

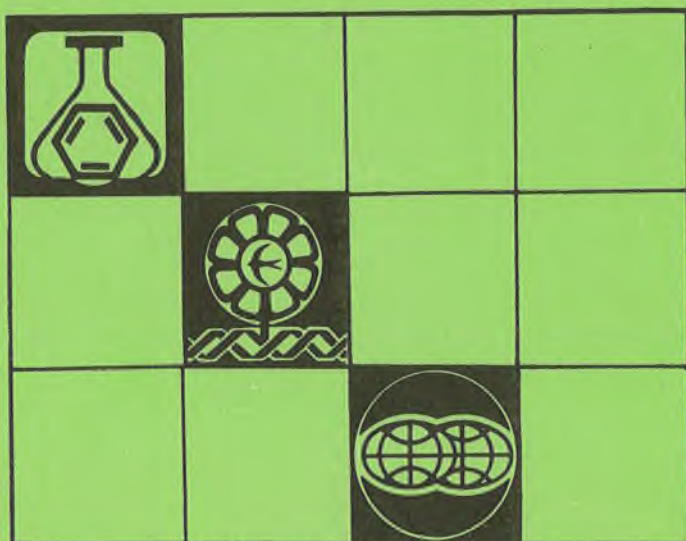
ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета

СЕРИЯ 2

Химия
Биология
География

2'94



СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

<i>Гриншпан Д. Д., Цыганкова Н. Г., Лущик Л. Г., Савицкая Т. А.</i> Новый процесс получения гидратцеллюлозных волокон и пленок без применения сероуглерода	3
<i>Коктыш Д. С., Рогач А. Л., Руткевич Д. Л., Беленков В. В., Корзун Г. М., Рахманов С. К.</i> Электрохимическое исследование анодной стадии процесса модифицированного химического проявления	11
<i>Глазков Ю. В., Рудаков И. А.</i> Химически индуцируемая динамическая поляризация ядер в системе краситель — хинон — растворитель	13
<i>Новоторцева И. Г., Гаевская Т. В., Цыбульская Л. С.</i> Особенности электрохимического осаждения сплава никель-бор	16

БИОЛОГИЯ

<i>Малашевич А. В., