

ISSN 0321-5340

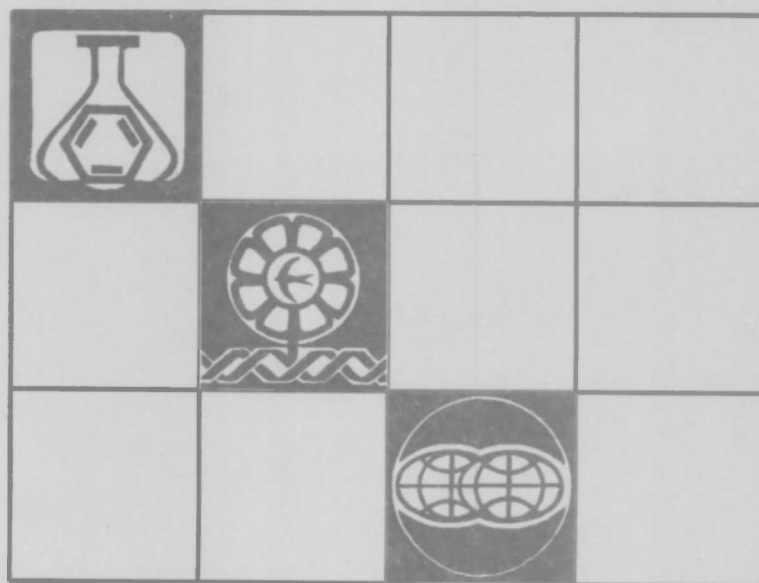
ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета

СЕРИЯ 2

Химия
Биология
География

2/2004



СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

Егоров В.В., Николаев Б.А., Турбина Е.А. ИСЭ с высокой перекрестной чувствительностью для мультисенсорных систем типа «электронный язык»	3
Зимницкий Д.С., Юркович Т.Л., Бычковский П.М. Влияние структуры целлюлозы и условий ее окисления оксидом азота(IV) на физико-химические свойства монокарбосилцеллюлозы	7
Сережкина С.В., Шевченко Г.П., Рахманов С.К. Формирование ультрадисперсных частиц серебра в наноструктурированных пленках SiO ₂ – GeO ₂	15
Хижняк Е.А., Юхневич А.В. Самоформирование микрорельефа поверхности монокристаллического кремния при анизотропном травлении	22

БИОЛОГИЯ

Ткачев С.В., Шевляков В.В., Ушков А.А., Половинкин Л.В. Влияние многокомпонентных медьсодержащих композиций на процессы окислительной модификации белков и некоторые показатели неспецифического гуморального иммунитета	25
Селезнева Ю.В., Евтушенко А.Н., Прокулевич В.А. Получение мутантов бактерий <i>Ranctoea agglotegans</i> с измененной продукцией каротиноидных пигментов	29
Шамова Е.В., Самаль А.Б. NO-индуцированная дезагрегация тромбоцитов и уменьшение внутриклеточной концентрации ионов кальция	33
Дремук И.А., Самаль А.Б. Влияние аспирина на АТФ-индуцированную дезагрегацию тромбоцитов	36
Скобляков С.А., Мямин В.Е., Лагоненко А.Л., Николайчик Е.А., Песнякевич А.Г. Влияние мутаций в генах <i>pefW</i> и <i>kdgR</i> на продукцию пекатлиаз у <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>atroseptica</i>	40
Юрин В.М., Шапчиц М.П., Кудряшов А.П. Влияние факторов среды на жизнеспособность иммобилизованных и суспендированных клеток табака	45
Буга С.Ф., Артемова О.В., Ильюк А.Г. Динамика патогенеза колоса озимой пшеницы при инокуляции грибами <i>Fusarium</i> spp.	48
Хвир В.И., Мелешко Ж.Е. Фоновые виды жесткокрылых (<i>Insecta, Coleoptera</i>) фитофагов растений семейства гречишных (<i>Polygonaceae</i>) в Беларуси	53
Сандаков С.Б. Сезонная динамика вечерней тяги вальдшнепа (<i>Scolopax rusticola</i>) в Беларуси	56
Барановский К.В. Сообщества птиц остепненно-мезофитных лугов юго-востока Беларуси	59
Петров Д.Л. Фоновые виды тератформирующих насекомых Беларуси	63

ГЕОГРАФИЯ

Пирожник И.И., Брилевский М.Н., Смоляков Г.С. Географический факультет Белорусского государственного университета в национальной системе образования (1934–2004)	69
Ковхута А.М., Пархомов М.Д., Ткачев В.А., Козлова А.С. Выделение трещинных коллекторов в девонских отложениях Припятского прогиба методом анализа кривизны пласта	76
Макаревич А.А., Сафронов А.М. Влияние осушительной мелиорации на сток р. Припять	81
Клицунова Н.К. Ландшафтное разнообразие городских поселений Беларуси	84
Галай Е.И. Климатические особенности загрязнения атмосферного воздуха городов Гомельской области	89
Иотко Т.Г. Минский столичный регион: экономико-географические особенности формирования	93
Строчко О.Д. Особенности и тенденции развития территориальной структуры промышленности Витебской области	100
Красовский К.К. Естественное движение городского населения Беларуси	106

ХРОНИКА

Аношка В.С. Пяцьдзесят гадоў грамадскай дзейнасці на карысць беларускай геаграфіі	113
Власов Б.П., Яцухно В.М. Сохранение биоразнообразия экосистем Беларуси: новые подходы и пути решения	114

РЕЦЕНЗИИ

Высоцкий Э.А., Комаровский М.Е. Полезные ископаемые Беларуси: геология месторождений и рациональное недропользование / Сост. Э.А. Высоцкий и др.	116
Рефераты	117

ВЕСТНИК

**Белорусского государственного
университета**

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1969 года
один раз в четыре месяца

СЕРИЯ 2

**Химия
Биология
География**

2/2004

Июнь

**МИНСК
БГУ**

Главный редактор В.Г. РУДЬ

Редакционная коллегия серии:

О.А. ИВАШКЕВИЧ (*ответственный редактор*),
В.С. АНОШКО, Г.А. БРАНИЦКИЙ, А.Н. ВИТЧЕНКО, И.В. ВОЙТОВ,
С.А. ВОРОБЬЕВА (*ответственный секретарь*), В.Н. ГУБИН,
А.Н. ЕВТУШЕНКОВ, В.В. ЕГОРОВ, Я.К. ЕЛОВИЧЕВА, Л.В. КАМ-
ЛЮК, Ф.Н. КАПУЦКИЙ, Л.В. КОЗЛОВСКАЯ (*зам. ответственного*
редактора), И.К. ЛОПАТИН, В.В. ЛЫСАК, И.И. ПИРОЖНИК,
В.Д. ПОЛИКСЕНОВА (*зам. ответственного редактора*),
В.А. ПРОКУЛЕВИЧ, В.В. САМОХВАЛ, В.В. СЕНЧУК, Л.С. СТАНИ-
ШЕВСКИЙ, А.Г. ЧУМАК, В.М. ЮРИН

Учредитель:
Белорусский государственный университет

Регистрационный № 805

ВЕСТНИК БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия 2: Хим. Биол. Геогр. 2004. № 2

На русском и белорусском языках

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

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

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

Подписано в печать 24.06.2004. Формат 70х108 1/16. Бумага офс. Печать офс.
Гарнитура Arial. Усл.печ. л. 10,5. Усл. кр.-отт. 10,85. Уч.-изд. л. 10,65. Тираж 300 экз.
Заказ 672.

Цена: для индивидуальных подписчиков – 5830 р.;
для организаций – 13 029 р.

Отпечатано с готовых диапозитивов заказчика в РУП «Издательский центр БГУ»
ЛП № 02330/0056850 от 30.04.2004
220030, Минск, ул. Красноармейская, 6



УДК 543.257

В.В. ЕГОРОВ, Б.А. НИКОЛАЕВ, Е.А. ТУРБИНА

ИСЭ С ВЫСОКОЙ ПЕРЕКРЕСТНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ ДЛЯ МУЛЬТИСЕНСОРНЫХ СИСТЕМ ТИПА «ЭЛЕКТРОННЫЙ ЯЗЫК»

The effects of the plasticizer and cation-exchanger nature as well as the effects of introduction of the cations neutral carrier into the membrane, on the selectivity of the electrodes reversible to alkaline and alkaline earth metals cations have been studied. It has been established that all the factors above can effect essentially the ISEs selectivity thus clearing the ways for smooth changing of the potentiometric selectivity by means of the variation of the membrane's composition. The obtained results are of immediate practical interest for the development of electrodes with adjusted selectivity and cross-sensitivity that are required for the creation of the «electronic tongue» – type multisensor system.

В последние 20–30 лет широкое распространение получили потенциометрические методы анализа жидких сред с использованием ионоселективных электродов (ИСЭ) [1–6]. Основные усилия разработчиков были направлены на получение ИСЭ с максимальной селективностью, позволяющей определять один ион в присутствии избыточных концентраций других. Однако, несмотря на то, что в настоящее время насчитывается более 60 обратимых к различным катионам и анионам коммерчески доступных электродов, в ряде случаев при анализе растворов сложного состава возникают проблемы, связанные либо с недостаточной селективностью имеющихся электродов, либо с необходимостью определения ионов, для которых электроды не разработаны. В середине 1990-х гг. в таких ситуациях было предложено использовать мультисенсорные интеллектуальные системы, основанные на применении массивов датчиков с ограниченной селективностью, но с высокой перекрестной чувствительностью к компонентам раствора и набора специальных математических методов (например, метода искусственных нейронных сетей) для обработки сигналов [7, 8]. Такие системы, получившие название «электронный язык», хорошо зарекомендовали себя при анализе сложных природных [9], технологических [10] объектов, пищевых продуктов [11, 12] и др. Важнейшим условием их практической реализации является наличие большого количества датчиков с невысокой и плавно изменяемой селективностью и значительной перекрестной чувствительностью к компонентам исследуемого раствора. В этом плане весьма перспективными представляются ИСЭ с пластифицированными полимерными мембранами, параметры селективности которых могут изменяться в достаточно широких пределах за счет рационального выбора компонентов мембраны.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния состава пленочных поливинилхлоридных мембран (природы пластификатора, ионообменника, а также наличия нейтрального переносчика) на селективность ИСЭ, обратимых к ионам щелочных и щелочноземельных металлов.

Материал и методика

Для изготовления мембран использовались следующие реактивы:

1. Ионообменники – 2,3,4-трис-(нонилокси)бензолсульфонат калия (ТНОБСК); калий тетраис-(п-хлорфенил) боранат (КТлХФБ).
2. Нейтральный переносчик – дибензо-18-краун-6 (ДБ18К6).
3. Пластификаторы – бис-(2-этилгексил) адипат (Б2ЭГА); 2-нитрофенил-октиловый эфир (2НФОЭ); трис-(2-этилгексил) фосфат (Т2ЭГФ).
4. Полимер – высокомолекулярный поливинилхлорид (ПВХ).
5. Растворитель – тетрагидрофуран (ТГФ).

ТНОБСК был синтезирован и очищен на кафедре аналитической химии БГУ согласно [13]. Все остальные реактивы от фирмы Fluka, Selectophore использовались без дополнительной очистки. Мембраны готовились по традиционной методике [14]. Содержание в них ионообменника составляло 0,5 мас. %, соотношение пластификатор:полимер – 3:1. В мембранах, содержащих ДБ18К6, его молярная концентрация вдвое превышала концентрацию ионообменника.

Готовые электроды заполнялись $1 \cdot 10^{-2}$ М раствором хлорида калия, в который погружался внутренний электрод сравнения. Затем электроды вымачивались в $1 \cdot 10^{-1}$ М растворе исследуемого иона в течение необходимого времени (от 1 ч до 1 сут).

Для измерения потенциала использовался иономер И-130. Изучение характеристик мембран проводили в электрохимической ячейке с переносом:

Ag, AgCl	Электролит солевого моста	Исследуемый раствор	Мембрана	Внутренний раствор сравнения	AgCl, Ag
----------	---------------------------------	------------------------	----------	------------------------------------	----------

В качестве внешнего электрода сравнения применяли хлоридсеребряный электрод типа ЭВЛ-1МЗ, а внутреннего – серебряную проволоку, покрытую слоем хлорида серебра. Электролитом солевого моста служил насыщенный раствор хлорида калия (при определении коэффициентов селективности) и $1 \cdot 10^{-4}$ М раствор хлорида калия (при построении электродных функций в широком диапазоне концентраций, когда попадание в исследуемый раствор концентрированного хлорида калия могло повлиять на потенциал ИСЭ). С целью получения достоверных значений коэффициентов селективности особое внимание

уделялось соблюдению близкого к нернстовскому наклона электродной функции как по основному, так и по мешающим ионам. Для этого был использован особый алгоритм определения коэффициентов селективности, предложенный в [15]: сначала проводилось предварительное исследование ряда селективности, затем брался новый электрод, и измерения потенциалов в нем осуществлялись в определенной последовательности, начиная с ионов, к которым электрод наименее селективен, и завершая ионом, селективность к которому максимальна. При этом для всех ионов в интервале концентраций $1 \cdot 10^{-1}$ – $1 \cdot 10^{-2}$ М достигались наклоны, близкие к нернстов-

Таблица 1

Химические составы исследованных мембран

Номер мембраны	Полимер матрицы	Пластификатор	Ионообменник	ДБ18К6
1	ПВХ	Б2ЭГА	КТлХФБ	–
2		2НФОЭ	КТлХФБ	–
3			ТНОБСК	–
4		Т2ЭГФ	КТлХФБ	–
5		2НФОЭ	КТлХФБ	+
6			ТНОБСК	+

Таблица 2

Наклон электродной функции и нижний предел обнаружения

Номер мембраны	Определяемый ион	Наклон электродной функции, мВ	Нижний предел обнаружения, моль·л ⁻¹ · 10 ⁵
1	K ⁺	59	1,0
2	Cs ⁺	59	0,2
3	Cs ⁺	29	0,4
4	Li ⁺	56	1,8
	Be ²⁺	27	0,6
5	K ⁺	54	3,8
	Ca ²⁺	29	5,0
6	K ⁺	54	1,7
	Ca ²⁺	29	5,2

ским. Коэффициенты селективности определяли методом отдельных растворов [16] в варианте равных концентраций. Было исследовано 6 составов мембран (табл. 1).

В качестве главного выбирался ион, к которому электрод проявлял наибольшую селективность. Наклон электродных функций и нижние пределы обнаружения, определенные для главных ионов, приведены в табл. 2.

Результаты и их обсуждение

Как видно из табл. 2, все изученные мембраны характеризуются достаточно низким нижним пределом обнаружения и наклоном электродной функции, близким к нернстовскому (54–59 мВ – для однозарядных ионов и 27–29 мВ – для двухзарядных), что свидетельствует о возможности использования таких ИСЭ в анализе.

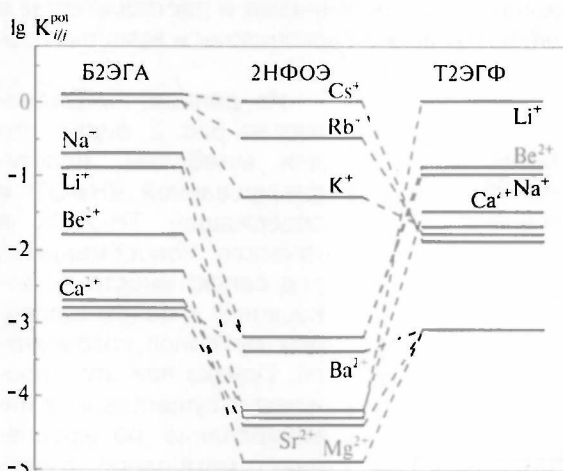


Рис. 1. Влияние природы пластификатора на селективность электродов на основе КТлХФБ

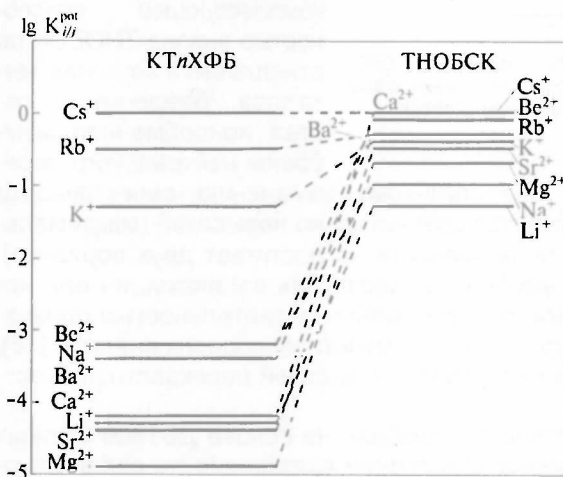


Рис. 2. Влияние природы ионообменника на селективность электродов с ПВХ-мембранами, пластифицированными 2НФОЭ

Данные, иллюстрирующие влияние состава мембраны на потенциометрическую селективность, представлены на рис. 1–3. Из рис. 1 видно, что природа пластификатора существенно влияет на потенциометрическую селективность катионселективных мембран с КТлХФБ в качестве ионообменника. Для мембран, содержащих 2НФОЭ как пластификатор, селективность по отношению к ионам щелочных металлов изменяется строго в соответствии с их размерами: $\text{Cs} > \text{Rb} > \text{K} > \text{Na} > \text{Li}$. При этом имеет место сильная дифференциация ионов металлов: коэффициенты селективности по отношению к ионам Cs^+ , Li^+ различаются более чем на четыре порядка. Для мембраны, пластификатором в которой служит БЭЭГА, приведенный ряд селективности сохраняется, однако наблюдается существенное нивелирование селективности; максимальное различие в значениях коэффициентов селективности не превышает 1 порядка. В случае же мембраны, пластифицированной ТЭЭГФ, имеет место полное

обращение ряда селективности по отношению к ионам щелочных металлов. Такое положение объясняется тем, что 2НФОЭ и БЭЭГА сравнительно слабо сольватируют катионы щелочных металлов, поэтому их сродство к фазе мембраны обусловлено прежде всего изменением свободной энергии гидратации. Нивелирование селективности, наблюдаемое для мембраны с БЭЭГА, по сравнению с мембраной, содержащей 2НФОЭ, обусловлено тем,

что в первом случае пластификатор является более сильным основанием Льюиса, чем во втором. Поэтому для БЭГА различие в свободных энергиях гидратации ионов в большей мере нивелируется различием в свободных энергиях сольватации. Для мембраны, содержащей в качестве пластификатора ТЭГФ, который является более сильным основанием Льюиса по сравнению с водой [17], эффекты сольватации катионов металлов доминируют над эффектами гидратации, поэтому ряд селективности обращается.

Селективность изученных мембран по отношению к ионам щелочноземельных металлов в целом ниже, чем к щелочным. Особенно сильно это различие проявляется для мембраны, пластифицированной 2НФОЭ. При этом отсутствует четкая взаимосвязь между коэффициентами селективности и размерами соответствующих ионов, что обусловлено сложным характером их взаимодействия с анионом катионообменника и растворителем в фазе мембраны, включающим эффекты ионной ассоциации и комплексообразования.

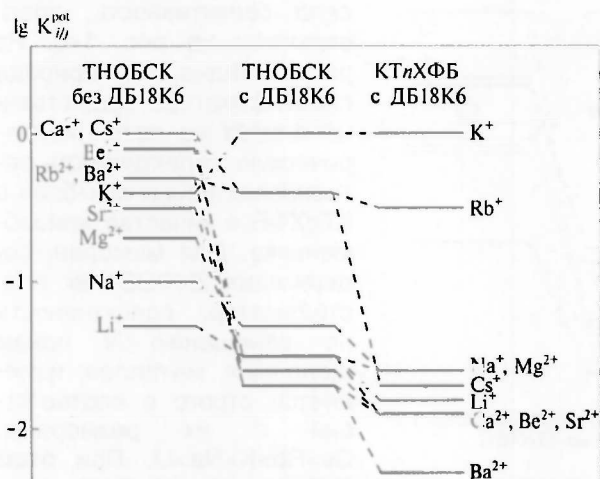


Рис. 3. Влияние добавки нейтрального переносчика (ДБ18К6) и природы ионообменника на селективность электродов с ПВХ-мембранами, пластифицированными 2НФОЭ

Из данных, приведенных на рис. 2, видно, что для мембраны, пластифицированной 2НФОЭ и содержащей ТНОБСК в качестве ионообменника, ряд селективности по отношению к ионам щелочных металлов сохраняется. Однако при этом происходит существенное нивелирование по сравнению с мембраной, содержащей КТлХФБ. Это объясняется более высокой комплексообразующей способностью аниона ТНОБСК по отношению к катионам металлов. Введение в состав ионообменной мембраны нейтрального пере-

носчика ДБ18К6 приводит к значительному изменению селективности (см. рис. 3), которая, однако, остается сравнительно невысокой (максимальное различие коэффициентов селективности не достигает двух порядков). Таким образом, в отличие от мембран, содержащих валиномицин или нонактин, которые в связи с низкой перекрестной чувствительностью признаны непригодными в качестве датчиков для мультисенсорного анализа [18], мембрана с ДБ18К6 удовлетворяет условиям высокой перекрестной чувствительности.

Из рис. 3 видно, что селективность мембран на основе ДБ18К6 зависит также и от природы ионообменника. Изменение коэффициента селективности в данном случае невелико (как правило, в пределах одного порядка). Тем не менее сам факт представляет практический интерес, открывая дополнительные возможности управления селективностью ИСЭ. Следует отметить, что в литературе отсутствуют какие бы то ни было сведения о влиянии природы ионообменника на селективность катионселективных ИСЭ на основе нейтральных переносчиков. Поэтому обнаруженный эффект интересен и в научном отношении.

Резюмируя, отметим, что из рассмотренных факторов влияния природы пластификатора, ионообменника и добавки нейтрального переносчика ДБ18К6 наибольшее воздействие на селективность ИСЭ оказывает природа

пластификатора. Тем не менее остальные факторы также существенно изменяют селективность, что является важным при разработке ИСЭ с требуемыми свойствами для использования в составе мультисенсорных систем.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Х02Р-018).

1. Мидгли Д., Торренс К. Потенциометрический анализ воды. М., 1980.
2. Байулеску Г., Кошофре В. Применение ионоселективных мембранных электродов в органическом анализе. М., 1980.
3. Демина Л.А., Краснова Н.Б., Юрищева Б.С., Чупахин М.С. Ионметрия в неорганическом анализе. М., 1991.
4. Хаваш Е. Ионо- и молекулярно-селективные электроды в биологических системах. М., 1988.
5. Справочное руководство по применению ионоселективных электродов / Под ред. О.М. Петрухина. М., 1986.
6. Bakker E., Diamond D., Lewenstam A., Pretsch E. // *Analytica Chimica Acta*. 1999. Vol. 393. P. 11.
7. Legin A.V., Vlasov Yu.G., Rudnitskaya A.M., Bychkov E.A. // *Proc. of Int. Conf. «Transducers' 95 – Eurosensors IX»*. Stockholm, 1995. Vol. 2. P. 938.
8. Власов Ю.Г., Легин А.В., Рудницкая А.М. и др. // *Журн. прикл. химии*. 1996. Т. 69. С. 958.
9. Власов Ю.Г., Легин А.В., Рудницкая А.М. и др. // Там же. 1998. Т. 71. С. 1483.
10. Власов Ю.Г., Ермоленко Ю.Е., Легин А.В., Мурзина Ю.Г. // *Журн. аналит. химии*. 1999. Т. 54. С. 542.
11. Власов Ю.Г., Легин А.В. // Академик Б.П. Никольский. Жизнь. Труды. Школа / Под ред. А.А. Белюстина и Ф.А. Белинской. СПб., 2000. С. 267.
12. Власов Ю.Г., Легин А.В., Рудницкая А.М. // *Ионный обмен и ионметрия*. 2000. Вып. 10. С. 145.
13. Луцки Я.Ф. Некоторые закономерности функционирования и аналитическое применение катионселективных электродов на основе высших сульфокислот и их композиций с нейтральными переносчиками: Автореф. ... дис. канд. хим. наук. Мн., 1988.
14. Никольский Б.П., Матерова Е.А. Ионоселективные электроды. Л., 1980.
15. Bakker E. // *Anal. Chem.* 1997. Vol. 69. P. 1061.
16. Buck R.P., Lindner E. // *Pure and Appl. Chem.* 1994. Vol. 66. P. 2527.
17. Коппель И.А., Паю А.И. // *Реакц. способности орган. соед.* 1974. Т. 11. С. 121.
18. Легин А.В., Рудницкая А.М., Смирнова А.Л. и др. // *Журн. прикл. химии*. 1999. Т. 72. С. 105.

Поступила в редакцию 18.11.2003.

Владимир Владимирович Егоров – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией НИИФХП.

Борис Александрович Николаев – кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии.

Елена Александровна Турбина – инженер ПО «Беларуськалий».

УДК 547.458.83

Д.С. ЗИМНИЦКИЙ, Т.Л. ЮРКШТОВИЧ, П.М. БЫЧКОВСКИЙ

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И УСЛОВИЙ ЕЕ ОКИСЛЕНИЯ ОКСИДОМ АЗОТА(IV) НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКАРБОКСИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

The oxidation of native and mercerized cellulose by solutions with different concentrations of nitrogen(IV) oxide in CCl_4 was studied. The reactivity of mercerized cellulose in oxidation process was shown to be higher than that of native cellulose. The action of dilute (10 and 15 %) solutions of N_2O_4 doesn't affect the degree of crystallinity of cellulose samples. The oxidation in this conditions proceeds exclusively in amorphous regions and on the surface of crystallites. The oxidation of cellulose in concentrated (40 %) solution leads to destruction of crystallites of cellulose, increase in surface area and swelling in water. Physicochemical and acidic properties of oxidized cellulose were investigated.

Интерес медицины к окисленной оксидом азота(IV) целлюлозе – монокарбоксилцеллюлозе (МКЦ) – вызван целым комплексом ее уникальных медико-биологических свойств. МКЦ – признанный во всем мире гемостатик, применяемый практически при всех видах хирургических операций [1]. В ряде работ отмечается наличие у МКЦ противоопухолевого [2], иммуностимулирующего [3] и репаративного [4] действий, а при имплантации в организм – способности предотвращать развитие спаечных процессов [5, 6].

Перечисленные свойства МКЦ наряду с рассасываемостью [7] в организме без образования токсичных продуктов делают ее чрезвычайно перспективным материалом медицинского назначения. В основе этого процесса лежит химическая деполимеризация [8, 9], сопровождающаяся ферментативным гидролизом, в связи с чем большой интерес представляют физико-химические свойства химически и структурно модифицированных окисленных целлюлоз, поскольку именно они могут определять полноту и сроки рассасывания МКЦ в организме. Наличие карбоксильных групп в составе МКЦ обеспечивает возможность иммобилизации на ней лекарственных веществ посредством ионной [10] или ковалентной (амидной) [11] связи и достижения пролонгации их действия.

Оксид азота(IV) является одним из наиболее избирательных окислителей целлюлозы, т. е. его действие распространяется преимущественно на первичные гидроксильные группы глюкопиранозного цикла макромолекулы, которые окисляются до карбоксильных. Под действием N_2O_4 могут протекать и побочные процессы: декристаллизация, нитрование, образование карбонильных и других групп. Глубина протекания побочных реакций зависит в первую очередь от условий проведения процесса окисления.

МКЦ может образовываться в результате воздействия на целлюлозу жидких, газообразных окислов азота и их растворов в индифферентных органических растворителях. В [12] отмечается, что окисление целлюлозы жидкими окислами азота протекает очень медленно и сопровождается образованием большого числа побочных (нитрозфирных и карбонильных) групп, а газообразными – при повышенной температуре (343 К) и давлении (до 70 атм.) – позволяет получать МКЦ с максимальной степенью окисления в течение непродолжительного времени. Однако окисление целлюлозы оксидом азота(IV) при давлении более 1 атм. может привести к возгоранию целлюлозного материала и созданию в автоклаве высоких труднорегулируемых давлений, так как реакция сопровождается выделением большого количества тепла. Кроме того, получаемые в данных условиях МКЦ характеризуются неравномерностью распределения карбоксильных групп по поверхности целлюлозного полотна и достаточно высоким содержанием нитрозфирных и карбонильных групп.

В наименьшей степени побочные процессы протекают при окислении целлюлозы растворами оксида азота(IV) в индифферентных органических растворителях: полученные в таких условиях МКЦ содержат минимальные количества побочных функциональных групп [13].

Для получения и использования МКЦ большое значение имеет степень кристалличности полученных образцов. Если МКЦ предполагается использовать в качестве биodeградирующих гемостатических материалов или полимерных средств доставки лекарств с коротким сроком рассасывания, предпочтение отдается образцам с низкой степенью кристалличности. При этом требуемая скорость рассасывания и необходимая механическая прочность задаются условиями получения МКЦ.

В связи с изложенным целью данной работы являлось изучение влияния структуры исходного целлюлозного материала и условий проведения процесса окисления целлюлозы растворами оксида азота(IV) в тетрахлорметане на химический состав и физико-химические свойства МКЦ. Полученные образцы предполагается использовать для сорбционной иммобилизации лекарственных веществ с целью оценки влияния структуры и свойств МКЦ на этот процесс.

Экспериментальная часть

В качестве исходного целлюлозного материала была использована хлопчатобумажная бязь, имеющая структурную модификацию целлюлозы-I (рассчитанный по методу Сегала [14] индекс кристалличности (IK) равен 0,87).

Мерсеризацию целлюлозы осуществляли 20 % раствором гидроксида натрия при 273 К в течение 3 ч [15]. Окисление исходной и мерсеризованной целлюлоз проводили 10–40 % растворами оксида азота(IV) в тетрахлорметане в течение разного времени при температуре 292 ± 2 К и соотношении целлюлоза: раствор 1:10 г/мл. При окислении в данных условиях полностью сохранялся внешний вид исходного целлюлозного материала. Полученные образцы окисленной целлюлозы анализировали на содержание карбоксильных групп кальций-ацетатным методом [16], азота – методом Кьельдаля [17], карбонильных групп – по реакции со спиртовым раствором гидроксиламина гидрохлорида и последующим потенциометрическим титрованием выделившейся кислоты гидроксидом натрия до $\text{pH}=3,2$ [18].

Удельную поверхность (S , $\text{м}^2/\text{г}$) МКЦ определяли методом низкотемпературной адсорбции азота на приборе NOVA 2200 (Quantachrome Corp., США). Поскольку реакции иммобилизации лекарственных веществ на МКЦ протекают в водных растворах, была сделана оценка удельной поверхности образцов МКЦ в набухшем состоянии. Для этого применяли метод инклюдирования [19], т. е. набухшие в воде образцы МКЦ трехкратно последовательно обрабатывали ацетоном и гексаном, затем сушили в вакуумном термостате при температуре 323 ± 2 К до постоянной массы.

Степень набухания (Q , г/г) МКЦ в воде определяли гравиметрически центрифугированием [20], а степень полимеризации (СП) – вискозиметрически, в качестве растворителя применяли кадмийэтилендиамин. Расчет СП проводили по уравнению Штаудингера [21], используя значения вязкостно-молекулярной константы (K_m) для растворов исходной целлюлозы в данном растворителе. Аналогичный подход к определению СП окисленной целлюлозы описан в [22].

Оценку кислотных свойств полученных МКЦ проводили методом потенциометрического титрования с последующей обработкой экспериментальных результатов с помощью модифицированного уравнения Гендерсона – Гассельбаха [23]. Титрантом являлся раствор гидроксида натрия; в процессе титрования использовали метод отдельных навесок в присутствии фоновго электролита хлорида натрия при ионной силе внешнего раствора 0,05 моль/л ($T=298 \pm 0,5$ К); pH равновесных растворов измеряли на лабораторном иономере марки HI 9321 с помощью стеклянного электрода с водородной функцией, калиброванного по стандартным буферным растворам.

Облучение образцов МКЦ проводили на γ -установке (источник излучения ^{137}Cs) в течение 90 ч. Поглощенная доза составила 100 кГр.

ИК-спектры снимали на инфракрасном спектрофотометре JR-810 «Jesco». Препарирование образцов осуществляли методом прямого прессования с бромидом калия. Рентгенофазовый анализ образцов проводили на дифрактометре фирмы Carl Zeiss ($\text{CuK}\alpha$, Ni-фильтр, HZGb-4A).

Результаты и их обсуждение

Структуре целлюлозы-II соответствует дифрактограмма с тремя пиками при $2\theta=22$, 20 и 12 град. Однако на дифрактограмме подвергнутой щелочной обработке целлюлозы (рис. 1, кривая б) имеются достаточно интенсивный пик при $2\theta=23$ град (002 – интерференция целлюлозы-I) и остаточный дифракционный максимум при $2\theta=20\text{--}19$ град ($10\bar{1}$ – интерференция целлюлозы-II). Это свидетельствует о частичном превращении целлюлозы-I в целлюлозу-II в указанных условиях обработки бязевого полотна раствором гидроксида натрия. Степень мерсеризации целлюлозы зависит не только от концентрации раствора щелочи и температуры обработки, но и от многих других факторов: структурной организации исходной целлюлозы, текстуры, способа отмывки гидроксида натрия и др. Авторы [15] указывают на то, что полного перехода целлюлозы-I в целлюлозу-II для образцов хлопковой целлюлозы достичь не удастся.

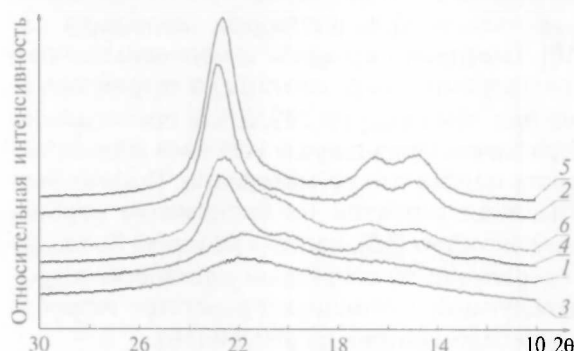


Рис. 1. Дифрактограммы образцов МКЦ-1 (1), МКЦ-2 (2), МКЦ-3 (3) и МКЦ-4 (4), исходной (5) и мерсеризованной целлюлозы (6)

занных полос поглощения является характерным для неполной мерсеризации целлюлозы и отражает сдвиги в конформации ее макромолекул [24].

Изменение контура и интенсивности поглощения в области $3100\text{--}3700\text{ см}^{-1}$ (валентные колебания гидроксильных групп, включенных в водородную связь), а также сдвиг максимума полосы в сторону более высоких частот в ИК-спектре целлюлозы, подвергнутой щелочной обработке, свидетельствует о перераспределении системы водородных связей и уменьшении числа гидроксильных групп, включенных в сильную водородную связь.

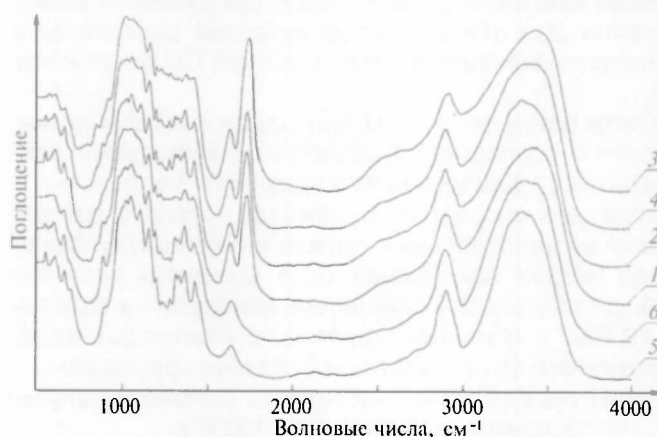


Рис. 2. ИК-спектры образцов МКЦ-1 (1), МКЦ-2 (2), МКЦ-3 (3) и МКЦ-4 (4), исходной (5) и мерсеризованной целлюлозы (6)

Появление структуры, характерной для целлюлозы-II, подтверждается увеличением интенсивности полосы поглощения при 895 см^{-1} (деформационные колебания C-H) и уменьшением интенсивности полосы при 1430 см^{-1} (деформационные колебания CH_2 -групп) в ИК-спектрах обработанной щелочью целлюлозы по сравнению с исходной (рис. 2). Наблюдаемое изменение интенсивностей ука-

Таким образом, осуществлен частичный переход структуры целлюлозы-I в целлюлозу-II, сопровождающийся увеличением фракции низкоупорядоченного материала и уменьшением доли кристаллических зон. Полученный образец характеризуется более высокой способностью к окислению растворами оксида азота(IV) в тетрахлорметане. Из данных табл. 1 видно,

что получение на его основе окисленной целлюлозы с содержанием карбоксильных групп $1,8\text{ ммоль/г}$ (МКЦ-4) было осуществлено с использованием 10 % раствора N_2O_4 в CCl_4 , в то время как в случае исходной целлюлозы для достижения такой же степени окисления (МКЦ-2) потребовался при прочих равных условиях (температура, время, модуль ванны) 15 % раствор.

Дифрактограммы МКЦ-2 и исходной целлюлозы (см. рис. 1) практически не отличаются, что свидетельствует о протекании реакции окисления 15 % раствором N_2O_4 в CCl_4 в аморфных участках структуры целлюлозы и на поверхности кристаллитов. В то же время дифрактограммы МКЦ-4 и мерсеризованного целлюлозного образца, из которого она была получена, имеют существенные различия: сильное падение дифракционного максимума при $2\theta=20\text{--}19^\circ$ и более четкое проявление пиков в области $2\theta=17\text{--}15^\circ$. Это свидетельствует об уменьшении доли структурной модификации целлюлозы-II при окислении мерсеризованной целлюлозы 10 % раствором ок-

сида азота(IV) в тетрахлорметане. Известно [14], что при обработке целлюлозы растворами щелочей происходит снижение средней СП, обусловленное гидролитическим распадом макромолекул, а также силами набухания, развивающимися в целлюлозной системе и действующими неравномерно вследствие гетерогенности ее внутренней структуры. Логично предположить, что фракция целлюлозы-II сильнее деполимеризована, а последующее окисление оксидом азота(IV) сопровождается еще более значительным уменьшением СП и образованием водорастворимых олигомерных продуктов, которые удаляются в процессе отмывки образца.

Таблица 1

Условия получения и данные химического анализа образцов МКЦ

Образец	Условия получения		Данные химического анализа			
	Время окисления, ч	Концентрация N_2O_4 в CCl_4 , %	Содержание азота, %	Содержание карбоксильных групп, ммоль/г	Содержание карбоксильных групп, %	Содержание карбонильных групп, %
МКЦ-1	5	40	0,12	1,8 (2,0)*	8,1 (9,0)*	1,2 (2,0)*
МКЦ-2	24	15	0,09	1,8 (2,0)*	8,1 (9,0)*	1,2 (1,9)*
МКЦ-3	24	40	0,15	3,8 (4,0)*	17,1 (18,0)*	2,7 (3,4)*
МКЦ-4	24	10	0,08	1,8 (2,0)*	8,1 (9,0)*	1,2 (2,0)*

Примечание. Здесь и в табл. 2 * – характеристики образцов МКЦ, облученных γ -лучами в дозе 100 кГр.

В отличие от 10 и 15 % растворов N_2O_4 в CCl_4 40 % раствор вызывает существенное изменение трехмерного порядка в структуре исходной целлюлозы, т. е. взаимодействие оксида азота(IV) с целлюлозой в данном случае протекает не только в межкристаллитных пространствах, но и глубоко задевает тончайшие элементы строения полисахарида, являясь, по сути, интеркристаллитным процессом. Интересно отметить, что дифрактограммы МКЦ-2 и МКЦ-3 практически идентичны, хотя время реагирования целлюлозы с окислами азота составляло 5 и 24 ч соответственно. Это свидетельствует о том, что процесс разрушения кристаллитов целлюлозы при ее контактировании с 40 % раствором N_2O_4 в CCl_4 протекает с более высокой, чем окислительные превращения, скоростью.

Основные спектральные изменения (см. рис. 2), возникающие при окислении целлюлозы, связаны с перераспределением интенсивностей поглощения в области $3000\text{--}3600\text{ см}^{-1}$ и в низкочастотной области $400\text{--}600\text{ см}^{-1}$, появлением интенсивной полосы в области $1700\text{--}1750\text{ см}^{-1}$ и изменениями поглощения в интервалах $1430\text{--}1150$ и $2800\text{--}3000\text{ см}^{-1}$. Все это вызвано процессами окисления и превращениями, приводящими к деструкции макромолекул и нарушению системы водородных связей.

Поглощение ($C=O$ карбоксильной группы) в области $1700\text{--}1800\text{ см}^{-1}$ пропорционально увеличивается по мере накопления карбоксильных групп. Образцы МКЦ-1, МКЦ-2 и МКЦ-4 одинаковой обменной емкости проявляют одинаковую интенсивность полосы с максимумом при 1750 см^{-1} . При дальнейшем увеличении обменной емкости интенсивность этой полосы растет.

Анализ спектров МКЦ в области гидроксильных групп ($3000\text{--}3600\text{ см}^{-1}$) показывает, что при переходе от исходной целлюлозы к аморфизованным МКЦ-1 и МКЦ-3 происходит сдвиг основного максимума полосы гидроксильных в коротковолновую область при 3430 см^{-1} . Это свидетельствует об изменении соотношения различных типов водородных связей в данных образцах. В случае МКЦ-2 и МКЦ-4 изменения в этой области спектра незначительны.

В области $2800\text{--}3000\text{ см}^{-1}$ и при 1430 см^{-1} наблюдается уменьшение интенсивности поглощения по мере накопления карбоксильных групп, что указывает на убыль CH_2OH -групп в процессе окисления, т. е. на избирательный характер окисления первичных гидроксильных групп у 6-го углеродного атома.

Спектры МКЦ-2 и МКЦ-4 в низкочастотной области ($400\text{--}700\text{ см}^{-1}$) характеризуются диффузным поглощением. При переходе к аморфизованным образцам МКЦ-1 и МКЦ-3 диффузность спектров еще более увеличивается, структура полос практически исчезает. Изменение интенсивностей полос поглощения в области $400\text{--}700\text{ см}^{-1}$ при введении COOH -групп может быть связано с перераспределением типов водородных связей при окислении.

В области $1030\text{--}1160\text{ см}^{-1}$ (валентные колебания циклических C--C , C--O) и $1160\text{--}1430\text{ см}^{-1}$ (деформационные колебания C--H , O--H и C--OH) по мере увеличения содержания карбоксильных групп в препаратах МКЦ происходит общее уменьшение интенсивности полос, а для аморфизованных МКЦ-1 и МКЦ-3 исчезает их резкая структура во всей анализируемой области спектра. Это может свидетельствовать в первую очередь о деструкции и значительном понижении степени структурной упорядоченности указанных образцов целлюлозы.

Одним из основных параметров, претерпевающих наиболее существенные изменения при различных модификациях целлюлозы, является СП. Определение этого показателя для окисленных целлюлоз представляет определенные трудности, поскольку большинство известных растворителей, используемых для установления молекулярной массы целлюлозы, имеют щелочную природу, а устойчивость β -гликозидной связи МКЦ в таких средах невелика. Полагают [25], что это вызвано наличием кетонных групп, принимающих в щелочных средах енольную форму, которая вызывает гидролитический разрыв гликозидной связи. Учитывая, что для определения СП окисленных целлюлоз нами применялся вискозиметрический метод (в качестве растворителя использовался кадмийэтилендиамин (Cden)), полученные значения СП характеризуют деструктивные процессы, протекающие не только при окислении целлюлозы, но и при растворении МКЦ. Таким образом, к значениям СП для МКЦ следует относиться как к отражающим только общую тенденцию его изменения в определенном ряду.

Образцы МКЦ-1, МКЦ-2 и МКЦ-4, полученные в различных условиях, содержат практически одинаковые количества карбоксильных, карбонильных и нитроэфирных групп (см. табл. 1), однако существенно отличаются по значению индекса кристалличности (ИК). Можно предположить, что при растворении этих МКЦ в Cden понижение СП будет примерно одинаковым, т. е. порядок изменения СП будет в большей степени отражать влияние условий модификации на этот показатель. Видно, что степень уменьшения СП целлюлозы при окислении оксидом азота(IV) в среде тетрахлорметана зависит прежде всего от концентрации окислителя в растворе. Значительно меньшее значение СП МКЦ-3 по сравнению с МКЦ-1, полученных окислением исходной хлопчатобумажной бязи 40 % раствором N_2O_4 в CCl_4 в течение 24 и 5 ч соответственно, может быть обусловлено как более высоким содержанием карбонильных групп, влияющих на интенсивность протекающего процесса деполимеризации при растворении МКЦ-3 в Cden , так и продолжительностью контактирования целлюлозы с окислами азота в процессе окисления.

Одной из основных проблем при создании лекарственных препаратов на основе МКЦ является сокращение сроков их полной биodeградации в организме с целью избежания воспалительной реакции на длительное присутствие инородного тела. Совершенно очевидно, что скорость биodeградации таких препаратов будет в значительной степени определяться СП полимерного носителя. Известно, что под действием γ -лучей происходит уменьшение молекулярной массы большинства полимеров, в том числе и целлюлозы. Для изучения влияния γ -облучения на функциональный состав и физико-химические свойства окисленной целлюлозы все синтезированные нами образцы были подвергнуты облучению в дозе 100 кГр . Как видно из

данных табл. 1 и 2, такая обработка приводит к увеличению содержания карбоксильных групп ($\approx 10\%$), росту числа карбонильных групп ($\approx 20\text{--}40\%$) и существенному уменьшению ($\approx 30\text{--}50\%$) СП. Низкие значения СП облученных образцов могут быть обусловлены не только разрывом β -гликозидных связей макромолекулы МКЦ под действием γ -лучей, но и ростом количества карбонильных групп, способствующих неустойчивости этих связей в процессе растворения в C_{dep} . Установлено, что облучение ведет к снижению средней СП МКЦ и является одним из способов стерилизации лекарственных средств, поэтому его можно рекомендовать для ускорения биodeградации и достижения стерильности.

Таблица 2

Физико-химические свойства образцов МКЦ

Образец	ИК	СП	Q , г/г	S , $\text{м}^2/\text{г}$	pK_a
МКЦ-1	0,40	67,7 (43,5)*	0,52	12,5	3,97
МКЦ-2	0,82	139 (65,9)*	0,37	6,2	4,16
МКЦ-3	0,40	26,0 (18,6)*	0,58	14,8	3,80
МКЦ-4	0,75	80,1 (56,7)*	0,42	8,4	4,06

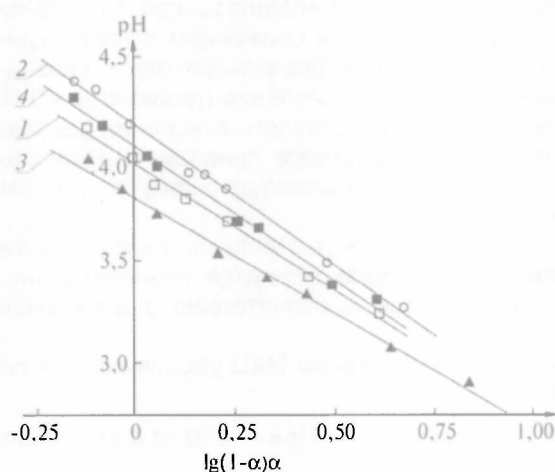


Рис. 3. Результаты потенциометрического титрования в координатах уравнения Гендерсона – Гассельбаха для МКЦ-1 (1), МКЦ-2 (2), МКЦ-3 (3), МКЦ-4 (4)

Анализ результатов потенциометрического титрования МКЦ (рис. 3) показывает, что она является более сильной полимерной кислотой, чем синтетические карбоксильные катиониты с дивинилбензольной матрицей (pK_a 5–7). Отрицательный индуктивный эффект глюкопиранозного цикла макромолекулы целлюлозы значительно облегчает отрыв протона.

Значения показателя кажущихся констант диссоциации (pK_a) структурно различающихся образцов МКЦ с одинаковой обменной емкостью ($1,8 \text{ ммоль/г}$) не являются постоянной величиной

(см. табл. 2) и коррелируют со степенью кристалличности. Уменьшение pK_a в ряду МКЦ-2, МКЦ-4, МКЦ-1, МКЦ-3 можно объяснить ростом степени набухания полиэлектролита в воде. Как отмечается в работе [26], набухание является важным параметром, влияющим на кислотные свойства карбоксильных катионитов: увеличение набухания ионита облегчает ионизацию его функциональных групп.

Набухание ионитов в воде является результатом по меньшей мере трех процессов: гидратации ионов, гидратации матрицы ионита и диффузионного проникновения компонентов раствора набухания в объем полимера. Диффузионное проникновение зависит от величины внутренней поверхности, во многом определяемой структурной упорядоченностью данных материалов.

У окисленных целлюлоз одинаковой степени окисления значения ИК коррелируют с величиной удельной поверхности S (см. табл. 2), увеличивающейся по мере уменьшения ИК. Надо полагать, что наблюдаемое увеличение степеней набухания в воде, в свою очередь, обусловлено ростом S . Следует отметить, что полученные нами по сорбции паров азота значения удельной поверхности МКЦ, набухшей в воде с последующим вытеснением

ее сменой органических растворителей, не совпадают с имеющимися в литературе данными более высоких значений данного параметра даже для исходной хлопковой целлюлозы [19]. При этом отмечается, что значения удельной поверхности инклюдированных образцов целлюлозы сильно зависят от условий проведения инклюдирования и сушки, в частности от используемых растворителей и температуры сушки. Одинаковые условия обработки позволяют сделать вывод о росте удельной поверхности в ряду окисленных целлюлоз с уменьшением степени их кристалличности.

Таким образом, при окислении целлюлозы растворами диоксида азота в индифферентных органических растворителях возможно получение образцов с заданными обменной емкостью и степенью кристалличности при минимальном содержании побочных (карбонильных и нитрозэфирных) групп. Это позволяет использовать их в качестве биodeградируемых гемостатических материалов и полимерных носителей лекарств, причем требуемая скорость биodeградации может задаваться условиями получения. Образцы МКЦ, полученные окислением целлюлозы концентрированными растворами диоксида азота, характеризуются низкой степенью кристалличности и полимеризации, высоким содержанием карбоксильных групп.

Реакционная способность мерсеризованной целлюлозы при окислении выше по сравнению с исходной, что объясняется снижением степени кристалличности и увеличением доли первичных гидроксильных групп, связанных слабыми водородными связями. Скорость окисления целлюлозы 40 % раствором N_2O_4 в CCl_4 значительно превышает скорость окисления разбавленными растворами. Использование этого раствора приводит к разрушению кристаллитов исходной целлюлозы, сопровождающемуся ростом удельной поверхности и набухания в воде.

При окислении целлюлозы разбавленными растворами оксида азота степень кристалличности окисленных образцов меняется незначительно, что свидетельствует о протекании процесса исключительно в аморфных участках и на поверхности кристаллитов.

Показано, что кажущаяся константа диссоциации МКЦ увеличивается по мере роста набухания образцов.

1. Stillwell R.L., Marks M.G., Sferstein L., Wiseman D. // Drug Targeting Deliv. 1997. Vol. 7. P. 291.
2. Tokunaga Y., Naruse T.T. // Cancer Biother. Radiopharm. 1998. Vol. 13. P. 437.
3. Jelinkova M., Briestensky J., Santar I., Rihova B. // Int. Immunopharmacol. 2002. Vol. 2. № 10. P. 1429.
4. Finn M.D., Schow S.R., Schneiderman E.D. // J. Oral Maxillfac. Surg. 1992. Vol. 50. P. 608.
5. Sawada T., Nishizawa H., Nishio E., Kadowaki M. // J. Reprod. Med. 2000. Vol. 45. № 5. P. 387.
6. Wiseman D.M., Saferstein L., Wolf S. // US Patent. 2002. № 6. 500. 777.
7. Ashton W.H. // US Patent. 1968. № 3. 364. 200.
8. Dimitrijevic S.D., Tatarko M., Gracy R.W. et al. // Carbohydr. Res. 1990. Vol. 198. № 2. P. 331.
9. Dimitrijevic S.D., Tatarko M., Gracy R.W. et al. // Ibid. Vol. 195. № 2. P. 247.
10. Юркштович Т.Л., Алиновская В.А., Бутрим Н.С. // Коллоид. журн. 2002. Т. 64. № 3. С. 421.
11. Zhu L., Kumar V., Banker G.S. // J. Pharm. 2001. Vol. 223. P. 35.
12. Гриншпан Д.Д., Калуцкий Ф.Н., Потапович А.К., Шуринов А.С. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1974. № 2. С. 231.
13. Гриншпан Д.Д. // Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Мн., 1978.
14. Целлюлоза и ее производные: В 2 т. / Под ред. Н. Байкля и Л. Сегала. М., 1974. Т. 1, 2.
15. Warwicker J.O. // J. Polym. Sci. 1967. A-1. Vol. 5. P. 2579.
16. USP, 1995. United States Pharmacopoeia 23... Formulary 18, 319.
17. Губен-Вейль И. Методы органической химии. М., 1963. С. 468.
18. Контроль производства химических волокон. М., 1967. С. 50.
19. Кленкова Н.И. Структура и реакционная способность целлюлозы. Л., 1976.
20. Полянский Н.Г., Горбунов Г.А., Полянская Н.Л. Методы исследования ионитов. М., 1976.
21. Болотникова Л.С. // Журн. прикл. химии. 1966. Т. 39. № 1. С. 176.
22. Kumar V., Yang T. // Carbohydr. Polym. 2002. Vol. 48. № 4. P. 403.
23. Soldatov V.S. // React. Funct. Polym. 1998. Vol. 38. P. 73.

24. O'Connor R.T., Du Pre E.C., Mitcham D. // Text. Res. J. 1958. Vol. 28. P. 382.
 25. Jewell R.A., Komen J.L., Su Bing et al. // US Patent. 2003. № 6, 524, 348.
 26. Шатаева Л.К., Кузнецова Н.Н., Елькин Г.Э. Карбоксильные катиониты в биологии. Л., 1979.

Поступила в редакцию 06.02.2004.

Дмитрий Станиславович Зимницкий – аспирант кафедры аналитической химии. Научный руководитель – Т.Л. Юркштович.

Татьяна Лукинична Юркштович – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией лекарственных средств на основе модифицированных полисахаридов НИИФХП БГУ.

Павел Михайлович Бычковский – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории лекарственных средств на основе модифицированных полисахаридов НИИФХП БГУ.

УДК 539.5162+546.325(289)+546.57

С.В. СЕРЕЖКИНА, Г.П. ШЕВЧЕНКО, С.К. РАХМАНОВ

ФОРМИРОВАНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ СЕРЕБРА В НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПЛЕНКАХ $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$

The processes going on in $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ film systems on air-heating resulting in silver nanoparticles formation were investigated. These nanoparticles were stable to oxidation up to 800 °C. The method of initial $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ sol synthesis was shown to cause the mechanism of silver nanoparticles formation and their optical properties.

Большое внимание, которое уделяется исследованию нанокомпозигов, содержащих ультрадисперсные частицы благородных металлов, объясняется уникальными оптическими, фотофизическими, каталитическими свойствами этих частиц. Оксидные стекла, допированные наночастицами серебра, могут использоваться как элементы оптических волокон, фотонных устройств различного назначения, гетерогенных катализаторов [1–3]. Большой интерес вызывают пленочные системы оксид – серебро как перспективные компоненты электропроводящих металлполимерных систем, нелинейных оптических материалов, люминесцирующих пленок [4–6].

Ранее нами установлена возможность термостимулируемого образования в воздушной атмосфере при температурах выше 600 °C наночастиц серебра в тонкопленочных системах $\text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ и $\text{SiO}_2 - \text{Ag}^+$, формируемых золь-гель методом [7, 8]. Было проведено исследование влияния температуры прогрева на протекающие при этом процессы и установлено, что причиной образования наночастиц серебра при прогреве на воздухе является формирование в интервале температур 350–500 °C фазы германата (силиката) серебра и его последующее (при 600–800 °C) терморазложение. При этом наблюдается формирование кристаллических оксидных фаз (тетрагонального GeO_2 в случае системы $\text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ и кристобалита в случае системы $\text{SiO}_2 - \text{Ag}^+$), не характерных для GeO_2 и SiO_2 в отсутствие ионов серебра.

Цель данной работы состояла в изучении процессов, протекающих в золь-гельных системах $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ при термообработке на воздухе, в зависимости от условий получения золя $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$, соотношения Si:Ge в золе, температуры прогрева. Известно, что система $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ является основным компонентом оптических волокон, а в последние годы – и перспективной матрицей для включения люминесцирующих ионов или металлических наночастиц [9–13].

Материал и методика

Золи $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ формировали двумя способами: совместным гидролизом тетраэтоксисилана (ТЭОС) и GeCl_4 и смешиванием зольей SiO_2 и GeO_2 , при этом в каждом случае получали золи, молярное соотношение $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2$ в которых составляло 90:10 и 50:50 (в мольн. %). Совместный гидролиз

ТЭОС и GeCl_4 проводили в водно-спиртовых растворах состава: $C(\text{ТЭОС})=0,4 \text{ М}$, $C(\text{H}_2\text{O})=4,0 \text{ М}$, $C(\text{GeCl}_4)=0,04 \text{ М}$ или $0,4 \text{ М}$ в зависимости от соотношения $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2$ в конечном золе. Реакцию осуществляли следующим образом: раствор ТЭОС в этиловом спирте смешивали с GeCl_4 , при интенсивном перемешивании добавляли заданное количество воды, затем для достижения полноты осаждения pH раствора доводили до 7,0 аммиаком. Образующийся гелеобразный осадок промывали и пептизировали при ультразвуковой обработке аммиаком. У полученных таким образом зольей pH=9,0, а содержание дисперсной фазы составляло 2 %. Мольное соотношение $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2$ в дисперсной фазе, рассчитанное по данным атомно-эмиссионного анализа образцов на спектрометре PLASMA-100, соответствовало расчетному. Для формирования композитных зольей, содержащих ионы серебра, в золи $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ вводили 0,5 М раствор AgNO_3 в атомном соотношении $\text{Ag}/(\text{Ge}+\text{Si})=0,14$ и перемешивали в течение 10 мин для равномерного распределения ионов серебра.

При формировании зольей $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ смешиванием индивидуальных оксидных зольей использовали золь SiO_2 с концентрацией 2,7 % и pH=9,5 и золь GeO_2 с концентрацией 5 % и pH=9,0. Золь SiO_2 получали ионообменным способом из силиката натрия с применением ионообменной смолы УК-2 (до pH=3,7), затем pH золя доводили до 9,5 аммиаком, в случае золя GeO_2 , согласно методике [14], реактивный GeO_2 переосаждали в водном растворе аммиака. Индивидуальные золи смешивали таким образом, чтобы мольное соотношение $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2$ в конечном золе $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ составляло 90:10 и 50:50. Поскольку при добавлении водного раствора AgNO_3 наблюдалось гелирование зольей, ионы серебра в соотношении $\text{Ag}/(\text{Ge}+\text{Si})=0,14$ вводили в них в виде аммиачного комплекса.

Пленки $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ формировали центрифужным методом путем послойного нанесения композитных зольей на вращающиеся очищенные кварцевые подложки и последующей сушки каждого слоя на воздухе при 150 °C в течение 10 мин (в работе использовали 4-слойные пленки). Затем пленки подвергали термической обработке на воздухе в кумулятивном режиме при температурах 350 °C, 500, 600 и 800 °C в течение 1 ч. Оптические спектры поглощения записывали на приборе SPECORD M40-UV-VIS в диапазоне длин волн 250–800 нм. Для идентификации продуктов, формируемых в системе $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ в процессе термообработки на воздухе, использовали рентгенофазовый анализ порошков, выделенных из исходных зольей, которые высушивали и прогревали на воздухе в тех же условиях, что и пленки. Рентгенофазовый анализ образцов проводили на приборе ДРОН-3,0 с использованием $\text{CoK}\alpha$ -излучения. ИК-спектры образцов снимали на Фурье-спектрометре «Spectrum-1000» в области 400–4000 см^{-1} .

Результаты и их обсуждение

Система с соотношением $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=90:10$

В оптических спектрах исходных пленок слабой коричневой окраски, сформированных из совместно осажденного золя, отмечается небольшое поглощение в области 400 нм (рис. 1 а). После термообработки при 350 °C в спектрах пленок появляется полоса поглощения с максимумом 410 нм, характерная для плазмонного резонанса наночастиц серебра. В случае дальнейшего прогрева интенсивность этой полосы меняется немонотонно: при 500 °C уменьшается, затем при 600 °C возрастает и после прогрева при 800 °C вновь уменьшается, полоса поглощения становится широкой и асимметричной и характеризуется протяженным длинноволновым спадом поглощения. Положение максимума с увеличением температуры постепенно смещается в длинноволновую область (от 400 до 440 нм – для пленок, прогретых при 500 и 800 °C соответственно), что может свидетельствовать о протекающей при нагревании агрегации частиц серебра. Окраска пленок

на протяжении всего периода прогрева, начиная с 350 °С, светло-желтая, и в дальнейшем она практически не меняется.

Иная картина наблюдается для пленок, сформированных на основе смешанных золь $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$: в спектрах пленок, прогретых при 150–350 °С, зафиксировано поглощение в области 405 нм, которое в случае дальнейшего прогрева при 500 °С исчезает (рис. 1 в), а пленка, первоначально имевшая коричневую окраску, обесцвечивается. После термообработки при 600 °С пленка окрашивается в лимонно-желтый цвет, что свидетельствует о формировании наночастиц серебра, и в соответствии с этим в ее оптическом спектре вновь возникает полоса поглощения с максимумом при 415 нм. Интенсивность этой полосы поглощения после прогрева при 800 °С значительно возрастает, ее максимум сдвигается в коротковолновую область до 410 нм, полоса поглощения симметричная.

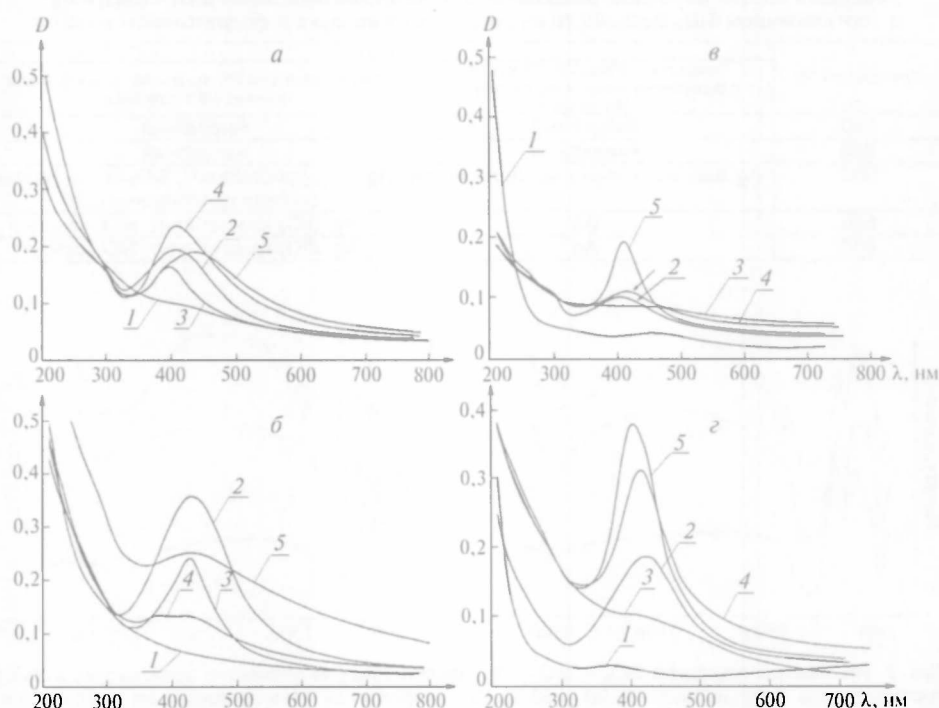


Рис. 1. Оптические спектры поглощения пленок $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$, сформированных на основе совместно осажденных (а, б) и смешанных (в, г) золь $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ с соотношением $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=90:10$ (а, в) и $50:50$ (б, г) и прогретых при температурах, °С: 1–150, 2–350, 3–500, 4–600, 5–800

По данным рентгенографического исследования (табл. 1), порошки, выделенные из совместно осажденного композитного золя и прогретые при 150–350 °С, рентгеноаморфны. После прогрева при 500–800 °С в образцах фиксируется только фаза серебра, степень кристалличности которого возрастает с увеличением температуры прогрева. Отметим, что вплоть до 800 °С в системе не происходит кристаллизации оксидов, что характерно также для систем состава $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=90:10$, не содержащих ионов серебра, тогда как в порошке индивидуального GeO_2 кристаллизация диоксида германия с образованием гексагональной модификации наблюдается при 350 °С. Как известно [15], замедление кристаллизации оксидов в совместно осажденных системах может свидетельствовать о гомогенном соосаждении с формированием связей $\text{Si}-\text{O}-\text{Ge}$. Было проведено ИК-спектроскопическое исследование порошков, выделенных из золь $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ состава $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=90:10$ и прогретых при 150, 350 и 500 °С. В ИК-спектре об-

разца, прогретого при 150 °C (рис. 2 а), наблюдаются линии, характерные для колебаний связей в диоксиде кремния (464, 796 и 1103 см⁻¹), ионах аммония (1384 и 3300 см⁻¹) и молекулах воды (1633 и 3454 см⁻¹). Кроме того, в спектре присутствует малоинтенсивная полоса поглощения при 670 см⁻¹, которая соответствует колебаниям связей Si–O–Ge [16–18]. Линий, отвечающих колебаниям связей Ge–O–Ge, в ИК-спектре этого образца не наблюдается, что может свидетельствовать об отсутствии фазы диоксида германия в совместно осажденном образце. После прогрева при 350 и 500 °C в ИК-спектрах образцов исчезают линии, характерные для иона аммония, и уменьшается интенсивность полос поглощения адсорбированной воды. Положение полос поглощения связей Si–O–Si и Si–O–Ge не меняется, лишь увеличивается их интенсивность.

Таблица 1

Фазовый состав образцов, выделенных из композитных золь-гель систем SiO₂–GeO₂–Ag⁺ с соотношением SiO₂:GeO₂=90:10 и прогретых на воздухе в кумулятивном режиме

Температура, °C	Фазовый состав	
	Совместное осаждение ТЭОС и GeCl ₄ с выделением осадка и его последующей пептизацией	Смешивание золь SiO ₂ на основе силиката натрия и аммиачного золь GeO ₂
150	Аморфный	Аморфный
350	Аморфный	Аморфный
500	Ag малой степени кристалличности	Ag, SiO ₂ -кristобалит, SiO ₂ -кварц малой степени кристалличности
600	Ag	Ag, SiO ₂ -кristобалит, SiO ₂ -кварц
800	Ag	Ag, SiO ₂ -кristобалит, SiO ₂ -кварц

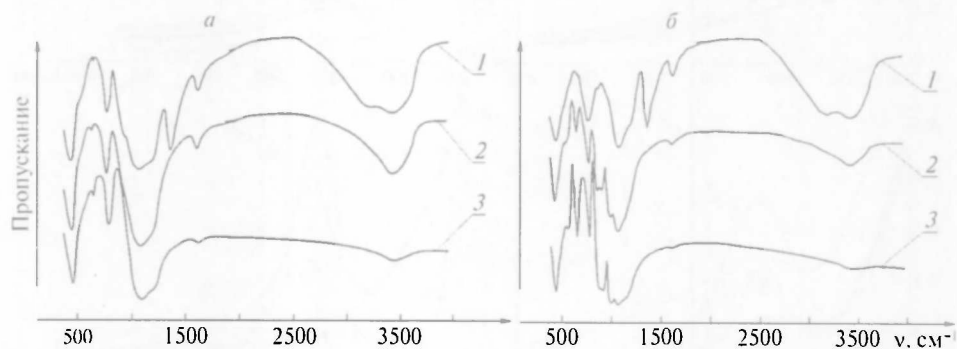


Рис. 2. ИК-спектры порошков SiO₂–GeO₂–Ag⁺, выделенных из совместно осажденных золь-гель систем SiO₂:GeO₂=90:10 (а) и 50:50 (б), непрогретых (1) и прогретых на воздухе при температурах 350 °C (2) и 500 °C (3)

Тот факт, что в данном образце на стадии получения золь происходит гомогенное соосаждение диоксидов кремния и германия, предопределяет характер взаимодействия ионов серебра с матрицей. По-видимому, образование наночастиц серебра в этой системе обусловлено не формированием фазы силиката или германата серебра, а разложением при температуре выше 150 °C его аммиачного комплекса, формирующегося в композитном золе. В пленках эти частицы серебра, по-видимому, располагаются между частицами оксида и вследствие капсулирующего действия матрицы не окисляются при нагревании, происходит лишь их агрегация и диффузия в глубь пленки, что и приводит к описанным изменениям.

В порошках, выделенных из смешанных композитных золь-гель систем и прогретых при 500–800 °C, присутствуют фазы серебра, SiO₂-кristобалита и SiO₂-кварца. Образование кристаллических фаз диоксида кремния мы наблюдали ранее в образцах SiO₂–Ag, прогретых при данных температурах, и связывали их появление с разложением предварительно формирующейся фазы силиката серебра. Поскольку рентгенографически эту фазу зафиксировать не удалось, вывод был сделан на основании совокупности данных оптической спектроскопии.

скопии, ИК-спектроскопии, электронной микроскопии. Отметим, что для пленок $\text{SiO}_2 - \text{Ag}^+$, как и для пленок рассматриваемой системы $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$, были установлены аналогичные изменения оптических спектров (появление окраски и оптического поглощения при 150–350 °С, затем обесцвечивание при 500 °С и вновь окрашивание с появлением плазмонного поглощения серебра при 600 °С). Исходя из этого, можно предположить, что в системе, которая была получена на основе смешанного золя $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$, при температуре 500 °С протекает взаимодействие серебра и диоксида кремния с образованием силиката серебра, разложение которого приводит к формированию наночастиц серебра и кристаллических фаз диоксида кремния. Фаза GeO_2 рентгенографически не идентифицируется в пленках этого состава из-за малого его количества.

Система с соотношением $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=50:50$

В оптических спектрах исходных пленок, сформированных из совместно осажденного золя $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$, поглощение практически отсутствует (рис. 1 б). После прогрева при 350 °С они приобретают коричневую окраску, а в их оптическом спектре появляется полоса поглощения с максимумом 435 нм, характерная для наночастиц серебра. Дальнейший прогрев (500 °С) ведет к уменьшению интенсивности этой полосы, окраска пленок меняется на светло-желтую. После прогрева при 600 °С спектр пленки имеет двухпиковую структуру с максимумами 390 и 440 нм, а при 800 °С – снова однопиковую с максимумом 435 нм; полоса поглощения асимметричная и характеризуется длинноволновым спадом поглощения. Визуально окраска пленок при прогреве практически не меняется. В оптическом спектре исходной пленки $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$, сформированной из смешанного золя, поглощение также отсутствует (рис. 1 г). После термообработки при 350 °С происходит образование наночастиц серебра, о чем свидетельствует появление в спектре полосы поглощения с максимумом 430 нм. Пленки, прогретые при 500 °С, слабо окрашены, полоса поглощения малоинтенсивна. Лимонно-желтая окраска наблюдается после прогрева пленок при 600 °С, в соответствии с этим в их оптических спектрах присутствует полоса поглощения с максимумом 425 нм, которая в случае увеличения температуры прогрева до 800 °С становится более интенсивной и сдвигается в коротковолновую область до 415 нм.

Таблица 2

Фазовый состав образцов, выделенных из композитных золь $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ с соотношением $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=50:50$ и прогретых на воздухе в кумулятивном режиме

Температура, °С	Фазовый состав	
	Совместное осаждение ТЭОС и GeCl_4 с выделением осадка и его последующей пептизацией	Смешивание золя SiO_2 на основе силиката натрия и аммиачного золя GeO_2
150	Аморфный	Аморфный
350	Аморфный	Аморфный
500	Твердый раствор $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ со структурой α -кварца малой степени кристалличности	$\text{Ag}_2\text{Ge}_4\text{O}_9$, Ag, твердый раствор $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ со структурой α -кварца
600	Ag, твердый раствор $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ со структурой α -кварца	$\text{Ag}_2\text{Ge}_4\text{O}_9$, Ag, твердый раствор $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ со структурой α -кварца
800	Ag, твердый раствор $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ со структурой α -кварца	Ag, твердый раствор $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ со структурой α -кварца

По данным РФ-исследования (табл. 2), все образцы до температуры 500 °С рентгеноаморфны. В образцах, полученных на основе совместно осажденного золя, в интервале температур 500–800 °С фиксируется фаза твердого раствора $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ со структурой α -кварца, а при температурах 600–800 °С – также фаза серебра. В образцах, выделенных из смешанного золя и прогретых при 500–600 °С, присутствуют фазы германата серебра,

твёрдого раствора $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ со структурой α -кварца и серебра. После прогрева при 800°C в образце фиксируются только фазы твёрдого раствора $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ и серебра, тогда как германат серебра не обнаруживается, что свидетельствует о его разложении.

Различие в оптических спектрах плёнок, сформированных на основе совместно осажденных и смешанных золей, а также данные РГ-исследований указывают на различный механизм процессов формирования в них частиц серебра. Можно предположить, что в образцах на основе совместно осажденного золя с соотношением $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=50:50$ формирование частиц серебра происходит вследствие разложения его аммиачного комплекса, как и в аналогичном образце с соотношением $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=90:10$. В образцах, полученных на основе смешанного золя с соотношением $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=50:50$, формирование частиц серебра до 500°C происходит вследствие разложения его аммиачного комплекса, тогда как при более высоких температурах ($700\text{--}800^\circ\text{C}$) дополнительный механизм их образования заключается в разложении германата и силиката серебра, которые формируются в данной системе в интервале температур $500\text{--}600^\circ\text{C}$. Причиной наблюдаемого различия в механизме образования серебра, возможно, является формирование в совместно осажденных системах связей Si-O-Ge , подтвержденное данными ИК-спектроскопии (рис. 2 б). В ИК-спектре образца состава $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=50:50$, прогретого при 150°C , присутствуют линии, характерные для колебаний связей индивидуальных оксидов кремния и германия. После прогрева при 350°C в образце появляются дополнительные полосы поглощения 670 , 925 и 1008 см^{-1} , которые отвечают колебаниям связей Si-O-Ge [16–18]. Характерной особенностью спектра, также свидетельствующей о формировании этих связей, является смещение основной полосы поглощения диоксида кремния в сторону низких частот (до 1075 см^{-1}), что объясняется увеличением массы осцилляторов при замене одного из атомов кремния в группе Si-O-Si на германий. После прогрева при 500°C интенсивность линий 670 , 925 и 1002 см^{-1} возрастает и наблюдается дальнейший сдвиг в сторону низких частот (до 1069 см^{-1}) основной полосы поглощения диоксида кремния, что свидетельствует о преобладании в образце связей Si-O-Ge .

Интересен факт, что независимо от способа получения золя с соотношением $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2=50:50$ в образцах $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ при температурах $500\text{--}800^\circ\text{C}$ кристаллизуется твёрдый раствор $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ со структурой α -кварца. В отсутствие ионов серебра образования твёрдых растворов в этой системе не наблюдается: исходные образцы, выделенные из золя указанного выше состава, рентгеноаморфны, а в прогретых выше 500°C фиксируется только фаза гексагонального GeO_2 . Этот факт свидетельствует о влиянии формирующихся наночастиц серебра на структуру оксидной матрицы и характер кристаллизационных процессов, протекающих в ней при нагревании. Механизм этого влияния, обсуждаемый в литературе [19], связывают со способностью ионов серебра координировать вокруг себя ионы кремния, германия и кислорода, что способствует образованию упорядоченной структуры оксидов.

Таким образом, в образцах $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ независимо от способа получения исходного золя $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ и соотношения $\text{SiO}_2:\text{GeO}_2$ при прогреве на воздухе происходит формирование наночастиц серебра, стабильных к окислению вплоть до температуры 800°C . В плёнках, сформированных из золей, полученных совместным гидролизом ТЭОС и GeCl_4 , наночастицы серебра образуются в результате разложения аммиачного комплекса серебра и характеризуются поглощением в области плазмонного резонанса серебра с максимумом $435\text{--}440\text{ нм}$. Взаимодействия частиц серебра с матрицей с образованием фаз силиката (германата) серебра в этих системах

затруднено, по-видимому, вследствие того, что при получении исходного золя происходит гомогенное соосаждение диоксидов кремния и германия с образованием связей Si–O–Ge.

В пленках из зольей, полученных смешиванием индивидуальных зольей SiO₂ и GeO₂, формирование частиц серебра до 500 °С происходит вследствие разложения его аммиачного комплекса, тогда как при более высоких температурах (700–800 °С) дополнительный механизм их образования заключается в разложении германата и силиката серебра, формирующихся в данной системе в интервале температур 500–600 °С. В образцах с соотношением SiO₂:GeO₂=90:10, по-видимому, образуется силикат серебра, а в образцах с соотношением компонентов 50:50 – дополнительно и германат серебра. Наночастицы серебра, формирующиеся в указанных системах, характеризуются поглощением с максимумом 410–415 нм. Разложение силиката серебра в пленках с соотношением SiO₂:GeO₂=90:10 приводит к появлению фаз SiO₂-кристаллита и SiO₂-кварца, что не наблюдается при прогреве в аналогичных условиях индивидуального SiO₂. В системах SiO₂ – GeO₂ – Ag⁺ с соотношением SiO₂:GeO₂=50:50 независимо от способа получения при температурах выше 500 °С происходит формирование твердых растворов, что не характерно для образцов без серебра и свидетельствует о влиянии наночастиц серебра на структуру оксидной матрицы и характер кристаллизационных процессов, протекающих в ней при нагревании.

1. Roy B., Chakravorty D. // J. Phys.: Condens. Matter. 1990. Vol. 2. P. 9323.
2. Weiping C., Lide Z. // Ibid. 1996. Vol. 8. P. L591.
3. Dai W.-L., Li J.-L., Cao Y. et al. // Catalysis Letters. 2000. Vol. 64. P. 37.
4. Pan A.L., Zheng H.G., Yang Z.P. et al. // J. Phys.: Condens. Matter. 2003. Vol. 15. P. 9.
5. Hayakawa T., Tamil Selvan S., Nogami M. // J. Non-Cryst. Solids. 1999. Vol. 259. P. 16.
6. Long B., Lide Z., Xiaoping W. // Solid State Commun. 1997. Vol. 104. № 9. P. 553.
7. Serezhkina S. V., Shevchenko G. P., Rakhmanov S. K. // Physics, Chemistry and Applications of Nanostructures: Proc. Conf. «NANOMEETING-2003», Minsk, 20–23 may 2003. Minsk, 2003. P. 385.
8. Сережкина С.В., Потапенко Л.Т., Бокшиц Ю.В. и др. // Физика и химия стекла. 2003. Т. 29. № 5. С. 673.
9. Гордова М.Р., Кондратьев Ю.Н., Куркин В.П. и др. // Итоги науки и техники. Т. 2. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. 1989.
10. Brusatin G., Guglielmi M., Innocenzi P. et al. // J. Electroceramics. 2000. Vol. 4. P. 151.
11. Kawamura K., Hosono H., Kawazoe H. // J. Appl. Phys. 1996. Vol. 80. № 3. P. 1357.
12. Duverger C., Turrell S., Bouazaoui M. et al. // Philos. Mag. B. 1998. Vol. 77. № 2. P. 363.
13. Benatsou M., Bouazaoui M. // Opt. Comm. 1997. Vol. 137. P. 143.
14. Шевченко Г.П., Сereжкина С.В., Потапенко Л.Т., Свиридов В.В. // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2001. № 1. С. 28.
15. Сereжкина С.В., Шевченко Г.П., Муравицкая Е.В., Свиридов В.В. // Там же. 2002. № 4. С. 50.
16. Шалумов Б.З., Жукова Л.А., Рябенко Е.А. и др. // Неорган. материалы. 1986. Т. 22. № 6. С. 966.
17. Колесова В.А., Калинина А.М. // Физика и химия стекла. 1975. Т. 1. Вып. 1. С. 70.
18. Lipinska-Kalita K.E., Mowbray D.J. // J. Mol. Struct. 1990. Vol. 219. P. 10.
19. Altamirano-Juarez D.C., Carrera-Figueiras C., Garnica-Romo M.G. et al. // J. of Physics and Chemistry of Solids. 2001. Vol. 62. P. 1911.

Поступила в редакцию 11.02.2004.

Светлана Валентиновна Сereжкина – аспирант кафедры неорганической химии. Научные руководители – С.К. Рахманов, Г.П. Шевченко.

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

Сергей Кимович Рахманов – первый проректор, доктор химических наук.

САМОФОРМИРОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ ПРИ АНИЗОТРОПНОМ ТРАВЛЕНИИ

In this report the influence of concentration and temperature of KOH solutions on etching rate of Si-monocrystals is investigated. Activation energy and also the type of Si-microplanes self-formed in the course of etching near right angles of oxide masks, the sides of which are oriented in various crystallographic directions on Si (100) surface were determined. Analogous datas were obtained for KOH solutions with isopropanol (IPA) addition.

Анизотропное травление является ключевым этапом в изготовлении перспективных микро- и наноприборов на основе монокристаллического кремния. Оно используется для получения точно определенных форм травления с помощью химических масок, стороны которых ориентированы в определенных кристаллографических направлениях. Развитие нанотехнологий требует тщательного изучения особенностей рельефа травленных поверхностей и механизмов их образования. В настоящее время из всех неорганических травителей наибольшее значение для кремния имеет водный раствор KOH, позволяющий получать удовлетворительные конечные поверхности травления при умеренной скорости растворения. Несмотря на значительный прогресс в области технологии обработки кремния, детальный механизм образования элементов рельефа на поверхности кристалла при щелочном анизотропном травлении остается неизвестным. Это можно объяснить сложностью процессов на монокристаллической поверхности, особенно вблизи края маски. До сих пор существуют несоответствия между экспериментальными данными, касающимися исследований микрорельефа вблизи прямых углов химических масок на поверхности (100) кремния в водных растворах KOH. В литературе имеются сведения о формировании микроплоскостей с различной ориентацией (hkl) при одинаковых условиях проведения эксперимента [1–4].

Цель данной работы – получить более определенную экспериментальную информацию о процессе самоформирования элементов рельефа.

Травление проводилось в растворах KOH с концентрацией в диапазоне 8–14 моль/л, а также в аналогичных растворах с добавлением изопропилового спирта (ИПС) до степени насыщения при 60–80 °C. В эксперименте использовались полированные образцы монокристаллического кремния марки БКДБ-12, ориентированные в плоскости (100), с нанесенной оксидной маской типа «Квадрат» толщиной 0,27 мкм (рис. 1). После травления в заданных условиях определялись скорость и эффективная энергия активации процесса, а также исследовался микрорельеф поверхности вблизи прямых углов масок с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) LEO-1420 и микрогониометра, созданного на основе микроинтерферометра Линника МИИ-4.

В каждом эксперименте определялось отношение индексов Миллера $[h/k]$ для каждой из самоформирующихся микроплоскостей (примеры приведены на рис. 2). Плоскости 1 и 4, появляющиеся вблизи линейных краев маски, известны как (111) и (001) для рис. 2 а и 2 б соответственно. В проведенных экспериментах это было подтверждено. Кристаллографическая ориентация плоскостей 2 и 3 изменяется в соответствии с условиями эксперимента. Нами изучались особенности формирования именно таких микроплоскостей, хотя они не единственные из тех, что самоформируются вблизи прямых углов масок (см. рис. 2).

Из данных, полученных в результате эксперимента (табл. 1, 2), можно сделать ряд заключений.

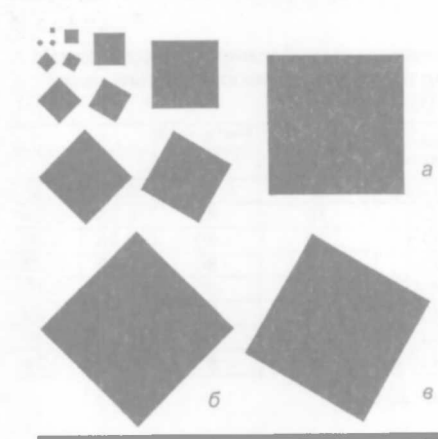


Рис. 1. Оксидная маска типа «Квадрат»: а, б, в – фигуры маски, стороны которых на поверхности (100) кристалла были ориентированы в кристаллографических направлениях [011], [001] и [011]+30° соответственно

1. Температура и концентрация водных растворов КОН не оказывают существенного влияния на тип микроплатоскостей, самоформирующихся вблизи прямых углов маски, стороны которой ориентированы в кристаллографических направлениях [001] и [011]. В частности, установлено, что в случае ориентации [001] самоформируются микроплатоскости, отношение $[h/k]$ которых изменяется от 0,31 до 0,36. Если же прямые углы маски образованы сторонами в кристаллографическом направлении [011], то самоформируются плоскости с отношением $[h/k]$ в пределах 0,22–0,29.

2. В растворах КОН+ИПС на тип самоформирующихся при травлении микроплатоскостей оказывает влияние

не только кристаллографическое направление маски, но и концентрация раствора КОН. Установлено, что при концентрациях от 8 до 14 моль/л $[h/k]$ изменяется от 0,28 до 0,44 для микроплатоскостей со сторонами, ориентированными в кристаллографическом направлении [001], и от 0,23 до 0,40 – для микроплатоскостей со сторонами, ориентированными в направлении [011].

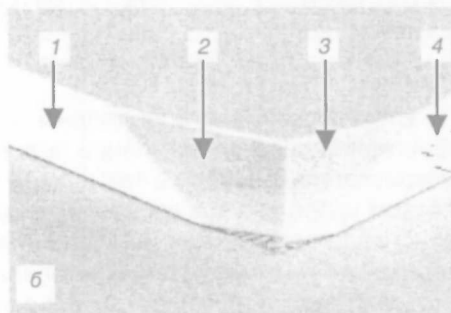
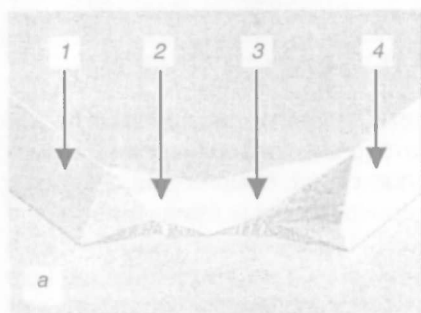


Рис. 2. СЭМ-изображения ($\times 10\,000$) микроплатоскостей, самоформирующихся в окрестностях прямых углов маски, стороны которой ориентированы в кристаллографических направлениях [011] (а) и [001] (б)

3. При добавлении ИПС к раствору КОН с концентрацией 8 моль/л при 60 °С скорость травления уменьшается на 20 % относительно водного раствора КОН, тогда как добавление ИПС к растворам 10, 12 и 14 моль/л КОН к изменению скорости травления не приводит. Такая зависимость объясняется маскирующим действием ИПС, которое обусловлено его адсорбционными свойствами. Добавление ИПС к растворам 8, 10, 12 и 14 моль/л КОН при 80 °С скорости травления существенно не меняет.

4. При росте концентрации КОН энергия активации процесса травления повышается, что можно объяснить затруднением отвода продуктов реакции от поверхности травления. Аналогичная картина наблюдается и для растворов КОН/ИПС.

5. Добавление ИПС к раствору с низкой 8 моль/л концентрацией КОН приводит к повышению энергии активации, что является следствием декорирования поверхности при адсорбции молекул спирта, а также высокой вязкости травителя, затрудняющей отвод продуктов реакции от поверхности кремния. При повышении концентрации КОН значения энергии активации в растворах КОН/ИПС и КОН сближаются.

Таблица 1

Отношения индексов Миллера $[h/k]$ микроплоскостей, самоформирующихся вблизи прямых углов маски. $[001]$ и $[011]$ – ориентация линейных краев квадратной маски на плоскости (100)

Раствор травления	Концентрация КОН, моль/л	Температура травления, °С	$h/k[001]^*$	$h/k[011]^*$	Раствор травления	Концентрация КОН, моль/л	Температура травления, °С	$h/k[001]^*$	$h/k[011]^*$
КОН	8	60	0,34	0,24	КОН	8	80	0,35	0,22
КОН	10	60	0,31	0,24	КОН	10	80	0,35	0,29
КОН	12	60	0,32	0,25	КОН	12	80	0,36	0,29
КОН	14	60	0,35	0,22	КОН	14	80	0,35	0,23
КОН/ИПС	8	60	0,44	0,38	КОН/ИПС	8	80	0,28	0,40
КОН/ИПС	10	60	0,34	0,31	КОН/ИПС	10	80	0,33	0,33
КОН/ИПС	12	60	0,31	0,26	КОН/ИПС	12	80	0,36	0,29
КОН/ИПС	14	60	0,35	0,23	КОН/ИПС	14	80	0,35	0,24

Примечание. * Точность измерения составляет $\pm 0,04$.

Таблица 2

Скорость травления поверхности (100) кремния в растворах КОН и КОН/ИПС и энергия активации процесса травления (100) поверхности кремния в растворах КОН и КОН/ИПС

Условия травления* ($T=60$ °С)	Скорость травления, мкм/мин	Условия травления** ($T=80$ °С)	Скорость травления, мкм/мин	Энергия активации, кДж/моль
8 моль/л КОН	0,35	8 моль/л КОН	1,01	51,7
8 моль/л КОН/ИПС	0,28	8 моль/л КОН/ИПС	0,97	60,2
10 моль/л КОН	0,27	10 моль/л КОН	0,84	55,1
10 моль/л КОН/ИПС	0,26	10 моль/л КОН/ИПС	0,86	61,0
12 моль/л КОН	0,21	12 моль/л КОН	0,71	59,6
12 моль/л КОН/ИПС	0,21	12 моль/л КОН/ИПС	0,74	61,7
14 моль/л КОН	0,18	14 моль/л КОН	0,67	63,9
14 моль/л КОН/ИПС	0,18	14 моль/л КОН/ИПС	0,69	65,4

Примечание. * Точность измерения составляет $\pm 0,03$ мкм/мин, ** – $\pm 0,8$ кДж/моль.

Итак, нами были определены зависимости скорости растворения и эффективной энергии активации процесса растворения поверхности (100) монокристалла кремния, а также типа микроплоскостей, самоформирующихся вблизи краев и углов квадратных масок, стороны которых ориентированы в кристаллографических направлениях $[001]$ и $[011]$, от концентрации КОН в диапазоне 8–14 моль/л и от температуры (60 и 80 °С). Аналогичные данные получены для растворов с добавлением ИПС. Наблюдаемые явления в целом объясняются особенностями молекулярных процессов, протекающих на монокристаллической поверхности. Детали этих процессов изучаются. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании технологий производства полупроводниковых приборов различного назначения на основе монокристаллов кремния, в частности при конструировании форм масок с компенсацией усечения углов, а также при совершенствовании теорий растворения монокристаллов.

1. Seidel H., Csepregi L., Heuberger A., Baumgartel H. // J. Electrochem. Soc. 1990. Vol. 137. P. 3612.

2. Offereins H.L., Kuhl K., Sandmaier H. // Sensors and Actuators. 1991. № A25-27. P. 9.

3. Yikhnevich A.V., Shuvajev L.E., Novik A.F. // Physics, Chemistry and Application of Nanostructures. New Jersey; London; Singapore; Hongkong, 1995. P. 205.

4. Zubei I. // Sensors and Actuators. 2001. № A94. P. 76.

Поступила в редакцию 09.01.2004.

Екатерина Александровна Хижняк – аспирант кафедры неорганической химии. Научный руководитель – А.В. Юхневич.

Анатолий Викторович Юхневич – кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химических методов исследования НИИФХП БГУ.



УДК 658.567:[577.1+616-097

С.В. ТКАЧЕВ, В.В. ШЕВЛЯКОВ, А.А. УШКОВ, Л.В. ПОЛОВИНКИН

ВЛИЯНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ПРОЦЕССЫ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ МОДИФИКАЦИИ БЕЛКОВ И НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО ГУМОРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА*

In the present work is shown, appearance of oxidizing modification of proteins in blood serum of animals, which were subjected by subchronical influence of MMK, is accompanied by parallel changes of nonspecific humoral immunity. Probably, a main role, in realization of immunotoxin effect of MMK, is playing of prooxidant's property of copper, which initiate of free radical reactions.

Механизмы, обусловленные иммунотоксическим действием тяжелых металлов, включают: депрессию функции β -лимфоцитов и продукции антител, приобретенные мутации генов иммунокомпетентных клеток, изменение молекулярной структуры мембранных рецепторов и антигенов, нарушение процессов межклеточного взаимодействия, активацию синтеза медиаторов воспаления и аллергии, нарушение процессов клеточной биоэнергетики, инактивацию белков системы комплемента [1–6]. Следует отметить, что ряд названных эффектов может быть вызван действием активных форм кислорода (АФК), выступающих в качестве агрессивных повреждающих агентов. Установлено, что гиперпродукция АФК приводит к повреждению внутриклеточных мембран, окислительной модификации белков, липидов и фрагментации ДНК [7–10]. На фоне окислительного стресса может развиваться вторичная иммунопатология, приводящая к появлению аутоантигенных детерминант и каскаду аутоиммунных реакций. В то же время в научной литературе содержится недостаточно сведений о роли перекисных процессов в иммуномодулирующем действии тяжелых металлов, в частности, отсутствует информация о роли перекисного окисления белков в реализации иммунотоксических эффектов медьсодержащих ксенобиотиков.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении процессов окислительной модификации белков и состояния системы гуморального неспецифического иммунитета в условиях интоксикации медьсодержащими ксенобиотиками, полученными в результате переработки промышленных металлсодержащих отходов и используемых в производстве медьсодержащих средств защиты растений, а также в качестве фунгицидов.

Материал и методика

Исследованы медьсодержащий раствор (МСР), представляющий собой водорастворимые аммиакатные комплексы меди, а также фунгициды на основе водной суспензии хлорокиси меди (ХОМ-I и ХОМ-II). Атомно-абсорб-

* Авторы статьи – сотрудники ГУ РНПЦГ.

ционным методом с применением спектрофотометра AAS Vario 6 («Analytik Jena AG», Германия) выявлены основные составные элементы МСР (г/л): медь – 105,4, цинк – 0,178, кадмий – 0,038; ХОМ-I: медь – 118,5, цинк – 0,094, кадмий – 0,011; ХОМ-II: медь – 83,2, цинк – 0,11, кадмий – 0,002.

Оценку влияния медьсодержащих ксенобиотиков на функциональное состояние иммунной системы и интенсивность процессов перекисидации белков проводили на беспородных белых крысах в условиях субхронического (30 и 60 сут) внутрижелудочного введения. Исследуемые препараты вводили в дозах 1/10 и 1/100 ЛД₅₀, что составило для ХОМ-I и МСР 710,0 и 71,0 мг/кг; 100,0 и 10,0 мг/кг соответственно. Для внутрижелудочного введения ХОМ-II использовали 1/10 максимальной дозы острого опыта – 1500 мг/кг веса животного. Контрольная группа животных в аналогичных условиях получала воду в эквивалентном объеме.

Функциональное состояние неспецифического гуморального иммунитета оценивали по содержанию циркулирующих иммунных комплексов [11] и активности лизоцима [12] в сыворотке крови, а также по интегральному показателю антимикробной резистентности – бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК) [13]. Расчет БАСК и активности лизоцима производили путем вычисления разницы между оптической плотностью опытной и контрольной пробы, полученный результат выражали в процентах, за 100 % принимали оптическую плотность контрольной пробы. Иммунологические исследования проводили на многоканальном спектрофотометре «Multiskan EX» («Labsystems», Финляндия).

Степень перекисидации белков устанавливали по содержанию карбонильных производных аминокислотных остатков белков (КПА) в сыворотке крови [14], а также по накоплению битирозина и снижению флуоресценции триптофанилов белков. Флуоресценцию битирозина оценивали при $\lambda_{\text{возб}} = 325$ и $\lambda_{\text{исп}} = 416$ нм, флуоресценцию аминокислотных остатков триптофана – при $\lambda_{\text{возб}} = 297$ и $\lambda_{\text{исп}} = 336$ нм [15]; антиоксидантный потенциал сыворотки крови – по содержанию церулоплазмينا [16]. Спектрофотометрические измерения выполнены на СФ-46. Флуоресценцию регистрировали на спектрофлуориметре СФЛ1211А («Солар», Беларусь).

Статистическую обработку результатов проводили с применением параметрического *t*-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

В результате 30-суточного воздействия у животных выявлены значительные изменения в содержании продуктов окислительной модификации белков. Введение МСР и ХОМ-I в дозе 1/100 ЛД₅₀ приводит к достоверному по сравнению с контролем возрастанию количества КПА в сыворотке крови на 21 и 15 % соответственно. Увеличение дозы МСР и ХОМ-I до 1/10 ЛД₅₀ сопровождается статистически значимым накоплением битирозина на 48 и 18 % соответственно, КПА – 46 и 42 %. На фоне активации перекисных процессов, вызванных введением МСР и ХОМ-I в дозе 1/10 ЛД₅₀, наблюдается увеличение содержания в сыворотке крови циркулирующих иммунных комплексов на 75 и 86 % и снижение БАСК на 10 и 13 % соответственно. В условиях интоксикации ХОМ-II значительные колебания показателей, характеризующих степень окислительных повреждений белков (снижение интенсивности флуоресценции остатков триптофана при росте уровня КПА и битирозина), протекают параллельно увеличению на 24 % количества циркулирующих иммунных комплексов. Содержание церулоплазмينا возрастает в ответ на введение МСР и ХОМ-I в дозе 1/10 ЛД₅₀ на 19 и 21 % соответственно, тогда как использование ХОМ-II приводит к снижению количества этого антиоксиданта на 64 % (табл. 1).

К концу 60-суточного воздействия уровень свободнорадикальных процессов, а следовательно, и содержание продуктов перекисидации белков в организме экспериментальных животных остаются существенно выше конт-

рольных значений. При этом воздействие МСР и ХОМ-I в относительно низких дозах (1/100 ЛД₅₀) приводит к компенсаторному увеличению содержания церулоплазмينا, а при увеличении дозы и срыве адаптационных возможностей его концентрация снижается. Параллельно отмечается повышенное содержание циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови животных, получавших МСР и ХОМ-I в дозах по 1/10 ЛД₅₀, на 24 и 31 % соответственно, а также в группе животных, подвергшихся воздействию ХОМ-II, – на 27 %. При введении аналогичной дозы МСР было зафиксировано уменьшение бактерицидной активности сыворотки крови на 31 % (табл. 2).

Таблица 1

Показатели гуморального неспецифического иммунитета и маркеры окислительной модификации белков сыворотки крови на 30 сут внутрижелудочного введения медьсодержащих ксенобиотиков

Показатель	МСР		ХОМ-I		ХОМ-II
	1/100 ЛД ₅₀	1/10 ЛД ₅₀	1/100 ЛД ₅₀	1/10 ЛД ₅₀	
Лизоцим, %	66.5±0.83	70.4±0.39	65.7±0.79	67.6±2.42	71.2±1.62
	68.2±1.43	68.2±1.43	68.2±1.43	68.2±1.43	73.7±1.02
БАСК, %	98.2±0.47	85.6±2.07	96.2±0.89	83.6±1.65	85.0±3.88
	95.5±0.12	95.5±0.12	95.5±0.12	95.5±0.12	83.2±6.42
Циркулирующие иммунные комплексы, усл. ед.	53.2±6.07	94.0±5.44****	54.2±5.61	99.9±4.47****	66.8±3.57
	53.7±4.63	53.7±4.63	53.7±4.63	53.7±4.63	54.0±4.55
КПА, ммоль/л	15.1±0.70	18.3±1.34	14.4±0.76	17.7±0.67	35.4±2.33
	12.5±0.57	12.5±0.57	12.5±0.57	12.5±0.57	24.5±2.62
Битиروزин, усл. ед.	0.51±0.017	0.83±0.061	0.52±0.029	0.66±0.027	0.86±0.057
	0.56±0.033	0.56±0.033	0.56±0.033	0.56±0.033	0.55±0.053
Флуоресценция триптофана, усл. ед.	5.5±0.09	5.7±0.19	5.5±0.21	5.9±0.30	6.7±0.39**
	5,6±0,34	5,6±0,34	5,6±0,34	5,6±0,34	8,6±0,34
Церулоплазмин, мг/л	356.9±24.2	379.4 ± 17.6	360.5±23.8	387.7±17.4	222.1±17.1
	319.4±7.0	319.4 ± 7.0	319.4±7.0	319.4±7.0	345.0±33.0

Примечание. Здесь и в табл. 2: в числителе отражены данные опыта, в знаменателе – контроля; **** – достоверные изменения по сравнению с контролем при P<0,05; ** – P<0,01, *** – P<0,001, **** – P<0,0001.

Таблица 2

Показатели гуморального неспецифического иммунитета и маркеры окислительной модификации белков сыворотки крови на 60 сут внутрижелудочного введения медьсодержащих ксенобиотиков

Показатель	МСР		ХОМ-I		ХОМ-II
	1/100 ЛД ₅₀	1/10 ЛД ₅₀	1/100 ЛД ₅₀	1/10 ЛД ₅₀	
Лизоцим, %	82.3±0.83	83.4±0.67	71.6±1.06	72.1±0.79	73.9±3.09
	82.0±0.83	82.0±0.83	73.2±1.54	73.2±1.54	73.7±1.02
БАСК, %	48.1±1.46	38.6±3.40	90.9±0.46	91.4±0.64	80.4±4.86
	56.1±5.45	56.1±5.45	90.6±0.57	90.6±0.57	83.2±6.42
Циркулирующие иммунные комплексы, усл. ед.	61.8±2.12	75.5±3.89	57.0±4.49	78.3±4.10	68.8±3.70
	61.0±3.49	61.0±3.49	59.8±6.71	59.8±6.71	54.0±4.55
КПА, ммоль/л	18.7±1.29	24.2±2.17	23.7±2.16	28.6±2.80	39.3±3.06
	14.8±0.5	14.8±0.15	14.8±0.15	14.8±0.15	24.5±2.62
Битиروزин, усл. ед.	0.75±0.039	0.73±0.032	0.62±0.013	0.74±0.037	0.76±0.060
	0.62±0.011	0.62±0.011	0.62±0.011	0.62±0.011	0.55±0.053
Флуоресценция триптофана, усл. ед.	6.0±0.22	4.6±0.19**	5.8±0.33	4.5±0.31**	6.9±0.26**
	5,6±0,16	5,6±0,16	5,6±0,16	5,6±0,16	8,6±0,34
Церулоплазмин, мг/л	476.4±30.4	173.2±11.1	397.5±27.4	193.5±8.6	218.0±20.7
	316.0±28.6	316.0±28.6	316.0±28.6	316.0±28.6	345.0±33.0

Таким образом, появление окислительно-модифицированных форм белков в сыворотке крови животных, подвергнутых субхроническому воздействию медьсодержащих ксенобиотиков, особенно в больших дозах, сопровождается параллельными изменениями неспецифического гуморального иммунитета, проявляющимися в снижении бактерицидной активности сыворотки крови и увеличении содержания циркулирующих иммунных комплексов. Обнаруженное снижение бактерицидной резистентности, возможно,

обусловлено свободнорадикальным повреждением таких формирующих ее факторов, как антитела, белки системы комплемента, β -лизин, и других менее идентифицированных компонентов. В свою очередь, формирование иммунного комплекса антиген – антитело является закономерным компонентом токсического процесса, сопровождающегося изменением аутоантигенной структуры белков тканей и направленного на нейтрализацию и элиминацию этих антигенов [17]. Важно подчеркнуть прослеживаемую в некоторых работах тесную связь между антиоксидантной системой и показателями иммунитета [18, 19]. Антиоксиданты ферментного и неферментного происхождения проявляют иммуномодулирующее действие, вероятно в основном опосредуемое мембраностабилизирующими эффектами на иммунокомпетентные клетки [20]. Обнаруженное в наших исследованиях снижение концентрации церулоплазмينا предположительно вызвано его свободнорадикальным повреждением. Известно, что действие АФК на церулоплазмин приводит к увеличению его чувствительности к протеолизу, потере феррооксидазной [21] и, возможно, супероксиддисмутазной активности.

Учитывая высокое содержание меди в исследуемых композициях, логично предположить, что в осуществлении токсического эффекта ключевую роль играют ее прооксидантные свойства, реализуемые через реакции между Cu^+ и АФК (реакция Фентона и цикл Габера – Вейсса) и приводящие к генерации высокоактивного гидроксильного радикала [22]. Металлкатализируемое окисление белков представляет собой сайт-специфичный процесс, обусловленный взаимодействием АФК и иона меди на металлсвязывающей поверхности белка. Ион Cu^+ фиксируется на металлсвязывающем сайте белка, затем комплекс белок – Cu^+ реагирует с H_2O_2 и генерирует радикал $\text{OH}^\cdot$, который вызывает окислительную модификацию аминокислотного остатка. Для осуществления металлкатализируемого окисления необходимо присутствие доноров электронов (аскорбиновая кислота, НАДФН, НАДН), участвующих в восстановлении Cu^{2+} в Cu^+ и O_2 в H_2O_2 [23, 24].

Следовательно, в условиях интоксикации медьсодержащими ксенобиотиками окислительная модификация белков может выступать в качестве одной из причин формирования аутоантигенов и индукции аутоиммунного ответа. Последовательность событий при поступлении в организм промышленных ксенобиотиков, содержащих соединения меди или других переходных металлов, можно представить следующей схемой:

- индукция переходными металлами свободнорадикальных реакций, продукция АФК и их реакционных метаболитов, образование модифицированных форм белков и липидов, подавление активности антиоксидантной системы организма вследствие окислительной деградации ферментов антиоксидантов [9, 24, 25];
- формирование аутоантигенов и аутоиммунного процесса в результате активации иммунокомпетентных клеток, гиперпродукции ими медиаторов воспаления [26];
- образование иммунных комплексов, утилизация их тканевыми и циркулирующими макрофагами. Снижение активности иммунной системы вследствие развития окислительного стресса [2–6, 26].

Работа выполнена при поддержке ФФИ НАН Республики Беларусь (№ 151-Б03 от 14.04.03 г.).

1. Хаитов Р.М., Пинегин Б.В., Истамов Х.И. Экологическая иммунология. М., 1995.
2. Luster M., Don Germolec, Rosenthal G.J. // *Ann. Allergy*. 1990. Vol. 64. P. 427.
3. Luster M., Wurda D., Amentiu C. // *Med. Clin. North. Amer.* 1990. Vol. 74. P. 423.
4. Buchmuller-Rouiller Y., Ransijn A., Maue J. // *Biochem. J.* 1989. Vol. 260. P. 325.
5. Yang C.F., Shen H.M., Shen Y., Zhuang Z.X., Ong C.N. // *Environ. Health. Perspect.* 1997. Vol. 105. P. 712.
6. McGabe V.J., Lawrence D. // *J. Immunol.* 1990. Vol. 145. P. 671.
7. Суслова Т.Б., Владимиров Ю.А. Биологические мембраны. М., 1973. С. 75.

8. Барабой В.А., Брехман И.И., Голотин В.Г., Кудряшов Ю.Б. Перекисное окисление и стресс. СПб., 1992. С. 148.
9. Владимиров Ю.А., Азизова О.А., Деев А.И. и др. Свободные радикалы в живых системах // Итоги науки и техники. Сер. Биофизика. 1991. Т. 29.
10. Дубинина Е.Е., Шугалей И.В. // Успехи совр. биологии. 1993. Вып. 1. С. 71.
11. Шубик В.М., Кальницкий С.А., Сираздинов В.Г., Усольцев В.И. // Методические рекомендации по иммунологическому обследованию лиц, профессионально работающих с источниками ионизирующих излучений. Л., 1981. С. 16.
12. Шараев П.Н., Стрелков Н.С., Санникова А.А. и др. // Клиническая лабораторная диагностика. 2001. № 4. С. 52.
13. Колориметрические методы исследования в иммунологии: Метод. рек. / Под ред. Л.П. Титова. М., 1992. С. 12.
14. Дубинина Е.Е., Бурмистров С.О., Ходов Д.А., Поротов И.Г. // Вопр. мед. химии. 1995. Т. 41. № 1. С. 24.
15. Davies K.J. // J. Biol. Chem. 1987. Vol. 262. № 20. P. 9895.
16. Колб В.Г., Камышников В.С. Справочник по клинической химии. Мн., 1982. С. 368.
17. Касохов А.Б. // Рос. вестн. перинатологии и педиатрии. 1999. № 5. С. 37.
18. Белохвостикова Т.С., Кирдей Л.Е., Гаврилова Е.Ю. и др. // Мед. иммунология. 2002. Т. 4. № 2. С. 228.
19. Дурманов К.Д. // Здравоохранение Казахстана. 1987. № 5. С. 39.
20. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. М., 1988.
21. Шаронов Б.П., Говорова Н.Ю., Лызлова С.Н. // Биохимия. 1988. Т. 53. Вып. 5. С. 816.
22. Gutteridge J., Wilkins S. // Biochemica et Biophysica Acta. 1983. Vol. 759. P. 38.
23. Stadtman E.R. // Free Radic Biol. Med. 1990. Vol. 9. P. 315.
24. Stadtman E.R., Oliver C.N. // J. Biol. Chem. 1991. Vol. 266. P. 2005.
25. Schalch K. M. // Lipids. 1992. Vol. 27. P. 209.
26. Чиркин А.А. // Иммунопатология. 2000. № 1. С. 21.

Поступила в редакцию 16.02.2004.

Сергей Викторович Ткачев – научный сотрудник лаборатории общей токсикологии.

Виталий Васильевич Шевляков – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией гигиены труда в аллергоопасных производствах.

Александр Александрович Ушков – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории общей токсикологии.

Леонид Васильевич Половинкин – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией промышленной токсикологии.

УДК 576.851.49:663.1

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

ПОЛУЧЕНИЕ МУТАНТОВ БАКТЕРИЙ *PANTOEAE AGGLOMERANS* С ИЗМЕНЕННОЙ ПРОДУКЦИЕЙ КАРОТИНОИДНЫХ ПИГМЕНТОВ

We have used system of transposon mutagenesis. The mutants differing in their colour from the wild type strain were selected.

This procedure resulted in isolation of several classes of mutants – white, light yellow, pink and bright yellow. Strains with pink colouring supposedly have a defect in the lycopene cyclase gene and accumulate lycopene. Bright yellow strains have increased production of carotenoid pigments, which allows to use them for creation carotenoid overproducing strain.

Каротиноиды, принадлежащие к группе широко распространенных в природе жирорастворимых пигментов, получают с помощью химического синтеза и путем выделения из природных источников – растений и микроорганизмов [1]. Их цвет варьирует от светло-желтого до темно-красного. Каротиноиды применяют для косметических и фармацевтических целей, а также используют в пищевой промышленности и добавляют в корма для животных.

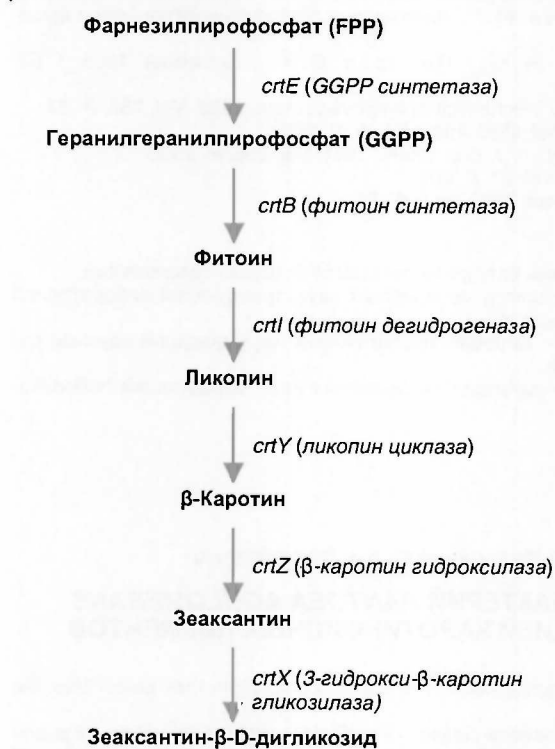
Бактерии *Pantoea agglomerans* являются природными продуцентами каротиноидов. Благодаря присутствию пигментов колонии этих микроорганизмов окрашены в желто-оранжевый цвет. Однако с точки зрения их промышленного использования исходный уровень продукции пигментов у штаммов дикого типа явно недостаточен.

У *P. agglomerans* путь биосинтеза пигментов хорошо изучен, но до настоящего момента мало известно о механизмах его регуляции [2]. На схеме конечных стадий каротиногенеза у *P. agglomerans* указаны промежуточные продукты, а также ферменты (и кодирующие их гены), участвующие в образовании пигментов. Биосинтез пигментов детерминирован шестью генами, мутации в которых приводят либо к прекращению данного процесса, либо к изменению пигментного состава. Уменьшение или увеличение продукции каротиноидов у *P. agglomerans* может быть следствием мутации в генах, продукты которых являются регуляторами биосинтеза пигментов.

Целью данной работы явилось получение штаммов бактерий *P. agglomerans* с измененным спектром синтезируемых пигментов, а также штаммов с повышенной продукцией каротиноидных пигментов.

Материал и методика

В работе использовали штамм бактерий *Pantoea agglomerans* 206 дикого типа и штаммы *Escherichia coli* S17-1 λ pir / pUT::mini-Tn5xylE, S17-1 λ pir / pUT::mini-Tn5Cm.



Функции crt-генов у бактерий *P. agglomerans* штамма Eho13 [3]

Мутагенез с использованием 1-метил-3-нитро-1-нитрозогуанидина осуществляли по методике, описанной в руководстве [4]. Транспозонный мутагенез проводился по методике, предложенной в [5]. Мутанты с изменениями в биосинтезе каротиноидов, колонии которых отличались по цвету и насыщенности окраски от бактерий дикого типа, отбирали после визуального анализа по истечении 2–3 сут роста колоний при разной интенсивности освещения на различных цветных фонах.

Конъюгационная передача плазмид происходила путем смешивания клеток донора и реципиента (в концентрации $1 \cdot 10^9$ кп/мл) на поверхности мембранных фильтров, помещенных на агаризованную полноценную питательную среду. Транс-конъюганты отбирали на плотной полноценной среде,

содержащей канамицин и рифампицин (в случае использования mini-Tn5xylE) или хлорамфеникол и рифампицин (при использовании mini-Tn5Cm). Канамицин и рифампицин добавляли в концентрации 50 мкг/мл, а хлорамфеникол – в концентрации 25 мкг/мл.

Для определения количества пигментов бактерии выращивали в колбах (объем 50 мл), содержащих 10 мл питательной среды, при 28 °C и непрерывной аэрации (180–200 об/мин) в течение 24 ч. Ночную культуру бактерий (12–20 ч) разбавляли свежей средой в соотношении 1:100. После окончания культивирования клетки осаждали центрифугированием со скоростью 10 000 об/мин в течение 5 мин. Экстрагирование пигментов осуществляли смесью растворителей метанол – хлороформ в соотношении 1:2. Содерж-

жание белка в пробах определяли стандартным методом (Bradford M.M., 1976) [6]; продукцию пигментов – согласно руководству [7] в микрограммах на миллиграмм белка.

Питательную среду готовили на основе солевого концентрата следующего состава (г/л): NH_4Cl – 20 г, KH_2PO_4 – 4, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,4 г, вода дистиллированная – до 1000 мл, pH=7,2. Для приготовления среды солевой концентрат разводили дистиллированной водой в соотношении 1:3 и добавляли сахарозу и дрожжевой экстракт до конечной концентрации 2 и 0,5 % соответственно.

Результаты и их обсуждение

На начальных этапах работы был проведен химический мутагенез бактерий *P. agglomerans*. В качестве мутагена использовали N-метил-N'-нитро-N-нитрозогуанидин. На плотной питательной среде путем визуального отбора были выявлены клоны розового и белого цвета, отличающиеся по окраске от клонов бактерий дикого типа. Поскольку только ликопин (один из промежуточных продуктов биосинтеза пигментов) может придавать колониям розовую окраску, то, вероятно, такие мутанты являются дефектными по гену, кодирующему фермент ликопинциклазу. Ликопинциклаза преобразует ликопин в β -каротин (см. рисунок). Если фермент не работает, то цепь последовательных преобразований пигментов нарушается и в клетках конечным продуктом каротиногенеза будет ликопин. Штаммы, не содержащие пигментов, формируют колонии белого цвета. У них, вероятно, путь биосинтеза каротиноидов прерван на этапах, ведущих к образованию окрашенных продуктов.

Анализ свойств полученных мутантов показал, что бактерии, дающие при выращивании на плотной среде колонии розового цвета, после нескольких пассажей вообще теряют способность продуцировать пигмент. Такая нестабильность является существенным недостатком, учитывая то обстоятельство, что на основе этих штаммов предполагается получение продуцентов каротиноидных пигментов, пригодных для промышленного культивирования. Кроме того, N-метил-N'-нитро-N-нитрозогуанидин может вызывать множественные неконтролируемые генетические нарушения, причем обнаружить и идентифицировать все дефекты практически невозможно.

Приведенные факты затрудняют использование N-метил-N'-нитро-N-нитрозогуанидина для получения необходимых мутантов. Однако недостатки химического мутагенеза не характерны для мутагенеза, проводимого с помощью мигрирующих генетических элементов, в частности транспозонов. Поэтому был использован транспозоновый мутагенез, методика которого предложена в [5]. Такой мутагенез основан на введении в реципиентные клетки плазмиды pUT, имеющей в своем составе тот или иной минитранспозон. Плазида pUT является «самоубийцей»: ряд генов обеспечивают ей возможность передаваться в реципиентные бактерии путем конъюгации, а минитранспозону – интегрироваться в хромосому реципиента. Эта плазида не способна реплицироваться в реципиентной клетке, что позволяет эффективно отбирать бактерии с интегрированным в хромосому транспозоном. В процессе транспозиции образуются инсерционные мутации.

Донорские бактерии *E. coli* S17-1 λ pir / pUT::mini-Tn5xylE и *E. coli* S17-1 λ pir / pUT::mini-Tn5Cm скрещивали с рядом штаммов *P. agglomerans* из коллекции кафедры микробиологии БГУ. Для этого в клетках реципиентных бактерий были получены спонтанные мутации, обеспечивающие устойчивость к антибиотику рифампицину, используемому в качестве фактора контр-селекции при скрещиваниях.

В серии экспериментов установлено, что бактерии *P. agglomerans* могут выступать как реципиенты при скрещиваниях с донорскими бактериями *E. coli*. При этом образуются трансконъюганты, устойчивые к канамицину или хлорамфениколу. Однако частота образования трансконъюгантов ока-

залась довольно низкой. Это является следствием либо слабой реципиентной способности бактерий *P. agglomerans*, либо ограничениями в процессах миграции транспозонов, находящихся в составе плазмиды pUT. Наибольшее количество трансконъюгантов образовывалось при скрещиваниях с использованием в качестве реципиента штамма *P. agglomerans* 206. Поэтому данный штамм применяли для отбора транспозонных мутантов с изменениями в процессах биосинтеза каротиноидных пигментов.

В результате серии мутагенезов получены мутанты, формирующие на плотной среде ярко-желтые, розовые, бледно-желтые и белые колонии.

Розовая окраска колоний, как уже отмечалось, предположительно является показателем дефектности по гену ликопинциклазы. Мутантные бактерии, формирующие ярко-желтые колонии, вероятно, обладают повышенной продукцией каротиноидных пигментов. У штаммов, образующих бледно-желтые колонии, продукция каротиноидов снижена. Если же колонии мутантов имеют белую окраску, то, вероятно, их клетки вовсе не способны синтезировать пигменты. В дальнейших исследованиях использовались штаммы, предположительно накапливающие ликопин и мутанты, с повышенным уровнем синтеза пигментов.

Относительная продукция каротиноидных пигментов штаммами *P. agglomerans* 206, полученных путем вставки mini-Tn5xylE и mini-Tn5Cm

Штамм	Относительная продукция пигментов мутантами по сравнению со штаммом дикого типа (принят за 100 %)
α'	136
N7	137
γ	138
A	148
β	150
1F	159
3E	168
10	179
α	198
N10	209
C	228
N2	273
B	276
N27	297
Y	327
Z	400
X	426
1E	458

Для качественного определения продукции каротиноидов были взяты мутанты с повышенным уровнем синтеза пигментов и проведено сравнение этого значения с параметрами бактерий дикого типа (таблица). Продукция пигментов бактериями исходного штамма составляла 0,6–0,8 мкг/мг белка. У ряда мутантных штаммов, полученных путем инсерции mini-Tn5xylE или mini-Tn5Cm, произошло увеличение синтеза каротиноидных пигментов до уровня 136–458 % по сравнению с бактериями дикого типа.

Транспозоновые мутанты, в отличие от нитрозогуанидиновых, оказались генетически стабильными. При длительном культивировании пигментированных мутантных штаммов не появлялись ревертанты с исходным фенотипом, и при многих пассажах на плотных средах не было выявлено образования белых колоний.

Таким образом, получены штаммы бактерий *P. agglomerans* с измененным спектром синтезируемых каротиноидов, в частности мутанты, у которых конечным продуктом биосинтеза пигментов является ликопин, придающий розовую окраску колониям, а не зеаксантин- β -D-дигликозид, который в комплексе с другими пигментами обеспечивает желтую окраску колоний у бактерий дикого типа. Кроме того, нами создана коллекция штаммов *P. agglomerans* с повышенной продукцией пигментов. Эти мутантные бактерии могут быть использованы для конструирования штаммов – сверхпродуцентов каротиноидов.

1. Воробьева Л. И. Микробиологический синтез витаминов. М., 1982. С. 123
2. Armstrong G. A. // Annu. Rev. Microbiol. 1997. Vol. 51. P. 629.
3. Kin-Ying To, Erh-Min Lai, Lan-Ying Lee et al. // J. Microbiology. 1994. № 140. P. 331.
4. Миллер Дж. Эксперименты в молекулярной генетике. М., 1976.
5. de Lorenzo V., Herrero M., Jakubzik U., Timmis K. N. // J. Bacteriol. 1990. Vol. 172. № 11. P. 6568.

6. Доссон Р., Эллиот Д., Эллиот У., Джонс К. Справочник биохимика. М., 1991. С. 193, 466.

7. Hundle B.S., Beyer P., Kleinig H. et al. // Photochem Photobiol. 1991. Vol. 54. P. 89.

Поступила в редакцию 04.02.2004.

Юлия Валерьевна Селезнева – младший научный сотрудник НИЛ молекулярной генетики бактерий БГУ.

Анатолий Николаевич Евтушенко – доктор биологических наук, доцент кафедры молекулярной биологии.

Владимир Анатольевич Прокулевич – доктор биологических наук, профессор кафедры микробиологии.

УДК 612.111.7:546.17

Е.В. ШАМОВА, А.Б. САМАЛЬ

НО-ИНДУЦИРОВАННАЯ ДЕЗАГРЕГАЦИЯ ТРОМБОЦИТОВ И УМЕНЬШЕНИЕ ВНУТРИКЛЕТОЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ

It was shown, that NO induced desaggregation only during the first steps of platelet aggregation. At the same time NO decreased the cytoplasmic calcium concentration independently on the moment of its addition. We proposed, that NO-Induced calcium decrease was connected with the process of aggregation but not desaggregation of platelets.

Оксид азота (NO) является важным биологическим медиатором, который вовлечен во множество физиологических процессов, в том числе и гемостаз. В последнем случае он играет главную роль благодаря регуляции функциональной активности тромбоцитов. В настоящее время известно несколько механизмов, посредством которых NO ингибирует агрегацию клеток. Основной механизм связан с влиянием на внутриклеточный уровень свободных ионов Ca^{2+} . Известно, что в результате активации клеток происходит высвобождение ионов Ca^{2+} из внутриклеточных депо, что инициирует дальнейший рост концентрации цитозольного кальция за счет входа через ионные каналы (депозависимый вход ионов Ca^{2+}) [1, 2]. NO-индуцированная активация растворимой гуанилатциклазы и образование цГМФ ингибируют этот процесс двумя путями: первый – посредством цГМФ-зависимых протеинкиназ G (PKG), которые инактивируют инозитол-1,4,5-трифосфатрегулируемые каналы и блокируют высвобождение кальция из депо [2]; второй – через PKG-независимый механизм, связанный с цГМФ опосредованным ингибированием полимеризации актина и блокированием кальциевых каналов плазматической мембраны [2]. NO также уменьшает агрегацию тромбоцитов за счет инактивации фосфоинозитол-3-киназы (ФИЗ-киназа) [3], которая играет важную роль в реорганизации цитоскелета и активации гликопротеидного комплекса GPIIb/IIIa, связывающего фибриноген, что необходимо для образования и стабилизации тромбоцитарных агрегатов [4–6].

Известно также, что NO может регулировать работу Ca^{2+} -АТФаз, в частности активирует Ca^{2+} -АТФазу плазматической мембраны (ПМ) через цГМФ/PKG-зависимый механизм [2]. NO также способствует ускорению работы Ca^{2+} -АТФазы эндоплазматического ретикулума (ЭР), причем через цГМФ-зависимый и цГМФ-независимый пути [7]. Однако функциональная значимость такой регуляции остается неясной. В работах [8, 9] было показано, что соединения, вызывающие дезагрегацию тромбоцитов, активируют системы, удаляющие ионы Ca^{2+} из их цитоплазмы. Мы предположили, что NO может проявлять дезагрегационную способность и вызывать распад тромбоцитарных агрегатов. Интерес представляло исследование взаимосвязи действия NO на активированные тромбоциты и NO-индуцированного изменения цитоплазматического кальция.

Материал и методика

Свежую донорскую кровь, стабилизированную глугициром, брали на Республиканской станции переливания крови. Обогащенную тромбоцитами плазму (ОТП) получали центрифугированием крови при 200 g в течение 10 мин при комнатной температуре. Количество тромбоцитов в ОТП довели до $2,5 \cdot 10^8$ кп/мл разбавлением содержащим ионы Ca^{2+} фосфатно-солевым буфером (ФСБ): 137 mM NaCl, 2,7 – KCl, 10 – $\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{KH}_2\text{PO}_4$, 1 mM CaCl_2 , pH 7,35.

Агрегацию и дезагрегацию тромбоцитов изучали с помощью компьютеризированного анализатора AP2110 Научно-производственного центра «СОЛАР» (Минск, Беларусь). При исследовании агрегантиндуцированной агрегации тромбоцитов в кювету агрегометра вносили 400 мкл ОТП, инкубировали при 37 °C и перемешивали в течение 2 мин, затем добавляли агрегант АДФ. Процесс агрегации и дезагрегации непрерывно регистрировался как изменение светопропускания клеточной суспензии. Дезагрегацию тромбоцитов вызывали добавлением нитропруссид натрия (НП), который использовали в качестве донора NO. Для характеристики процесса дезагрегации ввели параметр $\alpha_{\text{нп}}$, который рассчитывали следующим образом:

$$\frac{T_{\text{max}} - T_9}{T_{\text{max}}} \cdot 100 \%, \text{ где } T_{\text{max}} - \text{максимальная величина светопропускания}$$

АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов в отсутствие действия НП и T_9 – величина светопропускания через 9 мин после добавления НП.

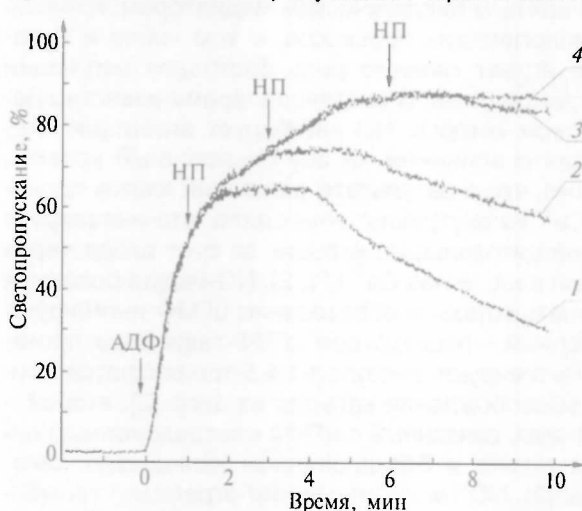


Рис. 1. Влияние НП (0,5 mM) на АДФ-индуцированную агрегацию тромбоцитов в зависимости от времени внесения:
1 – через 1 мин, 2 – 3, 3 – 6 мин после АДФ (5 мкМ), 4 – контроль (необратимая агрегация тромбоцитов, вызванная АДФ)

Концентрацию цитоплазматического кальция в тромбоцитах определяли флуоресцентным зондом фура-2АМ по методике [10, 11]. В 2 мл ОТП добавляли 8 мкл 0,5 mM фуры-2АМ и инкубировали в течение 45 мин при 37 °C. Нагруженные клетки отмывали от инкубационной среды, суспензировали в HEPES-буфере (145 mM NaCl, 10 – HEPES, 10 – D-глюкоза, 5 – KCl, 1 mM MgSO_4 , pH 7,45), не содержащем CaCl_2 и сохраняли в качестве исходной суспензии при комнатной температуре. Для измерения внутриклеточной концентрации ионов каль-

ция в кювету спектрофлуориметра вносили 1,2 мл HEPES-буфера, содержащего 1 mM CaCl_2 , и 50 мкл исходной суспензии клеток. Измерение флуоресценции было проведено при 37 °C с использованием спектрофлуориметра LSF1211A Научно-производственного центра «СОЛАР». Изменение концентрации цитозольного Ca^{2+} оценивали по изменению отношения интенсивностей флуоресценции F_{340}/F_{380} , регистрируемых на 510 нм при возбуждении длинами волн 340 и 380 нм.

Результаты и их обсуждение

Агрегацию тромбоцитов, при которой образуются стабильные клеточные агрегаты, индуцировали 5 мкМ АДФ (рис. 1, кривая 1). Дезагрегационный эффект НП изучали на разных стадиях необратимой агрегации, добавляя его через 1, 3 и 6 мин после действия АДФ. На рис. 1 видно, что в при-

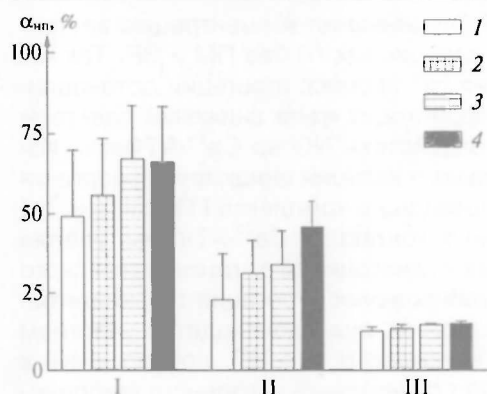


Рис. 2. Зависимость дезагрегационного эффекта НП от концентрации и времени добавления после АДФ:

I – через 1 мин, II – 3, III – 6 мин; 1 – 0,15 мМ; 2 – 0,30; 3 – 0,50; 4 – 1,00 мМ

сутствии НП индуцируется дезагрегация тромбоцитов, причем она происходит не сразу после добавления НП, а через некоторое время. Наибольший дезагрегационный эффект НП достигался при добавлении через 1 мин после АДФ. Эти данные свидетельствуют о том, что НП способен индуцировать дезагрегацию на начальных этапах активации клеток и практически не влияет на тромбоцитарные агрегаты, образованные на более поздних стадиях. Такой вывод подтверждается исследованием НП-индуцированной дезагрегации в зависимости от концентрации (рис. 2): дезагрегационный

эффект НП наблюдался в узком интервале концентраций – от 0,15 до 0,5 мМ, при увеличении концентрации в 2 раза оставался на том же уровне.

На рис. 3 показана кинетика изменения концентрации ионов внутриклеточного кальция при действии АДФ и влияние НП, добавленного до и после АДФ. НП в концентрации 150 мкМ практически полностью ингибировал кальциевый ответ тромбоцитов на АДФ (рис. 3 а), а добавленный в разное время после АДФ снижал уровень ионов Ca^{2+} в цитоплазме независимо от момента его внесения (см. рис. 3 б, в, г).

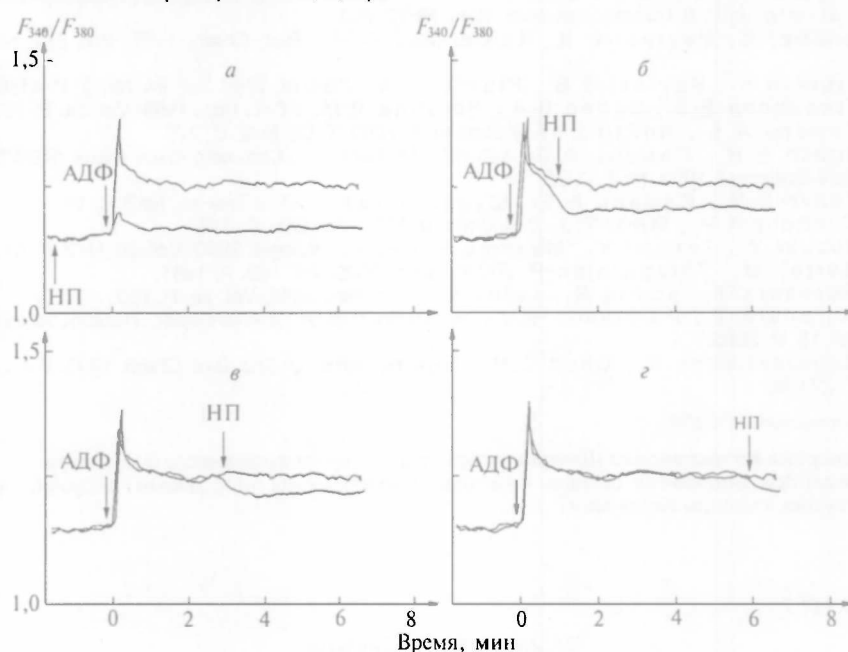


Рис. 3. НП-индуцированное уменьшение внутриклеточных ионов кальция, мобилизованных АДФ:

а – НП (150 мкМ) добавлен до АДФ (40 мкМ); б–г – после АДФ через 1 (б), 3 (в) и 6 мин (г)

Таким образом, нами установлено, что НП вызывает дезагрегацию тромбоцитов, которая начинается через некоторое время, тогда как снижение кальция, индуцированное НП, происходит сразу же после его добавления. Результаты, свидетельствующие о NO-индуцированном уменьшении внутриклеточной концентрации ионов Ca^{2+} , хорошо согласуются с имеющимися

в литературе данными [2, 7]. По [2, 7] NO уменьшает концентрацию внутриклеточного кальция за счет регуляции кальциевых АТФаз ПМ и ЭР. Так как в наших экспериментах при добавлении НП процесс агрегации останавливался, можно предположить, что это происходит из-за снижения содержания ионов кальция в клетке за счет воздействия NO на Ca^{2+} -АТФазы. Известно, что повышение уровня цитозольного кальция инициирует реорганизацию цитоскелета, активацию гликопротеидного комплекса GP IIb/IIIa и, таким образом, образование межклеточных контактов. Ca^{2+} -АТФазы, удаляя цитоплазматический кальций, вызывают диссоциацию гликопротеидного комплекса GP IIb/IIIa , что приводит к ингибированию агрегации тромбоцитов. Что же касается дезагрегации, то, возможно, она происходит с участием других механизмов. В работе [12] было показано, что НП, добавленный к активированным тромбоцитам, уменьшал содержание связанного фибриногена. Можно предположить, что дезагрегация осуществляется за счет разрушения межклеточных контактов, образованных связыванием фибриногена с GP IIb/IIIa . Также известно, что в результате активации клеток происходит высвобождение из α -гранул P -селектина, который, связываясь с лигандом на мембране, способствует стабилизации тромбоцитарных агрегатов [13]. Ранее было показано, что за счет инактивации ПКС NO ингибирует экспрессию P -селектина на мембране клетки [14–16], поэтому дезагрегационный эффект НП может быть обусловлен ингибированием образования межклеточных контактов посредством P -селектинов.

1. Rosado J.A., Brownlow S.L., Sage S.O. // J. Biol. Chem. 2002. Vol. 277. № 44. P. 42157.
2. Rosado J.A., Porras T., Conde M. // Ibid. 2001. Vol. 276. № 19. P. 15666.
3. Pigazzi A., Heydrick S., Folli F. // Ibid. 1999. Vol. 274. № 20. P. 14368.
4. Calvete J.J. // Thromb. Haemost. 1994. № 72. P. 1.
5. Gachet C., Payrastre B., Guinebault C. // J. Biol. Chem. 1997. Vol. 272. № 8. P. 4850.
6. Trumen K., Payrastre B., Plantavid M. // Blood. 1999. Vol. 94. № 12. P. 4156.
7. Trepakova E.S., Cohen R.A., Boiotina V.M. // Circ. Res. 1999. Vol. 84. P. 201.
8. Самаль А.В., Лойко Е.Н. // Биохимия. 2000. Т. 65. № 2. С. 276.
9. Лойко Е.Н., Самаль А.В. // Весті НАН Бєларусі. Сер. мед.-біял. навук (NEWS of Biomedical Sciences). 2003. № 4. С. 80.
10. Лойко Е.Н., Самаль А.В., Шуляковская С.М. // Там же. № 2. С. 97.
11. Cobbold P.H., Rink T.J. // Biochem. J. 1987. Vol. 248. P. 313.
12. Suzuki Y., Takami Y., Mayama K. // Haematologia. 2000. Vol. 30. № 2. P. 81.
13. Merten M., Thiagarajan P. // Circulation. 2000. Vol. 102. P. 1931.
14. Murohara T., Scalia R., Lefer A. // Circ. Res. 1996. Vol. 78. P. 780.
15. Murohara T., Parkinson S.J., Waldman S.A. // Arterioscler. Thromb. VascBiol. 1995. Vol. 15. P. 2068.
16. Gopalakrishna R., Chen Z.H., Gundimeda U. // J. Biol. Chem. 1993. Vol. 268. № 36. P. 27180.

Поступила в редакцию 04.12.2003.

Екатерина Вячеславовна Шамова – студентка 5-го курса физического факультета.

Александра Борисовна Самаль – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник кафедры биофизики.

УДК 612:111.7

И.А. ДРЕМУК, А.Б. САМАЛЬ

ВЛИЯНИЕ АСПИРИНА НА АТФ-ИНДУЦИРОВАННУЮ ДЕЗАГРЕГАЦИЮ ТРОМБОЦИТОВ

Disaggregation of ADP-aggregated platelets by ATP at the absence and presence of aspirin was studied. The results suggest that cyclooxygenase inhibition decreases the formation of inducible contacts in platelets.

Одной из основных функций тромбоцитов – безъядерных клеток крови – является агрегация. Под действием индукторов агрегации тромбоциты пе-

переходят в активированное состояние, взаимодействуя друг с другом и образуя тромбоцитарные агрегаты двух типов: неустойчивые, существующие в течение короткого промежутка времени и спонтанно распадающиеся на одиночные тромбоциты, и устойчивые (стабильные), не разрушающиеся в течение длительного промежутка времени [1, 2]. Появление последних в крови опасно для здоровья человека [3]. Решение проблем тромбообразования напрямую связано с установлением механизмов образования устойчивых межклеточных контактов и механизмов дезагрегации. До настоящего времени внутриклеточные процессы, способствующие появлению стабильных тромбоцитарных агрегатов, остаются не известными. Процесс дезагрегации изучен в меньшей степени, чем процесс агрегации. Представляет интерес дезагрегация тромбоцитов в присутствии аспирина – ингибитора циклооксигеназы. Известно, что *in vitro* аспирин не влияет на скорость АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов, в то же время сведения о действии аспирина на процессы дезагрегации отсутствуют. В этой связи целью настоящей работы явилось исследование АТФ-индуцированной дезагрегации тромбоцитов, агрегированных под действием АДФ, и роли циклооксигеназы в образовании устойчивых агрегатов.

Материал и методика

Свежую донорскую кровь брали на Республиканской станции переливания крови. Обогащенную тромбоцитами плазму (ОТП) получали центрифугированием крови при скорости 1000 об/мин в течение 10 мин в центрифуге ОПН-03. В работе использовали фосфатно-солевой буфер (ФСБ), содержащий ионы кальция (137 мМ NaCl, 2,7 – KCl, 5 – Na₂HPO₄, 1,5 – KH₂PO₄, 1 мМ CaCl₂, pH 7,35).

Агрегацию и дезагрегацию исследовали с применением компьютеризированного анализатора AP2110 Научно-производственного центра «СОЛАР» (Минск, Беларусь), как описано в работе [4]. В кювету вносили по 200 мкл ОТП и ФСБ, инкубировали в течение 2 мин при 37 °С и постоянном перемешивании, добавляли АДФ, а затем через определенные промежутки времени – АТФ. Аспирин добавляли к тромбоцитам за 2 мин до введения АДФ либо одновременно с АТФ.

Процессы агрегации и дезагрегации регистрировали по изменению светопропускания исследуемой системы. Для каждой агрегационной кривой максимальное светопропускание ($T_{\max}$, %) определялось автоматически. Ингибирующий эффект аспирина оценивали по изменению отношения V/V_0 , где V и V_0 – скорости АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов в присутствии и в отсутствие аспирина соответственно. Дезагрегацию характеризовали скоростью данного процесса, которую определяли как отношение $V_d = \Delta T / \Delta t$, где ΔT – изменение светопропускания после добавления АТФ, а Δt – промежуток времени, за который произошло данное изменение.

Результаты представлены как средние значения $\pm$ стандартное отклонение для пяти независимых экспериментов, выполненных с кровью разных доноров. Достоверность значений определяли по t -критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Известно, что необратимую агрегацию тромбоцитов вызывает АДФ в концентрациях 2,5–20 мкМ. В наших экспериментах использовали АДФ в концентрации 15 мкМ. На кривой 5 рис. 1 видно, что при необратимой АДФ-индуцированной агрегации светопропускание достигает максимального значения и остается постоянным, свидетельствуя об образовании стабильных агрегатов. На рис. 1 показан дезагрегационный эффект АТФ, добавленного на разных стадиях АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов. Установлено, что в этом случае ход агрегационных кривых изменялся: агрегация тормозилась и сменялась дезагрегацией, о чем свидетельствовало уменьшение светопропускания, как это было показано в [5]. АТФ (300 мкМ), добавленный через 1 мин после начала агрегации, вызывал дезагрегацию тром-

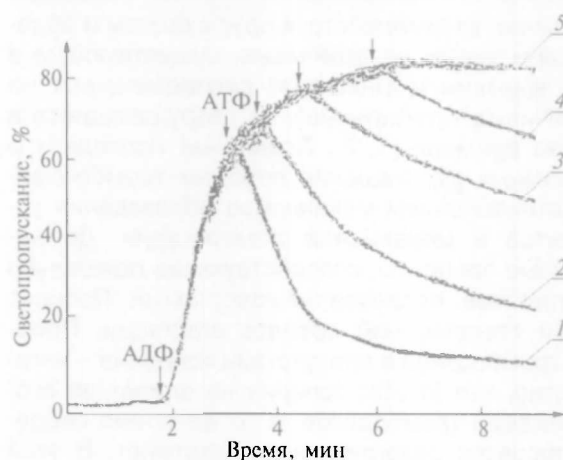


Рис. 1. АДФ-индуцированная агрегация тромбоцитов и дезагрегация, индуцированная АТФ (300 мкМ), добавленным после АДФ через 1, 2, 3 и 4 мин соответственно (1-4); 5 – контроль

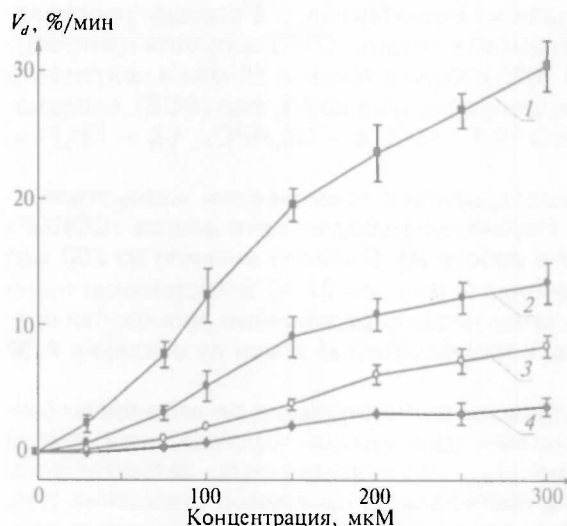


Рис. 2. Зависимость скорости АТФ-индуцированной дезагрегации тромбоцитов от концентрации АТФ. АТФ добавлен в моменты времени, аналогичные рис. 1

боцитов, при которой распалось около 70 % образовавшихся агрегатов. На более поздних стадиях агрегации процесс дезагрегации протекал с меньшей скоростью, которая зависела от концентрации АТФ (рис. 2). Представленные данные свидетельствуют о том, что АТФ, добавленный через 4 мин после АДФ (на стадии максимальной агрегации), не способен индуцировать дезагрегацию тромбоцитов, образовавших стабильные агрегаты.

Влияние аспирина на АТФ-индуцированную дезагрегацию тромбоцитов показано на рис. 3. В одном случае тромбоциты инкубировали с аспирином, затем добавляли АДФ и АТФ. Сам АТФ в концентрации 100 мкМ вызывал незначительный эффект (рис. 3, кривая 3). Инкубирование тромбоцитов с аспирином не влияло на их агрегационную способность и отношение скорости АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов, инкубированных с аспирином в концентрации 3 мМ, к скорости в контроле было равно $(0,93 \pm 0,04)$. Однако, как видно на кривой 1 рис. 3, при добавлении АТФ агрегаты, образованные тромбоцитами, подвергнутыми действию аспирина, практически полностью распались.

В случае, когда аспирин добавляли одновременно с АТФ, дезагрегация тромбоцитов также усиливалась (см. рис. 3, кривая 2). Из данных рис. 3 б видно, что в присутствии аспирина скорость АТФ-индуцированной дезагрегации тромбоцитов увеличивалась при добавлении АТФ на всех исследованных стадиях агрегации. При одновременном действии аспирина и АТФ тромбоциты дезагрегировали с большей скоростью, чем при действии одного АТФ, но с меньшей, чем тромбоциты, преинкубированные с аспирином. Сам аспирин дезагрегационную способность не показывал.

АДФ является наиболее важным физиологическим индуктором агрегации. В настоящее время показано, что АДФ вызывает агрегацию тромбоцитов, взаимодействуя с двумя типами пуриновых рецепторов плазматической мембраны тромбоцитов – $P_{\text{ФЛС}}$ (P_2Y_1) и $P_{\text{АЦ}}$ (P_2Y_{12}) [2, 6]. Рецептор $P_{\text{ФЛС}}$ связан с активацией фосфолипазы С и образованием вторичных мессенджеров, приводящих к мобилизации кальция из внутриклеточных депо, рецептор $P_{\text{АЦ}}$ – с ингибированием аденилатциклазы. Использование специ-

фических ингибиторов рецепторов показало, что для АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов существенное значение имеет одновременная активация обоих типов рецепторов [1]. Внеклеточный АТФ взаимодействовал с теми же рецепторами, что и АДФ, однако агрегацию тромбоцитов не вызывал [7]. Показано, что АТФ, добавленный после действия АДФ, инициирует дезагрегацию тромбоцитов за счет механизма, связанного с рецепторами P_{AC} и отменой ингибирования аденилатциклазы [8].

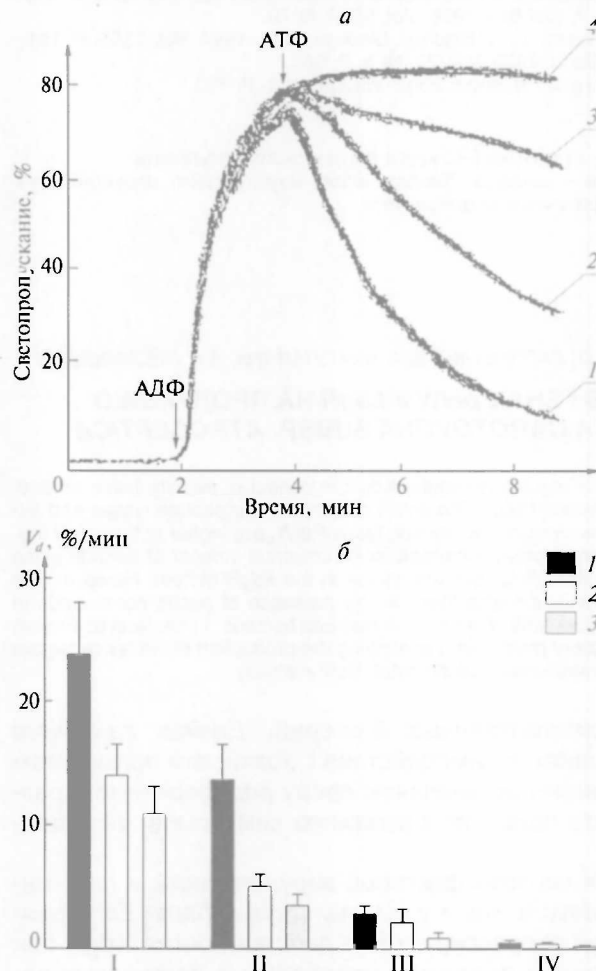


Рис. 3. Влияние аспирина на АТФ-индуцированную дезагрегацию тромбоцитов (а) и зависимость скорости дезагрегации от времени добавления АТФ (б): I – аспирин добавлен до АДФ и АТФ, II – одновременно с АТФ, III – АТФ в отсутствие аспирина, IV – контроль; 1 – 3 мин, 2 – 4, 3 – 6 мин

Результаты проведенной работы свидетельствуют о том, что дезагрегационный эффект АТФ проявляется только на ранних стадиях агрегации и отсутствует, когда образуются стабильные агрегаты.

Известно, что аспирин ингибирует активность циклооксигеназы – фермента, катализирующего биосинтез простагландинов и тромбоксана A_2 . Полученные нами данные подтверждают известный факт, что этот фермент не включается в механизм АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов, поскольку в отсутствие и в присутствии аспирина АДФ вызывал максимальную агрегацию и количество образовавшихся агрегатов в обоих случаях было одинаковым. Однако в условиях ингибирования циклооксигеназы под действием АТФ распалось больше агрегатов, в том числе и образованных на стадии максимальной агрегации. Следовательно, при ингибировании циклооксигеназы аспирином процесс

формирования тромбоцитарных агрегатов в ответ на действие АДФ не изменяется, но нарушает другой, благодаря которому агрегаты становятся устойчивыми к действию дезагреганта. Результаты позволяют предположить, что циклооксигеназа необходима для формирования стабильных агрегатов. В работе [9] показано, что активированные тромбоциты посредством связывания ГП IIb/IIIa с фибриногеном взаимодействуют друг с другом и это взаимодействие является сигналом для образования продуктов циклооксигеназного метаболизма арахидоновой кислоты, назначение которых не было понятно. С учетом литературных данных и собственных исследований можно предположить, что активация циклооксигеназного пути при АДФ-ин-

дуцированной агрегации приводит к образованию стабильных межклеточных контактов.

1. Woulfe D., Yang J., Brass L. // J. Clin. Invest. 2001. Vol. 107. № 12. P. 1503.
2. James L. D., Dangelmaier C., Jianguo J. // J. Biol. Chem. 1998. Vol. 273. № 4. P. 861.
3. Keaney J., Loscaizo J. // Circulation. 1999. Vol. 99. P. 189.
4. Самаль А.Б., Лойко Е.Н. // Биохимия. 2000. Т. 65. № 2. С. 276.
5. Birk A., Broekman J., Gladek E. // J. Lab. Clin. Med. 2002. Vol. 140. № 3. P. 166.
6. Jianguo J., Kunapuli S. // Cell Biol. 1998. Vol. 95. P. 8070.
7. Soslau G., Youngprapakorn D. // Biochim. Biophys. Acta. 1997. Vol. 1355. P. 131.
8. Soslau G., Parker J. // Blood. 1989. Vol. 74. № 3. P. 984.
9. Jin J., Quinton T., Zhang J. // Blood. 2002. Vol. 99. № 1. P. 193.

Поступила в редакцию 04.12.2003.

Ирина Александровна Дремук – студентка 5-го курса физического факультета.

Александра Борисовна Самаль – кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник кафедры биофизики физического факультета.

УДК 575.13: 577.21

С.А. СКОБЛЯКОВ, В.Е. МЯМИН, А.Л. ЛАГОНЕНКО, Е.А. НИКОЛАЙЧИК, А.Г. ПЕШНЯКЕВИЧ

ВЛИЯНИЕ МУТАЦИЙ В ГЕНАХ *pelW* и *kdgR* НА ПРОДУКЦИЮ ПЕКТАТЛИАЗ У *ERWINIA CAROTOVORA* SUBSP. *ATROSEPTICA*

We have investigated the role of the regulatory protein KdgR in control of pectate lyase production in *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Eca). The levels of extracellular pectate lyases and expression of the *pelW* gene coding for the cytoplasmic pectate lyase PelW, are higher in the *kdgR* mutants than in *kdgR*⁺ strains. The addition of polygalacturonic acid (universal inducer of pectate lyase genes) had no effect on the level of extracellular pectate lyases in the *kdgR* mutant. However, the level of extracellular pectate lyases production was lower in the presence of pectic compounds in strains with combined *kdgR* and *pelW* mutations. We propose that Eca bacteria, in contrast to *Erwinia chrysanthemi*, have an additional regulatory mechanism controlling the production of virulence factors which is sensitive to intermediate concentrations of pectin catabolism pathway.

Подобно большинству фитопатогенных бактерий, *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Eca) в условиях взаимодействия с хозяйским организмом (растениями картофеля) выделяет во внешнюю среду ряд ферментов, разрушающих ткани растения, что приводит к развитию симптомов заболевания «черная ножка» [1].

Установлено, что индукция синтеза факторов вирулентности и патогенности у бактерий *Erwinia carotovora*, как и у *Erwinia chrysanthemi* (Ech), реализуется через нейтрализацию репрессирующего действия белка KdgR при наличии в клетках промежуточных продуктов метаболизма пектиновых веществ: 5-кето-4-дезоксиглюконата (ДК1), 2,5-дикето-3-дезоксиглюконата (ДК2) и 2-кето-3-дезоксиглюконата (КДГ) [2, 3]. Инактивация белка KdgR у бактерий приводит к гиперпродукции факторов вирулентности, основную массу которых составляют ферменты вне- и внутриклеточного метаболизма пектиновых веществ (пектинметилэстеразы, пектатлиазы, полигалактуроназы, олигогалактуронатлиазы и др.), а также ферменты целлюло- и протеолитического комплексов. Действие внеклеточных пектиназ направлено на укорачивание полимерного каркаса пектина, тогда как внутриклеточные ферменты катализируют превращение образующихся олигогалактуронидов и галактуроновой кислоты в 3-фосфоглицеральдегид и пируват [4].

Кроме того, у бактерий Ech охарактеризована группа периплазматических (PelX, PelV, PelW, PelN) и цитоплазматических (PelW) ферментов, специфичных в отношении олигогалактуронатов (рис. 1). Катализируя превращение последних в насыщенную и ненасыщенную дигалактуроновые кислоты и галактуронат, они обеспечивают образование субстратов для последующих стадий утилизации пектина [5–7].

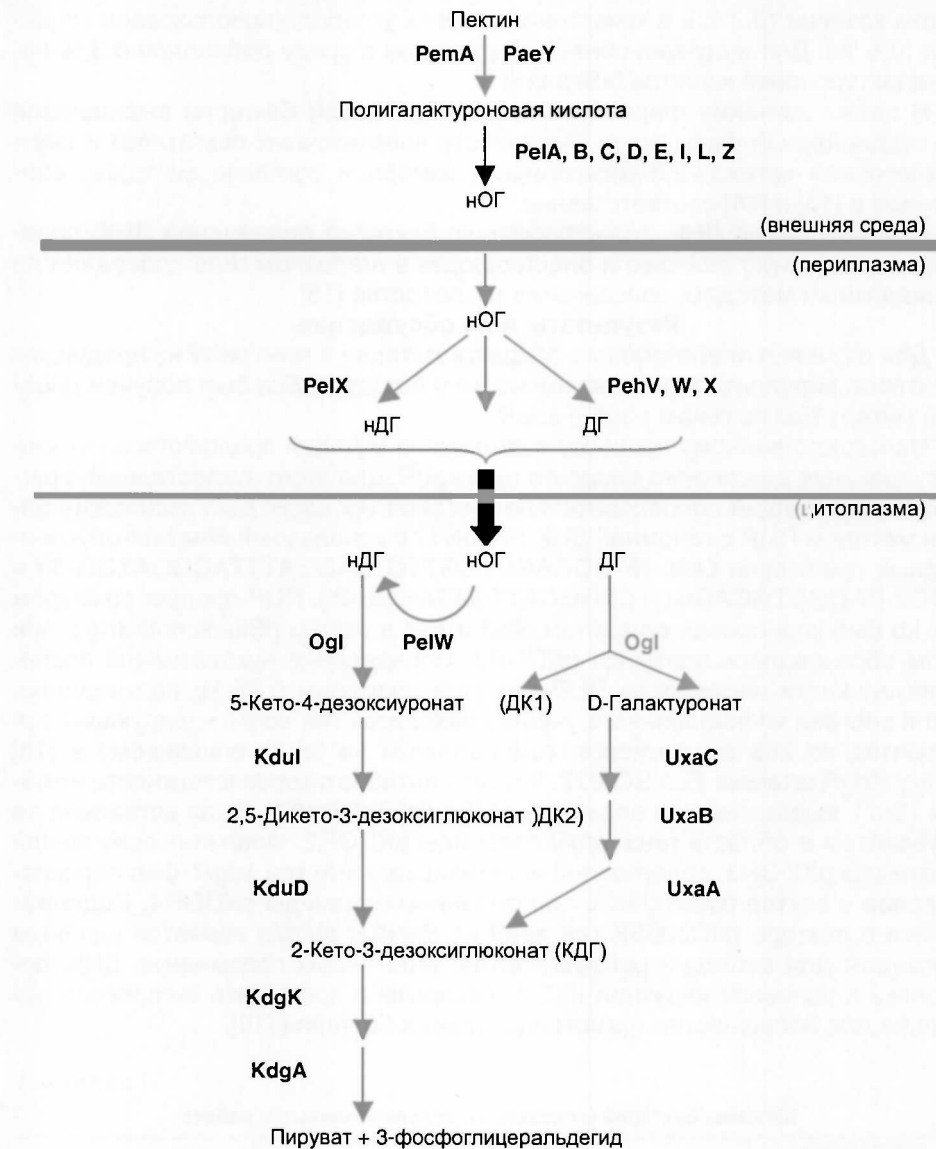


Рис. 1. Деградация и катаболизм пектина у бактерий *Ech* [5]:

НОГ – ненасыщенные олигалактурониды, нДГ – ненасыщенные дигалактурониды, ДГ – насыщенные дигалактурониды, Ogl – олигалактуронатлиаза, KduI – 5-кето-4-дезоксисурионизомераза, KduD – 2,5-дикето-3-дезоксиглюконатдегидрогеназа, KdgK – 2-кето-3-дезоксиглюконаткиназа, KdgA – 2-кето-3-дезоксиглюконатальдоза, UxaC – уронатизомераза, UxaB – альтронатоксидоредуктаза, UxaA – альтронатгидролаза, Pae – лектинацетилэстераза, PecA – лектинметилэстераза, PecI – пекатлиаза, PecV – полигалактуроназа

Ранее для бактерий *Esa* было показано, что метаболизм олигалактуроновых кислот имеет критическое значение в плане экспрессии вирулентного фенотипа: мутация в гене *pelW*, кодирующем специфичную в отношении тригалактуронидов цитоплазматическую экзопекталиазу, приводит к значительному снижению уровней не только пектолитической, но и протео- и целлюлолитических активностей бактерий [8].

С целью изучения причин этого плейотропного эффекта нами получен двойной мутант *Esa*, дефектный по генам *pelW* и *kdgR*.

Материал и методика

Использованные в работе штаммы и плазмиды представлены в табл. 1.

Культивирование бактерий проводили на полноценной питательной среде и среде А [12], обогащенной дрожжевым экстрактом (0,2 %) и гидроли-

затом казеина (0,2 %), в качестве источника углерода использовали глицерин (0,5 %). Для индукции синтеза ферментов в среду добавляли 0,3 % полигалактуроновой кислоты («Sigma»).

В целях изучения ферментативных активностей бактерии выращивали до стационарной фазы роста. Активности внеклеточных пектацтиаз и внутриклеточной катехол-2,3-диоксигеназы измеряли согласно методам, описанным в [13] и [14] соответственно.

Манипуляции с ДНК, трансформацию бактерий плазмидной ДНК, полимеразную цепную реакцию и электрофорез в агарозном геле проводили по стандартным методам, описанным в руководстве [15].

Результаты и их обсуждение

Для изучения плеiotропного эффекта мутации в гене *pelW* на продукцию факторов вирулентности и патогенности у бактерий *Eca* был получен двойной мутант *Eca* по генам *pelW* и *kdgR*.

Непосредственному процессу совмещения мутаций предшествовало конструирование дефектного варианта гена *kdgR*. Для этого нуклеотидный фрагмент, содержащий последовательности генов *ogl-kdgR*, был амплифицирован методом ПЦР с геномной ДНК *Eca* JN42 с использованием олигонуклеотидных праймеров OGL (5'-CGGAGCTCGTTCTAAGGATTTACGGATGG-3') и KDG2 (5'-CGCTGCAGGCTCAGGCATTGATAGGG-3'). ПЦР-продукт размером 2,2 kb был клонирован по сайтам *SacI* и *PstI* в вектор pBluescriptIISK(-), при этом образовалась плазида pKDGR2. Определение нуклеотидной последовательности части этого ПЦР-продукта размером 0,95 kb подтвердило, что в составе клонированного участка находится ген *kdgR*, кодирующий полипептид из 263 аминокислот, гомологичный на 98 % описанному в [16] белку KdgR штамма *Eca* SCRI27. Кассета антибиотикорезистентности «омега» (*Sm^r*), вырезанная из плазмиды pUT::mini-Tn5Sm/Sp, была вставлена по *StyI*-сайтам в область гена *kdgR* плазмиды pKDGR2. Фрагмент полученной плазмиды pKDGR3, содержащий инактивированный ген *kdgR*, был переклонирован в вектор pJQ200SK с образованием плазмиды pKDGR4. Содержащийся в векторе pJQ200SK ген *sacB* из *Bacillus subtilis* является удобным маркером для селекции рекомбинантов, утративших плазмидную ДНК, поскольку в условиях индукции (0,5 % сахарозы в среде) его экспрессия летальна для большинства грамотрицательных бактерий [10].

Таблица 1

Штаммы бактерий и плазмиды, использованные в работе

Штаммы бактерий и плазмиды	Описание	Источник получения
<i>Eca</i> JN42	Прототроф, инсерция Tn9 в хромосому; Rif ^r Cm ^r	Коллекция НИЛ молекулярной генетики бактерий БГУ
<i>Eca</i> JN5084	Как <i>Eca</i> JN42, но <i>pelW</i> ::mini-Tn5xyIE, Km ^r	[8]
<i>Eca</i> SP5288	Как <i>Eca</i> JN5084, но <i>kdgR</i> ::Sm/Sp Sm ^r	Данная работа
<i>Eca</i> MV204	Как JN42, но <i>kdgR</i> ::Sm/Sp Sm ^r	Данная работа
<i>E. coli</i> BW19851	RP4-2::Mu-1 Km ^r ::Tn7/creB 510 hsdR17 endA1 zbf-5	[9]
pBluescript IISK(-)	Ap ^r , lacPOZ	Stratagene
pJQ200 SK	P15A mob ⁺ MCS Gm ^r <i>sacB</i> -ген из <i>Bacillus subtilis</i>	[10]
pKDGR2	Ap ^r ; 2,2 т. н. ПЦР-продукт <i>ogl-kdgR</i> -генов <i>E. atroseptica</i> JN42 в pBluescript IISK(-)	Данная работа
pKDGR3	Ap ^r Sm ^r ; pKDGR2, несущая <i>ogl-kdgR</i> ::Sm/Sp инсерцию в <i>StyI</i> -сайте	Данная работа
pKDGR4	Gm ^r Sm ^r ; <i>SacI</i> - <i>PstI</i> фрагмент <i>ogl-kdgR</i> ::Sm/Sp из pKDGR3 в pJQ200 SK	Данная работа
pUT::mini-Tn5Sm/Sp	Ap ^r Sm ^r ; mini-Tn5Sm/Sp суицидная плазида для инсерционного мутагенеза	[11]

Мутация в гене *kdgR* была получена у бактерий *Eca* JN42, совмещение мутаций в генах *pelW* и *kdgR* осуществлено в клетках *Eca* JN5084.

Для этого проводили конъюгационное скрещивание между бактериями *E. coli* BW19851 (донор), трансформированными предварительно ДНК плазмиды *rKDGR4*, и штаммами *Eca* JN42 и JN5084 (реципиенты). Инактивация хромосомного гена *kdgR* бактерий *Eca* предполагалась в ходе двойного рекомбинационного обмена по участкам гомологии интактного гена *kdgR* и его варианта, инактивированного инсерцией кассеты антибиотикорезистентности «омега». Селекция рекомбинантов осуществлялась по их способности расти на средах, содержащих сахарозу (5 %), и по признакам стрептомицинрезистентности и гентамицинчувствительности. При этом чувствительность к гентамицину и рост на среде с сахарозой свидетельствовали об утрате клетками реципиента плазмидной ДНК, содержащей летальный ген *sacB* и маркер устойчивости к гентамицину, тогда как приобретенное стабильно наследуемое свойство Sm-устойчивости с большой долей вероятности свидетельствовало о замене хромосомного гена *kdgR*.

Наличие вставки в составе хромосомного гена *kdgR* у отобранных трансконъюгантов было подтверждено ПЦР, проведенной с использованием праймеров KDG1 (5'-CGGAGCTCTTATTAAAGTCTCTGACGCGG-3') и KDG2, специфичных для названного гена. Анализ продуктов ПЦР показал наличие в реакционной смеси фрагмента протяженностью около 3000 п. н. и отсутствие характерного для гена *kdgR* фрагмента длиной около 900 п. н., что свидетельствует об инсерционной инактивации хромосомной копии гена.

Были проанализированы пектолитическая активность (рис. 2) и уровень экспрессии гена *pelW* (табл. 2) полученных мутантов MV204 (*kdgR*) и SP5288 (*kdgR pelW*). Оказалось, что у бактерий *Eca* SP5288 уровень катехол-2,3-диоксигеназной активности, определяемый транскрипцией с промотора гена *pelW*, был почти в 20 раз выше по сравнению с клетками родительского штамма JN5084, из чего можно сделать вывод, что, как и у *Ech*, у бактерий *Eca* экспрессия гена *pelW* регулируется белком KdgR. Подобный вывод можно сделать и в отношении пектолитической активности, однако обращает на себя внимание факт ее снижения у штамма *Eca* SP5288 при выращивании в среде, содержащей полигалактуроновую кислоту. Причиной этого, на наш взгляд, может быть образование избыточных количеств олигалактуронидов и, в частности, тригалактуронидов – предпочтительного субстрата внутриклеточной экзопектатлиазы *PelW* [5].

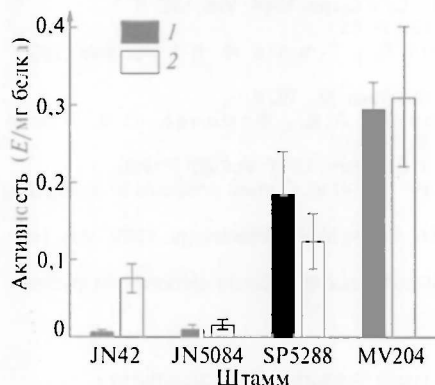


Рис. 2. Продукция внеклеточных пектатлиаз у штаммов *Eca*:
1 – без индуктора, 2 – с индуктором

Таблица 2

Продукция катехол-2,3-диоксигеназы бактериями *Eca*

Штамм	Наличие в среде полигалактуроновой кислоты	Активность катехол-2,3-диоксигеназы (Е/мг)*
<i>Eca</i> JN5084	–	22,53
	+	58,26
<i>Eca</i> SP5288	–	518,495
	+	537,725

Примечание. * За единицу активности катехол-2,3-диоксигеназы принималось количество фермента, необходимое для образования 1 нМ продукта за 1 мин.

Эффект ингибирования продукции ферментов пектолитического комплекса продуктами деградации пектиновых веществ был ранее отмечен нами при изучении фенотипических особенностей бактерий *Eca* P177, мутантных

по гену *kduD*. Его продукт – 2,5-дикето-3-дезоксиглюконатдегидрогеназа – катализирует одну из стадий внутриклеточного метаболизма пектиновых веществ, в ходе которой ДК2 превращается в КДГ. В отличие от *kduD*-мутанта *Ech* для бактерий *Eca* P177 не была характерна гиперпродукция факторов патогенности и вирулентности как следствие накопления индуктора их синтеза – ДК2. Выяснилось, что индуцирующим действием обладают лишь низкие (до 10 мкг/мл) концентрации последнего в среде культивирования, в то время как его избыток ингибирует синтез пектатлиаз [17]. По всей вероятности, ингибирующим эффектом обладают и избыточные количества тригалактуроновых кислот, накапливаемых бактериями *Eca* вследствие мутации в гене *pelW*, поскольку и у мутанта только по гену *pelW* (штамм JN5084), и у двойного мутанта *kdgR pelW* наблюдается снижение пектолитических активностей при росте на средах с полигалактуроновой кислотой по сравнению со штаммами JN42 и MV204.

Полученные данные позволяют констатировать определенную общность фенотипических свойств двух мутантов *Eca*, дефектных по генам внутриклеточных ферментов утилизации пектата – *pelW* и *kduD* (*Eca* JN5084 и *Eca* P177 соответственно), причем можно утверждать, что охарактеризованный регуляторный эффект не связан с действием глобального репрессора продукции факторов патогенности и вирулентности – белка KdgR. Это позволяет предполагать, что у бактерий *Eca*, в отличие от близкородственных *Ech*, имеется еще один механизм регуляции, чувствительный к концентрациям промежуточных продуктов метаболизма пектиновых веществ и модифицирующий в соответствии с ними уровни продукции факторов патогенности и вирулентности.

1. Barras F., Gijsegem F., Chatterjee A.K. // Annu. Rev. Phytopathol. 1994. Vol. 32. P. 201.
2. Nasser W., Reverchon S., Condemine G., Robert-Baudouy J. // J. Mol. Biol. 1994. Vol. 236. P. 427.
3. Liu Y., Jiang G., Cui Y. et al. // J. Bacteriol. 1999. Vol. 181. P. 2411.
4. Hugouvieux-Cotte-Pattat N., Condemine G., Nasser W., Reverchon S. // Annu. Rev. Microbiol. 1996. Vol. 50. P. 213.
5. Shevchik V. E., Condemine G., Robert-Baudouy J., Hugouvieux-Cotte-Pattat N. // J. Bacteriol. 1999. Vol. 181. P. 3912.
6. Shevchik V. E., Kester H. C. M., Benen J. et al. // Ibid. P. 1652.
7. Nasser W., Shevchik V. E., Hugouvieux-Cotte-Pattat N. // Mol. Microbiol. 1999. Vol. 34. P. 641.
8. Лагоненко А.Л., Песнякевич А.Г., Николайчик Е.А. // Микробиология и биотехнология на рубеже XXI столетия. Мн., 2002. С. 137.
9. Metcalf W. W., Jiang W., Wanner B. L. // Gene. 1994. Vol. 138. P. 1.
10. Quandt J., Hynes M. // Gene. 1993. Vol. 127. P. 15.
11. de Lorenzo V., Herrero M., Jakubzik U., Timmis K. // J. Bacteriol. 1990. Vol. 172. P. 6568.
12. Миллер Д. Эксперименты в молекулярной генетике. М., 1976.
13. Евтушенков А.Н., Шевчик В.Е., Попова Л.В., Фомичев Ю.К. // Прикладная биохимия и микробиология. 1986. Т. 22. № 2. С. 187.
14. Sala-Trepat J.M., Evans W.C. // Eur. J. Biochem. 1971. Vol. 20. P. 400.
15. Ausubel F. A., Brent R., Kingston R. F. et al. Current protocols in molecular biology. New York, 1992.
16. Thomson N.R., Nasser W., McGowan S. et al. // Microbiology. 1999. Vol. 145. P. 1531.
17. Мямин В.Е., Песнякевич А.Г. // Микробиология и биотехнология на рубеже XXI столетия. Мн., 2000. С. 64.

Поступила в редакцию 30.01.2004.

Сергей Анатольевич Скобляков – студент 4-го курса биологического факультета.

Владислав Евгеньевич Мямин – ассистент кафедры микробиологии.

Александр Леонидович Лагоненко – аспирант кафедры молекулярной биологии. Научный руководитель – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой А.Н. Евтушенков.

Евгений Артурович Николайчик – кандидат биологических наук, доцент кафедры молекулярной биологии.

Александр Георгиевич Песнякевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ И СУСПЕНДИРОВАННЫХ КЛЕТОК ТАБАКА

Conditions for the storage and cultivation of the cells of *Nicotiana tabacum* culture were investigated. The cells immobilized in the Ca-alginate gel were examined. The viability of tobacco cells for the immobilization culture was compared with that for the suspension culture in different conditions. It was shown, that immobilized cells were more steady than the suspended cells under mechanical influence. Optimum conditions for preserving the cell viability were determined by following factors: the immobilization of tobacco cells, storage at low temperature in the medium without any nutrients.

В настоящее время возможность использования культур растительных клеток для получения биологически активных соединений общепризнана [1]. Однако применение культур растительных клеток для промышленного синтеза веществ сопряжено с рядом проблем (медленный рост культуры, способность клеток к агрегации, выращивание в строго асептических условиях, чувствительность к механическим повреждениям и т. д.), ограничивающих их внедрение в производство [2].

Иммобилизация растительных клеток помогает преодолеть указанные трудности и предопределяет возможность их эффективного использования для получения ценных соединений [3, 4]. Включение растительных клеток в различные носители приводит также к изменению процессов вторичного метаболизма и увеличению выхода метаболитов, например продукции фенолов, иммобилизованных в альгинате кальция клетками суспензионной культуры *Nicotiana tabacum* по сравнению с ее свободными клетками [5].

Длительное использование клеток суспензионной культуры и оптимизация технологических процессов требуют изучения жизнеспособности таких клеток при различных режимах культивирования, хранения и выбора прочих условий, что и послужило целью данной работы.

Материал и методика

Объектом исследования являлась суспензионная культура клеток табака (*Nicotiana tabacum* сорта Samsun), полученная из листовой каллусной ткани. Субкультивирование этой культуры осуществлялось каждые 14 дней. На основании данных литературы и результатов ранее проведенных исследований [6] была отобрана питательная среда RMNO [7], обеспечивающая рост рыхлой каллусной ткани на листовых эксплантах. За основу ее минеральных добавок была взята среда Мурасиге и Скуга (MS) [8] с 3 мг/л ИУК, 0,1–2,4-Д, 0,04 мг/л кинетина. Среду того же состава использовали и при выращивании суспензионной культуры, но без добавления агара; pH среды перед автоклавированием доводилась до 5,7. Культивирование проводилось в 0,5 л колбах Эрленмейера, содержащих 0,2 л среды, в темноте на роторном шейкере (100 об/мин) при 24,5 °С. Доля инокулята составляла 10 % (объем к объему).

Для хранения суспензированных и иммобилизованных клеток табака использовали два варианта среды: в качестве полноценной питательной – MS и раствор маннита (0,44 М) в качестве среды, лишенной питательных элементов, но не вызывающей плазмолиза клеток.

Температурные условия хранения – комнатная и пониженная температура (4–6 °С) – выбирали как оптимальные в первом случае для роста клеток и во втором – для снижения в них интенсивности метаболических процессов.

Иммобилизацию клеток проводили включением их в Са-альгинатный гель, поскольку данный метод отличается простотой, мягкими условиями включения, механической прочностью и возможностью длительного удерживания клеток в полисахаридном матриксе [9].

Жизнеспособность клеток табака в свободном и иммобилизованном состояниях определялась по окрашиванию нейтральным красным. Методика

окрашивания сводится к отбору проб суспензии клеток или препарата иммобилизованных клеток и добавлению красителя – 1–2 капель 2 % спиртового раствора нейтрального красного. Сразу же после внесения красителя в пробу добавляли несколько капель щелочи (0,01 M NaOH) для того, чтобы раствор приобрел слабощелочную реакцию и обесцветился. Проба окрашивалась в течение 5–10 мин. У жизнеспособных клеток, помещенных в слабощелочной раствор нейтрального красного, вакуоли интенсивно приобретали малиново-красный цвет. Количество жизнеспособных клеток определялось с помощью микроскопа в камере Горяева. Указанный метод прост и позволяет достаточно надежно обнаружить и произвести подсчет числа метаболизующих клеток как в культуре, так и в иммобилизованных препаратах.

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных результатов показал, что более 70 % клеток табака в суспендированном состоянии были жизнеспособными при хранении в течение 3 сут при комнатной температуре как в среде MS, так и в растворе маннита. Однако уже к концу 6 сут количество живых клеток в суспензиях было незначительно и составляло 11 % от исходного количества (рис. 1).

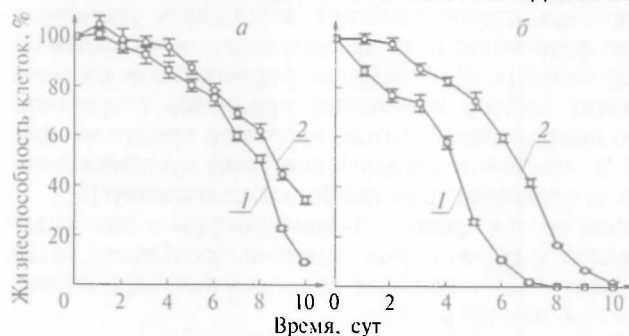


Рис. 1. Динамика изменения количества жизнеспособных клеток табака в суспензии (1) и иммобилизованных препаратах (2) при хранении в среде MS при пониженной (а) и комнатной (б) температуре

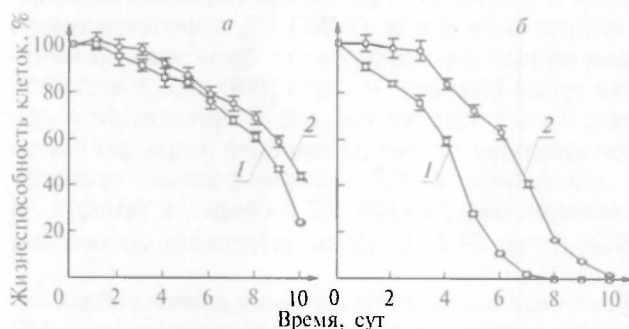


Рис. 2. Динамика изменения количества жизнеспособных клеток табака в суспензии (1) и иммобилизованных препаратах (2) при хранении в растворе маннита при пониженной (а) и комнатной (б) температуре

Динамика изменения содержания жизнеспособных клеток, суспендированных в среде MS, была практически идентичной в растворе маннита (рис. 1, 2). Снижение температуры среды до 4–6 °С резко повышало длительность жизни суспендированных клеток: более 70 % от их исходного количества сохраняли жизнеспособность в течение 6 сут, но к 10 сут число таких клеток падало резко (до 24 % в – растворе маннита и до 12 % – в среде MS). Более высокая степень жизнеспособности клеток в растворах, содержащих маннит, вероятно, связана с замедлением процессов метаболизма в клеточной культуре. В этом случае влияние повреждающих факторов среды сказывается слабее, особенно

при понижении температуры.

В случае включения клеток табака в гель альгината кальция резко возрастала продолжительность их жизни как при комнатной температуре, так и при охлаждении до 4–6 °С. Причем, если в суспензиях с течением времени наблюдалось монотонное уменьшение числа живых клеток, то для препаратов иммобилизованных клеток были характерны периоды стабилизации. Так, в условиях хранения при комнатной температуре в первые 2 сут число

живых иммобилизованных клеток в гранулах оставалось практически неизменным как в среде MS, так и в растворе маннита (см. рис. 1, 2). Дальнейшее хранение приводило к незначительному снижению количества жизнеспособных клеток – к 5 сут жизнеспособными оставались более 80 % клеток. В последующем гибель клеток происходила гораздо интенсивнее, и к 10-суточному периоду жизнеспособными оказались менее 5 % клеток. Тем не менее на 6 сут, т. е. к сроку, когда в суспензиях оставалось около 11 % живых клеток, в гранулах геля их было около 80 %, а через 7 сут – более 40 % (в суспензиях к этому периоду гибель клеток составила практически 100 %).

Охлаждение иммобилизованных препаратов увеличивало продолжительность жизни клеток, включенных в гель: после 8 сут в растворе маннита сохраняли жизнеспособность около 70 % клеток, а в среде MS – 63 %, через 9 сут – 59 и 46 % соответственно (см. рис. 1, 2).

При использовании растительных клеток в биотехнологическом производстве большое значение имеет повышение их устойчивости к механическим воздействиям (повреждениям), обусловленное необходимостью перемешивания. В этой связи нами исследовалось воздействие двух видов механического перемешивания среды – с помощью магнитной мешалки и барботированием воздуха – на сохранение жизнеспособности суспендированных и иммобилизованных клеток культуры табака. Суспендированные клетки повреждались в меньшей степени при барботировании воздухом (рис. 3): через 30 мин практически не отмечалась их гибель, в то время как перемешивание магнитной мешалкой приводило к потере почти 40 % клеток. После 1 ч барботирования погибали до 30 %, при работе магнитной мешалки – 80 % клеток. Дальнейшее перемешивание вызывало более интенсивное разрушение суспендированных клеток, и через 2 ч при барботировании сохраняли жизнеспособность лишь 10 % клеток, а перемешивание магнитной мешалкой практически приводило к полной гибели культуры.

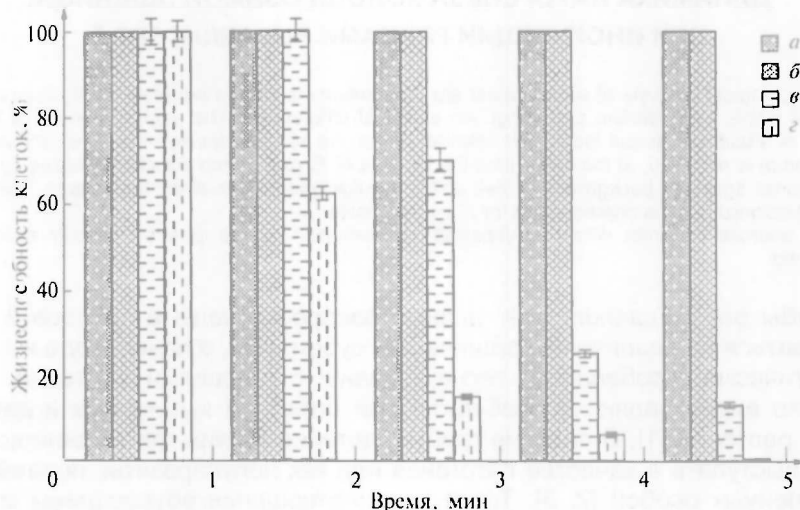


Рис. 3. Динамика изменения количества жизнеспособных клеток табака в суспензии и иммобилизованных препаратах при культивировании с использованием различных способов перемешивания культуры:

а, б – в иммобилизованных препаратах при барботировании воздухом и перемешивании магнитной мешалкой соответственно; в, г – в суспензии при барботировании воздухом и перемешивании магнитной мешалкой соответственно

Иммобилизация клеток табака резко повышала их устойчивость к механическому повреждению. При применяемых способах перемешивания клетки сохраняли жизнеспособность в течение 2 ч и более.

В заключение отметим, что наиболее оптимальными условиями для хранения культуры клеток табака явились прежде всего иммобилизация клеток, хранение при пониженной температуре и среда, лишенная питательных

веществ (с маннитом). Кроме того, как и следовало ожидать, при иммобилизации многократно повышалась устойчивость клеток культуры табака к механическим воздействиям.

1. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М., 1999. С. 43.
2. Бутенко Р.Г., Гусев М.В., Киркин А.Ф. и др. Клеточная инженерия. М., 1987. С. 27.
3. Tong-Jen Fu // *Chemtech*. 1998. 28(1). P. 40.
4. Misawa M. Plant tissue culture: An alternative for production of useful metabolite. *FAO Agricultural services bulletin*. 1994. № 108.
5. Shibasaki-Kitakawa N., Iizuka Y., Yonemoto T. // *J. Chem. Eng. Japan*. 2001. Vol. 34. № 11. P. 1431.
6. Юрин В.М., Кудряшов А.П., Шапчиц М.П., Бердичевец Л.Г. // Сохранение и устойчивое использование растительных ресурсов: Материалы междунар. симпоз. Бишкек, 2003. С. 71.
7. Сидоров А.В., Пивень Н.М., Глеба Ю.Ю., Сытник К.М. Соматическая гибридизация пасленовых. Киев, 1985. С. 132.
8. Murashige T., Skoog F. // *Physiol. Plant*. 1962. Vol. 15. P. 473.
9. Броделиус П. Иммобилизованные клетки и ферменты. Методы. М., 1988. С. 154.

Поступила в редакцию 03.02.2004.

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

Мария Павловна Шапчиц – младший научный сотрудник НИЛ физиологии растительной клетки.

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

УДК 633.11 «324»:632.484

С.Ф. БУГА, О.В. АРТЕМОВА, А.Г. ИЛЬЮК

ДИНАМИКА ПАТОГЕНЕЗА КОЛОСА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ ГРИБАМИ *FUSARIUM* SPP.*

A mycological analysis of winter wheat ear components is carried out after the artificial contamination of plants by *Fusarium* spp. fungi. An essential difference in the aggressiveness of different species of *Fusarium* genus isolates is marked. From the studied species the most competitive – *F. culmorum* is revealed, at the same time the isolates of *F. oxysporum* are characterized by low aggressiveness against a background of their ability to quick colonization of the host-plants. The highest speed of colonization is characteristic for *F. poae* isolates.

The sources of winter wheat caryopses contamination by the fungus *Fusarium* species are determined.

Грибы рода *Fusarium* Link. широко распространены в природе и могут развиваться на различных органических субстратах, в почве, воде и т. д. Их биологические особенности тесно связаны с условиями обитания. Большинство видов являются возбудителями болезней культурных и дикорастущих растений [1]. В системе гриб – растение-хозяин грибы данного рода могут выступать в качестве патогенов или как полупаразиты, поражающие ослабленных особей [2, 3]. Такие взаимоотношения обусловлены способностью этих грибов продуцировать микотоксины (более 150 соединений) и экзоферменты, попадание которых в организм человека или животных может привести к поражению кроветворных и иммунокомпетентных органов [4–6]. Именно поэтому главная опасность поражения посевов зерновых культур грибами рода *Fusarium* заключается в накоплении микотоксинов в продукции (зерно, солома).

Ежегодные потери сельскохозяйственных культур, связанные с фузариозами, исчисляются миллиардами долларов [7], прямые потери урожая ози-

* Авторы статьи – сотрудники Научно-исследовательского республиканского унитарного предприятия «Белорусский институт защиты растений» (НИРУП «БелИЗР»).

мой пшеницы от фузариоза колоса составляют 5–30 % [8]. Сотрудниками лаборатории сельскохозяйственной фитопатологии НИРУП «БелИЗР» был установлен видовой состав возбудителей фузариозов зерновых культур и определено ядро фузариозного комплекса, состоящее из видов *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sack., *F. oxysporum* (Schlecht) Snyd. et Hans. и *F. sporotrichiella* var. *poae* (Peck.) Wr. [9], являющихся активными продуцентами микотоксинов [10].

Целью данных исследований было изучение динамики патогенеза колоса озимой пшеницы, вызываемого фузариозным комплексом.

Материал и методика

Исследования проводили в лаборатории сельскохозяйственной фитопатологии и на опытном поле НИРУП «БелИЗР» (Минский район, п. Прилуки) в посевах озимой пшеницы сорта Каравай.

В качестве объектов нами были избраны 3 вида грибов рода *Fusarium*, составляющих ядро патогенного комплекса: *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *F. sporotrichiella* var. *poae* (далее в работе вид упоминается как *F. poae*). Семенной материал и компоненты колоса (цветковые чешуйки, стержень) озимой пшеницы распадавали на поверхность агаризованной питательной среды (среда Чапека) в чашки Петри. Просмотр чашек осуществлялся на седьмые сутки. Выросшие колонии пересевали для определения видовой принадлежности. Идентификацию видовой принадлежности выросших микромицетов проводили на основе морфологических особенностей их конидиального спороношения. Классификацию видов и разновидностей осуществляли согласно систематике, предложенной В.И. Билай [11].

Инокулюм (для обработки растений) готовился путем смыва 21-дневной маточной культуры гриба (5 изолятов каждого из изучаемых видов). Рабочую суспензию фильтровали через марлю (4 слоя), затем определяли титр.

Обработку растений споровой суспензией проводили в стадии полного цветения при помощи ранцевого опрыскивателя. Расход рабочей жидкости составил 50 мл/м². Для создания влажной камеры использовали полиэтиленовые изоляторы, которые оставались на растениях в течение 24 ч после обработки. Учеты распространенности и развития болезни проводили в стадии формирования зерна и полной спелости по общепринятой четырехбалльной шкале. После проведения визуального учета рассчитывали распространенность и развитие болезни.

Перед уборкой урожая срезали выборочно по 100–150 колосьев на каждой делянке. Затем проводили реизоляцию грибов рода *Fusarium* из компонентов колоса и их видовую идентификацию.

На следующем этапе исследований анализировали встречаемость грибов изучаемого рода на стержне колоса, зерновках и цветковых чешуйках в зависимости от части колоса (апикальная, медиальная, базальная) в каждом из опытных вариантов.

Результаты и их обсуждение

При анализе данных по развитию и распространенности фузариоза колоса в опытных вариантах оказалось, что к стадии формирования зерна (ст. 71, здесь и далее стадии развития растений приводятся в соответствии со шкалой Цадокса) распространенность болезни составила 71,5–97,0 %, при развитии – 40,3–68,5 % (табл. 1).

К стадии полной спелости культуры (ст. 91) фузариозом колоса были поражены все растения на опытных делянках, пораженные колосья отмечались также и в контрольном варианте (39,9 %) при развитии болезни, равном 25,8 %. Развитие болезни во всех опытных вариантах имело характер эпифитотии и колебалось от 83,4 до 97,4 %.

Анализ встречаемости *Fusarium* spp. на стержне колоса, зерновках и колосковых чешуйках показал, что в варианте с обработкой растений суспен-

зией спор *F. culmorum* снижение частоты встречаемости грибов данного рода на компонентах колоса происходило в направлении от его основания к верхушке. Подобная тенденция не характерна только для варианта, где в качестве инфекционного агента использовали изоляты *F. poae*. В этом случае наиболее часто грибы изучаемого рода выделялись из компонентов базальной части, несколько реже – из апикальной, а встречаемость их в медиальной части колоса, как правило, не превышала 9,6 % из всех выделенных грибов (табл. 2).

Таблица 1

Распространенность и развитие фузариоза колоса озимой пшеницы

Вариант опыта	Титр рабочей суспензии, спор/мл·10 ⁵	Фузариоз колоса, %			
		Распространенность		Развитие	
		ст. 71	ст. 91	ст. 71	ст. 91
Контроль	—	24,0	39,3	6,0	25,8
<i>F. culmorum</i>	7,8	97,0	100,0	68,5	97,4
<i>F. oxysporum</i>	11,2	90,0	100,0	43,0	83,4
<i>F. poae</i>	9,2	71,5	100,0	40,3	86,2
<i>F. culmorum</i> + <i>F. oxysporum</i> + <i>F. poae</i>	9,4	89,0	100,0	43,5	86,1

Таблица 2

Особенности поражения компонентов колоса озимой пшеницы грибами рода *Fusarium*

Часть колоса	Встречаемость, %			
	Стержень колоса	Зерновка	Цветковые чешуйки	В целом по варианту
Обработка растений споровой суспензией				
<i>F. culmorum</i>				
Апикальная	50,0	57,8	44,1	47,9
Медиальная	66,7	75,0	61,7	65,3
Базальная	81,8	63,1	66,6	68,0
<i>F. oxysporum</i>				
Апикальная	35,7	56,7	46,3	48,0
Медиальная	42,8	60,6	46,6	50,0
Базальная	61,1	60,0	45,7	51,7
<i>F. poae</i>				
Апикальная	18,2	26,3	4,8	12,5
Медиальная	11,1	17,4	4,9	9,6
Базальная	27,3	32,1	13,3	21,4
изолятов трех видов				
Апикальная	30,8	25,1	17,9	21,5
Медиальная	66,6	56,7	38,7	48,4
Базальная	70,0	48,3	42,2	47,7

Помимо грибов изучаемого рода, из частей колоса во всех вариантах были выделены также *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp. и др.

В варианте с использованием *F. culmorum* грибы данного вида чаще всего изолировались из базальной части стержня колоса (63,6 %). Кроме того, из частей колоса растений озимой пшеницы данного варианта были изолированы *F. oxysporum* и *F. poae* (табл. 3). Следует отметить, что последний встречался на всех компонентах колоса только в базальной части, не присутствовал в медиальной, а в апикальной был выделен только из цветковых чешуек (1,7 %).

В варианте с обработкой растений споровой суспензией изолятов *F. oxysporum* видовой состав грибов данного рода был представлен: *F. oxysporum* и *F. poae*; гриб *F. culmorum* обнаружен не был (см. табл. 3). Несмотря на наименьшие показатели развития болезни, отмеченные для данного варианта, оказалось, что средняя инфицированность компонентов всех частей колоса составляла 42,4 %, а 7,5 % выделенных грибов были идентифицированы как *F. poae*. Это позволяет сделать предварительный вывод о низкой агрессивности изолятов *F. oxysporum* на фоне их способности к быстрой колонизации растения-хозяина.

Таблица 3

Динамика встречаемости грибов рода *Fusarium* на компонентах колоса озимой пшеницы

Вид	Часть колоса	Встречаемость, %			
		Стержень колоса	Зерновка	Цветковые чешуйки	В целом по варианту
При инфицировании <i>F. culmorum</i>					
<i>F. culmorum</i>	Апикальная	16,7	36,8	28,8	28,9
<i>F. oxysporum</i>		33,3	21,0	13,6	17,9
<i>F. roae</i>		0,0	0,0	1,7	1,1
Прочие		50,0	42,1	55,9	52,2
<i>F. culmorum</i>	Медиальная	55,6	62,5	53,2	55,6
<i>F. oxysporum</i>		11,1	12,5	8,5	9,7
<i>F. roae</i>		0,0	0,0	0,0	0,0
Прочие		33,3	25,0	38,3	34,7
<i>F. culmorum</i>	Базальная	63,6	50,5	57,1	56,5
<i>F. oxysporum</i>		9,1	6,3	7,1	7,2
<i>F. roae</i>		9,1	6,3	2,4	4,3
Прочие		18,2	37,5	33,3	32,3
При инфицировании <i>F. oxysporum</i>					
<i>F. oxysporum</i>	Апикальная	35,7	48,5	40,0	41,7
<i>F. roae</i>		0,0	9,1	6,3	6,3
Прочие		58,9	42,5	53,7	51,9
<i>F. oxysporum</i>	Медиальная	35,7	51,5	40,6	43,1
<i>F. roae</i>		7,1	9,1	5,8	6,9
Прочие		57,1	39,4	53,6	50,0
<i>F. oxysporum</i>	Базальная	38,9	46,7	41,4	42,4
<i>F. roae</i>		22,2	13,3	4,3	9,3
Прочие		38,9	40,0	61,3	48,3
При инфицировании <i>F. roae</i>					
<i>F. roae</i>	Апикальная	18,2	26,3	4,8	12,5
Прочие		81,8	73,7	95,2	87,5
<i>F. roae</i>	Медиальная	11,1	17,4	4,9	9,6
Прочие		88,9	82,6	95,1	90,4
<i>F. roae</i>	Базальная	27,3	32,1	13,3	21,4
Прочие		72,7	67,9	86,7	78,6

Результаты видовой идентификации грибных изолятов, выделенных из компонентов колоса в варианте с инокуляцией растений *F. roae*, позволяют судить о более высокой скорости колонизации колоса изолятами данного вида по сравнению с *F. oxysporum* и *F. culmorum*, так как все выделенные микромицеты рода *Fusarium* были определены как *F. roae* (см. табл. 3).

Данные микологического анализа проб из варианта, где растения обрабатывались смесью суспензий спор изолятов всех трех видов (в соотношении 1:1:1), позволяют считать вид *F. culmorum* наиболее конкурентоспособным, так как большинство изолятов принадлежали именно к нему. В данном варианте изоляты *F. culmorum* и *F. roae* присутствовали на компонентах всех частей колоса, но *F. roae* встречался в 2–5 раз реже, чем *F. culmorum*. Гриб *F. oxysporum* был выделен только из апикальной и медиальной частей колоса (5,4 и 3,3 % соответственно) (табл. 4).

Из изложенного можно сделать вывод, что при доминировании в патогенном комплексе гриба *F. culmorum* накопителем первичной инфекции будет служить стержень колоса, но заражение зерновок путем распространения мицелия гриба с цветковых чешуек также возможно. При доминировании гриба *F. oxysporum* роль цветковых чешуек в качестве источника инфекции для зерновок незначительна, и основным путем колонизации колоса является распространение мицелия гриба по колосовому стержню. В случае преобладания гриба *F. roae* оба пути имеют равное значение. Если же ядро патогенного комплекса представлено несколькими видами, то приоритетным способом заражения зерновок будет тот, который характерен для наиболее конкурентоспособного вида – в данном случае им является *F. culmorum*.

Таблица 4

Динамика встречаемости грибов рода *Fusarium* на компонентах колоса озимой пшеницы при инфицировании смесью споровых суспензий 3 видов (*F. culmorum* + *F. oxysporum* + *F. poae*)

Вид	Часть колоса	Встречаемость, %			
		Стержень колоса	Зерновка	Цветковые чешуйки	В целом по варианту
<i>F. culmorum</i>	Апикальная	7,7	12,5	10,7	10,7
<i>F. oxysporum</i>		7,7	4,2	5,4	5,4
<i>F. poae</i>		15,4	8,4	1,8	5,4
Прочие		69,2	74,9	82,1	78,5
<i>F. culmorum</i>	Медиальная	50,0	40,0	32,6	37,4
<i>F. oxysporum</i>		8,3	6,7	0,0	3,3
<i>F. poae</i>		8,3	10,0	6,1	7,7
Прочие		33,4	43,3	61,2	51,6
<i>F. culmorum</i>	Базальная	60,0	41,9	33,3	39,5
<i>F. poae</i>		10,0	6,4	8,9	8,2
Прочие		30,0	51,7	57,8	52,3

Таким образом, проведенные в 2002 г. эксперименты по искусственному заражению колосьев озимой пшеницы возбудителями фузариоза, составляющими ядро патогенного комплекса (*F. culmorum*, *F. oxysporum*, *F. poae*), показали, что при наличии оптимальных условий (высокая концентрация инфекционных частиц, капельножидкая влага и т. д.) в момент инфицирования грибы изучаемых видов способны вызвать эпифитотическое развитие болезни.

Микологический анализ компонентов колоса озимой пшеницы выявил, что наибольшее количество грибов рода *Fusarium* сосредоточено в его базальной части, меньшее – в медиальной и минимальное – в апикальной. Все компоненты колоса, подвергавшиеся анализу, были колонизированы грибами изучаемого рода.

Агрессивность изолятов разных видов не одинакова: наибольшее развитие болезни было отмечено в варианте с применением споровой суспензии *F. culmorum*, наименьшее – *F. oxysporum*. Более быстрая колонизация колоса озимой пшеницы характерна для гриба *F. poae*, но конкурентоспособность его несколько ниже, чем *F. culmorum*, так как при инокуляции растений смесью спор трех изучаемых видов наибольшее количество реизолированных микромицетов было идентифицировано как *F. culmorum*.

Источником заражения зерновок могут служить либо стержень колоса, либо цветковые чешуйки, но приоритет одного из них будет обусловлен видом гриба, доминирующим в патогенном комплексе.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № Б 97-026 от 20.02.98 г.).

1. Горленко М. В. // Микология и фитопатология. 1976. Т. 10. Вып. 1. С. 5.
2. Степанова М. Ю., Бенкен А. А. Методические указания по диагностике фузариозов зерновых культур. Л., 1968.
3. Беккер З. Э. Эколого-физиологические методы в борьбе с фузариозным вилтом хлопчатника. Ашхабад, 1971.
4. Joffe A. // Handbook of Mycotoxins and Mycotoxicoses. New York, 1978. Vol. 3. P. 21.
5. Hoerr R. J., Carlton W. W., Yagan B., Joffe A. Z. // Avian pathology. 1982. № 11. P. 369.
6. Golinski P., Kiecana I., Kaczmarek Z. et al. // Phytopathologia Polonica. 2000. Vol. 20. P. 97.
7. Иващенко В. Г., Шипилова Н. П., Нефедова Л. И. // Микология и фитопатология. 1997. Т. 31. Вып. 2. С. 58.
8. Пересыпкин В. Ф. Сельскохозяйственная фитопатология. М., 1982.
9. Буга С. Ф., Радына А. А., Ушкевич Л. А. и др. // Интегрированные системы защиты растений. Настоящее и будущее: Материалы междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения чл.-кор. АН РБ А. Л. Амбросова и 65-летию со дня рождения акад. ААН РБ В. Ф. Самерсова. Мн., 2002. С. 95.
10. Караджова Л. В. Фузариозы полевых культур. Кишинев, 1989.
11. Билай В. И. Фузариозы. Киев, 1977.

Поступила в редакцию 27.01.2004.

Светлана Федоровна Буга – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая лабораторией сельскохозяйственной фитопатологии.

Ольга Викторовна Артемова – научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной фитопатологии.

Александр Георгиевич Ильюк – аспирант. Научный руководитель – С.Ф. Буга.

УДК 591.532: 595.763 (476)

В.И. ХВИР, Ж.Е. МЕПЕШКО

ФОНОВЫЕ ВИДЫ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ (*INSECTA, COLEOPTERA*) ФИТОФАГОВ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА ГРЕЧИШНЫХ (*POLYGONACEAE*) В БЕЛАРУСИ

The list of 19 common species of *Coleoptera* is given presented. It inscribed 10 species of *Curculionidae*, 6 species of *Apionidae* and 3 species of *Chrysomelidae*. Some data of their distribution, biotopical preferences and forage plants are presented.

Семейство гречишных представлено во флоре Беларуси 47 видами, в том числе 16 видами щавелей (*Rumex* L.), 8 – горцев, или почечуйников (*Persicaria* Hill.), и 9 видами спорышей (*Polygonum* L.). *Rumex rugosus* Campd. возделывается в качестве зеленой овощной культуры. К числу лекарственных растений принадлежат виды рода спорыш. Змеевик большой, или раковые шейки (*Bistorta major* S.F. Gray), характерен для сырых лугов, а гречишка вьюнковая – *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love – является характерным компонентом рудеральных сообществ. Два вида ревеней – *Rheum rhabarum* L. и *Rheum rhaponticum* L. – культивируются в качестве овощных и лекарственных растений; виды рода рейнвотрии – *Reynoutria japonica* Houtt. и *Reynoutria sachalinensis* (Fr. Schmidt) Nakai – декоративных. Гречица посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) является распространенной крупяной культурой, а гречица татарская (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) засоряет ее посевы [1].

Многие виды щавелей и горцев, а также гречишки принадлежат к числу злостных сорняков. Конские щавели (*Rumex confertus* Willd., *Rumex crispus* L., *Rumex obtusifolius* L.) прекрасно приспособлены к произрастанию в условиях пастбищ и выгонов. Они не поедаются скотом и становятся здесь доминирующими формами, вытесняя пастбищные злаки и разнотравье. Исследование комплексов членистоногих – потребителей сорных растений – является необходимой предпосылкой разработки научного обоснования использования фитофагов для биологического контроля сорной растительности.

В настоящей работе в форме аннотированного списка представлен краткий обзор фоновых видов жесткокрылых насекомых (*Insecta, Coleoptera*) – фитофагов гречишных. Приведены данные об их распространении, биотопических предпочтениях и кормовых растениях, а также хозяйственном значении в качестве вредителей сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси.

Семейство *Apionidae*

***Perapion curtirostre* (Germ.).** Олигофаг: личинки живут в асимметричных веретенообразных галлах, формируемых на черешках и срединных жилках листьев многих щавелей (*R. acetosa*, *R. crispus* и др.), имаго питаются на этих же растениях [2, 3]. В Европе отмечено питание имаго и личинок на *R. patientia* L. [3]. Обычный, широко распространенный вид апионид. Имаго встречаются на сырых лугах, где произрастают щавели; на полях, обочинах дорог, посевах всех видов клеверов. Многочислен в рудеральных сообществах с присутствием щавелька (*Rumex acetosella* L.).

***Perapion marchicum* (Hbst.).** Полифаг: жуки питаются на надземных частях щавелей (*R. acetosa*, *R. acetosella*), спаржи, бобовых; личинки развиваются в многокамерных галлах на корневой шейке и прилегающих участках корневой системы щавельки [2, 4, 5]. Распространен повсеместно, но малочислен. Имаго встречаются в мае – августе на хорошо прогреваемых участках открытых биотопов на люцерне, клевере, ледянце. Присутствие в травостое щавельки создает условия для обитания в рудеральных биотопах и светлых лесах.

***Perapion violaceum* (Kby.).** Олигофаг: личинки развиваются в слабо выраженных вздутых и в сердцевине стеблей щавелей кислого и конского (*R. confertus*) [2, 3]. Распространен по всей территории Беларуси, но коллектируется не часто. Жуки отмечаются на лугах, участках рудеральной растительности, в лесополосах.

***Apion rubiginosum* Grill.** Олигофаг: имаго встречаются в различных биотопах на травянистой растительности. Личинки развиваются в галлах на щавельке и щавеле курчавом (*R. crispus*) [3–5]. Распространен в центральной и южной частях Беларуси. Предпочитает сырые лесные поляны.

***Apion frumentarium* L.** Олигофаг: личинки развиваются в нижней части стеблей и в основании корней различных щавелей; имаго питаются на листьях, выгрызая округлые сквозные отверстия. Вредит культивируемым щавелям и ревеню [2–5]. В условиях Беларуси регистрируется не часто; тяготеет к влажным биотопам (ольшаникам и др.), отмечен в садах.

***Apion haematodes* Kby.** Олигофаг: личинки развиваются в галлах на черешках и срединных жилках листьев щавеля курчавого либо инициируют формирование асимметричных веретеновидных галлов у основания стеблей щавельки и щавеля кислого [2, 3, 5]. Обычный, широко распространенный вид. Имаго отмечаются с мая по октябрь на полях (очень часто на посевах клевера и люцерны, засоренных щавелями), лугах, низинных болотах, в лесах и лесополосах, парках, где в травостое присутствуют представители рода *Rumex*.

Семейство *Curculionidae*

***Rhinoncus bruchoides* (Hbst.).** Олигофаг: развивается на горцах (*Persicaria* spp.) [3]. Повсеместно обычный, многочисленный вид. Отмечается с мая по август в травостое на сырых лугах, полях, около рек и водоемов, в садах и лесах [4]. Максимальная численность наблюдается в первой декаде июля.

***Rhinoncus castor* (F.).** Олигофаг: имаго отмечаются на разных видах щавелей, личинки развиваются на щавельке [3–5]. Повсеместно обычный, многочисленный представитель семейства долгоносиков. Предпочитает сырые местообитания, отмечается в садах и парках, на лугах, мелиорированных торфяниках, посевах клевера, засоренных щавелями. Пик численности имаго приходится на июнь.

***Rhinoncus inconspicuous* (Hbst.).** Олигофаг: кормовыми растениями являются гречишные (*Rumex* spp., *Persicaria* spp., *Polygonum* spp.) [3, 5]. Распространен по всей территории Беларуси, но регистрируется не часто. Обитатель травостоя.

***Rhinoncus pericarpus* (L.).** Полифаг: имаго регистрируются на горцах, щавелях и на некоторых крестоцветных (*Armoracia rusticana* Gaertn., Mey & Scherb.); личинки развиваются в многокамерных галлах на корнях этих же растений [3–5]. Широко распространенный вид. Характерными местообитаниями являются достаточно сырые биотопы, преимущественно пойменные и заливные луга. Часто отмечается также на лесных полянах, в садах; на садово-огородных участках вредит ревеню, щавелю и хрену.

***Rhinoncus perpendicularis* Reich.** Олигофаг: личинки развиваются на представителях родов *Persicaria* и *Polygonum* [3, 5]. Регистрируется повсе-

местно, но не многочислен. Отмечается с мая по август в травостое в садах, парках, лесах, а также на лугах.

***Pelenomus quadrituberculatus* (F.).** Олигофаг: кормовые растения – *Polygonum* spp. и *Persicaria maculata* (Rafin.) A. & D. Love [3, 5]. Чаше других видов рода отмечается в травостое на лугах и полях, по берегам рек и водоемов.

***Marmaropus besseri* Gyll.** Олигофаг: жуки питаются на щавеле кислом [3]. Отмечается преимущественно на юге Беларуси.

***Hypera rumicis* (L.).** Олигофаг: особенно часто встречается на щавелях и горцах, где происходит питание имаго и развитие личинок. Самки осуществляют яйцекладку под эпидермис листьев. Личинки питаются в основном на соцветиях. Вредит культивируемым щавелям, шпинату и ревеню [3–5]. Широко распространенный в условиях Беларуси вид. Регистрируется с апреля по август на лугах, осушенных торфяниках, полях, в садах и лесах.

***Lixus bardanae* F.** Полифаг: личинки развиваются в стеблях различных щавелей, имаго вредят шпинату и капусте [3–5]. Обычен, более многочислен на юге Беларуси. Характерный обитатель заливных лугов, встречается на мелиорированных низинных болотах.

***Amalus scortillum* (Hbst.).** Полифаг: обитает на некоторых гречишных (*Rumex* spp., *Polygonum* spp.) и вереске [3, 5]. Обычный в условиях Беларуси представитель рудерального комплекса. Взрослые насекомые отмечаются с мая по июль на травянистых растениях в парках, на осушенных торфяниках, заливных лугах, посевах клевера и люцерны.

Семейство *Chrysomelidae*

***Gastrophysa viridula* (Deg.).** Имаго и личинки питаются на различных растениях, в том числе на щавелях. Изредка личинки вредят ревеню [4], отмечены случаи повреждения жуками посевных бобов, редьки, хрена [4, 6]. Массовый вид в условиях Беларуси. Отмечается повсюду, где произрастают представители группы конских щавелей, на которых происходит дополнительное питание имаго и развитие личинок.

***Gastrophysa polygoni* (L.).** Дополнительное питание имаго и развитие личинок происходит на спорышах, реже – горцах и щавелях [6]. Жуки иногда вредят кормовым бобовым (вике и люцерне), гречихе, свекле [4]. В условиях Беларуси имеет повсеместное распространение. Характерен для обочин дорог, засоренных полей, выгонов и пастбищ, где произрастают представители рода *Polygonum*.

***Pyrrhalta nymphaeae* (L.).** В наибольшей степени представителями вида повреждаются кубышка и кувшинки, в меньшей – горец водный и сабельник болотный. Отмечено питание на щавелях [6]. Характерный обитатель прибрежно-водных растительных сообществ водоемов Беларуси. На зарастающих озерах и прудах часто дает вспышки массового размножения. Имаго встречаются также на сырых лугах, болотах, по берегам водоемов.

Таким образом, к числу фоновых в условиях Беларуси фитофагов растений семейства гречишных принадлежит 6 видов апионид, 10 – долгоносиков и 3 вида листоедов. Из них 15 видов трофически связаны с представителями рода *Rumex*, 6 – с *Polygonum*, 5 – с *Persicaria*. 3 вида могут вредить овощному ревеню, 3 – культивируемому щавелю, 1 – гречихе.

Настоящие исследования выполнены при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Б03-143). Авторы признательны доценту кафедры ботаники кандидату биологических наук Г.И. Зубкевич за помощь в определении растений.

1. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В.И. Парфенова. Мн., 1999.

2. Петров Д.Л., Мелешко Ж.Е., Буга С.В. // Евразийский энтомол. журн. 2003. Т. 2. Вып. 2. С. 101.

3. Freude H., Harde K.W., Lohse G.Ad. // Die Kafer Mitteleuropas. 1980–1981. Bd. 10-11.

4. Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур: Жесткокрылые: В 4 т. / Под ред. О.Л. Крыжановского. Л., 1974. Т. 1.
5. Иоаннисиани Т.Г. Жуки-долгоносики (*Coleoptera, Curculionidae*) Белоруссии. Мн., 1972.
6. Лопатин И.К. Жуки-листоеды фауны Белоруссии и Прибалтики: Определитель. Мн., 1986.

Поступила в редакцию 14.04.2004.

Виктор Иванович Хвир – аспирант кафедры зоологии. Научный руководитель – доктор биологических наук, профессор С.В. Буга.

Жюльетта Евгеньевна Мелешко – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии.

УДК 598.33-15

С.Б. САНДАКОВ

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВЕЧЕРНЕЙ ТЯГИ ВАЛЬДШНЕПА (*SCOLOPAX RUSTICOLA*) В БЕЛАРУСИ

The data of 50 counts of at evening Woodcock roding since 2000 till 2003 years in 9 count points of Belarus have been analysed. The highest mail activity was recorded in June (16,6 contacts per evening), the lowest – in April (9,8 contacts). The periods of activity during the roding season have been revealed. The time intervals of evening roding with minimum and maximum male activity have been pointed.

Вальдшнеп (*Scolopax rusticola*) – один из самых популярных объектов охоты, в том числе и в нашей стране. Несмотря на это, аспекты экологии, распространения и гнездовой биологии этого вида в условиях Беларуси изучены крайне слабо, и любая информация по этим вопросам представляет большой научный интерес. Одной из методик, на которых основано изучение численности и биологии вальдшнепа, является проведение учетов на вечерней тяге. Это связано с биологическими особенностями данного вида: днем птица держится скрытно, а наибольшую активность проявляет во время токовых полетов в вечернее время. По результатам учетов можно установить динамику репродуктивной активности вальдшнепа в ходе сезона размножения, приблизительную плотность населения самцов в пределах изучаемой территории, спектр предпочитаемых биотопов для гнездования и др.

Примененный нами метод изучения динамики токовой активности самцов вальдшнепа является наиболее популярным и широко используемым среди орнитологов, изучающих данный вид [1–4]. Его суть состоит в том, что исследователь с фиксированной позиции в месте, где проходит тяга, подсчитывает количество услышанных и увиденных особей (число контактов).

Проведенные нами исследования охватывают весь гнездовой сезон вальдшнепа в период с апреля по июль. На протяжении 2000–2003 гг. были проведены пятьдесят учетов в следующих точках: лесной массив к северу от рыбхоза «Селец» (Березовский р-н Брестской обл.), окр. д. Туховичи (Ляховичский р-н Брестской обл.), окр. д. Залужье (Ляховичский р-н Брестской обл.), окр. д. Домжерицы (Лепельский р-н Витебской обл.), окр. д. Княж-Бор (Житковичский р-н Гомельской обл.), окр. д. Старое Янчино (Борисовский р-н Минской обл.), окр. д. Жуковка (Минский р-н Минской обл.), окр. д. Талька (Пуховичский р-н Минской обл.), окр. д. Реполово (Шкловский р-н Могилевской обл.). В карточках учета отмечалось время тяги каждой из учтенных птиц.

Результаты и их обсуждение

В среднем период тяги вальдшнепа охватывает период с апреля по июль [1, 5, 6]. Однако зарегистрированная 26.03.2001 в окр. д. Княж-Бор Житковичского района кпадка позволяет говорить о том, что в ранние весны тяга может иметь место уже в первой – начале второй декады марта. Кроме того, возраст двух птенцов, найденных 03.05.2002 в том же районе, также

свидетельствует в пользу данного факта. Скорее всего, столь ранние сроки начала периода тяги характерны в большей степени для южной части Беларуси. Самая поздняя отмеченная нами тяга была зафиксирована 26.07.2003 в окр. д. Старое Янчино Борисовского района.

По результатам проведенных исследований было установлено, что среднее количество регистраций «тянущих» вальдшнепов за вечер имеет тенденцию к росту с апреля по июнь, достигая в июне своего максимума, в июле идет спад этого показателя. Так, в апреле нами зарегистрировано в среднем 9,8 контакта за вечер ($n=12$ наблюдений), в мае – 10,9 контакта за вечер ($n=12$), в июне – 16,6 ($n=16$), в июле же этот показатель составил всего 10,1 контакта ($n=10$).

Максимальное количество птиц – 27 «тянущих» самцов – за вечер зарегистрировано нами 28 июня 2001 г. в окр. д. Домжерицы Лепельского района.

Пики наибольшей активности птиц, участвующих в тяге в ходе сезона размножения, отмечены на рис. 1. Средняя активность определялась из расчета: число контактов/продолжительность тяги. Данная процедура необходима для уравнивания различий условий учетов в разных точках в разные месяцы. Во избежание погрешностей в расчетах нами не рассматривались результаты учетов, которые были проведены при погодных условиях, способных коренным образом повлиять на характер и интенсивность протекания токовых полетов (сильный дождь; дождь, чередующийся с временами затишья).

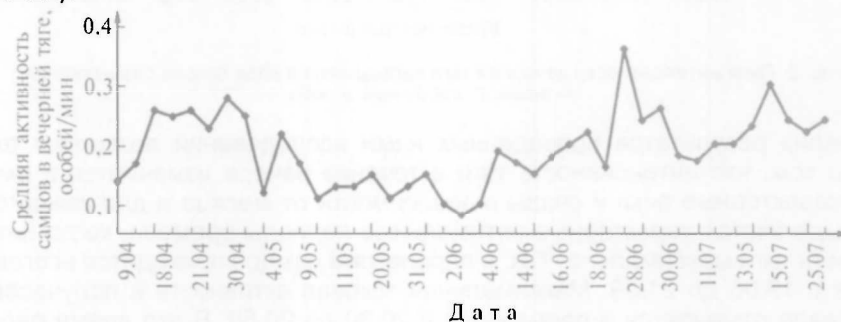


Рис. 1. Средняя активность самцов вальдшнепа в вечерней тяге на протяжении сезона размножения

В активности самцов вальдшнепа отмечаются несколько хорошо выраженных периодов: 1) высокая – середина апреля – начало мая; 2) выраженный спад – середина мая – середина июня; 3) пик – конец июня – начало июля; 4) высокая – середина июля. Похожие результаты были получены С.Ю. Фокиным и Ю.Ю. Блохиным [1] при изучении токовой активности самцов вальдшнепа в регионах России. Периоды спада активности, вероятнее всего, можно объяснить тем, что самцы некоторое время остаются вместе с самками для спаривания, хотя подобная гипотеза нуждается в проведении более детальных исследований по гнездовой биологии.

Продолжительность вечерней тяги также подвержена значительным изменениям (таблица). Так, в апреле этот показатель колеблется от 12 до 103 мин (в среднем 43,7), в мае – от 64 до 123 мин (в среднем 72,2), в июне – от 61 до 183 мин (в среднем 101,8), а в июле – от 78 до 97 мин (в среднем 52,7). Самое раннее время начала тяги зафиксировано 1 июня – 19.08; самое позднее – 17 июня – 23.14. Наиболее продолжительная тяга отмечена 3 июня – она длилась 183 мин.

Имеется достоверное различие продолжительности тяги для каждой пары месяцев (по методу «хи-квадрат» определяли уровень значимости $p<0,05$).

В ряде публикаций [7, 8] высказано предположение о связи между продолжительностью светового дня (ПСД) и продолжительностью вечерней тяги

(ПВТ). На основе собственных данных мы рассчитали коэффициент корреляции между этими показателями – $r=0.73$. Полученное значение позволяет констатировать наличие достаточно тесной корреляции между ПСД и ПВТ.

Для того чтобы выявить пики интенсивности вечерней тяги для каждого месяца, все ее время было разбито на 9 периодов по 30 мин в каждом и в них отмечено число контактов (рис. 2).

Данные о продолжительности и интенсивности вечерней тяги в ходе сезона размножения

Месяц	Количество контактов за вечер		Продолжительность тяги, мин		Количество наблюдений
	крайние значения	средние значения	крайние значения	средние значения	
Апрель	2–24	9,75	12–103	43,7	12
Май	6–16	10,92	64–123	72,2	12
Июнь	6–27	16,63	61–183	101,8	16
Июль	1–16	10,1	78–97	52,7	10



Рис. 2. Пики интенсивности вечерней тяги вальдшнепа в ходе сезона размножения:
1 – апрель, 2 – май, 3 – июнь, 4 – июль

Анализ результатов проведенных нами исследований позволяет говорить о том, что интенсивность тяги в течение вечера изменяется и имеет свои характерные пики и спады в зависимости от месяца и для каждого из них выделяются характерные оптимальные периоды времени, когда интенсивность тяги максимальна. Так, в апреле тяга самцов приходится всегда на время с 19.00 до 21.59. Максимальная токовая активность в получасовом интервале отмечается в промежутке с 20.30 до 20.59. В это время регистрируется 43 % контактов от среднего их числа в апреле, а в часовом промежутке 20.00–20.59 – 68 % контактов от того же числа. В мае вечерняя токовая активность самцов вальдшнепа приходится на период с 22.00 до 22.59, ее пик наблюдается с 21.00 до 21.59 (37 % контактов), в промежутке с 20.30 до 21.29 – 63 % контактов. В июне тяга всегда ограничена интервалом времени с 19.30 до 23.29. Пик интенсивности приходится на промежуток 22.00–22.29 (36 % контактов), а с 21.30 до 22.59 – 65 % контактов. Наконец, в июле тяга имеет место с 21.00 до 22.59 с пиком активности в интервале 21.30–21.59 (45 % контактов). В период с 21.30 до 22.29 регистрируется 88 % контактов.

Таким образом, результаты проведенных на вечерней тяге учетов позволили установить наличие выраженных периодов подъема и спада токовой активности самцов вальдшнепа в ходе сезона размножения. Наблюдаемую динамику активности можно объяснить изменением продолжительности светового дня, а также некоторыми биологическими особенностями вида. Характерные для каждого месяца пики активности в ходе вечерней тяги связаны, на наш взгляд, с наличием определенного бюджета времени с оптимальным уровнем освещенности. Смещение же данных пиков в каждом месяце определяется изменением продолжительности светового дня, что удлиняет либо укорачивает данный бюджет времени.

