признаку – наличию в тексте термина, указанного в задании – приводит к нежелательным результатам, если термин обозначает широкое понятие, допускает неоднозначное толкование и т. п. В таких случаях применяют альтернативную методику работы – тематический поиск. Кроме известного каталога *Yahoo* (<http://dir.yahoo.com/Science/Chemistry/>), *World Wide Web* имеет и иные тематические указатели химической информации.

**Метасайт** – сборник ссылок на *Web*-страницы – является удобным исходным пунктом при ознакомлении с ресурсами Интернет. Его структура может быть различной – от простейшего списка адресов до полноценной базы данных с описаниями документов и встроенным поисковым средством. Приведем некоторые универсальные химические метасайты, характеризующиеся удовлетворительной сетевой доступностью:

<http://www.chemie.de/>

<http://www.shef.ac.uk/chemistry/chemdex/welcome.html>

[http://www.chemie.de/~claessen/home\\_en.htm](http://www.chemie.de/~claessen/home_en.htm)

<http://www.liv.ac.uk/Chemistry/Links/links.html>

<http://link.bubl.ac.uk/chemistry/>

<http://www-sci.lib.uci.edu/HSG/GradChemistry.html>

<http://www.chem.rpi.edu/icr/chemres.html>

<http://hackberry.chem.niu.edu/cheminf.html>

<http://www.chem.ucla.edu/chempointers.html>

### **ChemWeb** (<http://chemweb.com/>)

Этот интенсивно развивающийся сайт-портал претендует на роль всемирного клуба химиков. Создатели *ChemWeb* планируют в будущем предоставлять весь спектр информационных услуг, необходимых ученому в ежедневной работе. В настоящее время здесь, в частности, можно ознакомиться с научными новостями (онлайн-журнал *Alchemist*), оглавлениями периодических изданий (раздел *Library*), материалами конференций, посвященных проблемам использования Интернет в химии. Раздел *Databases* содержит ряд библиографических и справочных баз данных; наиболее интересные из них – это *Conference Diary* (сведения о предстоящих научных встречах), *ChemDex Plus* (каталог и подробные описания нескольких тысяч химических *Web*-страниц), *NCI-3D* (средство поиска информации о веществе по его химической формуле).

Для работы с *ChemWeb* требуется предварительная регистрация.



## К 60-ЛЕТИЮ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

В октябре 1998 г. исполнилось 60 лет со дня основания географического факультета МГУ.

Начало географическим исследованиям в МГУ было положено более 100 лет тому назад с открытия Д.Н.Анучиным в 1884 г. кафедры географии и этнографии. Сам же факультет организован только в 1938 г. За относительно короткий отрезок времени московские географы смогли творчески обобщить результаты многовековых исследований российских ученых и путешественников и создать всемирно известную географическую школу МГУ. В настоящее время на геофаке МГУ работает крупнейший в мире научно-педагогический коллектив: три члена-корреспондента РАН, восемь членов Российской академии естественных наук, около 90 профессоров и докторов наук, более 300 кандидатов наук. На 14 кафедрах обучаются около тысячи студентов и 150 аспирантов. Работают восемь научно-исследовательских лабораторий, четыре научно-учебные базы, четыре специализированных совета по защите докторских и кандидатских диссертаций по всем географическим специальностям, имеется библиотека, насчитывающая 250 тыс. книг, уникальное собрание карт и атласов, крупнейший в России музей земледования, а также своя полиграфическая база, выходит "Вестник МГУ. Сер. География".

Одной из важнейших тенденций развития географической науки в 90-х гг. является фундаментализация, что нашло отражение в росте числа научных публикаций. За последнее десятилетие географы МГУ опубликовали более 20 учебников и 100 учебных пособий, в серии "Карты для высшей школы" вышло 10 карт. Достойное место занимают проекты географов МГУ в Российском фонде фундаментальных исследований, программах "Интеграция" и "Университеты России".

Учебная и научная работа ведется сегодня по четырем направлениям: география (12 специализаций), гидрометеорология (6), экология и природопользование (2), география и картография (2). На факультете ведутся исследования по следующим приоритетным направлениям науки: эволюция и функционирование геосистем и ресурсы поверхности суши; комплексные исследования природы Мирового океана; эколого-географический анализ антропогенных изменений ландшафтов; пространственные структуры мирового хозяйства; социально-экономическое и геополитическое развитие регионов России и зарубежных стран; разработка научных основ оценки природного риска и опасности развития неблагоприятных явлений в окружающей среде; разработка теоретических основ геоинформатики, картографии, дистанционного зондирования природы; теория и методология географической науки.

Крупные успехи достигнуты учеными-природами в ландшафтоведении, изучении вопросов палеогеографии, гидрологии суши, динамической океанологии и др. Большой вклад внесли географы МГУ в комплексное, тематическое и геоинформационное картографирование. Их усилиями составлен первый в стране проект защиты почв и ландшафтов на большой территории. Успешно развиваются исследования по оценке и прогнозу изменений природной среды под воздействием хозяйственной деятельности, по оптимизации природопользования, экологическому картографированию, эколого-экономическому анализу регионов, создаются геоинформационные системы для решения крупных научных и практических задач.

В общественной географии 90-х гг. под воздействием коренных социально-политических преобразований происходит существенная структурная перестройка методологической базы, расширяется предметная область исследований. Экономико-географами МГУ изменен тематический диапазон научных работ, произошел сдвиг в сторону социальной и политической географии. Мно-

гие разработки экономико-географов МГУ стали фундаментальными, например: понятия о территориальной организации общества (производственных сил), промышленных комплексах и узлах, комплексной характеристике и типологии стран мира, пространственной структуре мирового хозяйства как глобальной системе и др. На современном этапе ключевое место в исследованиях занимают проблемы экономического пространства России ("географическое отечествоведение") и обоснование государственной региональной политики, нацеленной на обеспечение основ федерализма. Расширяются исследования зарубежного мира, большое внимание уделяется анализу цивилизованных особенностей регионов и стран при отходе от жесткой привязки к анализу только производительных сил. Выдвинутая экономико-географами МГУ гипотеза о геоэкономической модели адаптации и интегрировании хозяйства России в мировые экономические структуры является основой для исследований оценки пространственно дифференцированных сравнительных преимуществ России на мировом рынке, анализу ее внешнеэкономических связей, разработке стратегии инвестиционной политики и транснационализации российской экономики.

Сердечно поздравляя всех коллег – географов МГУ, а также многочисленных выпускников факультета, работающих в Беларуси, со славным юбилеем, географы Белгосуниверситета желают всем новых творческих достижений и выражают уверенность, что многолетние контакты географов Московского и Белорусского университетов будут и дальше развиваться в ключевых проблемных областях географической науки и образования.

В.С.Аношко, И.И.Пирожник

### КАФЕДРЕ ОБЩЕГО ЗЕМЛЕВЕДЕНИЯ БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА – 25 ЛЕТ

В сентябре 1998 г. кафедра общего земледования отметила свое 25-летие. Она была создана по инициативе профессора В.Г.Завриева – заведующего кафедрой материков и океанов. Руководство кафедрой было поручено доктору географических наук, профессору О.Ф.Якушко, которая возглавляла ее свыше 10 лет (1973–1984 гг.), с 1984 по 1995 г. кафедру возглавлял доктор географических наук, профессор В.М.Широков. С 1995 г. кафедрой заведует член-корреспондент НАН Беларуси, директор Института проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси профессор В.Ф.Логинов.

На момент создания коллектив кафедры состоял из пяти человек (Г.М.Базыленко, В.А.Борушко, В.А.Калечиц, Л.В.Марьина), в состав кафедры вошли НИЛ озероведения (зав. В.А.Калечиц) и Музей общего земледования (зав. Э.А.Анемподистова).

Постепенно кафедра росла численно и профессионально. В настоящее время ее коллектив насчитывает девять человек профессорско-преподавательского и три человека учебно-вспомогательного состава.

На протяжении всех лет существования на кафедре работают студенты разных курсов дневной и заочной форм обучения, бескорыстно влюбленных в лимнологию, геоморфологию, гидрологию. Некоторые из выпускников кафедры (П.С.Лопух, И.А.Мысливец, Б.П.Власов, Б.П.Романов, З.К.Шаблинская, Л.Е.Лешкович и др.) связали с ней свою дальнейшую судьбу.

На базе кафедры и Института геохимии и геофизики АН БССР впервые была открыта специализация по подготовке геоморфологов и на общественных началах – кафедра под руководством доктора геологических наук А.В.Матвеева.

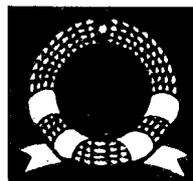
Обладая большим научным потенциалом и научно-исследовательской базой, кафедра общего земледования внесла значительный вклад в развитие науки и издание учебной литературы. Широкую известность получили работы О.Ф.Якушко по озерам Беларуси; В.М.Широкова, П.С.Лопуха и др. – по водохранилищам; В.Ф.Логинова – по экологии. На кафедре издан ряд учебников, учебно-методических пособий для высшей и средней школы. Сотрудниками кафедры и лаборатории опубликовано более тысячи научных статей, издан трехтомный справочник "Озера Белоруссии", публикуются работы в научно-популярной серии "Природа рек, озер и водохранилищ Белоруссии".

Кафедра общего земледования активно сотрудничает с научными институтами и кафедрами стран ближнего и дальнего зарубежья.

Сотрудники кафедры ведут значительную общественную работу, принимают участие в экспертных советах, советах по защите кандидатских и докторских диссертаций, в работе республиканских и отраслевых научных, научно-технических советов и комиссий и т.д. Все члены кафедры являются кураторами студенческих академических групп.

За успехи в учебной, научно-исследовательской и общественной работе сотрудники кафедры неоднократно награждались грамотами министерства образования и ректората Белгосуниверситета. О.Ф.Якушко является лауреатом Государственной премии БССР, дважды награждена Почетной грамотой Верховного Совета БССР, Ю.Н.Емельянову присвоено звание "Почетный полярик".

# Наши юбиляры



## АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ ОСТАПЕНЯ



Исполнилось 60 лет со дня рождения и 38 лет научной деятельности известного ученого, заведующего НИЛ гидроэкологии биологического факультета БГУ, члена-корреспондента НАН Беларуси, доктора биологических наук Александра Павловича Остапеня.

А.П.Остапеня родился 29 января 1939 г. в Минске в семье служащих. В 1961 г. закончил биологический факультет и поступил в аспирантуру при кафедре зоологии беспозвоночных животных Белгосуниверситета. За год до окончания аспирантуры был командирован в распоряжение Института биологии южных морей АН УССР для участия в работе советско-кубинской научной экспедиции. В составе экспедиции он выполнил ряд исследований по оценке калорийности планктона в водах Кубы и принял активное участие в организации Института океанологии Республики Куба. В 1965 г. после возвращения из экспедиции в числе первых был зачислен в только что организованную Проблемную научно-исследовательскую лабораторию экспериментальной биологии Белгосуниверситета на должность старшего научного сотрудника. В 1967 г. А.П.Остапеня возглавил коллектив гидробиологов этой лаборатории, выделившийся позднее в самостоятельное подразделение – НИЛ гидроэкологии. Благодаря его усилиям было сохранено прежнее основное направление работ в области продукционной гидробиологии и изучения механизмов функционирования водных экосистем.

Талантливый ученый с широкой эрудицией, А.П.Остапеня внес существенный вклад в развитие гидробиологической науки. В 1968 г. он защитил кандидатскую диссертацию, посвященную энергетической оценке водных организмов и взвешенного органического вещества водоемов, а в 1969 г. – докторскую, где впервые обосновал и доказал положение о том, что сестон, представленный частицами взвешенного вещества, гетерогенного по составу, происхождению, возрасту и размерам, является единым структурным и функциональным блоком водных экосистем и играет ключевую роль в важнейших механизмах биотического круговорота. Ряд разработанных им методов вошли в практику гидроэкологических исследований.

В 1996 г. А.П.Остапеня был избран членом-корреспондентом Академии наук Беларуси. По приглашению ведущих научных центров бывшего СССР (Институт океанологии им. П.П.Ширшова АН СССР, Институт биологии южных морей АН УССР) он неоднократно принимал участие в гидроэкологических исследованиях в различных зонах Мирового океана.

Под руководством А.П.Остапени выполнен ряд исследований по заданиям ГКНТ СССР и Совета Министров БССР, получивших высокую оценку специалистов. Как руководитель разработки научных основ сохранения уникальных особенностей крупнейшего в Беларуси оз.Нарочь был награжден серебряной медалью ВДНХ СССР.

В настоящее время, кроме решения научных и прикладных задач общего характера, А.П.Остапеня большое внимание уделяет конкретным исследованиям, направленным на охрану национального достояния Беларуси – оз.Нарочь. Им предложены научно обоснованные рекомендации по сохранению природного потенциала уникального водоема, разработана и реализована программа экологического мониторинга экосистемы Нарочанских озер.

Сразу после аварии на Чернобыльской АЭС под руководством А.П.Остапени были начаты гидро-экологические исследования по проблемам, связанным с ликвидацией ее последствий. Результатом исследований явилась количественная оценка процессов биотического круговорота, обуславливающих дезактивацию вод и восстановление природных особенностей загрязненных радионуклидами водоемов.

Широкая эрудиция, глубокие знания позволяют Александру Павловичу оказывать помощь многим специалистам на территории СНГ при подготовке кандидатских и докторских диссертаций. Им подготовлено пять кандидатов наук, под его руководством в настоящее время выполняют диссертационные работы аспиранты и соискатели. А.П.Остапеня является членом специализированных советов по защите докторских диссертаций НАН Беларуси и АН Украины, членом докторского комитета при Клайпедском университете (Литва), входит в состав редколлегии международного "Гидробиологического журнала" (Киев). Он активно участвует в учебной работе (читает спецкурс, оказывает консультативную помощь студентам) кафедры общей экологии и методики преподавания биологического факультета.

А.П.Остапеня – автор более 100 работ, которые получили признание отечественных и зарубежных специалистов.

Обширные знания, эрудиция, научная заинтересованность, глубокая порядочность и доброжелательность Александра Павловича Остапени привлекают и вызывают уважение.

Коллективы лаборатории гидроэкологии и биологического факультета сердечно поздравляют юбиляра и желают доброго здоровья, удач и успехов в научной деятельности.

## РЕФЕРАТЫ

УДК 661.728.8:541.183.6

Башмаков И.А., Бутылина И.Б., Доросинец В.А., Капуцкий Ф.Н., Тихонова Т.Ф. Получение и электрические свойства углеродных волокон с наноразмерными включениями частиц серебра // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Термоконверсией целлюлозного предшественника в виде трикарбоксилцеллюлозы, допированной серебром, получены углеродные волокна с наноразмерными (10 нм) включениями частиц серебра. Установлены зависимости сопротивления полученных образцов от содержания в них серебра и температуры. Показано, что равномерное распределение серебра в предшественнике приводит к образованию гранулярной структуры углеродных волокон. Проводимость таких волокон определена туннелированием электронов через участки аморфного углерода, соединяющие отдельные гранулы.

Библиогр. 10 назв., табл.1, ил.3.

УДК 66.084 + 541.182

Федутик Ю.А., Шевченко Г.П. Использование ультразвука для формирования высокодисперсного серебра в водном растворе // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Методами оптической спектроскопии, просвечивающей электронной микроскопии и рентгенографического анализа изучено влияние ультразвукового поля на процесс восстановления ионов  $Ag^+$  муравьиной кислотой, который в отсутствие ультразвукового поля кинетически заторможен. Установлена возможность формирования монодисперсных золь серебра ( $C_{Ag} = 3,5 \cdot 10^{-2}$  моль/л,  $d_{cp} = 7$  нм,  $\sigma = 3$  нм) при воздействии ультразвука на водные растворы  $AgNO_3$  и муравьиной кислоты в присутствии желатина в качестве стабилизатора.

Библиогр. 17 назв., табл.1, ил.3.

УДК 621.357.

Ракович Е.В., Гаевская Т.В. Особенности электрохимического осаждения сплава железо-бор // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Установлены факторы, оказывающие влияние на скорость осаждения и химический состав электролитических пленок железо-бор, варьирование которых позволяет целенаправленно проводить осаждение пленок с содержанием неметаллического компонента до 30–31 ат.%. При увеличении содержания бора в сплаве наблюдается переход пленок из кристаллического в аморфное состояние, что определяет характер протекания кристаллизационных процессов при термообработке аморфных пленок Fe-B, связанных с образованием фаз боридов  $Fe_{3,5}B$  и  $Fe_2B$ .

Библиогр. 7 назв., ил.4.

УДК 541.18

Мушинский В.В., Собаль Н.С., Холмецкий А.Л., Воробьева С.А., Лесникович А.И. Влияние способа получения на состав магнитных жидкостей на основе оксида железа (II, III) // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Разработан способ получения магнитной жидкости, заключающийся в химическом осаждении оксида железа (II, III) из растворов соответствующих солей с одновременным образованием в реакционной смеси олеиновой кислоты в результате обменного взаимодействия олеата натрия и соляной кислоты. Методами химического анализа, электронной микроскопии, массбауэровской и ИК спектроскопии исследован дисперсный и фазовый состав магнитных жидкостей, полученных известным и разработанным авторами методами. Показано, что при получении магнитной жидкости новым методом дисперсная фаза наряду с оксидом железа (II, III) содержит олеат железа и характеризуется более высокой дисперсностью по сравнению с дисперсной фазой магнитной жидкости, полученной известным методом.

Библиогр. 9 назв., ил.3.

УДК 541.183.2

Мечковский С.А., Петрашкевич С.Ф., Заневская Ю.В., Пантёлева С.М. Влияние растворимых электролитов на функции аффинно-хроматографических датчиков // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Изучено влияние хлоридов и нитратов натрия, магния и кальция на величину и селективность сигнала датчиков концентрации тяжелых металлов, действие которых основано на сочетании аффинно-хроматографического накопления определяемого микроэлемента с твердофазным фотометрическим титрованием. Установлено, что фоновый электролит при концентрации выше  $10^{-3}$  моль/л влияет на сигнал датчика. Степень влияния фона зависит от селективности датчика, pH среды, протолитических свойств определяемого микроэлемента.

Библиогр. 7 назв., ил.4.

УДК 543.544.45

Куликов В.И., Винарский В.А., Юрченко Р.А., Данильчик Л.А. Влияние соотношения концентраций компонентов на параметры удерживания в газовой хроматографии // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

В оптимальных для разделения условиях на насадочных колонках с использованием аписезона-L и ПЭГ-1500 в качестве неподвижных жидких фаз изучено влияние изменения количественного соотношения компонентов в смеси толуола, о-ксилола, бутанола и n-гептана, а также влияние изменения концентрации стандарта на параметры удерживания.

Показано, что использование параметров удерживания рассчитанных по положению на хроматограмме точек с нулевой концентрацией разделяемых компонентов позволяет существенно снизить влияние изменения количественного соотношения компонентов в анализируемой смеси на параметры удерживания.

Библиогр. 3 назв., ил.2.

УДК 595.75+581.526.35(476)

Медведь Е.Л., Чумаков Л.С. Эколого-фаунистическая характеристика полужесткокрылых (Heteroptera) верховых болот Беларуси // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Изучали фауну полужесткокрылых верховых болот Беларуси. Выявлены 43 вида. Разнообразнее представлены Miridae и Lygaeidae. На всех болотах клопы составили 0,4–46,8% беспозвоночных в травянисто-кустарничковом ярусе. Беднее фауна клопов на пушицево-сфагновых болотах, богаче – на багульниковых. На болотах в условиях антропогенной нагрузки доля клопов в сообществе беспозвоночных вдвое ниже, чем на охраняемых территориях.

Библиогр. 14 назв., табл.1.

УДК 595.76:591.151

Миляшевич О.Ю. Изменчивость морфометрических признаков в популяциях *Chrysomela populi* L. (Coleoptera, Chrysomelidae) // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Исследованы морфометрические признаки в четырех популяциях *Chrysomela populi* из северных и центральных районов распространения вида в Беларуси. Во всех выборках отмечено преобладание особой средних размеров, что является одним из показателей стабильности данных популяций. Сравнение коэффициентов вариации размеров жуков показало, что наиболее близки они в соседних популяциях и отличаются в удаленных.

Библиогр. 6 назв., табл.3

УДК 595.768.12:575.21

Миляшевич О.Ю., Нестерова О.Л. Фенотипическая изменчивость рисунка 20-точечного листоеда *Chrysomela vigintipunctata* Scop. (Coleoptera, Chrysomelidae) // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Изучение спектра изменчивости рисунка надкрылий и переднеспинки *Chrysomela vigintipunctata* проводилось с использованием материала из различных областей распространения этого вида в бывшем СССР (коллекция Зоол. ин-та РАН) и из некоторых белорусских популяций. Выделено 52 aberrации рисунка надкрылий и 35 – рисунка переднеспинки. Изучалась фенетическая структура популяции Березинского биосферного заповедника.

Библиогр. 6 назв., ил.5.

УДК 612.82

Сидоров А.В. Влияние температуры на электрически связанные нейроны моллюска // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

На нейронах *Lymnaea stagnalis* (L.) показана возможность модуляции температурой эффективности электрической связи. Повышение температуры приводит к уменьшению, а понижение к увеличению коэффициента связи. Наблюдаемые реакции нейронов были обратимы. Данный эффект обусловлен, по-видимому, прямым влиянием температуры на структурное состояние белков щелевых контактов.