1. Fokin S., Blokhin Y. // Fifth European Woodcock and Snipe Workshop. 2000. P. 19.
2. Ferrand Y. // O.S. Fish and Wildlife Service Biological Report. 1993. № 16. P. 19.

3. Gilbert G., Gibbons D., Evans J. Bird Monitoring Methods. London, 1998. P. 225.
4. Кузякин В. А. // Гнездящиеся кулики Восточной Европы. 1999. Т. 2. С. 77.
5. Фетисов С. А., Головань В. И. // Рус. орнитолог. журн. 1999. № 66. С. 15.
6. Мальчевский А. С., Пукинский Ю. Б. Птицы Ленинградской области и сопредельных территорий: В 2 т. Л., 1983. Т. 1. С. 329.
7. Cramp S. The Birds of the Western Palearctic – Waders to Gulls. Oxford, 1993. Vol. 3. P. 449.
8. Поваренков А. В. // Чтения памяти профессора В. В. Станчинского. 2000. № 3. С. 99.

Поступила в редакцию 17.03.2004.

Сергей Борисович Сандаков – аспирант кафедры зоологии. Научный руководитель – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей экологии и методики преподавания биологии В. В. Гричик.

УДК 598.2/9 – 152.6

К. В. БАРАНОВСКИЙ

СООБЩЕСТВА ПТИЦ ОСТЕПНЕННО-МЕЗОФИТНЫХ ЛУГОВ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

The data concerning species composition, number, and biomass of the nested birds that were collected on the four examined flood meadows of southeast of Belarus are given. Comparative analysis of the said parameters was carried out considering peculiar properties of relief and vegetation of every investigated biotope. The comparison of our observations with those, which were found in the literature sources, was also performed.

Характеристике орнитокомплексов пойменных лугов Беларуси посвящено лишь несколько работ [1–4], несмотря на то, что пойменные луга, занимающие площадь до 169,7 тыс. га, довольно характерный для страны тип ландшафтов [5]. Кроме того, в указанных работах имеющиеся сведения носят тезисный характер, в некоторых из них описываются лишь отдельные моменты экологии птиц сообществ пойменных лугов. Значительная часть таких лугов расположена на юго-востоке страны, в поймах низовий р. Припять, Сож, Днепр и их притоков. Для этого региона характерна значительная доля остепненных растительных ассоциаций на фоне других типов лугов [6]. Характеристике сообществ птиц этих биотопов посвящена настоящая статья.

Материал и методика

В основу работы положены результаты 18 учетов птиц, проведенных в гнездовой период (с мая по июль) в 2001–2003 гг. методом картирования на пробных площадках. Были выбраны четыре пробные площадки в поймах р. Ипуть (1 площадка) и Сож (3 площадки). Площадки закладывались в типичных участках открытых пойм. Для большинства видов учеты проводились в полосе шириной 200 м (для жаворонков – 400 м). Длина пробных площадок (полос) зависела от границ биотопа (от 500 до 1000 м). На карты-схемы наносились отмеченные пары и отдельные особи птиц с явными признаками гнездования либо вокализирующие самцы, которые в расчетах принимались за пару данного вида. Из отмеченных на границе пробных площадок пар в расчетах брались во внимание только 50 %; жаворонки и бекасы – только по токующим самцам. Расчет плотности заселения пойм коростелем, бекасом, куликом-сорокой и перепелом проводился для всей площади биотопа (в пределах каких-либо естественных границ). Численность коростеля и перепела определялась в «условных парах», так как для этих видов свойственна полигамия. Основная доля учетов была проведена в утренние часы, в период максимальной голосовой активности большинства воробьиных, в дни без осадков с небольшой скоростью ветра. При учетах использовались бинокли «Kronos» 20×60 и БПЦ 8×30.

Для расчета биомассы использовались следующие показатели массы тела птиц: полевой жаворонок – 38,18 г, желтая трясогузка – 16,96, луговой чекан – 15,7, тростниковая овсянка – 19,28, камышовка-барсучок – 11,62, бекас – 108,15, перепел – 89,05, коростель – 119,45 [8], кулик-сорока – 497,7 г [7, 8, личные сообщения В.В. Гричика].

Геоботаническая классификация фитоценозов обследованных биотопов

Для определения типов фитоценозов обследованных биотопов использовалась классификация растительных ассоциаций по Браун-Бланке, составленная для травянистых сообществ Республики Беларусь И.М. Степановичем [9, 10]. Согласно этой классификации выделяются следующие классы луговой растительности:

- класс пустошных лугов (*Sedo-Scleranthetea*);
- класс остепненных (ксеротермных) лугов (*Festuco-Brometea*);
- класс мезофильных лугов (*Arrhenatheretea*);
- класс сырых лугов (*Molinio-Junceteae*);
- класс болотистых лугов (*Phragmitetea*).

В данной работе описываемые биотопы были отнесены к той или иной категории лугов согласно преобладанию в них по площади ассоциаций растительности, относящихся к тем или иным указанным выше классам.

Краткое описание мест проведения исследований

1. Пойменный луг на левобережье р. Сож к северу от д. Севруки Гомельского района. Луг ограничен руслом реки и зал. Сож. В паводки значительная площадь затопливается (в особо высокие – полностью). Биотоп имеет довольно характерный для Полесья рельеф «стиральной доски» с чередующимися гривами и ложбинами. Фитоценозы луга довольно разнообразны – от остепненных по верхним элементам рельефа (до 30 % общей площади) до сырых и болотистых по ложбинам (10–30 %). Имеются значительные древесно-кустарниковые заросли вдоль русла и протоков. Площадь пробной площадки – 0,2 км².

2. Луг на правобережье р. Ипуть в 1–1,5 км к востоку от д. Романовичи Гомельского района. На данном участке пойма несколько мелиорирована (имеется неразвитая система каналов), что, однако, не помешало сохраниться естественным сообществам растений. Пробная площадка площадью 0,16 км² расположена в прирусловой части поймы. Для нее характерен выровненный рельеф. Среди фитоценозов преобладают относящиеся к классу мезофитных лугов (до 80 % общей площади). Луг полностью затопливается только во время высоких паводков.

3. Луга на левобережье р. Сож в 0,5–2,5 км к северо-востоку от д. о. «Боровая» (Гомельский район). Расположены на высоком берегу и затопливаются только в экстремально высокие паводки либо по пониженным участкам рельефа. Пойма в этом месте значительно закустарена по ложбинам и старицам. Рельеф слабоволнистый с незначительными понижениями. Луг на пробной площадке «Боровая 1» общей площадью 0,1 км² относится к настоящему (мезофильным) высокотравным. Площадка «Боровая 2» (0,11 км²) расположена приблизительно в 2 км от описанной выше. Для нее характерна значительная доля довольно продуктивных ассоциаций, относящихся к классу остепненной растительности (60 % площадки).

Результаты и их обсуждение

Основные результаты учетов даны в таблице.

В целом видовое разнообразие гнездящихся птиц оказалось не высоким. Для площадки «Боровая 2» оно составило 6 видов (4 из них относятся к отряду воробьиных), для луга у д. Романовичи и площадки «Боровая 1» – 7 (5 воробьиных), для луга у д. Севруки – 9 видов (5 воробьиных). Разница в видовом разнообразии вполне согласуется со степенью неоднородности рельефа и растительности. Так, самым разнообразным в этом плане явля-

ется луг у д. Севруки. Наличие на его территории определенного количества сырых участков обусловило присутствие в биотопе бекаса, а также значительного количества тростниковой овсянки и камышовки-барсучка. Гнездование на лугу кулика-сороки подтверждено находкой гнезда этого вида 10.05.2003 в 40–50 м от русла протоки. В гнезде находились 3 яйца, размеры которых: 53,0×39,0 мм; 54,0×38,5 мм; 54,1×38,5 мм.

Плотность заселения лугов гнездящимися видами птиц (пар/км²)

Вид	Севруки	Романовичи	«Боровая 1» «Боровая 2»	
Перепел (<i>Coturnix coturnix</i>)	1,0	1,1	1,6*	
Коростель (<i>Crex crex</i>)	1,0	1,1	2,7*	
Кулик-сорока (<i>Haemantopus ostralegus</i>)	0,33	–	–	–
Бекас (<i>Gallinago gallinago</i>)	0,33	–	–	–
Полевой жаворонок (<i>Alauda arvensis</i>)	10,6	14,0	10,6	18,2
Желтая трясогузка (<i>Motacilla flava</i>)	22,5	20,2	22,5	27,3
Луговой чекан (<i>Saxicola rubetra</i>)	10,8	14,0	10,0	18,2
Камышовка-барсучок (<i>Acrocephalus chaenobaenus</i>)	30,0	14,0**	3,3**	–
Тростниковая овсянка (<i>Emberiza schoeniclus</i>)	10	3,1**	3,3**	9,1
Суммарная плотность	86,6	67,5	54,0	77,1
Биомасса (кг/км ²)	3,8	3,1	3,0	4,1

Примечание. * Расчеты плотности велись для участка длиной 2,5 км, включающего в себя мезофильные и остепненные участки собственно площадок «Боровая 1» и «Боровая 2», участок мезофитного луга между ними, а также некоторую часть древесно-кустарниковой растительности; ** за два года проведения исследований в один из них вид на учетной площадке не отмечался.

Общее видовое разнообразие обследованных лугов ниже, чем заливного осокового в пойме р. Припять у д. Лемешевичи (13 видов, из них 6 относятся к отряду воробьинообразных [2]) и польдерного пастбища у д. Черново (11 видов, 4 – из отряда воробьинообразных [2]), и примерно равно такому на злаковом польдерном лугу в долине р. Припять у д. Хлупин (8 видов, из них 5 относятся к отряду воробьинообразных [2]), а также на лугу у д. Теревень Пинского района (8 видов на естественных и 6 – на мелиорированных участках поймы [1]). Причем количество воробьинообразных на обследованных автором участках и на лугах у д. Лемешевичи, Черново и Хлупин оказалось примерно одинаковым – 4–6 видов.

Общими фоновыми видами на всех учетных площадках являются полевой жаворонок, желтая трясогузка и луговой чекан. Численность камышовки-барсучка и тростниковой овсянки существенно колебалась в разные годы. Так, в 2003 г. доля камышовки-барсучка на лугу у д. Севруки составила 16 % от общей плотности населения птиц биотопа, желтой трясогузки – 38 %. Учитывая это, списки фоновых видов для описываемых четырех площадок в отдельные годы во многом совпадают. Неворобьиные составляют небольшую долю – 3–8 % от общей плотности населения птиц биотопа – в орнитокомплексах всех четырех биотопов.

Указание для луга в окрестности д. Теревень [1] в значительной степени иных фоновых видов (тростниковая овсянка, камышовка-барсучок, болотная камышовка и болотный лунь), вероятно, можно объяснить иным характером биотопа (судя по географическому положению и списку доминантов, этот луг относится к классу болотистых). Авторы публикации [1] указывают, что на переходных к сельхозугодьям более сухих участках луга доминантами являются полевой жаворонок, луговой чекан, желтая трясогузка и сорокопуд-жулан, что в большей степени походит на структуру сообществ птиц пойменных лугов, описываемых в данной публикации.

Суммарная плотность населения птиц биотопа минимальна для площадки «Боровая 1» (54 пары/км²) и максимальна для луга у д. Севруки (86,6 пар/км²), что объясняется присутствием в биотопе видов сырых местобитаний – камышовки-барсучка и тростниковой овсянки.

Эти показатели намного ниже, чем для естественного (сырого), и выше, чем для осушенного луга у д. Теребень (200,5 и 25,15 пар/км² соответственно) [1]. Также они значительно ниже суммарной плотности населения лугов, представленных в публикации [2] (153–179 пар/км²), однако не так сильно отличаются от суммарной численности воробьиных указанных биотопов (92 пары/км² – для пойменного луга и 103–159 пар/км² – для полдерных лугов). В первом случае различия, вероятно, можно объяснить слабой схожестью биотопов, во втором, возможно, присутствием в пойме значительного количества неворобьиных, например колониальных поселений ржанкообразных. Более точное выяснение причин различий по опубликованным источникам [1, 2] невозможно из-за предельной краткости изложения в них данных.

Плотность населения разных видов птиц на обследованных участках пойм довольно сильно различается (см. таблицу). Численность полевого жаворонка и лугового чекана возрастает, а численность тростниковой овсянки и камышовки-барсучка понижается с уменьшением доли сырых и влажных участков. Значительное увеличение численности коростеля и перепела на лугах у д. о. «Боровая» следует, вероятно, отнести на счет эффекта экотонов – чередующихся открытых и поросших древесно-кустарниковой растительностью участков.

На обследованных участках пойм наибольшая биомасса гнездящихся птиц характерна для луга у д. Севруки и на площадке «Боровая 2». В первом случае это объясняется высокой численностью ряда видов (камышовка-барсучок, тростниковая овсянка), а также большим видовым разнообразием; во втором случае – более высокой численностью желтой трясогузки и лугового чекана, а также перепела и коростеля.

Сравним полученные нами данные с усредненными показателями для данного региона по классификации населения птиц Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин [10]. Описанные в работе биотопы следует отнести к классу населения 2.3.3. – пойм, внепойменных лугов, чередующихся с кустарниками и перелесками от средней тайги до широколиственных лесов. Приведенный в публикации [10] список лидирующих видов (серая славка, желтая трясогузка, болотная камышовка, луговой чекан и полевой жаворонок) совпадает с нашим списком в отношении трех видов. Рассчитанные по классификации плотности населения для лугового чекана и полевого жаворонка (по 11,2 пар/км²) примерно соответствуют таким для мезофильного луга у д. о. «Боровая» и разнообразного по микротопам луга у д. Севруки (см. таблицу). Численность же желтой трясогузки (13,4 пар/км²) несколько ниже, чем во всех обследованных биотопах.

Полученные данные могут быть использованы для сравнительного анализа сообществ птиц луговых экосистем различных классов.

1. Шкляр Л. П., Капитулец С. П. // Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование: Тез. докл. 2-й обл. науч. конф. Гомель, 1981. С. 41.

2. Долбик М. С., Вязович Ю. А., Парейко О. А. // Проблемы Полесья. Мн., 1987. Вып. 11. С. 150.

3. Никифоров М. Е., Козулин А. В., Яминский Б. В., Зуенок С. В. // Животный мир Белорус. Полесья, охрана и рац. использование: Тез. докл. 5-й обл. науч. конф. Гомель, 1988. С. 102.

4. Шкляр Л. П. // Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование: Тез. докл. 5-й обл. науч. конф. Гомель, 1988. С. 128.

5. Никифоров М. Е., Козулин А. В., Гричик В. В., Тишечкин А. К. Птицы Беларуси на рубеже XXI века. Мн., 1997.

6. Юркевич И. Д., Голод Д. С., Адерихо В. С. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование. Мн., 1979.

7. Гладков Н. А. // Птицы Советского Союза: В 6 т. М., 1951–1954. Т. 1. С. 3.

8. Glutz von Blotzheim Ursn. Handbuch der Vogel Mitteleuropas. Wiesbaden, 1973. Bd. 5.

9. Сцепановіч І. М. Сінтаксія і сіндынаміка лугавой расліннасці Беларусі: Аўтарэф. дыс. ... д-ра біял. навук. Мн., 2001.

10. Сцепановіч І. М. Экалага-фларыстычны дыягназ сінтаксонаў прыроднай травяністай расліннасці Беларусі. Мн., 2000.

11. Равкин Е.С., Бышнев И.И., Кочанов С.К. и др. // Достижения и проблемы орнитологии Северной Европы на рубеже веков: Тр. междунар. конф. «Актуальные проблемы изучения охраны птиц Восточной Европы и Северной Азии». Казань, 2001. С. 212.

Поступила в редакцию 13.02.2004.

Константин Викторович Барановский – аспирант кафедры общей экологии и методики преподавания биологии. Научный руководитель – кандидат биологических наук, доцент В.В. Гричик.

УДК 632.212:595.7 (476)

Д.Л. ПЕТРОВ

ФОНОВЫЕ ВИДЫ ТЕРАТФОРМИРУЮЩИХ НАСЕКОМЫХ БЕЛАРУСИ

This article is based on the results of the four-year investigations of teratogenic insects of Byelorussian fauna. The list of the most common and widespread in Belarus species is given. It includes 18 species of *Homoptera*, 5 of *Hymenoptera* and 8 of *Diptera* and contains descriptions of gall form, their localizations and host plants. A lot of teratogenic insects are pestful for wild, agricultural and ornamental plants.

Трофозоологическую группу тератформирующих насекомых составляют фитофаги, развитие которых сопровождается физиологически обусловленными нарушениями морфогенеза развития отдельных органов растений или их участков с формированием патологических новообразований – терат. Биохимическое и в определенной степени механическое воздействие, оказываемое этими фитофагами, приводит к серьезным нарушениям в нормальном осуществлении биохимических и физиологических процессов у растений-хозяев. В случае сельскохозяйственных культур это может иметь следствием снижение урожайности; в питомниках страдает качество посадочного материала плодово-ягодных культур; при культивировании лекарственных растений либо их заготовке в естественных угодьях снижается выход отвечающего стандартам фармакологического сырья. Серьезную опасность представляют тератогены в качестве вредителей зеленых насаждений, так как потеря растениями декоративности в этом случае носит стойкий характер и, как правило, не может быть компенсирована в течение текущего вегетационного сезона.

При всей своей практической значимости тератформирующие насекомые в условиях Беларуси до последнего времени оставались за пределами целенаправленных фаунистических, а также прикладных энтомологических исследований. Сведения о регистрациях отдельных видов этих насекомых на территории северо-запада Беларуси (в ее современных границах) содержатся в публикациях 1920–1930-х гг. [1, 2]. Информация о ключевых особенностях биологии и экологии, а также характере вредоносности тератформирующих насекомых из числа массовых вредителей зеленых насаждений Беларуси представлена в более поздних публикациях сотрудников лаборатории защиты растений Центрального ботанического сада Академии наук БССР [3–6]. Основные аспекты биологии галлообразующих хермесов подвергнуты специальному рассмотрению А.И. Блинцовым [6]. Среди тератформирующих членистоногих – вредителей сельскохозяйственных культур – следует выделить морковную листовую блошку (*Trioza apicalis* Frst.) [7].

Целенаправленные цецидологические исследования, начавшиеся на кафедре зоологии БГУ в 2000 г., позволили подготовить сводку по тератформирующим жесткокрылым (*Coleoptera*) фауны Беларуси [8]. В ней в качестве фоновых форм для региона приведены: *Saperda populnea* L. (*Cerambycidae*), *Brachonyx pineti* Payk. и *Ceutorhynchus pleurostigma* Marsh. (*Curculionidae*), а также *Apion frumentarium* Payk., *Betulapion simile* Kirby, *Catapion seniculus* Kirby, *Perapion curtirostre* Germ., *Perapion violaceum* Kirby, *Protapion ap-*

ricans Hbst., *Protapion assimile* Kirby, *Protapion varipes* Germ. (Apionidae). В настоящей работе рассматриваются фоновые в условиях Беларуси представители отрядов равнокрылых (Homoptera), перепончатокрылых (Hymenoptera) и двукрылых (Diptera) насекомых.

Отряд Homoptera – равнокрылые

Подотряд Psyllinea – листоблошки

Семейство Triozidae – триозиды

Trichohermes walkeri Frst. Личинки обитают в закрытых галлах, образуемых завернутыми на верхнюю сторону утолщенными краями листовых пластинок жостера слабительного (*Rhamnus cathartica* L.). Отмечается повсеместно, где произрастает растение-хозяин. Локально дает вспышки массового размножения.

Triosa apicalis Frst. Питание имаго и нимф приводит к сильной малоупорядоченной деформации (курчавости) листьев моркови посевной (*Daucus sativus* (Hoffm.) Roechl.). Фитофагом повреждаются и другие зонтичные, в том числе пастернак посевной (*Pastinaca sativa* L.) и петрушка кудрявая (*Petroselinum crispum* (Mill.) A.W. Hill) [9]. Характерным является сохранение колонизированными листьями зеленой окраски. В условиях Беларуси *T. apicalis* принадлежит к числу основных вредителей моркови [7].

Подотряд Aphidinea – тли

Семейство Adelgidae – хермесы

Adelges tardus Dreyf. Личинки инициируют образование небольших (длиной до 10 мм) овально-шишковидных желтоватых галлов, которые располагаются на вершинах побегов и заканчиваются пучком игл. Повсеместно повреждается ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) Karst.), иногда – ель колючая (*Picea pungens* Engelm.). Отсутствие в биологическом цикле миграции [6, 9] способствует интенсивному заселению одного или группы ближайших деревьев, вследствие чего создаются локальные очаги высокой численности.

Sacchiphantes abietis L. Развивается на ели обыкновенной и широко распространен на территории Беларуси. Формируемые галлы имеют вид крупных (длиной до 20 мм) темно-зеленых шишечек с малиновой окантовкой по краям чешуек. Как и предыдущий вид, *S. abietis* развивается неоплоцкло [6, 9] и сильно вредит, поскольку новые поколения развиваются из года в год на одном и том же растении, о чем свидетельствует наличие на побегах отмерших галлов предшествующих генераций хермеса.

Семейство Pemphigidae – пемфигиды

Eriosoma ulmi L. Тли развиваются в открытых галлах на листьях вязов шершавого (*Ulmus glabra* Huds., *Ulmus glabra* 'Pendula'), малого (*Ulmus minor* Mill.), мелколистного (*Ulmus pumila* L.) [10, 11]. Заселенные личинками основательниц листовые пластинки продольно скручиваются в трубку на нижнюю сторону, приобретая поперечную гофрировку и хлоротичную окраску. В отдельные годы поврежденность вязов бывает очень высокой: деревья утрачивают декоративность, поврежденные листья преждевременно желтеют, некротизируются и через некоторое время опадают.

Colopha compressa Koch. Основательницы инициируют образование закрытых галлов на верхней стороне листовых пластинок вязов гладкого (*Ulmus laevis* Pall.) и малого (*U. minor*) [10]. Продолговато-гребневидные галлы с зубчатым верхним краем плотно сжаты с боков и сужены кверху, располагаются вдоль главной жилки листа; со временем обычно краснеют. При интенсивной колонизации на одной листовой пластинке может располагаться до 10 и более галлов, что приводит к значительному снижению декоративности растений.

Pemphigus spyrothecae Pass. Тли развиваются в округлых галлах, расположенных на черешках листьев тополя черного пирамидального (*Populus nigra* L. var. *italica* Du Roi) и некоторых других представителей группы чер-

ных тополей. При питании основательницы черешок листа значительно утолщается и спирально закручивается; при этом образуется камера, внутри которой развиваются тли. Впервые *P. spyrothecae* был отмечен в зеленых насаждениях г. Минска в 1962 г. [3, 6] и за непродолжительное время стал опасным вредителем декоративных посадок.

Семейство *Aphididae* – афидиды

***Aphis fabae* Scop.** Полифаг, способный повреждать широкий круг древесных и травянистых растений. В условиях Беларуси иницируемые *A. fabae* тератоморфы повсеместно регистрируются на калине обыкновенной (*Viburnum opulus* L.), берескпетах – бородавчатом (*Euonymus verrucosa* Scop.) и европейском (*Euonymus europaea* L.), марях – белой (*Chenopodium album* L.) и сизой (*Chenopodium glaucum* L.). При питании тлей листовые пластинки на вершинах побегов интенсивно деформируются и теряют естественную окраску. Регулярно дает вспышки массового размножения.

***Aphis grossulariae* Kalt.** Тли образуют большие плотные колонии на вершинах растущих побегов, черешках и нижней поверхности листьев. Заселенные побеги прекращают рост, искривляются, листовые пластинки подвергаются сильной деформации и сбиваются в так называемое «гнездо». Сильно вредит крыжовнику (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.) и черной смородине (*Ribes nigrum* L.) [12]. В зеленых насаждениях в наибольшей степени повреждаются смородина альпийская (*Ribes alpinum* L.) и золотистая (*Ribes aureum* Pursh). В условиях Беларуси *A. grossulariae* отмечен также на интродуцированных *Ribes rubrum* L., *Ribes graveolens* Bge. и *Ribes warszewiczii* Jancz. [10, 12].

***Aphis ulmariae* Schrk.** Плотные колонии тлей развиваются внутри характерных открытых галлов или (редко) на вершинах растущих побегов и основаниях соцветий лабазника вязолистного (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.). Галлы образуются простым заворачиванием краев листовых пластинок на нижнюю сторону. Фоновый вид, отмечается повсюду, где произрастает растение-хозяин.

***Aphis viburni* Scop.** Колонии размещаются на нижней стороне листьев и вершинах растущих побегов калины обыкновенной (*V. opulus* L.); повреждения также регистрировались на *Viburnum molle* Michx. [10, 12]. Заселенные побеги прекращают рост; края листовых пластинок подгибаются вниз, образуя складчатые открытые галлы. В условиях Беларуси сильно вредит калине и ее садовым формам [12]. Регулярно отмечаются вспышки массового размножения.

***Cryptosiphum artemisiae* Buckt.** Заселенные листья полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.) несколько утолщаются, их края подворачиваются на нижнюю сторону, формируя довольно плотные образования шарообразной формы. Окраска галлов светло-зеленая, позднее – темно-красная. Пространство внутри галлов разделено на камеры, в которых развиваются тли. В отдельные годы регистрируются вспышки массового размножения.

***Brachycaudus spiraeae* Born.** Поврежденные листья спирей – белой (*Spiraea alba* Du Roi) и иволистной (*Spiraea salicifolia* L.) [10, 12] подвергаются скручиванию, превращаясь в узкий трубчатый галл. Поврежденные побеги утрачивают декоративность до конца текущего вегетационного сезона. Серьезно вредит посадкам спирей в зеленых насаждениях.

***Hyadaphis tataricae* Aiz.** Тли развиваются внутри сложенных пополам («лодочкой», т. е. вдоль центральной жилки на верхнюю сторону) листовых пластинок жимолости татарской (*Lonicera tatarica* L.). У интенсивно колонизированных побегов отмирает терминальная точка роста. Вскоре после этого начинается отрастание многочисленных вторичных побегов, имеющих уродливую форму и неестественную окраску (от желтоватой хлоротичной до красноватой и красно-коричневой). Высокий уровень вредоносности

H. tataricae [12] ставит под вопрос целесообразность использования жимолости татарской в декоративных зеленых насаждениях Беларуси.

***Hayhurstia atriplicis* L.** Колонии тлей иницируют формирование стручковидных галлов из продольно сложенных пополам листовых пластинок марей – белой и сизой. Заселенные листья приобретают хлоротичную окраску. Встречается повсеместно, степень поврежденности отдельных растений бывает очень высокой.

***Cryptomyzus ribis* L.** Весной основательницы иницируют образование на листовых пластинках красной смородины характерных желтеющих или краснеющих выпуклостей, в которых и располагаются рыхлые агрегации тлей. Повсеместно ощутимо вредит.

***Hyperomyzus lactucae* L.** Весной заселенные верхушечные листья черной смородины обесцвечиваются и деформируются. Позднее из складчатых открытых галлов тли могут переходить на нижние листья, которые мозаично желтеют. Сильно вредит черной смородине в условиях культурфитоценозов [12], а также в местах естественного произрастания.

***Rhopalomyzus lonicerae* Sieb.** Заселенные листовые пластинки на вершинах побегов скручиваются, на них появляются характерные желтоватые хлоротичные пятна; рост побегов замедляется или прекращается. Поврежденные растения утрачивают декоративность. В естественных лесных массивах *Rh. lonicerae* обычен на жимолости обыкновенной (*Lonicera xylos-teum* L.), в зеленых насаждениях повреждает большинство интродуцированных видов жимолостей [12].

Отряд *Hymenoptera* – перепончатокрылые

Семейство *Tenthredinidae* – настоящие пилильщики

***Pontania pedunculi* Hart.** Развитие личинок происходит в закрытых шаровидных, покрытых серовато-белым опушением галлах, которые располагаются на нижней поверхности листовых пластинок широколистных ив – ушастой (*Salix aurita* L.), пепельной (*Salix cinerea* L.) и козьей (*Salix caprea* L.).

***Pontania proxima* Lepel.** Личинки иницируют формирование однокамерных неопушенных удлиненно-овальной формы галлов на листьях гладколистных ив – пятитычинковой (*Salix pentandra* L.) и ломкой (*Salix fragilis* L.). Галлы толстостенные и выступают с обеих сторон листовой пластинки, располагаются по несколько в ряд, обычно травянисто-зеленой окраски, краснеющие сверху.

***Pontania viminalis* L.** Личинки развиваются в закрытых сферических беловатых или красноватых галлах на нижней поверхности листовой пластинки. В условиях Беларуси часто повреждаются ивы – пурпурная (*Salix purpurea* L.), корзиночная (*Salix viminalis* L.) и трехтычинковая (*Salix triandra* L.).

Семейство *Cinipidae* – орехотворки

***Andricus ostreae* Hart.** Личинки агамного поколения иницируют формирование на нижней поверхности вдоль главной жилки листьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) однокамерных овально-продолговатых небольших по размеру (длиной до 4 мм) блестящих галлов, покрытых тонкой пленкой. По мере роста эта пленка растрескивается, образуя две створки, которые позже засыхают, а созревший галл освобождается.

***Neuroterus quercusbaccarum* L.** Галлы располагаются на нижней и лишь изредка – на верхней поверхности листьев дуба черешчатого. Это уплощенно-округлые (диаметром 5–7 мм) с небольшим возвышением в центре и многочисленными пучками коричневых волосков светло-зеленые или красные закрытые галлы. Обычно на одном листе насчитывается от 1 до 15–20, иногда – до 100–150 галлов. В годы массового лёта орехотворок доля поврежденных листовых пластинок галлами может составлять 50 % [6].

Отряд *Diptera* – двукрылые

Семейство *Cecidomyiidae* – галлицы

***Dasineura rosaria* Lw.** Личинки формируют галлы в виде розетки из скученных недоразвитых и расширенных листьев верхушечной почки на вер-

шинах укороченных побегов различных видов ив. Диаметр розетки может достигать 60 мм, внутри развивается одна оранжевая личинка. Чаще повреждается ива козья, реже – ивы ушастая и пепельная.

***Dasineura tortilis* Bremi.** Личинки инициируют утолщение центральной и оснований боковых жилок листовых пластинок ольхи. При этом лист складывается пополам на верхнюю сторону, а в области утолщения жилок сморщивается, образуя камеры, где и обитают оранжевые личинки. На всей территории Беларуси *D. tortilis* развивается на ольхе клейкой (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.); в северной части страны повреждает ольху серую (*Alnus incana* L.).

***Iteomyia capreae* Winn.** Формируемые личинками небольшие (длиной до 3 мм) однокамерные галлы располагаются на листовых пластинках, выступающая с обеих сторон. У созревших галлов выходное отверстие расположено снизу. Повреждается преимущественно ива козья, изредка – ива пепельная.

***Rhopalomyia artemisiae* Bouche.** Личинки инициируют формирование галлов в виде плотного луковичеобразного скопления верхушечных листьев на вершинах стеблей полыни равнинной (*Artemisia campestris* L.). В основании галла располагаются многочисленные камеры с оранжевыми личинками. На одном растении может размещаться несколько галлов. Нередко наблюдаются вспышки массового размножения.

***Contarinia petioli* Kieff.** Галлы представляют собой однокамерные, изредка – многокамерные крупные шаровидные вздутия на черешках листьев, иногда – на молодых побегах осины (*Populus tremula* L.). На одном побеге, как правило, располагается несколько листьев с галлами. Повреждаются преимущественно молодые растения.

***Harmandia globuli* Rübs.** Оранжевые личинки обитают в небольших (диаметром до 3 мм) округлых с широким основанием галлах на листовых пластинках осины.

***Harmandia tremulae* Winn.** Личинки инициируют формирование зеленых, позднее приобретающих темно-красную окраску, сферических (до 6 мм в диаметре) толстостенных галлов на верхней поверхности листовых пластинок осины. Галлы часто располагаются группами по несколько экземпляров на лист.

***Lasioptera rubi* Schrk.** Личинки инициируют формирование веретеновидных или неправильно-округлых галлов на молодых побегах малины (*Rubus idaeus* L.) и реже – ежевики (*Rubus caesius* L.). Поверхность галлов шероховатая. Поврежденные стебли теряют гибкость и прочность, легко обламываются и отмирают. В условиях Беларуси принадлежит к числу основных вредителей садовой малины [13].

Среди рассмотренных фоновых видов тератформирующих насекомых фауны Беларуси большинство (18 видов) принадлежит к отряду равнокрылых насекомых. Наиболее распространенным типом повреждений, инициируемым этими фитофагами, является малоупорядоченная деформация листовых пластинок на вершинах растущих побегов. Подобные повреждения носят наиболее деструктивный характер по сравнению с большинством других типов терат, так как при этом обычно отмирают апикальные точки роста, поврежденные листья утрачивают естественную форму и окраску, преждевременно опадают, что значительно ослабляет растения и, естественно, снижает его декоративные качества. Пилильщики инициируют формирование галлов на листовых пластинках различных видов ив. В условиях зеленых насаждений Беларуси вызываемые ими повреждения редко носят массовый характер. Напротив, деятельность орехотворок может быть причиной значительной потери декоративности произрастающих здесь дубов. Большинство галлоформирующих галлиц не представляют собой уг-

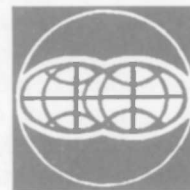
розы в качестве вредителей хозяйственно ценных растений. Однако повреждения, вызываемые осиновой черешковой галлицей (*C. petioli*), могут обусловить раннее опадание листы, а поврежденные малиновой стеблевой галлицей (*L. rubi*) стебли малины и ежевики преждевременно отмирают, зачастую еще до плодоношения. Таким образом, многие фоновые в условиях Беларуси виды тератформирующих насекомых имеют хозяйственное значение в качестве вредителей дикорастущих и декоративных растений, а также сельскохозяйственных культур.

1. Fiedorowiczówna Z. // Prace Towarzystwa przyjaciół Nauk w Wilnie. Wydział nauk mat. i przyr. 1930. T. 6. S. 25.
2. Perepeczko-Baumanova J. // Prace Towarzystwa przyjaciół Nauk w Wilnie. Wydział nauk mat. i przyr. 1934. T. 9. S. 239.
3. Горленко С.В., Панько Н.А. Вредители и болезни интродуцированных растений. Мн., 1967.
4. Горленко С.В., Панько Н.А. Формирование микофлоры и энтомофауны городских зеленых насаждений. Мн., 1972.
5. Горленко С.В., Панько Н.А., Подобная Н.А. Вредители и болезни розы. Мн., 1984.
6. Горленко С.В., Блинцов А.И., Панько Н.А. Устойчивость древесных интродуцентов к биотическим факторам. Мн., 1988.
7. Сидляревич В.И., Колядко Н.Н., Попов Ф.А. и др. // Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков (рекомендации). Барановичи, 1998. С. 189.
8. Петров Д.Л., Мелешко Ж.Е., Буга С.В. // Евразийский энтомологический журнал. 2003. Т. 2. Вып. 3. С. 101.
9. Зерова М.Д., Мамонтова В.А., Ермоленко В.М. и др. Насекомые-галлообразователи культурных и дикорастущих растений европейской части СССР. Равнокрылые, чешуекрылые, жесткокрылые, полужесткокрылые. Киев, 1991.
10. Буга С.В. Дендрофильные тли Беларуси. Мн., 2001.
11. Буга С.В. Тли древесных растений Центрального ботанического сада АН БССР. I. Phylloxeridae и Pemphigidae / Центр. бот. сад АН БССР. Мн., 1989. 10 с. Деп. в ВИНТИ 25.01.89, № 636-B89 // Изв. АН БССР. Сер. биол. наук. 1989. № 3. С. 112.
12. Буга С.В. Тли древесных растений Центрального ботанического сада АН БССР. IV. Aphidinae / Центр. бот. сад АН БССР. Мн., 1991. 15 с. Деп. в ВИНТИ 06.08.91, № 3378-B91 // Изв. АН БССР. Сер. биол. наук. 1992. № 1. С. 119.
13. Матвейчик М.А., Супранович Р.В. // Эколого-экономические основы усовершенствования интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков: Тез. докл. науч.-практ. конф.: В 2 ч. Мн., 1996. Ч. 1. С. 149.

Поступила в редакцию 26.03.2004.

Дмитрий Леонидович Петров – аспирант кафедры зоологии. Научный руководитель – доктор биологических наук, профессор С.В. Буга.

География



К 70-летию географического факультета БГУ

УДК 091 (476)

И.И. ПИРОЖНИК, М.Н. БРИЛЕВСКИЙ, Г.С. СМОЛЯКОВ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА В НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ (1934–2004)

The main development stages of the Faculty of Geography of Belarusian State University are considered. Structure of academic plan of professional education, organization of scientific researches and development of scientific geographical schools are described.

Становление географического образования и изучение ряда географических дисциплин студентами общественно-педагогического факультета началось с первых лет деятельности БГУ. Большую научную и учебно-методическую работу в этом направлении в 1920-х гг. вели академик Н.Ф. Блиодоу и профессор А.А. Смолич.

В начале 1930-х гг. программы индустриализации, культурного строительства, развития школьного образования вновь со всей остротой поставили задачу создания в БССР системы специального географического образования. В июле 1931 г. была проведена реорганизация БГУ и на базе факультетов организованы самостоятельные институты (педагогический, медицинский, советского строительства и права, финансовый и др.). В соответствии с Постановлением СНК БССР от 7 июля 1931 г. в БГУ планировалось создать на основе физико-технического и природоведческого отделений новые факультеты: биологический, химический, физико-математический и географический со сроком обучения 3 года для подготовки учителей школ и 1,5–2 года дополнительно для преподавателей вузов и научных работников. Однако слабая материально-техническая база и отсутствие кадров не позволили этим планам осуществиться. После принятия 16 мая 1934 г. СНК СССР и ЦК ВКП(б) постановления «О преподавании географии в начальной и средней школе СССР» СНК БССР 3 июня 1934 г. принял специальное решение, которым предусматривалось открытие в БГУ геолого-почвенно-географического факультета с 5-летним сроком обучения. Для работы на факультете были приглашены академики – почвовед Я.Н. Афанасьев и геолог Н.Ф. Блиодоу, профессор Е.И. Проскуров, доценты Н.Ф. Медведев, М.Ф. Козлов, на должность заведующего музеем геологии – ассистент П.Н. Зубрицкий и др.

К 1936 г. на географическом факультете работали три отделения – географии, геологии, почвоведения, функционировали кафедры минералогии и петрографии (заведующий профессор Н.Ф. Чурин), общей геологии (заве-

География

дующий профессор С.С. Маляревич), исторической геологии (заведующий И.И. Кроль), почвоведения (заведующий Я.Н. Афанасьев), физической географии (заведующий В.П. Налимов), экономической географии (заведующий профессор М.Н. Смирнов). С 1937 г. после закрытия отделения геологии факультет стал называться географическим. Деканом в эти годы (1936–1938) работал О.Н. Андрущенко. В 1943 г. прерванную войной деятельность факультет возобновил на ст. Сходня Московской области. Учебно-методическую работу вели декан В.А. Дементьев и М.Н. Смирнов.

Таблица 1

Географические специальности в вузах Беларуси в 2003 г.

Вуз, факультет	Специальность	Прием на бюджетную форму, 2003 г. дн./заоч.	Число специальных кафедр	ППС с ученой степенью	
				д-р. ... наук, проф.	канд. ... наук, доц.
Белорусский государствен- ный университет, геогра- фический факультет	География	65/35	8	16	40
	Геоэкология	15/15			
	Географические информационные системы (ГИС)*	15/0			
	Геология	15/0			
Белорусский государствен- ный педагогический уни- верситет им. М. Танка, фа- культет естествознания	География	0/50	3	2	14
	География – биология	45/0			
	География – белорус- ский язык	25/0			
Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина, геогра- фический факультет	География	13/70	3	3	7
	География – биология	15/0			
	География – экономика	15/0			
Гомельский государствен- ный университет им. Ф. Скорины, геолого- географический факультет	География	28/25	3	2	10
	Экология	30/0			
	Геология	30/0			
Могилевский государствен- ный университет им. А.А. Кулешова, факуль- тет естествознания	География – биология	25/0	1	–	3
Витебский государствен- ный университет им. П.М. Машерова, биоло- гический факультет	География – биология	34/0	1	–	5
Итого		370/195	19	23	79

Примечание. * Специализация с отдельным учебным планом.

В отдельные периоды 1950–1960-х гг. на факультете, кроме географического, функционировали отделения геологии и почвоведения. Наряду с подготовкой учителей географии большое внимание уделялось воспитанию научных работников и преподавателей вузов. В 1970–1980-х гг. набор студентов составлял 125–200 человек, открывались новые кафедры и НИЛ. В 1990-х гг. система высшего географического образования получила дальнейшее развитие, географические специальности были открыты в вузах г. Гомеля и Витебска, восстановлены в г. Могилеве. Однако по своему научно-кадровому потенциалу, организационной структуре, количеству специальностей и специализаций ведущим центром подготовки географических кадров в XXI в. остается географический факультет ВГУ (табл. 1). Общий план набора на географические и родственные специальности составил в 2002 г. 545 человек (65 % на дневные отделения), при этом на дневных отделениях классическая география без учета сдвоенных специальностей составляет не более 1/3 общего приема, а на заочных – доминирует (87 %). Появление новых специальностей в системе географического образования вызвано, с одной стороны, дальнейшей дифференциацией географических наук, а с другой – стремлением факультетов удовлетворить запросы практики на географов и других специалистов смежных специальностей.

Современная география как целостная система естественных и общественных наук о закономерностях развития географической оболочки Земли, структуре, функционировании и взаимодействии природных и социально-экономических территориальных систем разрабатывает принципы и нормативы рационального природопользования, оптимальной территориальной организации общества и формирования экологически устойчивой среды его жизнедеятельности.

Профессиональная сфера специалиста-географа, кроме педагогической деятельности, охватывает сегодня широкий спектр комплексных научных исследований природно-ресурсного потенциала и интенсивности его хозяйственного освоения, динамики процессов круговорота веществ и энергии в географической оболочке Земли на глобальном, региональном и локальном уровнях, прогнозирования развития, трансформации и территориальной организации природно-антропогенных и социально-экономических геосистем.

В целях повышения качества университетского образования, более полного удовлетворения потребностей в специалистах различной квалификации с 2001 г. на основании Положения о подготовке специалистов с высшим образованием БГУ перешел на многоуровневую систему обучения:

- бакалавр – 4 года обучения (с прохождением учебных, производственной и педагогической практик);
- дипломированный специалист – 5 лет (с организацией учебного процесса по традиционным схемам с внедрением новых образовательных технологий);
- магистр – 6 лет (с ориентацией на научно-исследовательскую работу).

В рамках существующих специальностей и форм обучения на географическом факультете проводится внедрение трехуровневой системы на всех специальностях (специализациях) дневного отделения («география», ГИС, «геоэкология» и «геология»). На заочном отделении обучение планируется вести на двух уровнях (бакалавр – 5 лет и дипломированный специалист – 6 лет) по специальностям «география» и «геоэкология».

Однако для специалистов многоуровневой подготовки до конца не проработаны виды профессиональной деятельности и потребности в них рынка труда. По нашим представлениям, выпускники со степенью бакалавра смогут занимать должность лаборанта, техника, учителя 6–10 классов; специалисты – инженера, методиста, преподавателя 10–12 классов школ, лицеев и гимназий, магистры – научных сотрудников, преподавателей колледжей, вузов.

Учебные планы по трем ступеням обучения построены на основе принципа комплиментарности и взаимодополняемости: на более высокой ступени они включают дисциплины предыдущего уровня в качестве составной части с защитой выпускной работы и аттестации в ГЭК.

После завершения обучения на втором курсе с учетом проявленных способностей и успеваемости студенты распределяются на три потока для получения соответствующей квалификации и степени.

На факультете постоянно ведутся научные исследования по широкому спектру актуальных проблем физической и экономической географии и геоэкологии, среди которых на современном этапе основной является оптимизация среды жизнедеятельности человека для обеспечения национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь.

На ближайшие годы определены приоритетные направления географических исследований:

- Разработка теоретических основ функционирования и оптимизации геосистем, формирование базы данных о природных комплексах страны и создание геоинформационных систем, оценка ландшафтного разнообразия.

- Оценка природно-ресурсного потенциала Беларуси, разработка теоретических и прикладных основ рационального природопользования, тематическое картографирование территории страны.

- Экономико-географический анализ развития и размещения отдельных отраслей производственно-хозяйственного и социального комплекса, оценка трудовых ресурсов Беларуси и ее отдельных регионов, рекреационно-туристского потенциала, прогнозирование демографических процессов.

- Организация системы мониторинга территориальных комплексов и отдельных природных компонентов, научное обоснование создания и разработки схем функционального зонирования особо охраняемых природных территорий.

- Генезис и закономерности размещения месторождений полезных ископаемых, геолого-экологическая оптимизация природной среды в районах горнопромышленного производства.

Результатом научной работы является комплекс разработок в области физической географии, геологии и геоморфологии, ландшафтоведения, озероведения, климатологии, почвоведения, картографии, социальной и экономической географии.

Итогом комплексного изучения природы, населения и хозяйства Беларуси стали фундаментальные издания «Атласа БССР» (1958 г.), пятитомной «Энциклопедии природы Беларуси» (1983–1986 гг.), первого «Национального Атласа Беларуси» (2002 г.), в разработке ключевых разделов которого принимали участие сотрудники факультета. Общий уровень организации НИР в последние годы отражен в табл. 2.

Таблица 2
Основные показатели научно-исследовательской работы в 1999–2003 гг.

Показатель	Год				
	1999	2000	2001	2002	2003
Всего выполнялось тем НИР	49	51	53	47	56
В том числе:					
заданий и тем по ГНТП и ГПФИ	6	4	11	12	13
Завершено тем НИР	18	29	20	21	28
Общее число научных изданий	352	382	357	441	381
В том числе:					
• монографий	2	3	6	8	9
• учебников и учебных пособий	11	13	14	20	18
• научных сборников	4	3	3	3	3
Проведено научных конференций и семинаров	5	4	6	3	5
Защищено диссертаций сотрудниками факультета					
• кандидатских	1	2	2	2	2
• докторских	–	–	–	1	1
Число студентов, участвующих в НИРС, чел.	166	174	156	168	250
Удельный вес от общего числа студентов стационара, %	26	29	26	28	38

За 70 лет, которые прошли со дня основания географического факультета, сложилось несколько научных школ, имеющих важное значение для развития географии в Беларуси. По отдельным научным направлениям факультет стал практически единственным в стране центром, где успешно развиваются географические идеи от разработок методических подходов до их реализации в виде классификаций, схем районирования, решения ряда прикладных задач. К настоящему времени успешно функционируют научные школы по почвоведению, экономической географии, ландшафтоведению и озероведению.

Основа школы почвоведения была заложена исследованиями Я.Н. Афанасьева уже в 1930-х гг. В довоенные и первые послевоенные годы она получила развитие в исследованиях А.Г. Медведева, И.С. Лупиновича, под руководством которых была разработана методика крупномасштабного картографирования почв и начали проводиться работы по поиску путей повыше-

ния их плодородия. Дальнейшие исследования были направлены на обоснование необходимости и целесообразности мелиорации заболоченных земель (И.С. Лупиневич), качественную оценку сельскохозяйственных земель (А.Г. Медведев, А.М. Попова, В.И. Шабанова), противоэрозионную организацию территории (А.Г. Медведев, С.М. Зайко, А.Ф. Черныш, В.В. Стецко), изучение геохимических процессов и агрохимических свойств почв (И.С. Лупиневич, Г.П. Дубиковский, Н.К. Чертко, Н.А. Гецевич, Л.Ф. Вашкевич, В.С. Аношко, К.К. Кудло, Т.А. Кудло, Л.И. Лозовский, Н.В. Клебанович), мелиоративно-географические (В.С. Аношко) и геохимические (Н.К. Чертко) исследования почв и ландшафтов, прогнозирование последствий антропогенного влияния на почвы (В.С. Аношко, С.М. Зайко, Л.Ф. Вашкевич).

Основными направлениями современных исследований, проводимых в рамках научной школы почвоведения, являются изучение трансформации почв под влиянием антропогенных факторов, исследование почвенно-геохимических процессов в ландшафтах Беларуси, разработка путей оптимизации землепользования в эродированных агроландшафтах, создание функциональных моделей экологически безопасного использования земель, загрязненных радионуклидами.

Образование школы социально-экономической географии в предвоенные годы, когда встал вопрос о необходимости комплексного подхода к изучению географической среды и природных ресурсов, связано с именами приглашенных из Москвы профессора М.Н. Смирнова и доцента В.Е. Зудилина. Под руководством М.Н. Смирнова были подготовлены первые в республике кандидаты наук: И.И. Трухан (география льноводства и льняной промышленности БССР) и Н.Т. Романовский (география торфяной промышленности БССР), которые в 1960–1980-х гг. возглавили исследования по географии отраслей народного хозяйства и регионов Беларуси. Основными направлениями деятельности научной школы в этот период стали работы по развитию и размещению промышленности (Г.В. Аниченко), географии сельского хозяйства (Н.И. Журавская, Г.С. Смоляков), развитию промышленных узлов, формированию и территориальной организации областных АПК (Л.А. Павлович, В.В. Некриш), а также региональные исследования Белорусского Полесья (А.Я. Малышев, С.И. Сидор). В настоящее время большое внимание уделяется проблемам социально-экономического развития Беларуси в условиях перехода от централизованно планируемой системы хозяйствования к рыночной (Л.В. Козловская), изучению экономики использования природных ресурсов и размещения производительных сил (А.В. Томашевич), рекреационной географии (И.И. Пирожник, В.М. Зайцев, Т.А. Федорцова, Ф.С. Фещенко), демографии и географии населения (Б.А. Манак, Е.А. Антипова, И.И. Пирожник, И.В. Загорец). Современные исследования связаны с новейшими тенденциями в географии мирового хозяйства, экономической и политической географии зарубежных стран, демографии, рекреационной географии (А.В. Томашевич, Е.А. Антипова, И.И. Пирожник и др.). Много внимания уделяется оценке природно-ресурсного потенциала страны, территориальной организации социально-экономических геосистем.

Становление ландшафтной школы произошло в 1950–1960-х гг., когда под руководством профессора В.А. Дементьева начались исследования природных ландшафтов севера Беларуси, была разработана методика их картографирования, выявлено морфологическое строение ландшафтов, начались прикладные работы. Дальнейшее развитие ландшафтной школы связано с работами Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицуновой и др., под руководством которых была составлена ландшафтная карта масштаба 1:600 000 (1984), отразившая сложную структуру и основные закономерности распространения ландшафтов страны, разработана классификация ландшафтов, проведено ландшафтное и физико-географическое районирование,

подготовлена коллективная монография «Ландшафты Белоруссии» (1989), серия ландшафтных карт областей и административных районов Беларуси. В 1980-х гг. проведено изучение и картографирование антропогенных ландшафтов Беларуси, разработана их классификация. Расширились рамки прикладных ландшафтных исследований: появились работы по сельскохозяйственной (Г.Т. Хараничева, В.М. Яцухно), рекреационной (И.И. Счастливая), мелиоративной (М.Н. Брилевский), агроэкологической (А.Н. Витченко) оценке ландшафтов, по ландшафтной индикации (В.Н. Губин, Ю.М. Обуховский). В 1990-х гг. стало формироваться геоэкологическое направление (А.Н. Витченко, Г.И. Марцинкевич и др.), активизировались работы по выявлению закономерностей формирования и функционирования урбанизированных ландшафтов. В настоящее время много внимания уделяется концепции ландшафтного и комплексного физико-географического районирования Беларуси, методам оценки экологического состояния, устойчивости, экологического потенциала ландшафтов, изучению ландшафтного разнообразия, ландшафтно-экологическому обоснованию территориальных схем охраны окружающей среды, теоретическим и прикладным основам оценки агроэкологического потенциала ландшафтов.

Научная школа озераведения возникла в начале 1960-х гг. Инициатор комплексных лимнологических исследований озер Беларуси О.Ф. Якушко организовала учебную лимнологическую лабораторию озераведения (1967), преобразованную затем в отраслевую НИЛ озераведения (1973). Сотрудниками лаборатории была проведена инвентаризация более 600 озер, батиметрическая съемка, изучены температурный и газовый режимы, гидрология озер и физико-географические условия водосбора, мощность, возраст и вещественный состав донных отложений, специфика их хозяйственного использования. Появился ряд фундаментальных научных и учебных работ по лимнологии (О.Ф. Якушко, 1967, 1971, 1981), составлен первый справочник, включающий свыше 50 режимных характеристик озер (1983), были разработаны их природно-генетическая (О.Ф. Якушко) и природно-хозяйственная (Б.П. Власов) классификации, а также научно обоснованы методы восстановления деградированных озер, заложены основы их рационального использования.

К концу 1980-х гг. сформировались самостоятельные направления в лимнологической школе, базирующиеся на достижениях в области изучения озер: собственно лимнология (О.Ф. Якушко, Б.П. Власов), гидрология водохранилищ (В.М. Широков, Г.М. Базыленко, П.С. Лопух), гидрология карьерных водоемов (С.А. Хомич). В настоящее время успешно проводятся работы по кадастровой оценке водоемов, созданию информационно-справочных систем и классификации озер, проблемам происхождения, эволюции и палеолимнологии озер и водохранилищ, изучению влияния искусственных водоемов на окружающую природную среду и антропогенного воздействия на озера.

В числе отдельных научных направлений, развивающихся на географическом факультете, следует отметить климатологию, картографию и топонимику.

Вопросы климатологии, агроклиматологии и фенологии активно разрабатывались в послевоенные годы профессором А.Х. Шкляром. Его монографию «Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве» (1973), в которой проведено агроклиматическое районирование Беларуси, можно считать образцом регионального географического исследования в области сельскохозяйственной климатологии. Проблемами микроклимата, климатических ресурсов, влияния мелиорации на микроклимат занимаются ученики А.Х. Шкляра – Н.П. Хомицкий и П.А. Ковриго. В научных трудах А.Н. Витченко складывается новое направление – биоклиматология.

Значительных успехов достигли ученые факультета и в области картографии. Был создан первый в истории республики «Атлас БССР» (1958). По итогам переписей населения в 1959, 1970, 1979 гг. разработаны тематические карты населения и населенных пунктов Беларуси под руководством В.Я. Крищановича. Несколько изданий выдержал учебный «Атлас Рэспублікі Беларусь» (1990–2004), подготовленный под редакцией профессора Р.А. Жмойдяка. Создан также ряд настенных учебных карт для школ и вузов (В.С. Аношко, Е.А. Антипова, Р.А. Жмойдяк, И.И. Пирожник, В.М. Зайцев, М.Н. Брилевский, Г.С. Смоляков, В.В. Некриш и др.). Сотрудниками географического факультета составлены 85 карт для «Национального Атласа Беларуси». За разработку вопросов тематического картографирования заместитель главного редактора И.И. Пирожник, ответственные редакторы разделов В.С. Аношко, Г.И. Марцинкевич и Р.А. Жмойдяк и заместитель председателя главной редакционной коллегии А.В. Козулин в 2003 г. стали лауреатами премии им. академика А.Н. Севченко.

На факультете с 1960-х гг. успешно развиваются исследования по топонимике. Профессором В.А. Жучкевичем был подготовлен ряд научных и учебных работ, в том числе «Общая топонимика» (1968), «Топонимика Белоруссии» (1968), «Краткий топонимический словарь Белоруссии» (1974). Сейчас в этой области географии работает доцент Г.Я. Рылюк, который опубликовал серию книг по топонимике Беларуси и мира.