Библиогр. 9 назв., ил.3.

УДК 615.2/3.015.4

Гринцевич Е.Э., Сенчук В.В. Биотрансформация аминобифенилов солибилизированной тиреод-пероксидазой человека // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Целью работы явилось установление роли тиреод-пероксидазы человека в окислении канцерогенного аминобифенила бензидинового ряда как возможного молекулярного механизма канцерогенеза щитовидной железы. Установлено, что тиреод-пероксидаза человека окисляет 3,3'-диметилбензидин по пероксидазному механизму с образованием генотоксических продуктов. Результаты работы подтверждают необходимость учета вклада генотоксических факторов внешней среды в оценку риска появления злокачественных опухолей щитовидной железы после внутреннего и внешнего облучения.

Библиогр. 14 назв., ил.5.

УДК 581.9

Тихомиров В.Н. Флористические находки в Мстиславском районе Могилевской области // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Подводятся итоги трехлетнего изучения флоры Мстиславского района Могилевской области. Приводится 27 видов растений, включенных в "Красную книгу Республики Беларусь", а также 28 видов довольно редких и исчезающих растений. Указываются их местонахождения, местообитания и характер встречаемости.

Библиогр. 4 назв.

УДК 635.25

Храмцов А.К., Купреенко Н.П., Мелешкевич А.А., Шуканов А.С. Оценка и отбор лука репчатого на устойчивость к ботритиозной гнили // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Представлены результаты оценки и отбор лука репчатого (*Allium cepa* L.) на устойчивость к гнили, вызываемой грибами *Botrytis allii* Munn и *B. cinerea* Pers. Из 41 изученного сортаобразца в качестве исходного материала при селекции лука репчатого на лежкость могут быть рекомендованы Ветразь, Крывіцкі ружовы, Стригуновский местный, Янтарный, Цитауский, Шетана, Show Stoppers, №68, 718, 9302, 9717. Предлагается 9-балльная шкала оценки интенсивности поражения луковок ботритиозной гнилью.

Библиогр. 7 назв., табл.2.

УДК 312.95(476)

Загорец И.В. Динамика этнического состава населения Беларуси // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Рассматриваются основные изменения в этническом составе населения на территории современной Беларуси за последние 100 лет: от первой переписи 1897 г. до настоящего времени. Анализируются основные факторы, оказавшие влияние на этнический состав.

Библиогр. 21 назв.

УДК 911.3.312(476)

Манак Б.А., Антипова Е.А. Современные особенности в процессах естественного движения населения на территории Беларуси // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Представлены результаты исследования авторов по госбюджетной НИР №887/62. Показаны отличительные особенности современного периода (1985–1998 гг.) в демографической ситуации на территории Беларуси (анализ процесса рождаемости).

Табл.4.

УДК 911.3.312(476)

Манак Б.А., Антипова Е.А. Общие тенденции и территориальные особенности в процессе смертности населения Беларуси // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Представлены результаты исследования авторов по госбюджетной НИР №887/62. Показаны отличительные особенности современного периода (1985–1998 гг.) в демографической ситуации на территории Беларуси (аспект смертности).

Табл.3.

УДК 911.3

Жмойдяк Р.А., Мельникова Л.Д. К вопросу о картографировании населения Республики Беларусь // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

Дан краткий обзор важнейших карт населения, составленных в Беларуси и охватывающих территорию Беларуси за период с 20-х гг. XX в. до настоящего времени. Рассмотрены методы картографирования населения.

Библиогр. 6 назв., ил.3.

УДК 626.8

Козловская Л.В., Томашевич А.В. Оценка эколого-экономических последствий трансформации осушенных торфяных почв в минеральные // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1.

На основе анализа и обобщения накопленных данных предложен системный подход к оценке экологических и социально-экономических последствий трансформации осушенных торфяных почв в минеральные. Обоснован оригинальный подход к расчету прямого экономического ущерба от деградации осушенных торфяных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве.

Библиогр. 7 назв., табл.1.

УДК 002.6:54

Рагойша А.А. Указатели химических ресурсов World Wide Web // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1999. №1. Краткая информация о химических метасайтах и об онлайн-клубе химиков ChemWeb.