Географический факультет осуществляет международное сотрудничество с учебными и научно-исследовательскими учреждениями зарубежных стран. Заключены договоры о совместной деятельности с МГУ им. М.В. Ломоносова и Институтом географии РАН (Москва), Санкт-Петербургским университетом, Смоленским гуманитарным университетом, Институтом географии Сибирского отделения РАН, Киевским университетом, Силезским, Познанским и Люблинским университетами (Польша), Рурским университетом (Германия), университетом Сорбонна (Франция), университетом г. Упсала (Швеция) и др.

Сотрудники факультета принимают участие в работе различных международных координационных советов, бюро, групп (по туризму, эрозии почв, фундаментальным географическим проблемам и др.).

Важное направление международного сотрудничества – научные исследования в рамках различных международных программ: ТАСИС, ИНТАС, ПРООН-ГЭФ, ФАРЕ и др.

Сотрудниками факультета и учеными Силезского университета издан сборник научных трудов «Природопользование в условиях дифференцированного антропогенного воздействия» (2002), а совместно с сотрудниками Института географии Сибири – «Природные ландшафты» (2002).

Основными путями повышения эффективности учебной и научной работы, позволяющими реализовать задачи современных географических исследований, являются: дальнейшая координация НИР, разработка комплексных программ по проблемам оптимизации среды жизнедеятельности; активизация исследовательской работы научно-педагогического состава факультета, более широкое участие в международных научных программах и проектах; совершенствование научно-инновационной деятельности, укрепление научно-производственных связей с различными учреждениями и ведомствами.

Поступила в редакцию 03.05.2004.

Иван Иванович Пирожник – доктор географических наук, профессор кафедры экономической географии зарубежных стран, декан географического факультета.

Михаил Николаевич Брилевский – кандидат географических наук, доцент кафедры географической экологии.

Геннадий Степанович Смоляков – кандидат географических наук, доцент кафедры экономической географии Беларуси и государств Содружества.

ВЫДЕЛЕНИЕ ТРЕЩИННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА МЕТОДОМ АНАЛИЗА КРИВИЗНЫ ПЛАСТА

The method of bed curvature analysis used for selection of fracture collectors in the Devonian deposits of the central part of the Pripyat Trough. Areas with absolutely curvature more than $3 \cdot 10^{-9} \text{ m}^{-1}$ that has higher collector degree with tectonic fracture supported by the core data are observed.

Выделение зон повышенной трещиноватости в пластах-коллекторах имеет большое значение при поисках и разведке месторождений углеводородов в Припятском прогибе. Возникновение этих зон связано с пластичными и последующими разрывными дислокациями, возникшими в результате тектонических напряжений, существовавших в толще осадочных отложений Припятского прогиба в геологическом прошлом. Перспективными в плане выявления новых месторождений углеводородов в Припятском прогибе являются его центральная и южная части. Основные объекты исследований – межсолевые девонские (нижнефаменские) отложения, достаточно хорошо изученные геофизическими методами и в меньшей степени – бурением. Имеющиеся геолого-геофизические данные о межсолевой толще позволили построить ряд структурных карт поверхности и подошвы этих отложений, а также некоторых горизонтов в ее пределах. На этих картах выделены антиклинальные структуры, которые при определенных условиях могут быть нефтеперспективными. Однако структурных построений зачастую недостаточно для того, чтобы сделать вывод о коллекторских свойствах пород, сложенных антиклинальными структурами.

Для выделения участков с повышенными коллекторскими свойствами за счет тектонических трещин, образованных в результате деформации межсолевой толщи на синрифтовом и пострифтовом этапах развития Припятского прогиба, нами был применен метод анализа количественной оценки абсолютной кривизны пласта. В качестве объекта исследований была выбрана подошва межсолевых отложений, т. е. ее современная конфигурация. Выбор этой поверхности не случаен. Именно подошва, а не кровля межсолевого комплекса представляет больший интерес, поскольку последняя была нередко размыта и разрушена, в частности на приразломных участках на этапе активного погружения осадочного палеобассейна в период накопления верхней (позднефаменской) соленосной толщи и последующего галокинеза. Оценка кривизны кровли межсолевых отложений также представляет определенный интерес для сравнения с аналогичным показателем по подошве. Возможность проведения в дальнейшем подобного сравнительного анализа позволит подтвердить выделенные нами зоны повышенной трещиноватости.

Кривизна поверхности имеет значение при анализе деформаций пластов горных пород. Она является количественной характеристикой, позволяющей оценить вероятность процессов разрушения пород в результате изгиба пласта.

Ранее нами были выполнены расчеты по определению абсолютной кривизны поверхности на плоскости, перпендикулярной гипсометрической поверхности, по направлению ее градиента [1]. Усовершенствованная нами методика позволила рассчитать значения абсолютной кривизны пласта в трехмерном пространстве.

В двухмерном измерении кривизна k линии / поверхности z исследуемого пласта была рассчитана по известной формуле:

$$k = \frac{d^2 z / dl^2}{(1 + (dz / dl)^2)^{3/2}} \quad (1)$$

Формула (1) позволяла рассчитывать абсолютную кривизну поверхности в двухмерном пространстве. Величина знаменателя формулы играет важную роль при наклонном залегании поверхности исследуемого пласта. Обратная величина кривизны (k) является радиусом кривизны в точке I . Значение толщины пласта, деленное на радиус кривизны, пропорционально напряжению линейного растяжения. Приведенные параметры являются количественными характеристиками, позволяющими оценить вероятность процессов разрушения пород в результате изгиба пласта. Конечно-разностный аналог при $dz = \text{const}$ с учетом масштаба карты имеет вид:

$$K = \frac{2\Delta H(L_1 - L_2)(KM)^2}{L_1 L_2 (L_1 + L_2) [1 + \Delta H / (KM) \cdot (L_1 + L_2)]^{3/2}}, \quad (2)$$

где M – масштаб карты, K – коэффициент, учитывающий единицы измерения расстояния между изогипсами на карте, H – сечение изогипс, L_1, L_2 – расстояние между изогипсами, перпендикулярное их простиранию соответственно между точками 1 и 2, 2 и 3 и т. д. Например, при измерении расстояния в сантиметрах $K=1000$.

Увеличение скорости и точности расчетов позволило решить более сложную задачу оценки кривизны в трехмерном (объемном) пространстве, учитывая деформации пласта не только по вертикали, но и по горизонтали (латерали), что сделало метод более точным и достоверным. Понятие кривизны поверхности по сравнению с кривизной линии имеет более сложное толкование в применении к трехмерному пространству.

Наибольший интерес из всех характеристик кривизны в нашем случае представляет главная максимальная кривизна. Основные величины кривизны поверхности в исследуемой точке находятся, согласно расчетам Б.А. Дубровина и др. [2], из отношения значений второй и первой квадратичной форм (трехмерный аналог уравнения (1)). Кривизна поверхности выступает здесь в качестве вектора, компонентами которого являются главные кривизны на касательной плоскости к исследуемой поверхности. Их значения определяются как корни квадратного уравнения (2).

$$k_{1,2} = (b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})/2a, \quad (3)$$

где $a = 1 + f_x^2 + f_y^2$; $b = f_{xx}(1 + f_y^2) + f_{yy}(1 + f_x^2) - 2f_x f_y f_{xy}$; $c = 2f_{xx}f_{yy}f_{xy}/a$; f_x – значение производной функции f по x .

Поскольку в нашем случае наибольший интерес представляет максимальное значение кривизны, можно им и ограничиться. Другие характеристики кривизны не рассматриваются.

Для выполнения расчетов согласно уравнению (2) и методике построения графических приложений предварительно были выполнены операции по оцифровке структурных карт, включавшие сканирование исходных карт и перевод изображений в цифровую форму в виде представления $z = f(x, y)$ на равномерной сетке. Вычисления производных z выполнены методом конечно-разностной аппроксимации.

После оцифровки структурной карты массив данных был просчитан по формуле (3). В результате количественного расчета кривизны подошвы межсолевых отложений были построены карты, отображающие конкретные значения максимальной кривизны по соотношению зон искривления (флексурных зон) со смежными относительно выровненными участками моноклинального залегания этой поверхности (рис. 1). На следующем этапе формализации структурной карты в пределах блоков, ограниченных разрывными нарушениями, были выделены участки структурной поверхности со значениями максимальной кривизны $1 \cdot 10^{-5}$, $3 \cdot 10^{-4}$ м⁻¹ и более. Максимальная кривизна поверхности в пределах самого тела разлома и в непосредственной близости от него игнорировалась.

В результате вычисления максимальной кривизны подошвы межсоловых отложений и формализации структурной карты этой поверхности на фоне моноκлиальных участков, где кривизна равна или близка к нулю, вырисовались участки со значениями максимальной кривизны $1 \cdot 10^{-5}$, $3 \cdot 10^{-5}$, $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$ и более.

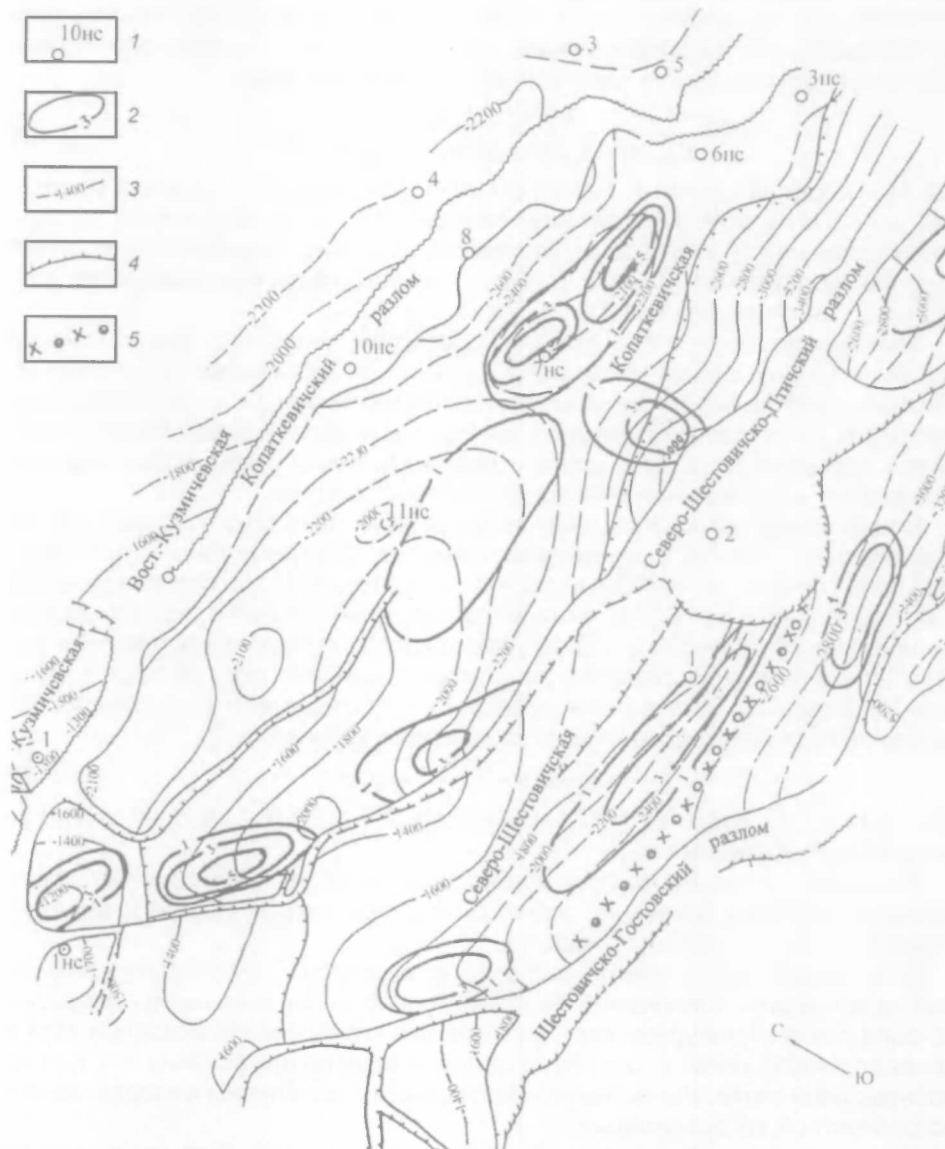


Рис. 1. Фрагмент структурной карты подошвы межсоловых отложений центральной части Припятского прогиба с изолиниями абсолютной кривизны подошвы межсоловых отложений. Условные обозначения: 1 – скважины; 2 – изолинии абсолютной кривизны подошвы межсоловых отложений ($\mu \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$); 3 – изогалсы подошвы межсоловых отложений (по данным Т.А. Пуго); 4 – разломы; 5 – зона разрывных нарушений, выделенная по данным палеогеодинамических исследований

Формализация структурной карты позволила выделить локальные разломы, выразившиеся в виде зон запредельной кривизны. Подобные локальные тектонические разрывные нарушения с трудом определяются по геофизическим данным, поскольку небольшая амплитуда смещения по этим разломам меньше степени точности интерпретации геофизических материалов.

На рис. 1 представлена карта распределения зон максимальной кривизны подошвы межселевых отложений в центральной части Припятского прогиба в пределах субширотного блока, ограниченного с севера локальным разломом, субпараллельным субрегиональному Северо-Шестовичско-Птичскому разлому, а с юга – Шестовичско-Гостовским субрегиональным разломом. В пределах названного блока расположены два нефтепоисковых объекта: Северо-Скрыгаловская структура на западе и Прудокская – на востоке. Пробуренная в месте наибольшего перегиба одного из склонов антиклинальной складки скв. 2 Северо-Скрыгаловская подтверждает наличие трещиноватых пород, слагающих межселевые отложения.

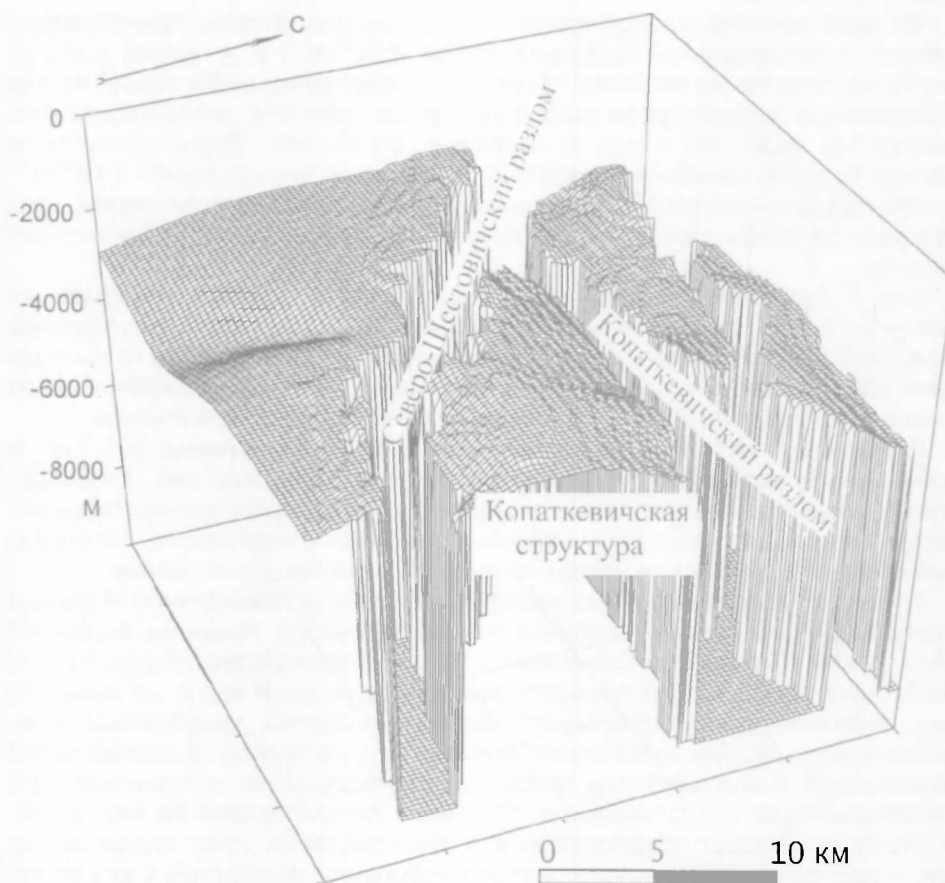


Рис. 2. Блок-диаграмма подошвы межселевых отложений в районе площадей Кузьмичевская, Копаткевичская, Северо-Шестовичская, Северо-Скрыгаловская

На рис. 2 изображена блок-диаграмма, демонстрирующая характер кривизны в трехмерном пространстве в районе площадей Кузьмичевская, Копаткевичская, Северо-Шестовичская, Северо-Скрыгаловская. К северу от Северо-Шестовичской площади в пределах крупного блока субширотного простирания, ограниченного с севера Копаткевичским, а с юга – Северо-Шестовичским разломами, расположены четыре участка повышенной кривизны исследуемых отложений. Они приурочены к приразломным частям блока в опущенном крыле Северо-Шестовичского разлома. В пределы одной из этих аномалий с кривизной $3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$ попадает скв. 7 Копаткевичская, в которой в межселевых отложениях установлены трещиноватые породы, подтверждающие правильность наших рекомендаций.

В восточной части Центрального перспективного нефтегазоносного района (ПНГР) также выявлены зоны повышенной трещиноватости, связанные с максимальным изгибом подошвы межсолевых отложений. Наибольшие из них по отметкам кривизны $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$ и размерам расположены в пределах Смагловской площади. Эти аномалии приурочены к периклиналям антиклинальных складок.

Достаточно большой участок аномальной кривизны с максимальными значениями, превышающими $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$, представлен в пределах Дудичской площади. В эту аномалию пород повышенной трещиноватости попадает скв. 4 Дудичская, подтверждающая наличие трещиноватых пород в межсолевых отложениях.

Из всех зон аномальной кривизны наибольший интерес представляют участки с максимальной кривизной более $3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$, в пределах которых наиболее вероятным является переход от пликтивных деформаций изгиба к разрывным деформациям в виде зон трещиноватости, улучшающих коллекторские свойства пород межсолевых отложений. Трещиноватость в хрупких породах (известняки, мергели) проявляется уже при изгибе $1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$, о чем свидетельствуют приведенные ниже данные изучения керна, отобранного из толщи межсолевых отложений центральной части Припятского прогиба.

Скв. 1 Туровская попадает в пределы аномалии повышенной кривизны более $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$, расположенной на замыкании Туровской антиклинальной складки. Вскрытые в этой скважине межсолевые отложения плотного кристаллического доломита нарушены многочисленными трещинами шириной около 1 мм с углом падения $70-80^\circ$, заполненными светло-серым известняком.

В пределах аномалии абсолютной кривизны со значениями $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$ и более на периклинальных замыканиях складки пробурена скв. 1 Найдовская, в задонских межсолевых отложениях которой установлены трещиноватый ангидрит и доломитизированный известняк с трещинами, заполненными белым кальцитом, и многочисленными зеркалами скольжения.

Существование большей из названных аномалий повышенной кривизны межсолевых отложений и наличие трещиноватости в пределах аномалии абсолютной кривизны со значением $3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$ подтверждаются результатами бурения скв. 1 на Северо-Шестовичской площади. В керне из межсолевых отложений обнаружены многочисленные трещины, заполненные кальцитом и нарушающие известняковые и мергельные породы. В нижней части межсолевой толщи выявлены также зеркала скольжения по трещинам, что свидетельствует о вертикальных сбросовых перемещениях по ним и косвенно подтверждает предположение о существовании зоны трещиноватости, а возможно, и локального разлома небольшой амплитуды к югу от исследуемой скважины.

В пределах аномалий со значениями максимальной кривизны до $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$ пробурены скв. 1, 6, 7 Каменские. В кернах скв. 1 Каменская, которая попадает в выделенный участок аномальной кривизны, в межсолевых задонских отложениях выявлены многочисленные тектонические трещины в известняках, алевролитах и аргиллитах шириной до 2 мм, открытые и заполненные глинистым материалом и кальцитом, а в верхней части интервала – солью. При раскалывании по трещинам пород задонских отложений ощущается слабый запах сероводорода, в подошве встречается битуминозный известняк, свидетельствующий о том, что эти отложения являлись ловушкой углеводородов.

Таким образом, проведенные исследования по оценке кривизны подошвы межсолевых отложений позволили выделить в центральной части Припятского прогиба участки с повышенными значениями абсолютной кривизны (более $3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$), которые имеют улучшенные коллекторские свойства за

счет тектонических трещин, выявление которых подтверждено исследованиями кернов скважин, пробуренных в пределах этих участков (Туровская 1, Найдовская 1, Северо-Шестовичская 1, Птичская 1, Каменская 1 и др.).

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Х03-220 «Рифейско-фанерозойская геодинамика территории Беларуси»).

1. Дубровин Б.А., Новиков С.П., Фоменко А.Т. Современная геометрия. М., 1979.

2. Москвич В.А., Ковхута А.М., Пархомов М.Д. // Минерально-сырьевая база Республики Беларусь: состояние и перспективы: Тез. докл. Мн., 1997. С. 188.

Поступила в редакцию 31.10.2003.

Андрей Марленович Ковхута – кандидат геолого-минералогических наук, ученый секретарь Института геологических наук НАН Беларуси.

Михаил Демидович Пархомов – старший научный сотрудник лаборатории геотермии Института геологических наук НАН Беларуси.

Виктор Алексеевич Ткачев – студент 5-го курса географического факультета БГУ.

Анастасия Сергеевна Козлова – студентка 5-го курса географического факультета БГУ.

УДК 556.16 (476)

А.А. МАКАРЕВИЧ, А.М. САФРОНОВ

ВЛИЯНИЕ ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА СТОК р. ПРИПЯТЬ

In the article the influence of a drainage melioration on the river flow of Pripjat is estimated. Main regularities of the time distribution of river flow are described. Problems of the influence of anthropogenic factors on the river flow are also considered.

В связи с интенсивным преобразованием естественных ландшафтов в последнее время особенно остро стоит проблема оценки антропогенных изменений речного стока, формирование которого определяется совокупностью природных процессов и антропогенных воздействий в пределах всей территории речного бассейна.

При этом главное внимание уделяется выявлению и анализу влияния отдельных видов хозяйственной деятельности на среднегодовой сток рек – основную гидрологическую характеристику, определяющую объемы ежегодно возобновляемых ресурсов поверхностных вод, наиболее интенсивно используемых в процессе деятельности человека.

Бассейн р. Припять относится к числу специфических, где явно преобладает и получил весьма широкое распространение один из видов хозяйственной деятельности – осушительная мелиорация. Длина реки 761 км, площадь бассейна 121 тыс. км², в том числе в пределах Беларуси соответственно 500 км и 51,4 тыс. км². Среднегодовой расход воды в створе г. Мозырь составляет 384 м³/с, объем годового стока – более 12 км³. По состоянию на 2000 г. [1] в пределах белорусской части бассейна осушено 12 тыс. км² земель (более 23 % его территории). Спряmlению и углублению подверглись более 160 рек и ручьев на участках общей длиной 3,3 тыс. км, из них 85 – на всем протяжении (около 1,8 тыс. км). В той или иной степени преобразовано более 3 % всех естественных водотоков и 15 % их суммарной длины.

Кроме регулирования русел, при проведении осушительных работ проложена значительная сеть мелиоративных каналов. Крупных каналов (свыше 100 км) насчитывается более 1020 общей длиной около 10 тыс. км. Общая же протяженность открытой мелиоративной сети составляет около 55 тыс. км, что превышает естественную гидросеть более чем в 2 раза.

В белорусской части бассейна создано 55 водохранилищ общей площадью зеркала 206 км² и объемом 585 млн м³, около 20 водоемов рыбхозов (160 км², 204 млн м³). Общая площадь зеркала искусственных водоемов равна 394 км², а объем – 842 млн м³, что привело к увеличению общей озерности в 2,5 раза, а объема аккумулированной в водоемах воды – почти в 1,5 раза.

При мелиорации земель происходит существенная трансформация естественных характеристик элементов водного баланса (испарения, атмосферных осадков, влагозапасов в почве), что может послужить причиной трансформации величины речного стока.

Основополагающими материалами для статистической оценки речного стока являются данные многолетних гидрометрических наблюдений.

Ввиду особенностей колебаний стока, обусловленных климатическими условиями, к выводам об изменении речного стока, которые получены с применением статистических методов без содержательного анализа условий его формирования, следует подходить осторожно [2, 3].

Опыт показывает [4], что для обеспечения практической точности оценки речного стока, выходящей за пределы гидрологических расчетов, требуются достаточно длительные ряды, охватывающие репрезентативные периоды до и после начала массовых мелиоративных работ. Статистически значимые изменения стока обычно выявляются при площади осушения, превышающей 15–20 % площади водосбора. Наиболее подвержены влиянию осушения малые реки, но продолжительность наблюдений на них (особенно за период с естественным режимом) обычно непродолжительна, и число пунктов наблюдений также невелико.

В Беларуси в зоне интенсивной мелиорации наиболее изучена р. Припять, где на водпосту Мозырь гидрометрические наблюдения ведутся уже на протяжении 120 лет (1882–2002 гг.). Этот пост с площадью водосбора в створе 101 тыс. км² является для реки практически замыкающим, интегрально характеризуя всю гамму природных и антропогенных процессов формирования стока на всем бассейне (рисунок).



С середины 1960-х гг. на р. Припять в течение 20 лет отмечалось увеличение стока более чем на 30 % по сравнению с предыдущими двумя десятилетиями. Некоторые авторы связывали это с началом широкомасштабных осушительных работ, охвативших к настоящему времени более 20 % водосборной площади. Осушение земель приводит к улучшению условий поверхностного стока, сни-

жению испарения, а также к временному (до 3–5 лет после начала эксплуатации мелиоративной системы) увеличению сброса воды при сработке влагозапасов почвы до нормы осушения.

В работе [2] сделана попытка подкрепить этот вывод сравнением стока р. Припять у г. Мозырь и р. Днепр у г. Речица (в бассейне последнего масштабы мелиорации значительно ниже) за периоды 1945–1964 и 1965–1985 гг. [1]. Однако отсутствие в анализе указания причин и особенностей статистически очень существенных природных колебаний стока делает вывод о его увеличении, на наш взгляд, неубедительным.

Об этом свидетельствует выполненный нами сопоставительный анализ колебаний стока р. Припять у г. Мозырь и р. Днепр у г. Речица за 120 лет (1882–2002 гг.) по скользящим пятилеткам. Каждая точка на графике соответствует средней величине стока за предшествующую пятилетку.

Очевидно, периоду 1945–1964 гг. на р. Припять соответствует понижение водности, а периоду 1965–1983 гг. – повышение, в то время как в створе Днепр – Речица, принятом в исследованиях ряда авторов в качестве основного аналога при определении изменений стока р. Припять, первый период по водности был выше, чем последующий. Это и привело к некорректным выводам, сделанным в [2, 3] относительно происшедшего увеличения стока р. Припять за период 1965–1983 гг., совпавший с началом массового осушения земель (попутно следует отметить, что еще более значительное понижение стока трактовалось в 1960-х гг. украинскими гидрологами как влияние осушения Полесья, ведущего к истощению р. Днепр на входе в Украину).

В связи с этим дополнительно были проанализированы данные об атмосферных осадках (непосредственно оказывающих влияние на величину речного стока) по метеостанции Пинск, где имеется наиболее длительный ряд наблюдений за атмосферными осадками (с 1891 г.).

Колебания годового стока р. Припять (Q_n) и Днепр (Q_d) и атмосферных осадков по метеостанции Пинск (P_n)

Период наблюдений, годы	Модульный коэффициент*		
	Q_n	Q_d	P_n
1945–1964	0.82	1.02	0.96
1965–1983	1.22	0.97	1.05
1984–1997	0.95	1.02	0.98

Примечание. * Модульный коэффициент – отношение средней величины за период наблюдений к среднемугодовой величине.

Как видно из таблицы, периоды пониженной водности р. Припять (1945–1964 и 1984–1987 гг.) соответствуют периодам повышенной увлажненности, а понижение водности в 1965–1983 гг. – засушливому, что подтверждается и исследованиями, результаты которых приведены в [5]. Аналогичные выводы получены нами при анализе периодов синхронных наблюдений за речным стоком и атмосферными осадками, начиная с

1891 г., хотя судить о цикличности выпадения атмосферных осадков с начала наблюдений до 1930-х гг. сложно из-за различия приборов и методик, а также перерывов наблюдений. Эти выводы подтверждаются и исследованиями [5].

В хронограмме стока р. Припять довоенного периода также наблюдалась аналогичная смена циклов пониженной (1882–1905 гг.) и повышенной (1906–1935 гг.) водности. С 1983 г. на р. Припять вновь началось существенное снижение стока, а с 1988 г. – его значительное повышение. Последнее нельзя объяснить влиянием нового осушения, которое в этот период в бассейне почти прекратилось. В 1983–1997 гг., как и в предыдущие периоды, отмечается четко выраженная противофаза (асинхронность) в колебаниях стока р. Припять и Днепр, обусловленная большими территориально-временными различиями: большая часть стока р. Припять формируется на северо-западе Украины (в том числе в предгорьях Карпат) на расстоянии до 1 тыс. км от верховьев р. Днепр.

Таким образом, вывод о существенном увеличении стока р. Припять в результате мелиорации не находит подтверждения и по данным последних лет. Единственным фактором, который мог бы заметно повлиять на речной сток непродолжительное время после осушения – сработка вековых запасов подземных вод. Однако, как показали расчеты, ее величина (с учетом площади осушенных земель и зоны их влияния на водосборе р. Припять по принятой схеме осушения) не превышает 3 % нормы стока, т. е. находится в пределах точности гидрологических расчетов. При этом следует иметь в виду, что величина безвозвратного водопотребления в бассейне составляет в среднем 5 % объема годового стока.

Отсутствие заметного влияния масштабного осушения земель на сток крупных рек, в частности р. Припять, может быть объяснено системным эффектом, возникающим в речном бассейне при любом сочетании антропогенных воздействий разных знаков и направленности, асинхронностью формирования стока в разных частях бассейна, а также другими компенсационными факторами, методы оценки влияния которых только начинают разрабатываться. Проблема влияния осушения земель на речной сток в целом еще не получила достаточного научного обоснования, позволяющего делать конкретные выводы. Во многом это объясняется преобладанием формальных статистических подходов к оценке антропогенных изменений стока, отсутствием надежных теоретических воднобалансовых схем, а также слабой изученностью механизма взаимосвязи природных и хозяйственных звеньев круговорота воды в пределах речных бассейнов.

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2000 год). Мн., 2001.
2. Дрозд В.В., Маркова С.Н., Петлицкий Е.Е. // Инженерно-гидрологическое обоснование водохозяйственных мероприятий. Мн., 1986. С. 3.
3. Кудельский А.В., Гречко А.М., Кривецкая Г.Д. и др. // Водные ресурсы. М., 1992. № 1. С. 5.
4. Плужников В.Н., Макаревич А.А., Петлицкий Е.Е. Оценка и прогноз ресурсов поверхностных вод и их изменений под влиянием хозяйственной деятельности (методическое руководство). Мн., 1995.
5. Киселев В.Н., Киселева Е.В. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 2000. № 1. С. 60.

Поступила в редакцию 17.04.2003.

Александр Александрович Макаревич – кандидат географических наук, доцент кафедры общего землеведения.

Андрей Михайлович Сафронов – студент 5-го курса географического факультета.

УДК 551.4; 312 (476)

Н.К. КЛИЦУНОВА

ЛАНДШАФТНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ БЕЛАРУСИ

Correspondence of the urban settlements of the country to definite landscapes and its provinces is analyzed. The rate of urbanization of the landscapes is calculated, the main types of the urban settlements' locations are found.

Изучение проблемы ландшафтного разнообразия (ЛР) в настоящее время чаще всего основывается на анализе структуры естественных ландшафтов [1–3]. Однако, как справедливо указывают некоторые авторы [1–4], полученные результаты в значительной степени являются теоретическими и не отражают реальной обстановки того или иного региона. Такое положение обусловлено в первую очередь тем, что современные ландшафтные карты в большей степени характеризуют реконструированное состояние природных территориальных комплексов (ПТК), свойственное периоду конца XIX – начала XX в.

К началу XXI в. практически все естественные ландшафты претерпели изменения под воздействием антропо- и техногенных процессов. Одни из них трансформировались в своеобразные природно-антропогенные комплексы, другие – под влиянием коренных преобразований (осушение болот, создание новых городов и транспортно-коммуникационных систем, горнодобывающих комплексов и т. д.) потеряли прежнюю структуру и представляют собой качественно новые формы антропогенных ландшафтов [4].

Характерным примером таких существенных трансформаций естественных ландшафтов является территория Беларуси. По данным [5], на 01.01.2002 г. площадь сельскохозяйственных земель страны составила 9204,7 тыс. га (44,3 %), лесных и прочих лесопокрываемых земель –

8571,1 тыс. га (41,3 %), болот – 900,7 тыс. га (4,2 %). Водой (реки, озера, водохранилища) заняты 475,6 тыс. га (2,3 %). Под дорогами, прогонами, просеками, трубопроводами, улицами, площадями и другими местами общего пользования, а также под постройками и дворами в сумме оказалось 842,2 тыс. га (4,0 %). Таким образом, с учетом только первой и последней составляющих приведенной структуры земельного фонда страны на долю измененных и полностью антропогенизированных ландшафтов приходится 48,3 % площади. Это подтверждает мнение о том, что для получения достоверной информации о ЛР любой территории необходимо изучение не только естественных, но также преобразованных и вновь созданных ландшафтов.

Выявление ЛР, как и любое географическое исследование, может выполняться на локальном и региональном уровнях. Масштаб работ определяет прежде всего иерархический уровень изучаемого объекта, его содержательную часть – количественные и качественные характеристики составляющих его разных компонентов и антропогенных элементов. Методика таких работ пока находится в стадии становления.

Из выполненных исследований локального уровня заслуживает внимания работа украинских географов по изучению ЛР природоохранных ландшафтов [4]. В качестве объекта изучения ими выбраны ПТК на уровне вида урочищ, которые образуют территориальную структуру ландшафтных районов. Для каждого ландшафтного района определены 10 параметров, позволяющих интегрально оценить природно-этнокультурное ЛР раритетных и эталонных природоохранных ландшафтов. Среди них, с нашей точки зрения, особого внимания заслуживают:

- технодискретность ландшафтного района: средняя длина техногенных линеаментов (коммуникации – дороги, ЛЭП, трубопроводы, каналы, контуры застройки, которые приходятся на единицу площади ландшафтного района, км/км²),

- селитебность ландшафтного района (отношение суммарной площади селитебных геосистем к общей площади ландшафтного района, %),

- плотность селитебного каркаса (количество селитебных геосистем, которое приходится на единицу площади ландшафтного района, н.п./км²).

Из работ регионального уровня особо следует отметить исследования по ЛР Грузии. В частности, ЛР Колхиды выявлялось по соотношению площадей различных типов естественных, измененных и полностью антропогенизированных ландшафтов. Среди 18 выделенных типов ландшафтов в качестве самостоятельных определены селитебные ландшафты малых городов и поселков городского типа, а также крупных городов [3].

Таким образом, приведенные примеры исследований позволяют сделать важный в методическом отношении вывод: выявление ЛР любой территории требует обязательного изучения селитебных ландшафтов; их тип определяется масштабом работ; при крупномасштабных исследованиях целесообразно изучение сельских поселений, поселков городского типа, малых городов, при среднемасштабных – от поселков городского типа до крупных городов, т. е. урболандшафтов.

ЛР Беларуси целесообразно изучать на основе ландшафтной карты страны среднего масштаба [6]. Наиболее приемлемыми единицами исследования для этой цели являются ПТК ранга видов и родов ландшафтов, а также ландшафтных районов и провинций.

Урболандшафты Беларуси изучались на примере 212 городских поселений, среди которых 99 городов и 113 поселков городского типа. На их долю приходится 265,6 тыс. га, или 1,4 % площади страны [5].

Урбанизация территории Беларуси на протяжении длительного периода проходила под влиянием сложного комплекса природных, исторических и

социально-экономических факторов. Наиболее высокие темпы урбанизационных процессов начали проявляться во второй половине XX в. За период с 1939 по 1999 г. численность городского населения Беларуси увеличилась с 1855 до 6956 тыс. человек, а доля городских жителей в общей численности населения – с 21 до 70 % [7].

Специфику территориальной организации городов определяет ряд факторов. Природная среда по отношению к размещению городов, их планировочной структуре выступает как необходимая естественная предпосылка, создавая разные возможности для жизнедеятельности человека в конкретных ландшафтных условиях.

Современный город – это сложная природно-антропогенная система. Основными системообразующими факторами ее являются человек (он сам и все виды осуществляемой им в пределах городской территории деятельности) и природная среда (рельеф, геологическое строение, климат, воды и т. д.). Взаимодействие этих двух факторов (элементов системы) создает специфическую экосистему – городскую среду [8]. Таким образом, город состоит из трех тесно взаимосвязанных подсистем.

Современные исследования зависимостей размещения городов от природных условий многочисленны и интересны. Среди них с учетом цели и задач выделяется несколько основных направлений, выявляющих роль геоморфологических, климатических, гидрологических, геохимических и геофизических факторов в расположении городов [8].

С точки зрения комплексного подхода к размещению городов целесообразно изучение приуроченности их к отдельным ландшафтам.

Проведенные исследования выявили следующие закономерности. Подавляющая часть городских поселений (до 70 %) расположена всего в 5 родах ландшафтов [9]: вторичноморенные – 17,5 %, вторичные водно-ледниковые – 16,1, аллювиальные террасированные – 12,8, моренно-зандровые – 11,8 и холмисто-моренно-эрозионные – 11,4 %. В остальных ландшафтах доля поселений колеблется от 6–5 (моренно-озерные, озерно-ледниковые, лессовые) до 3–1 % (камово-моренно-озерные, холмисто-моренно-озерные, водно-ледниковые с озерами, речных долин, с преобладанием болот). В пойменных ландшафтах ни одно городское поселение не расположено.

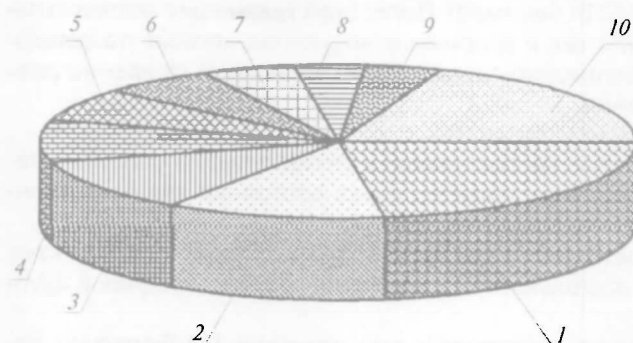
В соответствии с занимаемой площадью ландшафтов и численностью городских поселений была рассчитана степень заселенности территории (число поселений на площади в 1000 км²) для каждого ландшафта в отдельности. Анализ полученных параметров позволил выявить следующие особенности. Густота городских поселений в ландшафтах Беларуси невелика и колеблется от 0,1 до 2,2. По степени урбанизированности четко выделяются три группы ландшафтов: 1) (2,2–2,0) – лессовые и камово-моренно-эрозионные; 2) (1,6–1,1) – моренно-озерные, камово-моренно-озерные, моренно-зандровые, холмисто-моренно-эрозионные, вторичноморенные, озерно-ледниковые, водно-ледниковые с озерами; 3) (0,9–0,1) – вторичные водно-ледниковые, аллювиальные террасированные, холмисто-моренно-озерные, камово-моренно-озерные, холмисто-моренно-озерные, речных долин, с преобладанием болот.

Следует заметить, что вторичные водно-ледниковые и аллювиальные террасированные ландшафты с относительно высоким числом городских поселений и большой площадью распространения имеют невысокую степень урбанизации (0,9 и 0,8 соответственно).

Природные предпосылки (характер рельефа, условия водоснабжения, дренированность территории, свойства почвогрунтов и т. д.) также влияют на местоположения поселений, что является одним из качественных показателей ЛР их территории. Ярким примером могут служить малые города Литвы (Тракай, Паневежис, Шяуляй и др.), отличающиеся различным местоположением и прекрасно вписывающиеся в ландшафты этой страны.

С учетом характера рельефа ландшафтов, наличия водных объектов (реки, озера, водохранилища) для городских поселений выделено около 30 основных типов местоположения. Так, приозерно-холмисто-возвышенный тип свидетельствует о том, что город находится на берегу озера с холмистым рельефом; припойменно-террасово-низменный указывает о размещении города вблизи реки – вдоль поймы на террасе с выровненным и слабо расчлененным характером рельефа. В тех случаях, когда пойма и терраса реки слабо прослеживаются и город находится на равнинной территории, выделяется приречно-равнинный тип, при довольно четком развитии долины, небольших ее размерах – придолинно-равнинный; на водораздельных участках различаются волнисто-равнинный, холмисто-равнинный, плоскоравнинный и другие расположения [9]. Местоположения городских поселений нанесены на мелкомасштабную карту Беларуси с использованием значково-цветового метода.

Наиболее распространенным типом расположения является приречно-равнинный, характерный примерно для четвертой части урболандшафтов страны (рисунок), затем следуют припойменно-террасово-низменный, придолинно-равнинный и приречно-холмисто-возвышенный типы, на долю которых приходится от 12,0 до 9,0 % соответственно. К числу относительно часто встречающихся типов местоположения (7,0–5,0 %) можно также отнести приречно-холмисто-равнинный, приречно-низменный и приозерно-холмисто-возвышенный, самыми редкими следует считать платообразно-возвышенный, притеррасово-холмисто-возвышенный, приводохранилищно-равнинный типы, доля которых не превышает 0,5 %.



Основные типы местоположения городских поселений в ландшафтах, %:

1 – приречно-равнинный (22,5); 2 – припойменно-террасово-низменный (12,0); 3 – придолинно-равнинный (11,0); 4 – приречно-холмисто-возвышенный (9,0); 5 – приречно-холмисто-равнинный (7,0); 6 – приречно-низменный (6,0); 7 – приозерно-холмисто-возвышенный (5,0); 8 – приозерно-равнинный (4,0); 9 – волнисто-равнинный (4,0); 10 – прочие

Интересные закономерности прослеживаются между типом расположения городов и ландшафтами. Так, в озерно-ледниковых ландшафтах с близким уровнем грунтовых вод и заболоченными почвами все городские поселения имеют приречно-низменное положение, в холмисто-моренно-озерных городские поселения расположены только вблизи озер и образуют приозерно-холмисто-возвышенный

тип местоположения. В аллювиально-террасированных ПТК доминируют припойменно-террасово-низменные положения: большинство городов располагается вблизи хорошо выраженных пойм крупных рек. Для вторичных водно-ледниковых ландшафтов характерны приречно-равнинный и придолинно-равнинный, моренно-зандровых – приречно-равнинный, холмисто-моренно-эрозионных – приречно-холмисто-возвышенный типы. Наибольшим разнообразием местоположения выделяются вторичноморенные, холмисто-моренно-эрозионные, моренно-озерные и вторичные водно-ледниковые ландшафты.

Большая часть как крупных, так и малых белорусских городов обладает удивительной привлекательностью. Значительную роль в их индивидуальном облике играют специфические черты рельефа, растительности, почв и вод ландшафтов, в которых они располагаются. Разнообразны в ланд-

шафтном отношении г. Лепель и Мядель (холмисто-моренно-озерные ландшафты, приозерно-холмисто-возвышенный тип местоположения), Новогрудок (холмисто-моренно-эрозионный ландшафт, платообразно-возвышенный тип), Мстиславль (лессовый ландшафт, приречно-волнисто-равнинный тип), Пинск (аллювиально-террасированный ландшафт, припойменно-террасово-низменный тип), Мозырь (холмисто-моренно-эрозионный ландшафт, придолинно-холмисто-возвышенный тип) и т. д.

Сложная структура ландшафтов Беларуси, четко выраженная их дифференциация с севера на юг и с запада на восток сказываются на региональных особенностях размещения городских поселений. Наиболее урбанизированной оказалась Белорусская возвышенная провинция холмисто-моренно-эрозионных и вторичноморенных ландшафтов с густотой городских поселений 1,3. Основные типы местоположения – приречно-холмисто-возвышенный и приречно-равнинный. За ней следует Поозерская провинция (1,1) озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов. Типичны приречно-низменный и приозерно-холмисто-возвышенный типы местоположения. В Предполесской провинции вторичных водно-ледниковых и моренно-зандровых, как и в Восточно-Белорусской вторичноморенных и лессовых ландшафтов, густота городских поселений снижается до 1,0–0,9 соответственно. Однако, если для первого региона характерны приречно-равнинный и придолинно-равнинный типы местоположения, то для второго ярко выраженные доминанты не прослеживаются и чаще всего представлены придолинно-равнинный, придолинно-платообразно-возвышенный и приречно-равнинный типы. Последнее место по густоте городских поселений (0,8) занимает Полесская провинция аллювиальных террасированных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов, где доминируют припойменно-террасово-низменный и приречно-равнинный типы местоположения.

Таким образом, можно констатировать:

1. Изучение ЛР территории на локальном и региональном уровнях требует комплексного подхода, обязательного учета состояния как естественных, так и природно-антропогенных ландшафтов.

2. Исследование на региональном уровне обязательно предполагает анализ урболандшафтов: поселков городского типа, малых, средних и крупных городов.

3. Наиболее приемлемыми единицами для изучения ЛР Беларуси являются ПТК ранга видов и родов ландшафтов, а также ландшафтных районов и провинций.

4. По степени густоты городских поселений выделяются три группы ландшафтов.

5. Каждый ландшафт характеризуется специфическими особенностями местоположения городских поселений. В озерно-ледниковых ландшафтах доминирует приречно-низменный тип, холмисто-моренно-озерных – приозерно-холмисто-волнистый, аллювиально-террасированных – припойменно-террасово-низменный и т. д.

6. Наиболее урбанизирована Белорусская возвышенная провинция с густотой городских поселений 1,3. Основные типы местоположения городов – приречно-холмисто-возвышенный и приречно-равнинный. Последнее место по густоте городских поселений (0,8) занимает Полесская провинция, где доминируют припойменно-террасовый и приречно-равнинный типы местоположения городов.

1. Марцинкевич Г. И. // Материалы 6-го съезда БГО, Могилев, 27 окт. – 1 нояб. 1999 г. Мн., 1999. С. 47

2. Марцинкевич Г. И. // Оценка ландшафтного разнообразия Нарочанского национального парка: Тез. докл. респ. науч.-практ. конф., Минск, 15 янв. 2000 г. Мн., 2000. С. 28.

3. Сепертеладзе З. Х., Бондырев И. В. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2001. № 1. С. 91.

4. Кукурудза С.І., Рутинський М.Й. // Проблеми ландшафтного різноманіття України. Київ, 2000. С. 71
5. Государственный земельный кадастр Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2002 г.). Мн., 1997.
6. Ландшафтная карта Белорусской ССР. М., 1984.
7. Красовский К.С. // Теоретические и прикладные проблемы геоэкологии: Тез. докл. междунар. науч. конф., Минск, 26–29 сент. 2000 г. Мн., 2001. С. 160.
8. Город-геосистема / Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев, М.П. Жидков и др. М., 1996.
9. Клицунова Н.К., Сорокина Е.В. // Теоретические и прикладные проблемы геоэкологии: Тез. докл. междунар. науч. конф., Минск, 26–29 сент. 2001 г. Мн., 2001. С. 153.

Поступила в редакцию 27.11.2003.

Натэлла Константиновна Клицунова – кандидат географических наук, доцент кафедры географической экологии.

УДК 502.3: 504.5(476) + 551.5 (476)

Е.И. ГАЛАЙ

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДОВ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Meteorological elements and their dynamics in Gomel and Svetlogorsk were considered. It was shown that the potential changes of air pollution aren't coordinated during 5 years with changes of their mean concentrations per annum.

Уровень загрязнения атмосферы во многом зависит от количества выбросов вредных веществ и климатических условий. В Беларуси основными источниками выбросов в атмосферу являются автотранспорт, объекты энергетики и промышленности. Влияние метеорологических условий проявляется по-разному при холодных и нагретых выбросах из высоких и низких труб. Рассеивающая способность атмосферы зависит от вертикального распределения температуры воздуха и скорости ветра. При уменьшении температуры с высотой создаются условия интенсивного турбулентного обмена [1]. Наличие инверсий ослабляет рассеивание примесей, скорость ветра способствует их переносу и распространению. Накопление примесей в атмосфере, обусловленное слабыми ветрами в большой толще атмосферы и инверсиями, усиливается в условиях тумана. Количество атмосферных осадков приводит к вымыванию примесей из атмосферы. По данным Э.Ю. Безуглой, в зависимости от вида источников и характера их размещения на территории города концентрация примесей, обусловленная метеорологическими условиями, составляет от 20 до 77 % общей изменчивости концентраций [2].

Сочетание метеорологических параметров, определяющих возможный при заданных выбросах уровень загрязнения атмосферы, называют потенциалом загрязнения атмосферы (ПЗА). В городских условиях годовые значения ПЗА рассчитываются по среднегодовым показателям повторяемости туманов, скорости ветра (0–1 м/с), штилей. В Беларуси для вычисления ПЗА используются первые два.

Климатические особенности загрязнения атмосферного воздуха рассмотрены нами за десятилетний период (1993–2002 гг.) в г. Гомеле и Светлогорске. Метеорологические элементы в г. Светлогорске оцениваются по метеостанции Василевичи. Повторяемость туманов изменяется мало. В г. Гомеле в течение семи лет преобладала повторяемость туманов, равная 2 % (табл. 1), в г. Светлогорске – 1–2 % (табл. 2). Распределение этого показателя в течение года неоднозначно. Минимальное количество туманов для г. Светлогорска характерно для летних месяцев, максимальное – 5–10 % – наблюдалось здесь в ноябре 1995, 1997, 1999, 2000 гг. и в январе 1994, 1998, 1999, 2001 гг. в г. Гомеле (9–15 %). Если туманы увеличивают концен-

трацию примесей в воздухе, то атмосферные осадки приводят к очищению атмосферы. Большое значение имеет количество и интенсивность выпавших осадков. В г. Гомеле и Светлогорске количество осадков увеличилось с 1995 по 1999 г. на 218,5 и 235,4 мм соответственно [4]. В 1999 г. в г. Гомеле отмечалось максимальное количество осадков, а число дней с осадками (121) в 1998 г. превышало все предыдущие и последующие годы. В этом же году в Беларуси количество выпавших осадков составляло 1,5 годовой нормы. Малое количество осадков (550,5 мм) в г. Гомеле и (529,1 мм) в Светлогорске характерно для 1995 г. Самый сухой за рассматриваемый период был 2002 г. (505,7 мм в г. Гомеле); в большинстве месяцев отмечался недобор осадков, особенно в теплый период, который оказался самым сухим за 15 лет. За последние 20–30 лет наблюдается уменьшение количества осадков в южной и центральной частях Беларуси. В Гомельской области увеличилась площадь территории с годовым количеством осадков меньше 600 мм [5].

Таблица 1

Изменение метеорологических характеристик в г. Гомеле за 1993–2002 гг.

Метеохарактеристики	Годы									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Повторяемость туманов, %*	1	2	2	0	2	2	2	2	3	2
Повторяемость застоев, %**	8	5	6	8	8	6	7	8	9	9
Повторяемость неблагоприятных метеоусловий, %**	72	53	56	68	78	56	66	78	81	83
Годовое количество осадков, мм*	630,0	593,3	550,5	587,6	612,5	703,2	769,0	717,9	687,0	505,7
Число дней с осадками*	111	110	97	90	105	121	108	105	114	88

Примечание. Здесь и в табл. 2 * – составлено по [3], [4], ** – рассчитано по [4].

Таблица 2

Изменение метеорологических характеристик в г. Светлогорске за 1993–2002 гг.

Метеохарактеристики	Годы									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Повторяемость туманов, %*	2	2	1	1	2	1	1	3	3	2
Повторяемость застоев, %**	11	12	13	11	10	11	14	11	11	10
Повторяемость неблагоприятных метеоусловий, %**	100	105	114	99	93	97	124	96	96	90
Годовое количество осадков, мм*	654,0	596,4	529,1	705,1	723,3	748,5	764,5	557,5	704,9	555,2
Число дней с осадками*	118	113	93	98	123	121	110	101	112	87

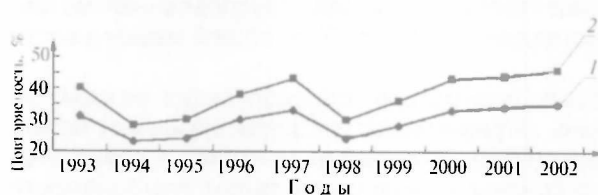


Рис. 1. Динамика повторяемости слабых ветров (1) и приземных инверсий (2) в г. Гомеле

На состояние загрязнения атмосферного воздуха влияет скорость ветра. В г. Светлогорске и Гомеле наблюдаются неоднозначные изменения среднегодовой повторяемости скорости ветра 0–1 м/с (рис. 1). В г. Светлогорске чаще повторяются слабые

ветры, максимум повторяемости был зафиксирован здесь в 1999 г. (52 %), минимум – в 2002 г. (38 %), на протяжении восьми лет изменения колебались от 41 до 52 %. Повторяемость слабых ветров увеличивается в основном от зимы к лету. За десятилетний период характерен летний максимум повторяемости, который отмечается в августе. В г. Гомеле данный показатель изменялся от 23 % в 1994 г. до 35 % в 2002 г. За исследуемое десятилетие в большинстве случаев зафиксировано увеличение повторяемости слабых ветров в сентябре, октябре, уменьшение – в феврале. При низких источниках выбросов, преобладающих в г. Гомеле и Светлогорске, повы-

шение уровня загрязнения воздуха происходит при слабых ветрах за счет скопления примесей в приземном слое. Из четырех зон с различной средней продолжительностью периодов слабых ветров в пределах бывшего СССР территория нашей страны входит во вторую зону, где повторяемость непрерывного сохранения слабых ветров в течение суток достигает 1–5 раз в месяц [2].

От низких и холодных источников загрязнения, наиболее характерных для городских условий, увеличение наземной концентрации примесей происходит в случаях приземных и низких приподнятых инверсий, слабых ветров, застоев и туманов. В г. Светлогорске инверсии повторяются чаще. Временная изменчивость повторяемости инверсии в течение семи лет составляет 50–56 %; наибольшее значение этого показателя зафиксировано в 1995 г. (63 %). В г. Гомеле минимальное значение повторяемости инверсий наблюдалось в 1994 г. (28 %), максимальное – в 2002 г. С 1998 по 2002 г. происходило увеличение повторяемости инверсий. Значительное влияние на этот процесс оказывают циклоны. Изменения повторяемости инверсий и слабых ветров в г. Гомеле и Светлогорске хорошо согласуются (рис. 1, 2). Приземные инверсии при слабых ветрах являются комплексной характеристикой, определяющей застой воздуха. В г. Гомеле при значениях повторяемости инверсий 30–46 % и слабых ветров 24–35 % повторяемость застоев воздуха составляет 6–9 %. В условиях слабого ветра радиационные факторы способствуют более резкому выхолаживанию земной поверхности, в связи с чем возрастает интенсивность приземных инверсий. Повторяемость застоев воздуха изменяется в г. Светлогорске от 10 до 14 %, в г. Гомеле – от 5 до 9 %.

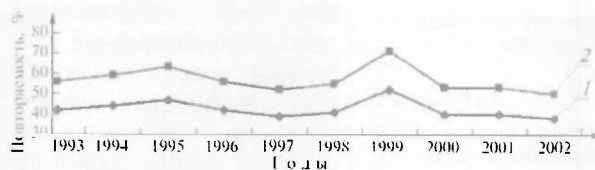


Рис. 2. Динамика повторяемости слабых ветров (1) и приземных инверсий (2) в г. Светлогорске

Количества слабых ветров, инверсий, туманов определяют неблагоприятные метеорологические условия. В обоих городах за десятилетний период не выявлено единой тенденции в изменении повторяемости не-

благоприятных метеорологических условий. В г. Гомеле выделено два временных интервала: 1996–1997 и 1998–2002 гг., когда происходило увеличение рассматриваемого показателя с 53 до 68 % и с 56 до 83 % соответственно. В г. Светлогорске повторяемость неблагоприятных метеоусловий уменьшалась с 1995 г. (114 %) по 1997 г. (93 %) и с 1999 г. (124 %) по 2002 г. (90 %). За десять лет она изменилась в 1,4 раза, достигнув максимума (124 %) в 1999 г. Неблагоприятные метеоусловия наблюдаются в различные периоды года. В 2001 г. особенно неблагоприятными они были в июле, когда при очень высокой температуре в течение месяца отмечалась частая повторяемость слабых ветров (0–1 м/с): 58 % в г. Гомеле и 63 – в г. Светлогорске. Обильные осадки обусловили повышенную прозрачность атмосферы, что привело к увеличению потока радиации и росту максимальных температур. По данным актинометрических наблюдений, прямая солнечная радиация в июле была в 1,5 раза выше многолетней. В таких условиях существенно возрастает скорость фотохимических реакций, в результате которых увеличивается содержание в воздухе загрязняющих веществ. В дни с высокой интенсивностью солнечной радиации среднесуточные концентрации формальдегида в городах на стационарных станциях, расположенных вблизи автомагистралей, превышали предельно допустимую более чем в 5 раз. В целом неблагоприятные метеоусловия приводят к интенсивному накоплению загрязняющих веществ в приземном слое воздуха.

Колебания потенциала загрязнения атмосферы в городах обусловлены изменением повторяемости слабых ветров. В г. Гомеле минимальное значение ПЗА отмечалось в 1997 и 2000 гг. и составляло 1,7, максимальное – в 2001 г. – 3,0. Увеличение ПЗА наблюдалось с 1997 по 1999 г. (рис. 3). В г. Светлогорске чаще фиксируется сочетание метеорологических факторов, обуславливающих уровень возможного загрязнения атмосферы. Минимум ПЗА характерен для 2002 г. – 1,9, максимум – для 1995 и 1999 гг. – 3,5. Потенциал загрязнения атмосферы здесь возрастал в течение двух временных периодов: 1993–1995 и 1997–1999 гг. Оба города находятся в климатической зоне с умеренным ПЗА. В разные периоды года в ней создаются примерно одинаковые условия как для рассеивания, так и для накопления примесей в приземном слое воздуха. Из-за четко выраженного максимального потенциала загрязнения атмосферы в летний период и вследствие уменьшения количества осадков в это время года увеличиваются концентрации примесей в воздухе. В холодный период в связи с увеличением повторяемости приподнятых инверсий температуры, а также возрастанием потребления топлива в отопительных котельных и ТЭЦ растут концентрации двуокиси серы и азота.

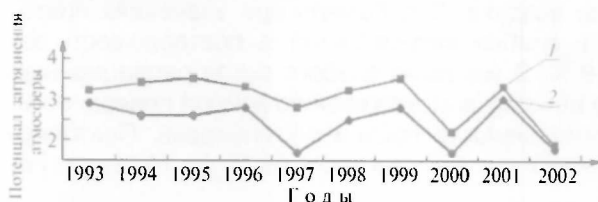


Рис. 3. Динамика потенциала загрязнения атмосферы в г. Светлогорске (1) и Гомеле (2) за 1993–2002 гг.

Таблица 3
Изменение среднего уровня загрязнения атмосферного воздуха за 1998–2002 гг. в г. Светлогорске [3]

Примесь	Средние концентрации по годам, мкг/м³					Тенденция
	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	
Пыль	75	77	86	64	65	–1,1
Диоксид серы	1	2	2	2	2	0,2
Оксид углерода	564	511	528	911	1110	149,2
Диоксид азота	16	17	13	15	16	–0,2
Формальдегид	8	6	6	8	10	0,6

Таблица 4
Изменение среднего уровня загрязнения атмосферного воздуха за 1998–2002 гг. в г. Гомеле [3]

Примесь	Средние концентрации по годам, мкг/м³					Тенденция
	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	
Диоксид серы	9	6	5	6	6	–0,6
Оксид углерода	517	375	347	356	499	–5,5
Диоксид азота	12	7	8	19	26	4,0
Оксид азота	10	7	9	14	8	0,3
Фенол	2,3	1,2	1,5	2,3	3,0	0,25
Аммиак	16	10	11	16	22	1,8
Формальдегид	7	5	6	10	10	1,1

г. Светлогорске по сравнению с г. Гомелем отличается более чем в 2 раза. Понижение ПЗА в г. Светлогорске обусловило понижение уровня загрязнения воздуха пылью и диоксидом азота (табл. 3), в г. Гомеле – диоксида серы и оксида углерода (табл. 4). Значения коэффициентов корреляции между концентрациями сернистого газа и ПЗА для г. Гомеля составляют 0,59, между концентрациями двуокиси азота и ПЗА – 0,60 [2], что связано с равномерным размещением источников загрязнения по территории города и

В обоих городах определена тенденция изменения ПЗА за пятилетний период: с 1993 по 1997 г. происходит его снижение, причем в г. Гомеле на большую величину. В таком же направлении здесь шло изменение тенденций уровня загрязнения атмосферы оксидом углерода, диоксидом и оксидом азота, фенолом и аммиаком, а в г. Светлогорске – с пылью. В этот период наблюдается хорошее согласование ежегодных колебаний ПЗА и средних за год концентраций примесей, которое, возможно, обусловлено тем, что характер и значение выбросов вредных веществ изменялись мало.

В обоих городах период 1998–2002 гг. также характеризуется падением ПЗА. Тенденция изменения этого показателя в

преобладанием среди них низких и неорганизованных. Значения коэффициентов корреляции между ПЗА и концентрациями сернистого газа и двуокиси азота близки между собой. Это можно объяснить практически одинаковым влиянием источников выбросов этих веществ, режимом их работы и метеорологическими условиями.

Как в г. Гомеле, так и в г. Светлогорске за 1998–2002 гг. увеличилось содержание в воздухе большинства загрязняющих веществ. Не всегда наблюдается четкое соответствие между ПЗА и среднегодовыми концентрациями примесей, так как часто происходящие заметные изменения режима выбросов становятся определяющими.

Таким образом, изменение ПЗА в городах не является основным фактором в уровне загрязнения атмосферного воздуха, необходимо учитывать также сложившуюся метеорологическую ситуацию. В холодное полугодие зоны повышенного содержания примесей в воздухе формируются вдоль путей перемещения малоподвижных антициклонов, для которых характерны слабые ветры, инверсии температур ночью и интенсивный турбулентный обмен в дневное время. В теплое полугодие чаще всего повышение средних месячных концентраций наблюдается в районах перемещения слабо развитых циклонов, при которых в большой толще тропосферы происходит слабый турбулентный обмен. Значительной повторяемостью неблагоприятных метеословий отличались 1999 г. для г. Светлогорска и 2002 г. для г. Гомеля. В 1997 г. метеорологические условия в основном способствовали рассеиванию вредных веществ в приземном слое воздуха. Большую часть времени погоду определяли смещающиеся с Атлантики циклоны, чередуясь с теплыми гребнями.

1. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М., 1991.
2. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л., 1980.
3. Ежегодники состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах Республики Беларусь за 1993–2002 гг. М., 1994–2003.
4. Метеорологические ежемесячники. Ч. 2. № 13. 1994–2002 гг. М., 1995–2003.
5. Изменения климата Беларуси и их последствия / Под общ. ред. В.Ф. Логинова. Мн., 2003.

Поступила в редакцию 26.12.2003.

Елена Ивановна Галай – кандидат географических наук, доцент кафедры географической экологии.

УДК 338:91(476)

Т.Г. ИОТКО

МИНСКИЙ СТОЛИЧНЫЙ РЕГИОН: ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ

The economic-geographical particularities of forming of Minsk capital region as a specific territorial social-economic system of the Republic of Belarus are investigated. The territorial organization of production and the territorial distribution of population are the main factors of forming of Minsk capital region. The problems of development of the capital function of Minsk capital region are also investigated.

Проблематика столичности в значительной степени нова как для социально-экономической географии, как и для науки в целом. Поэтому нельзя не отметить ее малоизученность. Накопленные сведения о столицах и их регионах можно разделить на две части: 1) знания о столицах как о категории преимущественно крупных городов, научно-производственных, культурных центров, которые в геоурбанистике обычно выделяются в особую группу; 2) знания об индивидуальных чертах пристоличных административных, экономических, реже – природных регионах. Наряду с другими терри-

ториальными единицами они характеризовались общегеографически и в связи с конкретной проблемой, но как особый тип регионов почти не изучались.

Столичность – сложное явление, оно многоаспектно и как научная категория может иметь различную интерпретацию. Сам термин «столичность» до сих пор еще не вводился в оборот как научная категория. Близкие к нему понятия «центральность», «лидерство» обсуждались в том числе и в географии, экономике, социологии, философии, но им тесно в материнском понятии «столица». С позиции социально-экономической географии о столичности можно говорить как об особом феномене, заключающемся в специфических свойствах столичной среды, отличающейся высокими интеграционными способностями по взаимодействию различных сфер деятельности, и в особом типе отношений, складывающемся между столицей и окружающим ее регионом. Правомочность такого определения подтверждается и двойственной природой собственно города: по традиции в географии он рассматривается и как элемент отраслевых и региональных систем более высокого иерархического уровня, и как целостная система, своего рода самостоятельный организм.

В основе генезиса столичности лежит объективная потребность социально организованного пространства в наличии единого центра, призванного и способного обеспечивать всестороннюю консолидацию разноуровневых и разнокачественных по своему составу территориально-общественных элементов страны.

Важнейшими типологическими, первичными признаками столичности, реально отражающими ее главные свойства, является, во-первых, концентрация в городе центральных органов государственной как законодательной, так и исполнительной власти, а во-вторых, наделение его официальным столичным статусом. Таким образом, территориально закрепляется ведущая роль города в качестве геополитического центра страны и национального самосознания. Эти признаки – самые яркие индикаторы столичности, они служат безошибочному определению принадлежности города к высшей категории в иерархически соподчиненной пирамиде поселений.

Столичность как атрибут государственности, с одной стороны, и урбанистического развития – с другой, приобретает надгородской пространственный масштаб. Регион, окружающий столицу, служащий ее многообразным дополнением и активно с ней взаимодействующий, является средством усиления и расширения возможностей столицы в выполнении ее многообразных функций. Формирование столичных регионов теснейшим образом связано с общим соотношением процессов центр- и районообразования в той или иной стране на том или ином этапе исторического развития.

Функциональная специфика столичных регионов проявляется двояко: они не только являются местами принятия решений по ключевым задачам развития общества, но и сами служат моделью, образцом для решения проблем, общих для многих районов страны. С первой задачей столичные города могут справиться самостоятельно, хотя для ее выполнения они нуждаются в привлечении дополнительных ресурсов. Для решения второй задачи требуется более обширная территория, особенно в области районной планировки, организации сельскохозяйственного производства, отдыха населения, охраны природы и памятников культуры.

Пространственно-географическая специфика регионов столичного типа проявляется в том, что большинство из них лишены крупных минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, ибо для них важнее другое – центральное, узловое, контактное, удобное по многим направлениям районообразующее экономико-географическое положение. Столичные регионы призваны обеспечивать согласование внутренних и внешних связей страны, разрешать противоречие между тяготением к внутренним и периферийным

районам. Это нередко приводит к концентрации в регионе железнодорожных узлов, международных и внутренних аэропортов, предприятий автосервиса, центров связи и информации, что ведет к формированию крупных промышленно-городских районов – центров образования, науки, культуры.

Несмотря на многообразные проявления столичных функций и их территориальной локализации, в феномене столичности можно выделить главное. Столичность – это свойство и средство социально-пространственного процесса выдвижения отдельных территорий на лидирующую позицию в определении ведущих целей и возможностей развития общества.

Актуальность исследования экономико-географических особенностей формирования Минского столичного региона заключается в том, что на сегодняшний день в Республике Беларусь активно обсуждаются вопросы, во-первых, совершенствования административно-территориального деления страны в соответствии с фактически сложившимися территориальными социально-экономическими системами и, во-вторых, совершенствования структуры хозяйственного комплекса г. Минска как столицы государства. Следует также подчеркнуть, что на сегодняшний день Минский столичный регион относится к числу проблемных.

Комплексный экономико-географический анализ причин и движущих сил формирования Минского столичного региона дает основания рассматривать данный процесс в контексте с экономическими и социальными процессами. Важнейшая роль в них принадлежит процессам специализации, под влиянием которых возникла тенденция к концентрации в столице головных производств и рассредоточению в его окружении специализированных предприятий, дополняющих промышленный комплекс г. Минска. Примером является комплекс автомобилестроения в г. Жодино. Еще более характерно развитие предприятий поузловой и подетальной специализации в г. Борисове, Молодечно, Марьиной Горке, Столбцах, Дзержинске и др. На стадии технологической специализации концентрация промышленности вокруг г. Минска диктуется оперативно-технологическими и оперативно-производственными связями с головными предприятиями. Первые возникают между предприятиями столицы и вынесенными за ее пределы вспомогательными участками производства, как правило, вблизи городской черты (15–25 км), у железнодорожных станций и вблизи автомагистралей. Состав группирующихся здесь предприятий указывает на то, что процесс преобразований не ограничивается только промышленностью, но охватывает и сферу услуг, транспорт. Вспомогательные участки предприятий концентрируются в основном на ст. Колодищи и Колядичи. В Колядичах размещаются складские, ремонтные базы и грузовые автобазы городских организаций, министерств и ведомств. Базы строительных организаций города сосредоточиваются в промышленном узле Шабаны. Здесь же располагаются домостроительный комбинат, мусороперерабатывающий завод, предприятие по производству асфальтобетона для нужд городского и дорожного строительства. На ст. Фаниполь и в д. Сухорукие группируются склады снабженческих организаций, а на ст. Дегтяревка – торговые базы. На некотором удалении от города, как правило, находятся и филиалы головных предприятий, в составе которых преобладают заготовительные производства. Филиалы размещаются преимущественно в малых и средних городах – Марьиной Горке, Смолевичах, Столбцах, Дзержинске, Вилейке, Воложине. Зона их оперативно-производственных связей (производство и доставка заготовок в соответствии с оперативным планом работы основного производства) достигает 100 км, что имеет для столичного региона комплексобразующее значение.

Особенности территориальной организации производства в окружении г. Минска, в свою очередь, стимулируют выборочные перераспределения трудовых ресурсов. Такой процесс, наиболее интенсивный в ядре комплек-

са, проявляется на периферии в маятниковой миграции и во всем внутри-республиканском перераспределении населения. Столица привлекает жителей всех районов страны. В 2001 г. за счет своей области г. Минск обеспечил 33,6 % всего объема миграционного прироста [1]. Повышенный процент межобластных миграций объясняется в значительной мере тем, что столица является общерегиональным центром подготовки высококвалифицированных кадров для всех отраслей народного хозяйства. Но даже среди прибывающих из Минской области много переселенцев из других областей. В связи с этим близлежащие к г. Минску населенные пункты постоянно насыщаются активным населением, причем в столицу мигрирует преимущественно наиболее активная и профессионально подготовленная его часть. Отток активного населения из пригородной зоны не оказывает сколько-нибудь значительного влияния на половозрастную структуру ее жителей. В зоне 1,5-часовой доступности г. Минска сконцентрировано около 1 млн человек, из них 59 % – трудоспособного возраста, доля лиц моложе трудоспособного возраста достигает 19 %, а уровень образования в 1,5–2 раза выше среднего по стране [2].

Перераспределение населения между г. Минском и близлежащими населенными пунктами имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Чем больше вовлекается окружение в развитие центра, тем выше его роль в этом процессе. Для г. Минска характерен опережающий рост центростремительной маятниковой миграции. В 1976 г. в пригороде работали 5,5 тыс. минчан, или 30 % от центростремительного потока, к 1981 г. их доля возросла до 47 % и к 2001 г. составила 51 %, или 18 тыс. человек [3, 4].

Характер связей с г. Минском существенно дифференцируется в зависимости от транспортно-географического положения тяготеющих поселений и их людности. До 70 % всех поездок в г. Минск совершают жители городов и сел, связанных со столицей прямыми беспересадочными маршрутами. В структуре передвижений жителей этих поселений превалируют трудовые поездки – 52 % всех поездок в будние дни [4]. При этом для городов наблюдается тенденция возрастания удельного веса деловых и гостевых поездок и снижения трудовых с ростом величины города и затрат времени на сообщение. Жители населенных пунктов, удаленных от транспортных коммуникаций и остановочных пунктов менее активно участвуют в маятниковой миграции: на работу и учебу из таких мест выезжают только 26 % всех пассажиров [4]. Из этого можно сделать вывод, что территориальное перераспределение населения, как и территориальная организация производства, является важным фактором территориального влияния г. Минска и формирования Минского столичного региона.

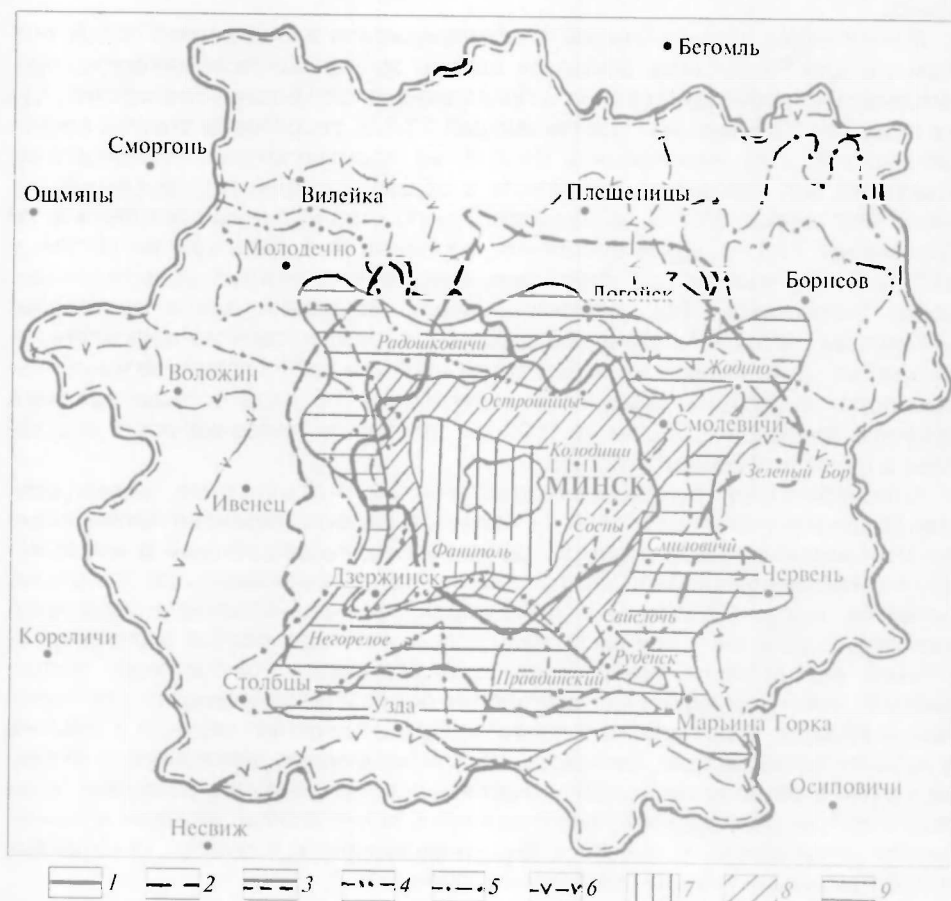
Результаты исследований позволяют заключить, что согласованное развертывание отмеченных экономических и социальных изменений образует в совокупности особый процесс развития центра. На примере Минского столичного региона видно, что эти процессы территориально согласуются как в форме агломерации, так и в форме региональной системы населенных мест, ядром которой служит столица.

Для решения ряда практических и исследовательских задач в социально-экономической географии возникает необходимость выделения границ и структурных зон Минского столичного региона. Проблема выделения границ зон тяготения г. Минска, находящихся под ее непосредственным влиянием и разделяющих с ней бремя столичности, состоит не в чисто пространственном оконтуривании сплошной непрерывной городской и дачной застройки, а в выявлении элементов столичности, связей с соответствующими функциями г. Минска в каждом из подвергаемых анализу поселений и районов.

Результаты исследований, проведенных проектно-исследовательским государственным предприятием «Минскградо» в рамках «Корректировки генерального плана г. Минска и проекта планировки его пригородной зоны», а

также «Концепции формирования Минского столичного округа», подтверждают наличие своеобразных агломерационных процессов в зоне влияния г. Минска. В качестве критериев выделения границ и структурных зон столичного региона были приняты следующие: социально-демографические (динамика численности городского и сельского населения, особенности демографической структуры населения, миграционный оборот, интенсивность маятниковой миграции, ориентация населения в реализации повседневных социально-бытовых и рекреационных потребностей), экономические (плотность производственно-хозяйственных связей), экологические (общность природно-экологических систем, проявление отрицательных экологических воздействий г. Минска), инфраструктурные (общность транспортных и инженерно-технических систем и сооружений, размещение головных объектов инженерно-технической и транспортной инфраструктуры г. Минска), планировочные (интенсивность освоения территории, характер сети поселений, структура землепользования, интенсивность размещения городских функций за пределами юридических границ города), управления (административно-территориальное устройство).

Исходя из перечисленных критериев, вокруг г. Минска были выделены следующие структурные зоны: Большой Минск (Минский столичный округ), Минская агломерация и собственно Минский столичный регион (рисунок).



Границы и структурные зоны Минского столичного региона [4].

Границы: 1 – Большого Минска (Минского столичного округа), 2 – Минской агломерации, 3 – Минского столичного региона.

Зоны тяготения к городам-центрам международного и регионального значения: 4 – интенсивного тяготения (более 20 поездок в город-центр на одного жителя зоны); 5 – активного тяготения (более 10 поездок); 6 – устойчивого тяготения (более 1 поездки).

Транспортная доступность основных зон тяготения Минска: 7 – 30 мин; 8 – 60; 9 – 90 мин

Границы Большого Минска (Минского столичного округа) включают территорию г. Минска, Минского района, частично территории Дзержинского, Смолевичского и Логойского районов. Зона Большого Минска является зоной интенсивного проявления агломерационных процессов: в среднем на одного ее жителя в год приходится более 20 поездок в город-центр Минск.

Границы Минской агломерации практически совпадают с границами пригородной столичной зоны и включают территории Большого Минска и восьми административных районов Минской области – Смолевичского и Дзержинского – полностью, Червенского, Пуховичского, Узденского, Воложинского, Молодечненского и Логойского – частично. Минская агломерация по интенсивности протекания агломерационных процессов характеризуется как зона активного тяготения к г. Минску. В среднем на одного ее жителя в год приходится более 10 поездок в город-центр Минск.

В границах Минского столичного региона находятся территории г. Минска и двенадцати административных районов Минской области – Минского, Воложинского, Молодечненского, Вилейского, Логойского, Смолевичского, Борисовского, Дзержинского, Пуховичского, Столбцовского, Узденского и Червенского. По интенсивности протекания агломерационных процессов Минский столичный регион относится к зоне устойчивого тяготения к г. Минску. На одного жителя зоны в год получается более 1 поездки в город-центр Минск.

В настоящее время Минский столичный регион представляет собой уникальное для Республики Беларусь единое социально-экономическое, территориально-пространственное и природно-экологическое образование, где на площади 23,1 тыс. км², составляющей 11,1 % территории страны, сосредоточено 27,1 % населения и 24,7 % ее промышленного производства. Удельный вес городского населения в общей численности населения региона составляет 83,2 %, в то время как по стране данный показатель не превышает 71,1 %. Доля населения, не занятого в сельском хозяйстве, – 97,1 %. Столичный регион имеет самые высокие показатели уровня освоенности территории. Так, плотность всего населения здесь составляет 117 чел./км², что в 2,4 раза выше среднего по стране, сельского населения – 20 чел./км² (в то время как по Беларуси – 14 чел./км²). Густота автомобильных дорог с твердым покрытием в регионе в 1,5 раза больше среднего уровня и превышает 350 км на 1000 км², плотность железных дорог составляет 21,2 км на 1000 км² (таблица).

Специфической экономико-географической особенностью формирования Минского столичного региона является высокое развитие промышленности и недостаточное развитие сферы услуг, инновационной и информационно-коммуникационной деятельности, что не характерно для столичных регионов мира. Структурные преобразования хозяйственного комплекса столичного региона – приоритетная задача, имеющая особое значение, поскольку эффективно функционирующая экономика обеспечивает непрерывную замену устаревших технологий более прогрессивными, что неизбежно связано с развитием в качественном отношении научной и опытно-конструкторской сферы, активизацией инновационной деятельности. В связи с этим в регионе необходимо уделять особое внимание развитию таких новых гибких образований, как технопарки, технополисы, научные и технические инкубаторы и другие виды инновационных структур, призванных концентрировать научно-технический потенциал.

Одной из главных особенностей Минского столичного региона является сложная экологическая обстановка, что дает основания отнесения его к числу проблемных. Достаточно отметить, что в настоящее время на долю региона приходится 16,2 % всех суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников. Сброс сточных вод составляет 21,0 % общего сброса по стране. Согласно комплексной оценке за-

загрязнения окружающей среды г. Минска около 30 % городской территории находится в крайне неблагоприятной зоне по уровню интегрального загрязнения, еще 35 % отнесены к неблагоприятной зоне. На остальной части территории региона доля таких «пятен» также высока.

Характеристика Минского столичного региона по комплексу показателей на 2002 г.*

Показатели	Единицы измерения	Большой Минск (Минский столичный округ)	Минская агломерация	Минский столичный регион
Площадь территории	км ²	2241,0	8230,0	23 108,8
То же в % от территории:	%	1,1	4,0	11,1
Республики Беларусь	%	9,7	35,6	100
Минского столичного региона				
Интенсивность использования территорий:				
урбанизированные	км ² /%	522,6 / 23	1256,9 / 15	2073,3 / 9
В том числе функции города	км ² /% от общей	28,4 / 1,3 / 5,4	118,7 / 1,4 / 9,4	137,3 / 0,6 / 6,6
за пределами административных границ (садоводческие товарищества)	площади/% от урбанизированной территории			
аграрные	км ² /%	1085,3 / 48	5211,7 / 63	11 341,4 / 49
природные	км ² /%	633,1 / 29	1761,4 / 22	9694,1 / 42
Количество городских поселений	единиц	5	16	26
Плотность городских поселений	число поселений на 1000 км ²	2,2	1,9	1,1
Количество сельских поселений	единиц	417	1121	3124
Плотность сельских поселений	число поселений на 1000 км ²	186	136	135
Население	тыс. чел.	1885,1	2094,7	2698,4
То же в % от населения:	%	18,9	21,1	27,1
Республики Беларусь	%	69,9	77,6	100
Минского столичного региона				
Плотность населения	чел./км ²	841	255	117
Городское население	тыс. чел.	1748,2	1879,8	2244,0
То же в % от городского населения:	%	24,9	26,8	32,0
Республики Беларусь	%	77,9	83,8	100
Минского столичного региона	%	92,7	89,7	83,2
Удельный вес городского населения				
Плотность городского населения	чел./км ²	780,1	228,4	97,1
Кoeffициент центральности (отношение численности населения г. Минска к численности населения остальных городских поселений)	—	49,1	10,2	3,2
Средний размер сельских поселений	чел.	338	173	128
Удельный вес населения, не занятого в сельском хозяйстве	%	99,5	98,6	97,1
Плотность населения, не занятого в сельском хозяйстве	чел./км ²	425,8	126,4	52,9

Примечание. * Рассчитано по данным Минского областного управления статистики и Минского городского управления статистики.

Таким образом, формирование и развитие Минского столичного региона на ближайшую перспективу должно быть направлено на поддержание объективных процессов агломерирования с учетом экологических ограничений и потенциальных возможностей развития, совершенствование структуры хозяйственного комплекса региона и развитие столичных функций г. Минска. В этой связи особую актуальность приобретает необходимость проведения комплексной экономико-географической диагностики данного регио-

на. Комплексная оценка современного уровня его социально-экономического развития в контексте выполнения им столичных функций позволит выявить диспропорции и проблемы, препятствующие дальнейшему устойчивому развитию, и определить пути его совершенствования.

1. Минск: Стат. ежегодник, 2003. Мн., 2003.
2. Статистический ежегодник Минской области, 2001. Мн., 2002.
3. Козлов Г.С., Хасдан И.Г. // Экономико-географические проблемы развития столичных регионов. Новосибирск, 1987. С. 101.
4. Концепция развития Минской агломерации. Мн., 1997.
5. Колонтай А. // Архитектура и строительство. 2003. № 1. С. 7.
6. Образовательный уровень населения Республики Беларусь: Стат. сб: В 2 т. Мн., 2001. Т. 1.
7. Пірожнік І.І. // Беларусь на мяжы тысячагоддзя. Мн., 2000. С. 242.
8. Слука Н.А. Экономико-географические проблемы столичных городов стран Восточной Европы. М., 1994.
9. Экономика региона / Под ред. В.И. Борисевича. Мн., 2002.

Поступила в редакцию 28.01.2004.

Татьяна Георгиевна Иотко – аспирант кафедры экономической географии Беларуси и государств Содружества. Научный руководитель – доктор технических наук, заведующий кафедрой экономической географии Беларуси и государств Содружества И.В. Войтов.

УДК 330.8 (476.5)

О.Д. СТРОЧКО

ОСОБЕННОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Changing since 1991 a social and economic situation in the country and transition of Belarus to the steady development objectively should lead to updating of the territorial organization of Vitebsk area. Realization of the concept of steady development of region demands balanced social, ecologic and economic development not only in his limits, but also on separately taken sites. Smoothing of a territorial disproportion in development of an economic complex of the given region is connected to development of recreational activity.

Экономический потенциал любой территориальной системы в значительной мере определяется рациональностью пространственной организации хозяйства. На ее формирование в Витебской области оказало влияние размещение основных отраслей хозяйственного комплекса – промышленности, сельского хозяйства, транспортной инфраструктуры. Наиболее значимой отраслью экономики области, обладающей значительными комплексно- и районообразующими функциями, является промышленность: ее доля в объеме производства составляет 26,8 %, в структуре занятости – 21,2 %.

В настоящее время в области представлены все основные, выделяемые географами формы территориальной организации промышленности: промышленные пункты (12 пунктов, имеющих единственное промышленное предприятие), промышленные центры (более 30), промышленные узлы – Витебский, Новополоцко-Полоцкий, Оршанский – с центрами в одноименных городах. Витебская область бедна минерально-сырьевыми ресурсами, поэтому наибольшее развитие здесь получили отрасли обрабатывающей промышленности, связанные с переработкой привозного сырья. При этом для структуры промышленного производства данного региона характерно абсолютное доминирование по объемам производства таких обрабатывающих отраслей, предприятия которых в условиях области не имеют жесткой привязки к локализованным источникам сырья: электроэнергетика, нефтепереработка, нефтехимия, машиностроение, большинство производств легкой промышленности. Согласно внутривнутриреспубликанскому разделению труда Витебская область специализируется в следующих отраслях: топливной (нефтепереработка), индекс локализации – 1,66; электроэнергетической, индекс локализации – 2,73; легкой, индекс локализации – 1,39 (табл. 1).

Таблица 1

**Структура промышленности Витебской области по объему производства
и ее место во внутриреспубликанском разделении труда в 2002 г., %**

Отрасли промышленности	Беларусь	Витебская область	Индекс локализации
Вся промышленность	100	100	1,00
Электроэнергетика	7,1	11,8	1,66
Топливная	15,8	43,1	2,73
Черная металлургия	3,1	0,3	0,1
Химическая и нефтехимическая	11,9	8,7	0,73
Машиностроение и металлообработка	22,2	6,4	0,29
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная	5,1	2,1	0,41
Промышленность стройматериалов	3,7	2,1	0,57
Легкая	6,9	9,6	1,39
Пищевая	18,3	12,7	0,69
Прочие отрасли	5,9	3,2	0,54

Примечание. Подсчитано по: Республика Беларусь: Стат. ежегодник, 2003. Мн., 2003. С. 343.

Таблица 2

Уровень промышленного развития районов Витебской области (2002 г.)

Районы	Доля занятых в промышленности в численности занятых в районе, %	Индекс уровня промышленного развития районов	Доля промперсонала района в общей численности промперсонала области, %	Удельный вес площади района в площади области, %	Индекс локализации промышленности	Доля района в объеме промышленного производства области, %
Бешенковичский	11,4	0,54	0,8	3,5	0,23	0,3
Браславский	8,2	0,39	0,9	5,5	0,16	0,6
Верхнедвинский	13,0	0,61	1,3	5,2	0,25	0,8
Витебский	27,6	1,30	39,0	7,0	5,57	27,4
Глубокский	15,4	0,73	2,4	4,5	0,53	2,6
Городокский	8,4	0,40	0,9	7,7	0,12	0,5
Докшицкий	9,8	0,46	1,0	5,5	0,18	0,5
Дубровенский	7,5	0,35	0,5	3,2	0,16	0,3
Лепельский	11,4	0,54	1,6	4,5	0,36	1,0
Лиозненский	8,3	0,39	0,5	3,5	0,03	0,4
Миорский	8,8	0,42	0,9	4,5	0,20	0,7
Оршанский	27,9	1,32	17,7	4,2	4,21	16,5
Полоцкий	26,3	1,24	21,4	8,0	2,68	37,7
Поставский	14,4	0,68	2,1	5,5	0,38	1,3
Россонский	9,6	0,45	0,5	4,7	0,11	0,2
Сенненский	8,7	0,41	0,9	5,0	0,18	0,5
Толочинский	13,0	0,61	1,4	3,7	0,38	0,8
Ушачский	9,6	0,45	0,6	3,7	0,16	0,2
Чашникский	23,1	1,09	3,2	3,7	0,86	7,1
Шарковщинский	5,6	0,26	0,4	2,7	0,15	0,2
Шумилинский	14,1	0,66	1,2	3,7	0,32	0,4
В целом по области	21,2	1,0	100,0	100,0	1,0	100,0

Примечание. Подсчитано по данным Витебского областного статистического управления.

Размещение промышленности по территории Витебской области можно охарактеризовать уровнем развития ее административных районов (включая города областного подчинения на их территории) и степенью ее территориальной концентрации. Приведенные в табл. 2 данные свидетельствуют о том, что уровень промышленного развития выше среднеобластного имеют четыре района: Оршанский, Витебский, Полоцкий и Чашникский, в которых размещены наиболее крупные промышленные центры. К числу среднеразвитых можно отнести 7 районов с индексом уровня промышленного развития от 0,5 до 1,0, остальные 10 районов имеют низкий индекс. Величину этого показателя определяют размещенные в их пределах промышленные центры.

Об уровне территориальной концентрации промышленности можно судить по индексу локализации промышленности в пределах административ-

ных районов: индекс более 1,0 имеют районы с высоким уровнем территориальной концентрации промышленности, более 0,35 – средний (Глубокский, Лепельский, Поставский, Чашникский, Толочинский), все остальные районы – это 13 из 21 – низкий. По уровню территориальной концентрации промышленности в группу определяющих территориальную структуру промышленности входят три района – Витебский, Оршанский и Полоцкий.

В 5 крупнейших промышленных центрах – Витебске, Новополоцке, Полоцке, Орше, Новолукомле – производится около 68 % промышленной продукции области и работает более 70 % промышленного персонала. При этом Витебск обеспечивает выпуск 28,4 % продукции промышленности, а Новополоцк – 32,2 %. На долю остальных 41 промышленного центра и пункта приходится примерно 32 % объема промышленного производства и около 30 % занятых в промышленности.

Особенностью географии промышленных центров Витебской области разной величины является достаточно равномерное размещение по ее территории мелких промышленных пунктов и смещение крупных многоотраслевых – Витебск, Орша, Новополоцк, Полоцк – в центр и на восток. На сегодняшний день существует территориальная диспропорция в уровне промышленного развития восточных – индустриализированных – районов и западных – аграрно-природных.

Объяснить такую ситуацию следует своеобразием экономико-географического и геополитического положения области, особенностями ее исторического развития и природно-ресурсного потенциала. Геополитическое положение региона определяется соседством с одним из крупнейших государств мира – Российской Федерацией. Бедность собственной минерально-сырьевой базы сыграла роль в установлении тесных связей с Россией, располагающей огромными запасами всех видов природного сырья и отличающейся емким, далеким от насыщения и пока относительно мало требовательным к качеству продукции внутренним рынком. Длительность существующих экономических и политических связей, их первостепенная значимость для развития хозяйственного комплекса Витебской области способствовали более быстрому развитию приграничных восточных и центральных территорий. Здесь раньше начались процессы урбанизации и индустриализации.

Запад области (Глубокский, Миорский, Поставский, Браславский и Шарковщинский районы) с 1921 г. вплоть до Второй мировой войны входил в состав Польши, которая не была заинтересована в экономическом развитии этих территорий. Здесь всячески тормозились процессы индустриализации и стимулировались развитие сельского хозяйства и заготовка местного природного сырья, которое вывозилось в Польшу. Самой распространенной формой территориальной организации промышленности на западе области являются мелкие, реже – средние, промышленные центры, крупных, многоотраслевых узлов нет вообще. Однако на сегодняшний день некоторые из западных районов, в частности Глубокский и Поставский, имеют относительно высокий уровень промышленного развития по сравнению с многими восточными районами (см. табл. 2). По нашему мнению, развитию Глубокского района способствовали благоприятные агроклиматические условия. Агропотенциал этого района самый высокий в области. На базе переработки собственного сельскохозяйственного сырья, в первую очередь животноводческого, здесь получила развитие пищевая промышленность. Масштабы развития Поставского района объясняются его выгодным пригранично-транзитным положением между Минской областью и Литвой. Определенную роль сыграл оборонный фактор: в советское время здесь дислоцировались крупные военные подразделения. В настоящее время они выведены в Россию, но сохранились военная и социальная инфраструктуры.

Несмотря на целенаправленную политику по активизации промышленности в малых и средних городах, проводившуюся в советское время, более высокие темпы развития сохранялись в уже сложившихся крупных городах, находящихся в центре и на востоке области. Их отраслевая структура постоянно совершенствовалась за счет строительства предприятий, дополняющих отрасли специализации необходимыми вспомогательными и обслуживающими производствами, создания и развития общей инфраструктуры, расширения и углубления производственных экономических связей между предприятиями как в пределах самих центров, так и в соседних пунктах и центрах, в результате эти города приобрели все признаки промышленных узлов.

Таким образом, формирование крупных промышленных центров и узлов в Витебской области объясняется действием закона территориальной концентрации производства, или агломерационного эффекта. Сосредоточение в пределах ограниченной территории предприятий различных отраслей позволяет уменьшить все виды затрат на обеспечение производственной, социальной и экологической инфраструктурой. В соответствии с законом о территориальной концентрации промышленные узлы Витебской области – Витебский, Новополоцко-Полоцкий, Оршанский – расположены на важнейших транспортных магистралях (трансъевропейские коридоры № 2, 9; железная дорога Москва – Рига – Калининград и др.) и в местах их пересечения. Именно эти узлы вместе с транспортными коммуникациями формируют экономический каркас Витебщины. Действием этого закона объясняется также высокая степень инерционности сложившейся исторически территориальной структуры промышленности области [1].

В результате наиболее урбанизированная зона вдоль узлов инфраструктуры – железнодорожных, автомобильных и водных путей сообщения, а также инженерных коммуникаций (линий электропередач, трубопроводов и т. п.), находящаяся на востоке и в центре (Новополоцк – Полоцк – Витебск – Орша), сосредоточивает основные производственно-экономический и социально-демографический потенциалы Витебщины, ее экономический каркас. Он выступает в роли главного организующего элемента территориальной структуры хозяйства Витебской области.

Меняющаяся социально-экономическая ситуация и переход страны к стратегии устойчивого развития объективно должны привести к корректировке территориальной организации хозяйства области. Реализация данной стратегии требует сбалансированного социо-эколого-экономического развития не только в пределах региона, но и во всех его территориальных подразделениях. Это предусматривает разработку мер по деконцентрации промышленного производства, более равномерное его рассредоточение по всей территории региона.

Однако быстро изменить территориальную организацию хозяйства невозможно, поскольку это одна из самых инерционных структур. Реален только прогноз направлений ее трансформации на основе выявленных устойчивых закономерностей в процессах формирования внутриобластных территориально-производственных комплексов и социально-экономических систем с учетом новых тенденций [1]. На сегодняшний день важнейшей устойчивой закономерностью в формировании территориальной структуры Беларуси и отдельных ее регионов является концентрация экономической деятельности в уже сложившихся урбанизированных ареалах. Это и общемировая тенденция. «Речь идет не о концентрации в пределах региональных территориальных систем, а именно о сосредоточении в локальных центрах» [1]. В Витебской области это положение усиливается за счет действия таких факторов, как экономический кризис, возрастание роли в обеспечении стабильного экономического развития инвестиций в человеческий капитал, особенности экономической специализации хозяйственного комплекса области.

В условиях длительного экономического кризиса нецелесообразно вкладывание государственных средств в строительство новых производственных объектов. В такой ситуации максимально быстрый и наибольший эффект от капиталовложений можно получить в развитых многоотраслевых центрах, которыми являются Витебск, Новополоцк, Орша, Полоцк. Здесь же концентрируется малый и средний бизнес, использующий уже созданную инфраструктуру и сосредоточение потребителей продукции.

По заключению специалистов Всемирного банка реконструкции и развития, в странах с переходной экономикой, таких как Беларусь, основным источником экономического роста (64,0 %) является человеческий капитал (знания и умения работников, их физическое и интеллектуальное развитие, уровень развития предпринимательства). Промышленные центры региона концентрируют основную долю занятых в народнохозяйственном комплексе области (52,3 %) и основную долю промышленно-производственного персонала (70,0 %). Трудовые ресурсы этих городов отличаются наибольшим уровнем квалификации, поэтому эти территории более привлекательны для данного рода инвестиций.

Зависимость промышленного комплекса области от импорта сырья и энергоносителей будет способствовать концентрации капитала, производства, трудовых ресурсов в выюкоурбанизированных зонах вдоль узлов инфраструктуры, в первую очередь вдоль транспортных линий, важнейшие из которых пересекаются в крупных промышленных центрах на востоке области.

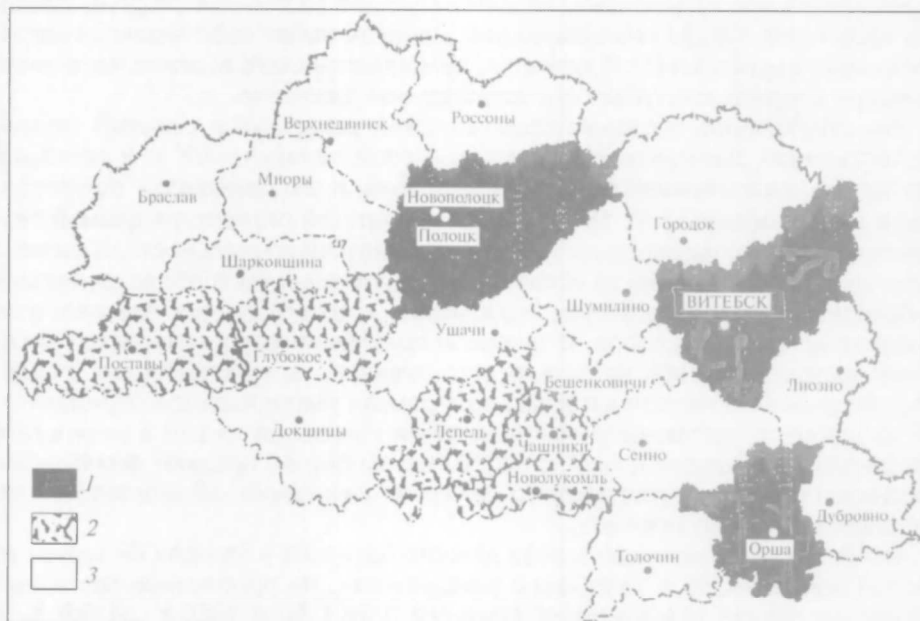
Учитывая изложенное, можно предположить, что в формировании территориальной структуры промышленности области в обозримой перспективе будут доминировать следующие тенденции: процесс выравнивания уровней экономического развития восточной части области и остальной территории замедлится; дифференциация урбанизированных районов и остальных «периферийных» территорий будет возрастать; поляризация территориальной организации хозяйства создаст предпосылки для обеспечения устойчивого развития всей области за счет возрастающих возможностей формирования уравнивающего экологического каркаса; «полюсами роста» для западной зоны области могут стать Глубокский и Поставский районы как наиболее индустриализованные на сегодняшний день и имеющие относительно высокий промышленный потенциал в масштабах всей области.

В преодолении территориальных диспропорций экономического развития Витебщины, по нашему мнению, ставка должна быть сделана на ускоренное развитие в западной и центральной частях области рекреационного хозяйства. Такое развитие областной ТСЭС не противоречит последней по срокам Генеральной схеме комплексной территориальной организации Республики Беларусь, утвержденной Советом Министров Республики Беларусь в 2000 г. [2]. Согласно этой схеме приоритетным направлением в использовании территорий административных районов Витебской области в общереспубликанском контексте является природная функция. Как следует из рекомендуемого функционального зонирования территории Беларуси, на природную функциональную группу в области приходится почти 43 % от общего числа ее административных районов, или 44,6 % ее территории. Однако промышленный потенциал некоторых административных районов Витебской области при таком подходе учтен не в полном объеме. Наши расчеты территориальной концентрации промышленности в административных районах (см. табл. 2) дают основания предложить следующую типологию районов по уровню промышленного развития (рисунок):

– районы с высоким промышленно-производственным потенциалом (удельный вес занятых в промышленности в общем числе занятых в хозяйстве района – не менее 21,2 %, удельный вес района в числе занятых в промышленности области – более 17,0 %, доля в общем объеме промышленного производства области – более 15,0 %) – 19,2 % территории области;

– районы со средним промышленно-производственным потенциалом (удельный вес занятых в промышленности в общем числе занятых в хозяйстве района – не менее 11,0 %, удельный вес района в числе занятых в промышленности области – не менее 1,5 %, доля в общем объеме производства промышленной продукции области – не менее 1,0 %) – 18,2 % территории области;

– районы с низким промышленно-производственным потенциалом (удельный вес занятых в промышленности в общем числе занятых в хозяйстве района – до 15,0 %, удельный вес района в числе занятых в промышленности области – менее 1,5 %, доля в общем объеме производства промышленной продукции области – менее 1,0 %) – 62,6 % территории области.



Уровень промышленного развития районов Витебской области:

1 – высокий, 2 – средний, 3 – низкий

Таким образом, потенциальные возможности таких районов, как Чашникский, Глубокский, Поставский, Лепельский, а в более далекой перспективе – Толочинский, Верхнедвинский, могут быть использованы в качестве «полюсов роста» для оптимизации территориальной структуры хозяйства Витебской области и выравнивания уровней экономического развития всех ее территорий. Эти районы находятся в непосредственной близости от крупных транспортных магистралей, в зонах влияния узлов инфраструктуры, обладают значительным промышленно-производственным персоналом и потому соответствуют основным требованиям, предъявляемым к перспективным территориям при современных тенденциях развития экономики Беларуси.

1. Козловская Л.В. Социально-экономическая география Беларуси: В 3 ч. Ч. 1. Условия и факторы социально-экономического развития и территориальной организации хозяйства Беларуси. Мн., 2002. С. 101.

2. Государственная схема комплексной территориальной организации Республики Беларусь. Мн., 2001.

Поступила в редакцию 10.03.2004.

Ольга Дмитриевна Строчко – преподаватель кафедры географии Витебского государственного университета им. П.М. Машерова. Научный руководитель – доктор экономических наук, профессор Л.В. Козловская.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ

In clause on a basis census population information and current statistics of the population dynamics of birth rate, parameter of death and natural gain of the urban population of Belarus under influence of various groups of the factors is analyzed. Some measures of demographic politics for an output of the country from demographic crisis are offered.

Масштабы роста городов и городского населения тесно связаны и во многом определяются геодемографической ситуацией, или геодемографической обстановкой, в конкретном регионе, которая является объектом географического исследования любого ранга и включает в себя структурно-функциональные подсистемы, характеризующие различные стороны развития населения. Среди них важнейшее значение имеет собственно демографическая подсистема [1]. Предметом демографического анализа населения в первую очередь выступает его естественное движение.

Как обобщенное название совокупностей рождений и смертей термин «естественное движение» появился во второй половине XIX в. в немецкой статистике, различавшей состояние населения и его движение – естественное и механическое [2, с. 130]. Однако в советской литературе данный термин очень часто подвергался критике из-за его внесоциальности. В связи с этим часто учеными вместо естественного движения употребляется термин «воспроизводство населения», содержание которого до сих пор является предметом научных споров. В широком понимании воспроизводство населения включает в себя не только естественное, но механическое и социальное движение населения и только в рамках узкого подхода определяется как процесс постоянного возобновления поколений людей в результате рождаемости и смертности [2, с. 68]. В нашем случае предмет демографии ограничен рамками естественного движения населения, общепринятого эквивалента которому пока нет.

Основное влияние на динамику данного процесса в городах Беларуси во второй половине XX в. оказывала рождаемость. На протяжении последних 50 лет ее общий коэффициент снизился с 28,1 ‰ в 1950 г. до 9,8 ‰ в 2000 г., т. е. почти в три раза (табл. 1). В целом по республике уровень рождаемости за этот же период уменьшился с 25,5 до 9,4 ‰, а в сельской местности – с 24,7 до 8,5 ‰. Следует отметить, что на протяжении всего послевоенного периода общий коэффициент рождаемости в городах несколько превышал соответствующий показатель по сельской местности.

Таблица 1

Динамика общего коэффициента рождаемости в городских и сельских поселениях Республики Беларусь, ‰

Тип поселения	Год					
	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Городские	28,1	24,8	18,8	18,8	14,9	9,8
Сельские	24,7	24,3	14,2	12,3	11,7	8,5

Примечание. Табл. 1, 2 составлены автором по данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь.

Снижение рождаемости в городских поселениях Беларуси происходило неравномерно (табл. 2). Данные статистики свидетельствуют, что изменение общего коэффициента рождаемости прерывалось частыми спадами и подъемами, вызванными трансформацией социально-экономической системы в стране. Это обусловлено тем, что «уровень рождаемости, как чуткий барометр, реагирует на все изменения в политике, экономике и культуре страны» [3, с. 41]. В первые послевоенные годы наблюдался компенсаторный рост рождаемости вследствие повышенной брачности, характерной

для этого времени. Однако уже с 1952 г. начала проявляться тенденция к снижению общего коэффициента рождаемости. Анализируя данные статистики, динамику общего коэффициента рождаемости в городских поселениях

Таблица 2
Динамика общих коэффициентов рождаемости, смертности и естественного прироста городского населения в Республике Беларусь, ‰

Год	Рождаемость	Смертность	Естественный прирост
1940	31,3	16,1	15,0
1950	28,1	7,9	20,2
1951	28,2	7,3	20,9
1952	27,6	6,9	20,7
1953	25,3	6,4	18,9
1954	27,1	6,2	20,9
1955	26,6	6,1	20,5
1956	25,6	5,7	19,9
1957	24,6	5,6	19,0
1958	25,2	5,7	19,5
1959	24,9	6,1	18,8
1960	24,8	5,4	19,4
1961	24,0	5,3	18,7
1962	23,2	5,7	17,5
1963	21,7	5,6	16,1
1964	20,3	5,2	15,1
1965	19,1	5,3	13,8
1966	18,7	5,3	13,4
1967	18,6	5,4	13,2
1968	18,7	5,5	13,2
1969	18,5	5,8	12,7
1970	18,8	5,4	13,4
1971	19,4	5,3	14,1
1972	19,3	5,5	13,8
1973	18,9	5,5	13,4
1974	19,2	5,5	13,7
1975	19,0	5,8	13,2
1976	19,0	6,0	13,0
1977	19,0	6,0	13,0
1978	19,1	6,2	12,9
1979	18,8	6,4	12,4
1980	18,8	6,5	12,3
1981	19,0	6,4	12,6
1982	18,8	6,4	12,4
1983	20,1	6,6	13,5
1984	19,3	7,0	12,3
1985	18,5	6,9	11,6
1986	18,9	6,5	12,4
1987	17,6	6,7	10,9
1988	17,6	6,9	10,7
1989	16,4	7,0	9,4
1990	14,9	7,4	7,2
1991	13,6	7,8	5,8
1992	13,1	8,2	4,9
1993	11,7	8,9	2,8
1994	10,8	9,1	1,7
1995	9,9	9,4	0,5
1996	9,3	9,3	0,0
1997	8,7	9,6	-0,9
1998	9,1	9,8	-0,7
1999	9,5	10,6	-1,1
2000	9,8	10,0	-0,2

Беларуси в период 1950–2000 гг. можно разделить на следующие три этапа: первый (1950–1964 гг.) – медленное снижение уровня рождаемости; второй (1965–1984 гг.) – стабилизация и даже некоторое повышение общего коэффициента рождаемости; третий (1985–2000 гг.) – резкое снижение. Итак, общий коэффициент рождаемости городского населения Беларуси в этот период имел сложную динамику изменений. Проявившаяся в начале 1950-х гг. тенденция к снижению уровня рождаемости усилилась к середине 1960-х гг., когда доля женщин, вступающих в активный детородный возраст, была ограничена, что явилось последствием Второй мировой войны. В целом в течение первого выделенного нами периода ее уровень снизился с 28,1 до 20,3 ‰.

Затянувшийся на 15 лет спад общего коэффициента рождаемости в 1965 г. сменяется стабилизацией и даже некоторым повышением в отдельные годы, что было связано со вступлением в активный детородный возраст в 1970-е гг. поколения компенсаторной волны (1945–1950 гг.). С 1985 г. уровень рождаемости в городских населенных пунктах опять начал снижаться, причем в условиях мирного времени. В целом за период 1985–2000 гг. общий коэффициент рождаемости снизился почти в 2 раза и составил в 2000 г. 9,8 ‰. Изначально падение рождаемости было обусловлено тем, что во второй половине 1980-х гг. в возраст активного деторождения вступало малочисленное поколение второй половины 1960-х гг. С 1988 г. темпы снижения рождаемости резко возросли, что

связано с последствиями аварии на Чернобыльской АЭС. Политические преобразования на постсоветском пространстве, а также охвативший страну системный экономический кризис резко усугубили положение. В отличие от общего коэффициента рождаемости, который имел в целом тенденцию к снижению на протяжении всего анализируемого нами периода, абсолютные показатели рождаемости выросли с 47 090 новорожденных в 1950 г. до 119 356 в 1986 г., т. е. почти в 3 раза, и только с 1987 г. начали резко снижаться.

Таким образом, анализ абсолютных и относительных показателей рождаемости в городских населенных пунктах Беларуси за послевоенный период свидетельствует о демографическом переходе вначале от высокого к среднему, а впоследствии – к низкому уровню рождаемости. Это явилось продолжением эволюции демографических процессов. Однако, если во многих европейских странах этот переход осуществлялся на протяжении практически всей второй половины XX в., то в Беларуси он произошел в течение нескольких лет. Так, если еще в 1990 г. рождаемость ниже 10 ‰ была характерна для 13 % городских населенных пунктов, то в 2000 г. такой уровень наблюдался уже более чем в 70 %.

Проведенный анализ динамики рождаемости показывает, что этот сложный демографический процесс детерминирован объективными социально-экономическими причинами. Уровень рождаемости определялся комплексным воздействием ряда факторов социально-экономического, демографического, психологического и культурного характера. В научной литературе к проблеме факторов рождаемости и их классификации есть различные подходы [4–7]. В условиях Беларуси наиболее оптимальным, на наш взгляд, является разделение их на две большие группы: демографические и социально-экономические.

Влияние демографических, или структурных, факторов на процессы рождаемости происходит непосредственно, социально-экономических – опосредованно. К ним чаще всего относят уровень урбанизации, благосостояние семей, культурный и образовательный ценз населения, а также занятость женщин. Считаем, что наиболее общим, комплексным из всех перечисленных социально-экономических факторов является уровень жизни населения, т. е. благосостояние. Выявление взаимосвязи между рождаемостью и уровнем жизни населения до сих пор одна из наиболее сложных проблем, предмет научных споров демографов.

В Беларуси эта проблема также глубоко исследовалась. Так, к примеру, Л.П. Шахотько считает, что благосостояние семьи как фактор рождаемости в первую очередь связано с возрастанием потребностей членов общества в процессе его развития и их ценностными приоритетами [3, 7]. Действительно, степень удовлетворения потребностей людей зависит от материального благосостояния общества в целом. В процессе исторического развития произошла переоценка ценностей: расширились потребности внесемейные и сузились семейные, что привело к демографическому спаду. Одного или двух детей хотят иметь все семьи, а рождение последующих вступает в противоречие с заинтересованностью в профессиональной деятельности, потребностью иметь достаточно свободного времени. Устойчивое число одно- и двухдетных семей является результатом регулирования деторождения. Сознательное ограничение числа родившихся детей привело к значительному уменьшению удельного веса семей, состоящих из пяти и более человек. Снижился средний размер семьи, который в настоящее время составляет менее трех человек. Все это привело к падению рождаемости в городских поселениях Беларуси.

Демографическая самоустановка на одно- и двухдетную семью за последние 10 лет привела к простому, а с 1997 г. – к суженному воспроизводству. При сохранении такой тенденции естественная убыль городского на-

селения Беларуси возрастет. По расчетам демографов, даже для простого воспроизводства населения каждая семья детородного возраста в среднем должна иметь 2,6–2,7 ребенка [8]. В городских поселениях Беларуси в настоящее время суммарный коэффициент рождаемости составляет менее 1,5, учитывая поправку на смертность, этого явно недостаточно. Существующее в настоящее время положение с рождаемостью в Беларуси можно назвать проблемой даже не третьего, а второго ребенка.

Структурно-демографические и социально-экономические факторы будут и в дальнейшем определять уровень рождаемости в городах страны. Наряду с факторами, ведущими к ее снижению, будут действовать и стимулирующие, в частности, уже сейчас постепенно сглаживаются существующие диспропорции населения по полу, увеличивается доля замужних женщин фертильного возраста. Некоторое увеличение рождаемости прогнозируется на ближайшее время, поскольку в возраст наибольшей плодovitости будет вступать довольно многочисленное поколение женщин 1980-х гг., когда рождаемость в городских поселениях была наиболее высокой по сравнению с предыдущим и последующим периодами. Эта особенность возрастной структуры населения, вызванная демографической волной, привела к совсем незначительному увеличению с 1999 г. общего коэффициента рождаемости. Однако маловероятно, что данная тенденция будет длительной. Уже через несколько лет в детородный возраст начнет вступать постчернобыльское поколение, когда показатели рождаемости резко снизились. Ведь главная роль в современных условиях принадлежит психологии людей, выраженной в демографических установках на внутрисемейное регулирование рождаемости. А на формировании психологической установки уже более 15 лет сказывается неблагоприятная экологическая ситуация в стране, а также неуверенность большинства населения в завтрашнем дне. Проводившаяся до настоящего времени демографическая политика по стимулированию рождаемости заключается в основном в предоставлении льгот семьям с детьми. Но льготы только несколько выравнивают уровень жизни. Политика же государства должна быть направлена на помощь семьям в удовлетворении их потребностей, на сокращение разрыва между тем числом детей, которое родители собираются иметь в существующих социально-экономических условиях, и тем, которое они хотели бы иметь в благоприятной для себя ситуации [9].

Другим показателем естественного движения населения является смертность [2, с. 409]. Демографы отмечают, что «значение показателей смертности далеко выходит за пределы чистой демографической проблематики. От того, сколько лет в среднем живут люди в данной стране – 30 или 70, – в значительной степени зависит ее политический престиж, а также социально-экономическое развитие» [10, с. 115].

Абсолютная численность умерших в городских поселениях Беларуси во второй половине XX в. росла, за исключением непродолжительного послевоенного периода, динамика же общего коэффициента смертности была достаточно противоречивой (см. табл. 2), хотя в целом с 1950 по 1986 г. прослеживалась тенденция к его снижению. Более детальный анализ показателей смертности позволяет выделить четыре основных этапа:

- первый (1950–1958 гг.) – снижение;
- второй (1959–1977 гг.) – стабилизация;
- третий (1978–1986 гг.) – незначительный рост;
- четвертый (1987–2000 гг.) – резкое увеличение смертности населения.

Снижение общего коэффициента смертности с 7,9 до 5,7 ‰ на первом этапе обусловлено развитием после окончания Второй мировой войны здравоохранения, повышением материального уровня жизни населения, ростом санитарной культуры и т. д.

На втором этапе – стабилизации – смертность городского населения колебалась в пределах 6,1–5,2 ‰.

Незначительное повышение (с 6,2 до 6,5 ‰) данного показателя на третьем этапе не является чем-то неожиданным. Тенденция к незначительному повышению общего коэффициента смертности в 1980-е гг. прослеживалась и во многих высокоразвитых странах мира: Голландии, Дании, Швеции и др. Это было обусловлено сдвигами в структуре населения в сторону повышения удельного веса пожилых людей, так называемое старение населения. Охватившая все высокоразвитые страны мира, эта тенденция коснулась и Беларуси, что, естественно, привело к увеличению общего коэффициента смертности.

С 1987 г. эта тенденция еще более усугубилась: за 1987–2000 гг. (четвертый этап) общий коэффициент смертности вырос с 6,7 до 10,0 ‰. Это было связано уже не со сдвигами в возрастной структуре населения, а в большей степени обусловлено последствиями аварии на Чернобыльской АЭС и резким снижением уровня жизни населения вследствие экономического кризиса.

Увеличение напряженности ритма жизни, всевозможные перегрузки, недостаточная физическая активность, ухудшение экологической ситуации привели к перераспределению по удельному весу факторов смерти. Если раньше они были связаны в первую очередь с инфекционными и паразитарными заболеваниями, то в настоящее время – с «болезнями цивилизации» – системой кровообращения и новообразованиями.

Третье место среди причин смерти занимают несчастные случаи, отравления и травмы, и их количество с 1990 г. значительно прогрессирует, а доля в общей численности смертей ежегодно составляет около 10 %. Такое положение обусловлено неудовлетворительной организацией производства, транспортных средств, бытовым травматизмом, ростом алкоголизма. Так, смертность от причин, связанных с употреблением алкоголя, только за последние 10 лет увеличилась почти в 3 раза. За этот же период возрос удельный вес умерших от убийств и самоубийств.

К «болезням цивилизации» ученые-геронтологи относят и болезни органов дыхания, смертность от которых до середины 1980-х гг. входила в первую тройку причин. В настоящее время в связи с резким ростом смертности от несчастных случаев, убийств, самоубийств и других внешних воздействий смертность от болезней органов дыхания переместилась на четвертое место.

В послевоенный период наметилась устойчивая тенденция к снижению смертности от инфекционных, паразитарных заболеваний и болезней органов пищеварения. Однако в последние годы в связи с затяжным экономическим кризисом и ухудшением санитарно-эпидемиологической обстановки смертность от этих причин возросла и занимает в данное время пятое место.

Одним из наиболее чувствительных показателей качества жизни населения, его социально-бытовых условий, уровня развития медицины является детская смертность. Ее можно назвать «барометром благосостояния». Высокий уровень смертности детей до 5 лет в городских поселениях Беларуси обусловлен в первую очередь младенческой смертностью (до 1 года). Как показывают материалы текущей статистики, в целом по Беларуси коэффициент детской смертности за послевоенный период снизился более чем в 6 раз и составил в 2000 г. 9,3 ‰, в сельской местности и городах – до 12,0 и 8,3 ‰ соответственно (табл. 3). С 1960 г. на протяжении всего анализируемого периода уровень детской смертности в городах был ниже, чем в сельской местности. Эту особенность обусловил более высокий уровень медико-санитарного обслуживания городского населения. Резко сократившаяся смертность детей до 1 года изменила кривую половозрастной смертности.

Таблица 3

Младенческая смертность в Республике Беларусь, ‰

Год	Число детей, умерших в возрасте до 1 года на 1000 родившихся		
	Все население	Городское население	Сельское население
1950	57,4	65,2	55,1
1960	34,9	32,1	36,2
1970	18,8	18,1	19,5
1980	16,3	15,3	18,2
1990	11,9	11,8	12,3
1991	12,1	11,4	13,8
1992	12,3	12,3	12,5
1993	12,5	11,8	14,1
1994	13,2	12,5	14,8
1995	13,3	12,3	15,6
1996	12,5	12,0	13,8
1997	12,4	10,8	15,9
1998	11,3	10,0	14,3
1999	11,5	9,8	15,4
2000	9,3	8,3	12,0

Рост общей и детской смертности в городских населенных пунктах Республики Беларусь в конце XX в. привел к значительному снижению одного из основных показателей – средней продолжительности жизни. Важность этого показателя связана с тем, что он является одним из ключевых при ежегодном расчете ООН индекса человеческого развития для стран мира. Только переход нашей страны по

значению этого индекса за последние 10 лет с 37 места в мире в шестой десяток свидетельствует о резком снижении ожидаемой продолжительности жизни населения. В целом по Беларуси за период между первой Всероссийской переписью населения 1897 г. и первой послевоенной в 1959 г. продолжительность жизни населения выросла с 38 до 70 лет. Самая высокая продолжительность жизни населения Беларуси была отмечена в 1973–1974 гг. – 73 года. После этого периода началось ее снижение, и в 2000 г. продолжительность жизни в стране составила всего 69 лет.

Таким образом, проведенный анализ смертности и средней продолжительности жизни городского населения Беларуси свидетельствует о негативных тенденциях в динамике этих показателей. Частично это обусловлено старением населения, однако основную роль сыграли социально-экономические факторы: возрастающие темпы научно-технического прогресса привели к снижению показателей качества городской среды; ухудшение экологической обстановки способствовало росту заболеваемости во всех возрастных группах населения, а экономический кризис – снижению уровня жизни и медицинского обслуживания.

В результате длительной эволюции показателей рождаемости и смертности и их перекрестного влияния друг на друга в городских населенных пунктах Беларуси формировался определенный уровень естественного прироста. В целом на протяжении всего послевоенного периода прослеживалась тенденция к его снижению, хотя практически до 1990 г. наблюдалось расширенное воспроизводство населения. На 1990-е гг. пришелся демографический переход от расширенного к простому типу воспроизводства, так как за 5 лет (1990–1995) уровень естественного прироста снизился с 7,5 до 0,5 ‰. В 1996 г. впервые за всю демографическую историю Беларуси уровень рождаемости и смертности населения в городских поселениях страны выровнялись и коэффициент естественного прироста стал равным нулю. В 1997 г. в городских населенных пунктах страны произошла демографическая революция: общее число умерших превысило число родившихся, и естественный прирост стал отрицательным. Еще в 1990 г. около 80 % всех городских населенных пунктов имели положительный естественный прирост, к 2000 г. уже более чем в 150 наблюдалась естественная убыль населения.

Таким образом, проведенный анализ естественного движения городского населения Беларуси показал, что в период с 1990 по 2000 г. произошел демографический переход от расширенного к простому, а затем и к суженному типу воспроизводства населения. Для него характерна низкая рождаемость,

явившаяся результатом влияния как демографических, так и социально-экономических факторов, и относительно низкие показатели смертности с проявившейся тенденцией к их увеличению. Рост абсолютных и относительных показателей смертности значительно снизил ожидаемую продолжительность жизни населения. По прогнозам к 2011 г. городское население сократится на 1, сельское – на 20,4 %. Демографический потенциал Беларуси в целом снизится на 7,3 % [12, с. 22]. Уже в настоящее время практически все демографические показатели (суммарный коэффициент рождаемости, коэффициент младенческой смертности, ожидаемая продолжительность жизни) достигли тех критических величин, значения которых грозят демографической безопасности страны. Все это свидетельствует о необходимости реализации долговременной демографической политики, основанной в первую очередь на коренным образом измененном уровне жизни населения и улучшении качества городской среды.

1. Федоров Г. М. Научные основы концепции геодемографической обстановки. Л., 1991.
2. Демографический энциклопедический словарь. М., 1985.
3. Шахотько Л. П. Рождаемость в Белоруссии: (Соц.-экон. вопр.). Мн., 1975.
4. Демографическое развитие и трудовые ресурсы БССР: (Соц.-экон. пробл.) / Под ред. Я.И. Рубина, А.А. Ракова. Мн., 1988.
5. Демографическое развитие Литвы: ретроспектива, современные проблемы, сравнительный анализ: Сб. ст. Вильнюс, 1989.
6. Топилин А. В. Территориальное перераспределение трудовых ресурсов в СССР. М., 1975.
7. Шахотько Л. П. Воспроизводство населения Белорусской ССР / Под ред. А.А. Ракова. Мн., 1985.
8. Трудовые ресурсы прибалтийских советских республик: Рига: 1967 / Редкол.: П.В. Гулин и др. Рига, 1967.
9. Волков А. Т. // Рождаемость: Проблемы изучения: Сб. ст. / Под ред. Л.Е. Дарского. М., 1976. С. 35.
10. Население СССР за 70 лет / Отв. ред. Л.Л. Рыбаковский. М., 1988.
11. Шахотько Л. П. Население Республики Беларусь в конце XX века. Мн., 1996.
12. Концепция формирования и развития системы расселения Республики Беларусь. Мн., 1998.

Поступила в редакцию 30.01.2004.

Константин Константинович Красовский – кандидат географических наук, доцент, докторант кафедры экономической географии Беларуси и государств Содружества.



ПЯЦЬДЗЕСЯТ ГАДОУ ГРАМАДСКАЙ ДЗЕЙНАСЦІ НА КАРЫСЦЬ БЕЛАРУСКАЙ ГЕАГРАФІІ

19 сакавіка 1954 г. была прынята пастанова Вучонага савета Геаграфічнага таварыства СССР аб арганізацыі Беларускага геаграфічнага таварыства як філіяла усесаюзнай арганізацыі. У склад арганізацыйнага камітэта і першага Вучонага савета ГТ БССР увайшлі: акадэмік І.С. Лупіновіч (старшыня), дацэнты У.А. Навіцкі (вучоны сакратар), В.А. Дзяменцьеў (намеснік старшыні), Ф.С. Марцінкевіч, і.і. Трухан, прафесар А.Н. Папоў, Г.Т. Шэнберг. Упершыню беларускія географы атрымалі магчымасць аб'яднацца у самастойнае навуковае таварыства.

У 1957 г. старшынёй ГТ БССР стаў віцэ-прэзідэнт АН БССР акадэмік К.І. Лукашоў. Гэта быў перыяд структурнай перабудовы арганізацыі. Былі створаны секцыі: фізічнай геаграфіі (В.А. Дзяменцьеў), эканамічнай геаграфіі (Ф.С. Марцінкевіч), краязнаўства і турызму (В.А. Жучкевіч), фэналогіі (А.Е. Шкляр). Пачалася падрыхтоўка першага Атласа БССР, які выйшаў у друку ў 1958 г. У 1959 г. быў падрыхтаваны першы зборнік навуковых прац ГТ БССР «Пытанні геаграфіі Беларусі».

Асабліва актывізавалася дзейнасць таварыства пасля абрання ў 1962 г. старшынёй савета В.А. Дзяменцьева. Работа савета стала больш мэтанакіраванай. У 1962 г. Беларускі філіял ГТ СССР атрымаў самастойнасць і пачаў называцца Геаграфічнае таварыства БССР пры АН БССР.

У 1964 г. былі створаны аддзяленне этнаграфіі і фальклору, камісія па медыцынскай геаграфіі, у рабоце географу пачалі прымаць актыўны ўдзел медыкі, археолагі, гісторыкі. Вялікую папулярнасць атрымалі агульныя сходы членаў ГТ БССР, на якіх выступалі вядучыя вучоныя, прадстаўнікі творчых саюзаў, замежныя навукоўцы. ГТ БССР было адным з ініцыятараў выдання Беларускай Савецкай Энцыклапедыі ў 12 тамах (1969–1975 гг.).

У пачатку 1970-х гг. ГТ БССР перайшло ад правядзення справаздачна-выбарчых сходаў да з'ездаў, што дазволіла пашырыць спіс іх удзельнікаў. Праграмы з'ездаў уключалі не толькі арганізацыйныя пытанні, але і навуковыя даклады. На іх запрашаліся як беларускія географы, так і замежныя навукоўцы.

З'езд ГТ БССР, які адбыўся 12 сакавіка 1975 г., прыняў новы Статут ГТ БССР. Прэзідэнтам таварыства быў абраны В.А. Жучкевіч, з прыходам якога работа Вучонага савета ГТ БССР стала больш разнастайнай. Пашырыўся склад Савета і Прэзідыума, павялічылася колькасць камісій, аддзяленняў і секцый. Пачалі праводзіцца штогадовыя канферэнцыі па выніках навуковых даследаванняў, былі вызначаны асноўныя іх накірункі на бліжэйшы час і на перспектыву.

Пачалі выходзіць зборнікі навуковых прац членаў ГТ БССР, прысвечаныя значным геаграфічным падзеям (з'ездам ГТ СССР, Міжнародным геаграфічным кангрэсам і інш.). Вучоны савет ГТ БССР распачаў работу па стварэнню Навукова-даследчага інстытута геаграфіі АН БССР. Гэта пытанне было унесена ў рашэнне III з'езда ГТ БССР і VII з'езда ГТ СССР.

Асаблівую увагу пачалі удзяляць геаграфічным экспертызам асобных праектаў, новых выданняў манаграфій, падручнікаў (праект абвешчання р. Прыпяць, будаўніцтва Даўгаўпілскай ГЭС, выданне Энцыклапедыі прыроды Беларусі і інш.). Пачалі праводзіцца сумесныя агульныя сходы членаў ГТ БССР і іншых таварыстваў (пісьменнікаў, кінематаграфістаў, архітэктараў). Практыкаваліся выязныя пасяджэнні Вучонага савета ГТ БССР, тэматычныя семінары. Упершыню было прапанавана стварэнне Браслаўскага нацыянальнага парка, зроблена абгрунтаванне больш за 30 ахоўваемых прыродных аб'ектаў на тэрыторыі БССР. У практыку работы таварыства былі уведзены навуковыя чытанні памяці вядомых навукоўцаў (А.А. Смоліч, Я.Д. Чэрскі, і.і. Ходзька і інш.) з ушанаваннем вядомых вучоных на іх радзіме.

У лістападзе 1983 г. на пасяджэнні Вучонага савета ГТ БССР прайшло абмеркаванне першага тома Энцыклапедыі прыроды Беларусі, ініцыятарам падрыхтоўкі якой было ГТ БССР. Выступілі Я.А. Якубоўскі, В.С. Аношка, В.П. Якушка, А.Р. Булаўка, Э.А. Ляўкоў.

ГТ БССР рэагаваў на палітычныя з'явы і працэсы, якія адбываліся ў краіне ў другой палове 1980-х – пачатку 1990-х гг. Вучоны савет БГТ востра адрэагаваў на падзеі ў Вільнюсе, Маскве, Тбілісі. У 1989 г. IV з'езд ГТ БССР адклікнуўся на палітычную сітуацыю ў краіне зваротам да грамадскіх арганізацый краіны, у якім прапанавалася адказацца ад права выбараў дэпутатаў у органы Савецкай улады, якое прадугледжвалася ў праекце новага закона аб выбарах.

У адпаведнасці з распараджэннем Савета Міністраў Рэспублікі Беларусь ад 31 кастрычніка 1991 г. № 582р распачалася работа па стварэнню «Схемы рацыянальнага прыродакарыстання Беларускага Паазер'я».

Выкананне работы было даручана часоваму творчаму калектыву, які фактычна быў створаны і працаваў на базе Вучонага савета БГТ. Агульная колькасць выканаўцаў перавышала 80 чалавек (пераважна географы), навуковы кіраўнік – В.С. Аношка. Географам упершыню была прадстаўлена магчымасць праявіць уменне працаваць калектывна над канкрэтнай дзяржаўнай праблемай. Заданне было паспяхова выканана, і ў 1993 г. вынікі абмяркоуваліся і былі зацверджаны на пасяджэнні НТС Міністэрства аховы прыроды і навакольнага асяроддзя.

Многа увагі БГТ удзяляецца школьнай географіі. Па яго ініцыятыве ўпершыню пачалі арганізоўвацца сумесныя семінары навукоўцаў, настаўнікаў географіі і вучняў па пытаннях краязнаўства, навуковых даследаванняў вучняў і інш. З удзелам Вучонага савета БГТ з 1991 г. праводзяцца школьныя географічныя алімпіяды рэспубліканскага і міжнароднага узроўня.

Усе дысертацыйныя працы географічных спецыяльнасцей праходзяць апрабаванне на пасяджэннях аддзяленняў і камісій географічнага таварыства. Праводзяцца студэнцкія навуковыя чытанні, прысвечаныя важным падзеям.

У апошнія гады БГТ удзельнічала ў правядзенні некалькіх буйных міжнародных канферэнцый, прысвечаных юбілейным датам: 200-годдзю І.І. Дамейкі, І.І. Ходзькі, 155-годдзю І.Д. Чэрскага, 110-годдзю прафесара А.А. Смоліча, 100-годдзю акадэмікаў І.С. Лупіновіча і Г.І. Гарэцкага, прафесара А.Р. Мядзведзева, 95-годдзю прафесара В.А. Дзяменцева, 90-годдзю прафесара А.Х. Шкляра, М.Т. Раманоўскага, а таксама і 80-годдзю прафесара В.П. Якушкі, плённа працуючай на географічным факультэце.

2004 г. стане годам падрыхтоўкі мерапрыемстваў, прысвечаных 70-годдзю географічнага факультэта БДУ і 50-годдзю Беларускага географічнага таварыства.

На працягу ўсяго перыяду свайго існавання географічны факультэт БДУ і БГТ дэманстравалі вялікія магчымасці сумеснага вырашэння задач, накіраваных на развіццё і павышэнне аўтарытэту географічнай навукі. І сімвалічна, што факультэт і БГТ адзначаюць свае юбілей адначасова. Гэта дае магчымасць усебакова ацаніць шматгадовую плённую працу нашых вядомых географаў – членаў БГТ.

В.С. Аношка,
старшыня Беларускага географічнага таварыства,
доктар географічных навук, прафесар

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЭКОСИСТЕМ БЕЛАРУСИ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Принятая мировым сообществом в 1992 г. Конвенция ООН о биологическом разнообразии стала реальным воплощением идей устойчивого развития на основе сохранения природного разнообразия, рационального использования экосистем Земли. Республика Беларусь в числе первых государств присоединилась к Конвенции и в 1998 г. утвердила Национальную стратегию и План действий по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия в нашей стране. За короткое время значительно возрос уровень информированности и осознанности широкой научной и деловой общественностью, гражданами нашего государства проблем сохранения биоразнообразия, а также необходимости согласованной и эффективной работы в этой области всех секторов экономики.

Однако остаются не решёнными проблемы, связанные с определением сфер и расширением категорий и режимов охраны природных экосистем при различных видах их общественного использования. Практически не отражены национальная, общеевропейская и глобальная роли биоразнообразия экосистем Беларуси при определении региональной и местной политики природопользования и охраны окружающей среды. Наконец, цели, возможности и механизмы сохранения биоразнообразия экосистем слабо согласованы с соседними государствами, что затрудняет интеграцию Беларуси в единое европейское экологическое пространство.

Все эти и другие проблемы всесторонне и детально обсуждались на двух республиканских семинарах, посвящённых современному состоянию и перспективам реализации мероприятий в рамках выполнения нашей страной Конвенции ООН о биологическом разнообразии. Семинары проводились на базе оздоровительно-спортивного комплекса «Раубичи» под эгидой и при финансовой поддержке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Глобального экологического фонда, Программы ООН по окружающей среде, Королевского общества охраны птиц (Великобритания) при участии общественных объединений «Экологическая инициатива», «Ахова птушак Беларусі», «Беларускае географічнае таварыства», «Беларускае батанічнае таварыства».

Первый семинар состоялся 18–19 ноября 2003 г. и был посвящён весьма актуальной и слабо разработанной теме «Перспективы развития национального механизма посредничества Конвенции ООН о биологическом разнообразии». Основное назначение такого механизма состоит в обеспечении широкого участия в формировании информационных ресурсов в области сохранения биоразнообразия и свободного доступа к ним. С учётом этого доступ к базе данных о биоразнообразии должен обеспечиваться как с помощью традиционных, так и электронных

средств связи. Механизм посредничества будет способствовать принятию решений, подготовке персонала, научным исследованиям, финансированию программ и отдельных проектов, передаче технологий и обеспечению информированного доступа в области биоразнообразия.

Участники семинара приняли решение о создании общенационального координационного центра механизма посредничества, а впоследствии – региональных, субрегиональных и специализированных центров. Более подробную информацию о целях, задачах и результатах механизма посредничества в рамках Конвенции ООН о биоразнообразии можно получить по адресу интернет-сайта: <http://www.biodiv.org>.

На семинаре, кроме информации о роли и содержании национального механизма посредничества в области сохранения биоразнообразия, были обсуждены актуальные проблемы, касающиеся осуществления Республикой Беларусь соответствующей Конвенции ООН. Они нашли отражение в научных докладах, посвященных сохранению биоразнообразия растительного мира (А.В. Пугачевский, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси), устойчивому использованию биоразнообразия в агроландшафтах (В.М. Яцухно, БГУ), взаимосвязи биоразнообразия и устойчивости экосистем мелиорированных территорий (А.С. Мееровский, Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси), вовлечению местного населения в деятельность по сохранению биоразнообразия на природоохранных территориях (Н.А. Юргенссон, Центр территориального кадастра Министерства строительства и архитектуры Республики Беларусь), роли водных экосистем в поддержании биоразнообразия (Б.П. Власов, БГУ) и др.

По результатам работы семинара было принято решение о разработке структуры и подготовке интернет-сайта по результатам реализации Конвенции ООН о биоразнообразии в Республике Беларусь. Предложено в ближайшем будущем приступить к осуществлению наиболее приоритетных проектов в этой области. Прежде всего они будут нацелены на обновление Национальной стратегии и Плана действий по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия Республики Беларусь, разработку Национальной стратегии по сохранению водно-болотных угодий, научного обоснования создания общеевропейской экологической сети.

На втором республиканском семинаре, проходившем 5–8 февраля 2004 г., учеными и специалистами в области создания особо охраняемых природных территорий (ООПТ) основное внимание было уделено формированию проекта «Биоразнообразие-2010». Главная цель этого проекта – вовлечение Республики Беларусь, обладающей богатым и достаточно хорошо сохранившимся природным наследием, в общеевропейский процесс осуществления Бернской конвенции по сохранению дикой природы и естественных местообитаний. Данная Конвенция, принятая в 1989 г. странами – членами Европейского Союза (ЕС), к которой присоединились и другие государства, на основании специальной директивы ЕС 92/43 ЕЕС от 21 мая 1992 г. призывает выявить ключевые территории с целью сохранения биоразнообразия, используя критерии NATURA-2000, и сформировать на их основе сети территорий специального охранного статуса для Европы (ASCI) – так называемой «Изумрудной сети» (The Emerald Network). Начало было положено в 1999 г. с выполнения пилотных проектов, в результате завершения которых была сформирована база данных, выделялись и описывались ключевые территории. Одним из обязательных условий проекта является направление всей информации о ключевых территориях для их официального утверждения в Комитете Бернской конвенции. К настоящему времени выполнено 23 пилотных проекта, в том числе 17 в странах Центральной и Восточной Европы. На основании данных, полученных в рамках этих проектов, а также результатов по общеевропейским программам NATURA-2000, CORINE и др. Департаментом культурного и природного наследия Совета Европы разработана классификация биотопов (местообитаний) Палеарктики. Применительно к условиям каждой страны должна быть определена идентификация видов и естественных природных сообществ, приуроченных к каждому такому местообитанию. При этом все ключевые территории «Изумрудной сети» сопровождаются детальным описанием, картографированием и оценкой в общей системе землепользования.

Участники семинара были ознакомлены с рядом резолюций и рекомендаций по правилам формирования и процедурам утверждения ключевых территорий. С этой целью с обстоятельными сообщениями выступили координатор Европейских программ Королевского общества защиты птиц доктор Норберт Шеффер и сотрудник отдела региональных программ этого же общества Ларс Лахманн (Великобритания). Идея предложенного проекта была одобрена и поддержана главой представительства TASIC в Республике Беларусь Иохимом Леманном.

Большой интерес к возможности создания «Изумрудной сети» на территории Беларуси отмечался со стороны белорусских участников семинара. Обсуждение этого вопроса проходило в четырех рабочих группах. Результаты были доложены на совместном пленарном заседании и выдвинуты конкретные предложения по формированию «Изумрудной сети». Участниками семинара было отмечено, что в Республике Беларусь накоплен богатый опыт исследований в данной области и имеется обширная информация о состоянии и природоохранной ценности сохранившихся естественных экосистем.

Привлечение к этой работе широкого круга специалистов-природоведов и прежде всего геоботаников, зоологов, ландшафтоведов, гидрологов, почвоведов, работников в области территориального планирования, природоохранного дела позволит успешно разработать базу данных наиболее значимых территорий, осуществить корректировку сети ООПТ, предложить систему управления ими в соответствии с критериями «Изумрудной сети» Бернской конвенции.

**Б.П. Власов,
В.М. Яцухно**

Рецензии



Полезные ископаемые Беларуси: геология месторождений и рациональное недропользование / Сост. Э.А. Высоцкий и др. Мн.: БГУ, 2003. 167 с. На рус. и англ. яз.

Издание подготовлено по материалам международной научно-практической конференции «Полезные ископаемые Беларуси: геология месторождений и рациональное недропользование», посвященной 125-летию со дня рождения известного белорусского геолога, первого заведующего кафедрой геологии БГУ, академика Николая Федоровича Блюдухо и проходившей 27–29 ноября 2003 г. в Минске.

Книга состоит из пяти частей. В первой части «Жизнь и деятельность академика Н.Ф. Блюдухо» помещены доклады участников конференции (В.Н. Губина, А.А. Махнач, С.П. Гудак, И.И. Пирожника, Э.А. Высоцкого, Р.А. Зиновой, С.А. Кручека), в которых приведены биографические сведения и основные результаты научной и педагогической деятельности Н.Ф. Блюдухо. Дан также перечень наиболее значимых изданных трудов академика и публикаций о его жизни и деятельности. Впервые помещены ранее нигде не публиковавшиеся фотографии из семейного архива Г.Н. Малевич (дочери Н.Ф. Блюдухо).

Во второй части книги «Теоретические проблемы геологии и развитие высшего геологического образования» представлены доклады, в которых отражены основные проблемы современной геологии, экологической геологии и пути развития высшего геологического образования не только в Беларуси, но и в других странах (В.Н. Губин, А.А. Махнач (Беларусь), В.М. Подобина (Россия), Т.М. Перит (Польша), О.О. Ступка и А.А. Побережский (Украина) и др.).

Третья часть «Геология и полезные ископаемые Беларуси и стран СНГ» рецензируемого издания посвящена геологическому, геохимическому и геофизическому изучению конкретных регионов Беларуси и России. Изложены важнейшие результаты поисковых и разведочных работ на

различные виды полезных ископаемых, проведенных на рубеже XX–XXI ст.

В четвертой части «Экологическая геология и рациональное недропользование» всесторонне рассмотрены вопросы экологической геологии и проблемы рационального недропользования, возникающие при разработке месторождений полезных ископаемых как открытым, так и подземным способом. Здесь же целый блок тезисов и докладов, большинство из которых подготовлено сотрудниками ОАО «Белгорхимпром» и РУП ПО «Беларускалий», посвящен геологическим проблемам Солигорского горнопромышленного района.

В приложении «Архивные материалы о деятельности Н.Ф. Блюдухо (Блюдухо)» впервые публикуются факсимиле документов из архива БГУ, существенно дополняющие уже известные биографические сведения о замечательном ученом-геологе, педагоге и организаторе геологической службы Беларуси академике Николае Федоровиче Блюдухо. Среди этих материалов краткий отчет преподавателя-инженера Н.Ф. Блюдухо от 21.06.1924 г. о научной и учебной работе кафедр минералогии и кристаллографии педагогического факультета БГУ в 1923/24 учебном году; мандат Совета Народных Комиссаров БССР от 31.07.1924 г. на проведение Н.Ф. Блюдухо научно-геологических исследований; отзыв профессора А.С. Щепотьева от 18.05.1926 г. «О научной деятельности преподавателя геологии и минералогии БГУ Николая Федоровича Блюдухо».

Книга раскрывает ранее малоизвестные страницы жизни, научной и педагогической деятельности академика Н.Ф. Блюдухо.

Опубликованные в ней материалы по проблемам геологии месторождений и рациональному недропользованию будут интересны научным работникам, преподавателям, специалистам в области геологии.

Э.А. Высоцкий, М.Е. Комаровский

РЕФЕРАТЫ

УДК 543.257

Егоров В.В., Николаев Б.А., Турбина Е.А. ИСЭ с высокой перекрестной чувствительностью для мультисенсорных систем типа «электронный язык» // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Изучено влияние различных факторов (природы пластификатора, ионообменника и добавки нейтрального переносчика) на селективность пленочных ионоселективных электродов, обратимых к катионам щелочных и щелочноземельных металлов. Установлено, что каждый из указанных факторов способен оказывать существенное воздействие на селективность ИСЭ, что открывает возможности плавного изменения потенциометрической селективности посредством варьирования состава мембраны. Полученные результаты представляют практический интерес для разработки ИСЭ с заданной селективностью и перекрестной чувствительностью, необходимых для создания мультисенсорных систем типа «электронный язык».

Библиогр. 18 назв., табл. 2, ил. 2.

УДК 547.458.83

Зимницкий Д.С., Юркштович Т.Л., Бычковский П.М. Влияние структуры целлюлозы и условий ее окисления оксидом азота(IV) на физико-химические свойства монокарбоксилцеллюлозы // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Изучено окисление исходной и мерсеризованной целлюлозы растворами оксида азота(IV) в CCl_4 различной концентрации. Установлено, что реакционная способность мерсеризованной целлюлозы в реакциях окисления выше по сравнению с исходной, что связано с меньшей степенью кристалличности и большей долей первичных гидроксильных групп, связанных слабыми водородными связями. Разбавленные растворы N_2O_4 (10 и 15 %) не вызывают изменения степени кристалличности образцов целлюлозы, а процесс окисления локализован в аморфных областях и на поверхности кристаллитов. Окисление целлюлозы в концентрированных (40 %) растворах оксида азота(IV) сопровождается разрушением кристаллитов исходной целлюлозы, ростом удельной поверхности и набухания в воде. Изучены физико-химические и кислотные свойства полученных образцов монокарбоксилцеллюлозы.

Библиогр. 26 назв., табл. 2, ил. 3.

УДК 539.5162+546.325(289)+546.57

Сережкина С.В., Шевченко Г.П., Рахманов С.К. Формирование ультрадисперсных частиц серебра в наноструктурированных пленках $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Исследованы процессы, протекающие в системах $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2 - \text{Ag}^+$ при термообработке на воздухе и приводящие к формированию наночастиц серебра, стабильных к окислению вплоть до температуры 800 °С. Установлено, что способ получения золь $\text{SiO}_2 - \text{GeO}_2$ влияет на механизм образования, размеры и оптические свойства наночастиц серебра: в пленках на основе совместно осажденных золь они формируются в результате разложения его аммиачного комплекса, тогда как в пленках на основе смеси золь SiO_2 и GeO_2 дополнительный механизм их образования заключается в разложении при температуре выше 500 °С новой фазы – германата или силиката серебра.

Показано, что присутствие ионов серебра влияет на структуру оксидной матрицы и кристаллизационные процессы, протекающие в ней при нагревании.

Библиогр. 19 назв., табл. 2, ил. 2.

УДК 546.28:539.211

Хижняк Е.А., Юхневич А.В. Самоформирование микрорельефа поверхности монокристаллического кремния при анизотропном травлении // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Установлено влияние концентрации и температуры водных растворов КОН на скорость растворения и эффективность энергии активации процесса растворения поверхности (100) монокристалла кремния, а также на тип микропоскоостей, самоформирующихся вблизи краев и углов квадратных масок, стороны которых ориентированы в кристаллографических направлениях [001] и [011]. Аналогичные данные получены для растворов с добавлением ИПС. Наблюдаемые явления в общих чертах объясняются особенностями молекулярных процессов, протекающих на монокристаллической поверхности. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании технологий производства полупроводниковых приборов различного назначения на основе монокристаллов кремния, в частности при конструировании форм масок с компенсацией усечения углов, а также при совершенствовании теорий растворения монокристаллов.

Библиогр. 4 назв., табл. 2, ил. 2.

УДК 658.567:[577.1+616-097

Ткачев С.В., Шевляков В.В., Ушков А.А., Половинкин Л.В. Влияние многокомпонентных медьсодержащих композиций на процессы окислительной модификации белков и некоторые показатели неспецифического гуморального иммунитета // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Показано, что появление окислительно-модифицированных форм белков в сыворотке крови животных, подвергнутых субхроническому воздействию ММК, особенно в больших дозах, сопровождается параллельными изменениями неспецифического гуморального иммунитета, проявляющимися снижением БАСК и увеличением содержания ЦИК. Вероятно, ключевую роль в осуществлении иммунотоксического эффекта играют проокислительные свойства меди, реализуемые через инициацию свободнорадикальных реакций.

Библиогр. 26 назв., табл. 2.

УДК 576.851.49:663.1

Селезнева Ю.В., Евтушенков А.Н., Прокулевич В.А. Получение мутантов бактерий *Pantoea agglomerans* с измененной продукцией каротиноидных пигментов // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

В результате транспозонного мутагенеза получены мутанты, образующие на плотной среде ярко-желтые, розовые, бледно-желтые и белые колонии. Штаммы, образующие на плотных средах колонии с розовой окраской, являются дефектными по гену ликопинциклазы и накапливают ликопин. Мутантные штаммы, формирующие ярко-желтые колонии и обладающие повышенной продукцией каротиноидных пигментов, могут быть использованы для конструирования штаммов – сверхпродуцентов каротиноидов.

Библиогр. 7 назв., табл. 1, ил. 1.

УДК 612.111.7:546.17

Шамова Е.В., Самаль А.Б. NO-индуцированная дезагрегация тромбоцитов и уменьшение внутриклеточной концентрации ионов кальция // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Изучено действие NO на агрегацию тромбоцитов и изменение концентрации внутриклеточных ионов кальция, индуцированных АДФ (5 мкМ). Показано, что NO вызывает дезагрегацию только на начальных этапах формирования тромбоцитарных агрегатов, в то же время индуцирует уменьшение содержания кальция в цитоплазме независимо от момента его добавления. Предполагается, что уменьшение концентрации внутриклеточного кальция под действием NO связано с ингибированием агрегации, а не с процессом дезагрегации клеток.

Библиогр. 16 назв., ил. 3.

УДК 612.111.7

Дремук И.А., Самаль А.Б. Влияние аспирина на АТФ-индуцированную дезагрегацию тромбоцитов // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Исследована АТФ-индуцированная дезагрегация тромбоцитов, агрегированных АДФ, в отсутствие и в присутствии аспирина – ингибитора циклооксигеназы. Показано, что при действии аспирина и АТФ тромбоциты дезагрегировали с большей скоростью, чем при действии АТФ. Предполагается, что ингибирование циклооксигеназы уменьшает образование межклеточных контактов.

Библиогр. 9 назв., ил. 3.

УДК 575.13:577.21

Скобляков С.А., Мямин В.Е., Лагоненко А.Л., Николайчик Е.А., Песнякевич А.Г. Влияние мутаций в генах *pelW* и *kdgR* на продукцию пектатлиаз у *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Исследовалось влияние регуляторного белка KdgR на продукцию пектатлиаз у бактерий *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Eca). Установлено, что мутация в гене *kdgR* приводит к гиперпродукции внеклеточных пектатлиаз и увеличенному уровню экспрессии гена *pelW*, кодирующего цитоплазматическую пектатлиазу PelW. В присутствии полигалактуроновой кислоты у мутантных по гену *kdgR* бактерий продукция внеклеточных пектатлиаз и пектатлиазы PelW не изменялась. У бактерий, несущих совмещенные мутации в генах *kdgR* и *pelW*, наблюдалось снижение уровня внеклеточных пектатлиаз в присутствии пектиновых веществ. Предполагается, что у бактерий Eca, в отличие от близкородственных *Erwinia chrysanthemi*, имеется еще один механизм регуляции, чувствительный к концентрациям промежуточных продуктов метаболизма пектиновых веществ и модифицирующий в соответствии с ними уровни продукции факторов патогенности и вирулентности.

Библиогр. 17 назв., табл. 2, ил. 2.

УДК 577.15.086.83

Юрин В.М., Шапчиц М.П., Кудряшов А.П. Влияние факторов среды на жизнеспособность иммобилизованных и суспендированных клеток табака // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Исследовалось влияние факторов среды на хранение и культивирование клеток культуры *Nicotiana tabacum*. Изучались клетки *N. tabacum*, иммобилизованные в геле Са-альгината. Сравнивалась жизнеспособность иммобилизованных и суспендированных клеток табака при различных условиях. Показано, что иммобилизованные клетки по сравнению с суспендированными более устойчивы к механическим воздействиям. Оптимальные условия сохранения клетками культуры табака жизнеспособности определяются рядом факторов: иммобилизацией клеток, хранением при пониженной температуре и в среде, лишенной питательных веществ.

Библиогр. 9 назв., ил. 3.

УДК 633.11«324»:632.484

Буга С.Ф., Артемова О.В., Ильюк А.Г. Динамика патогенеза колоса озимой пшеницы при инокуляции грибами *Fusarium* spp. // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Проведен микологический анализ компонентов колоса озимой пшеницы после искусственного заражения растений грибами рода *Fusarium* spp. Установлено, что наибольшее количество грибов этого рода сосредоточено в базальной части колоса, меньшее – в медиальной и минимальное – в апикальной части. Было отмечено существенное различие в агрессивности изолятов разных видов р. *Fusarium*. Из исследуемых видов был выявлен наиболее конкурентоспособный – *F. culmorum*, в то время как изоляты *F. oxysporum* характеризовались низкой агрессивностью на фоне их способности к быстрой колонизации растения-хозяина. Наибольшая скорость колонизации характерна для изолятов *F. roae*.

Были определены пути заражения зерновок колоса озимой пшеницы грибами рода *Fusarium*.

Библиогр. 11 назв., табл. 4.

УДК 591.532: 595.763 (476)

Хвир В.И., Мелешко Ж.Е. Фоновые виды жесткокрылых (*Insecta, Coleoptera*) фитофагов растений семейства гречишных (*Polygonaceae*) в Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

В форме аннотированного списка представлен краткий обзор фоновых видов жесткокрылых насекомых (*Insecta, Coleoptera*) – фитофагов гречишных, включающий 6 видов апионид (*Apionidae*), 10 видов долгоносиков (*Curculionidae*) и 3 вида листоедов (*Chrysomelidae*). Приведены данные об их распространении, биотопических предпочтениях и кормовых растениях.

Библиогр. 6 назв.

УДК 598.33-15

Сандаков С.Б. Сезонная динамика вечерней тяги вальдшнепа (*Scolopax rusticola*) в Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Проанализированы данные 50 учетов вальдшнепа на вечерней тяге с 2000 по 2003 г. в 9 точках Беларуси. Наибольшая активность самцов отмечена в июне (16,6 контакта за вечер), наименьшая – в апреле (9,8 контакта). Установлены пики активности в ходе весенне-летнего периода. Для каждого месяца определены временные интервалы вечерней тяги с минимальной и максимальной активностью токующих самцов.

Библиогр. 8 назв., табл. 1, ил. 2.

УДК 598.2/9 – 152.6

Барановский К.В. Сообщества птиц остепненно-мезофитных лугов юго-востока Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Приводятся данные по видовому составу, численности и биомассе гнездящихся птиц на четырех разнотипных пойменных лугах, расположенных на юго-востоке Беларуси. Дается сравнительный анализ установленных показателей в связи с особенностями рельефа и растительности каждого биотопа.

Библиогр. 11 назв., табл. 1.

УДК 632.212:595.7 (476)

Петров Д.П. Фоновые виды тератформирующих насекомых Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Обобщены результаты многолетних исследований тератформирующих равнокрылых, перепончатокрылых и двукрылых насекомых. Составлен аннотированный список фоновых для Беларуси видов с указанием трофологических связей с растениями-хозяевами и описанием характера инициируемых терат. К фоновым для региона относится 18 видов равнокрылых, 5 видов перепончатокрылых и 8 видов двукрылых насекомых. Большинство из них являются вредителями ягодных (черная и красная смородина, крыжовник, малина), овощных (морковь) и других сельскохозяйственных растений, лесных пород, а также многих декоративных деревьев и кустарников, применяемых в зеленом строительстве.

Библиогр. 13 назв.

УДК 091 (476)

Пирожник И.И., Брилевский М.Н., Смоляков Г.С. Географический факультет Белорусского государственного университета в национальной системе образования (1934–2004) // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Раскрыты основные этапы становления географического факультета БГУ, показаны структурные особенности учебного процесса многоуровневой университетской подготовки. Приведены основные результаты, полученные научными школами факультета по комплексу наук о Земле, определены ключевые задачи на ближайшую перспективу.

Табл. 2.

УДК 551.252+254 (476)

Ковжута А.М., Пархомов М.Д., Ткачев В.А., Козлова А.С. Выделение трещинных коллекторов в девонских отложениях Припятского прогиба методом анализа кривизны пласта // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Для выделения в межселевой толще центральной части Припятского прогиба нефтеперспективных участков с повышенными коллекторскими свойствами за счет тектонических деформаций применен метод анализа абсолютной кривизны пласта. Установлены участки со значениями абсолютной кривизны более $3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$, имеющие улучшенные коллекторские свойства за счет тектонических трещин, подтвержденных исследованиями кернов скважин, пробуренных в пределах этих участков.

Библиогр. 2 назв., ил. 2.

УДК 556.16 (476)

Макаревич А.А., Сафронов А.М. Влияние осушительной мелиорации на сток р. Припять // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Дана оценка влияния широкомасштабной мелиорации на сток р. Припять с учетом закономерностей его естественных колебаний. Обсуждены вопросы, относящиеся к проблеме оценки влияния антропогенных факторов на речной сток.

Библиогр. 5 назв., табл. 1, ил. 1.

УДК 551.4; 312 (476)

Клицунова Н.К. Ландшафтное разнообразие городских поселений Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Проанализировано размещение городов страны в природных территориальных комплексах локального и регионального уровней. Определена приуроченность всех городов к конкретным родам ландшафтов и ландшафтным провинциям, вычислена степень их урбанизации. Выделены типы местоположения городов в ландшафтах, выявлены закономерности их размещения.

Библиогр. 9 назв., ил. 1.

УДК 502.3: 504.5(476) + 551.5 (476)

Галай Е.И. Климатические особенности загрязнения атмосферного воздуха городов Гомельской области // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Рассматриваются метеорологические факторы, влияющие на уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Гомеле и Светлогорске. Проанализировано изменение повторяемости туманов, слабых ветров, инверсий, застоев воздуха за десятилетний период. Установлено, что изменение потенциала загрязнения атмосферы за пять лет не всегда согласуется с изменением средних за год концентраций примесей. Показана значимость оценки всей метеорологической ситуации на формирование повышенных уровней загрязнения атмосферы в городах.

Библиогр. 5 назв., табл. 4, ил. 3.

УДК 338:91(476)

Иотко Т.Г. Минский столичный регион: экономико-географические особенности формирования // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Исследованы экономико-географические особенности формирования Минского столичного региона как специфической территориальной социально-экономической системы в границах Республики Беларусь. В качестве важнейших предпосылок формирования Минского столичного региона рассматриваются особенности территориальной организации производства и территориального перераспределения населения. Раскрываются проблемы формирования столичного региона с точки зрения выполнения столичных функций.

Библиогр. 9 назв., табл. 1, ил. 1.

УДК 330.8 (476.5)

Строчко О.Д. Особенности и тенденции развития территориальной структуры промышленности Витебской области // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

Изменяющаяся с 1991 г. социально-экономическая ситуация в стране и ее переход к стратегии устойчивого развития объективно приводят к корректировке территориальной организации хозяйства Витебской области. Реализация концепции устойчивого развития региона требует сбалансированного социо-эколого-экономического развития не только в его пределах в целом, но и на отдельно взятых участках. Сглаживание территориальной диспропорции в развитии хозяйственного комплекса данного региона связано с развитием рекреационной деятельности.

Библиогр. 2 назв., табл. 2, ил. 1.

УДК 314(476)

Красовский К.К. Естественное движение городского населения Беларуси // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. 2004. № 2.

На основе переписей и текущей статистики населения анализируется динамика рождаемости, смертности и естественного прироста городского населения Беларуси под влиянием различных групп факторов. Предлагаются некоторые меры демографической политики для выхода страны из демографического кризиса.

Библиогр. 12 назв., табл. 3.

ПРАВИЛА оформления статей

1. В редакцию представляется оригинал статьи, набранный на компьютере через 1,5 интервала на бумаге формата A4 (210×297 мм) с полями с левой стороны не менее 40 мм в редакторе Word (размер шрифта – 12 кегль, гарнитура – Times New Roman, интервал 1,5), и дискета 3,5" с ее файлом (название файла – по фамилии автора). Объем статьи не должен превышать 8 страниц текста (включая таблицы, литературу, не более 3 рисунков или фотографий); для кратких сообщений – 3 страницы текста (2 рисунка).

2. Простые формулы и буквенные обозначения величин нужно вставлять, используя Symbol (например, Σ , A^1 , β_k , $^{\circ}\text{C}$...). Сложные формулы набираются при помощи редактора формул (Equation) и по ширине не должны превышать 127 мм.

3. Векторы подчеркивают одной чертой снизу (стрелку над буквой не ставят). Математические символы, символы химических элементов, а также русские буквы в индексах отмечают квадратной скобкой снизу ($\cos$, H_2O , $P_{\text{кр}}$).

4. Рисунки и фотографии (черно-белые), таблицы, отсканированные или подготовленные в дополнениях Windows, представляются в одном экземпляре как на бумаге (твердая копия), так и в виде отдельных файлов на дискете в форматах, совместимых с Winword 98. Их размеры не должны быть более 120×220 мм. Следует избегать повторения данных, содержащихся в таблицах и графиках, а также представления численных результатов одновременно в виде таблиц и графиков.

5. Таблицы (обязательно с заголовками) и подписи к рисункам необходимо печатать на отдельных страницах. Места для таблиц и рисунков указываются на полях рукописи. Кривые на рисунках нумеруются арабскими цифрами, которые расшифровываются в подрисуночных подписях.

6. Ссылки на литературные источники даются в порядке цитирования (упоминания) – порядковый номер сноски пишется в квадратных скобках. Список использованной литературы прилагается в конце статьи и должен быть оформлен следующим образом:

а) для книг – фамилия и инициалы авторов, полное название книги, место и год издания, страница;

б) для журнальных статей (коллективных сборников и др.) – фамилия и инициалы автора (авторов), после двух «косяков» – принятое сокращенное название издания, год, том, номер выпуска, страница.

7. К статье прилагаются: рекомендация кафедры, сведения об авторе (фамилия, имя и отчество полностью, место работы, ученая степень, звание, адрес, номер служебного и домашнего телефона). Для аспирантов дополнительно – фамилия и инициалы, ученая степень, звание научного руководителя.

8. К статьям прилагаются резюме, фамилия и инициалы автора (авторов), название статьи на английском языке, реферат на языке статьи (не более половины страницы), указывается УДК (индекс по универсальной десятичной классификации).

9. Корректурa статьи должна быть возвращена в редакцию не позднее чем через три дня после получения ее автором. В корректуре допускается только исправление фактических ошибок.

10. Статьи, оформленные с нарушением приведенных правил, редакцией не принимаются.

Индексы: для индивидуальных подписчиков – 74852
для организаций – 748522

CONTENTS

CHEMISTRY

Egorov V.V., Nikolaev B.A., Turbina E.A. Ionoselective electrodes with high cross-sensitivity for «electronic tongue» – type multisensor systems	3
Zimnitsky D.S., Yurkshtovich T.L., Bychkovsky P.M. Influence of cellulose structure and oxidation conditions on characteristics of monocarboxyl cellulose	7
Serezhkina S.V., Shevchenko G.P., Rakhmanov S.K. Formation of ultrafine silver particles in nanostructured SiO ₂ –GeO ₂ films	15
Hizhnyak K.A., Yukhnovich A.V. Self-forming of silicon surface microrelief during anisotropic etching	22

BIOLOGY

Tkachev S.V., Shevlyakov V.V., Ushkov A.A., Polovinkin L.V. Influence of multicomponent copper-bearing compositions to processes of oxidizing modification of proteins and some indices of nonspecific humoral immunity	25
Selezneva Yu. V., Evtushenkov A. N., Prokulevich V. A. Isolation and characterisation of <i>Pantoea agglomerans</i> mutants with altered synthesis of carotenoid pigments	29
Shamova E.V., Samal A.B. NO-induced platelet desaggregation and decrease of cellular calcium concentration	33
Dremuk I.A., Samal A.B. The influence of aspirin on ATP-induced disaggregation	36
Skoblyakov S.A., Myamin V.E., Lagonenko A.L., Nikolaichik E.A., Pesnyakevich A.G. The effect of mutation in the <i>pelW</i> and <i>kdgR</i> genes on the production of pectate lyases in <i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>atroseptica</i>	40
Yurin V.M., Shapchits M.P., Kudryashov A.P. The effects of surrounding medium conditions on the viability of immobilized and suspended tobacco cells	45
Buga S.F., Artioma O.V., Iliuk A.G. Development of winter wheat ear pathogenesis by the inoculation of <i>Fusarium</i> spp. fungi	48
Khvir V.I., Meleshko J.E. Common phytophagous <i>Coleoptera</i> species on <i>Polygonaceae</i> in Belarus	53
Sandakov S.B. Seasonal dynamic of Woodcock (<i>Scolopax rusticola</i>) evening roding in Belarus	56
Baranouski K.V. Bird communities inhabited mesoxerophytic and mesophytic meadows of southeast of Belarus	59
Petrov D.L. Common species of teratogenic insects in Belarus	63

GEOGRAPHY

Pirozhnik I.I., Brilevski M.N., Smolyakov G.S. Geographic faculty of the Belarusian State University in a system of the national education (1934–2004)	69
Kovkhuto A.M., Parkhomov M.D., Tkachou V.A., Kozlova A.S. Selection of fracture collectors in the Devonian deposits of the Pripyat Trough by the method of bed curvature analysis	76
Makarevich A.A., Safronov A.M. The influence of melioration on the river flow of Pripiat	81
Klitsunova N.K. Landscape diversity of the Belarus cities	84
Galai E.I. The climatic peculiarities of air pollution in Gomel region	89
Iotko T.G. Minsk capital region: the economic-geographical particularities of forming	93
Strochko O.D. Features and tendencies of development of territorial structure of the industry of Vitebsk area	100
Krasovsky K.K. Natural movement of the urban population in Belarus	106

CHRONICLE

Anoshka V.S. Fifty years of society activity for Belarusian Geography	113
Vlasov B.P., Yatsukhno V.M. Biological ecosystems preservation of Belarus: new approaches and the ways of solution	114

REVIEWS

Visotsky E.A., Komarovskiy M.E. Mineral resources of Belarus the mineral deposits geology and mineral resources conservation / E.A. Visotsky et al.	116
Summary	117

ISSN 0372-5340. Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 2004. № 2. 1–120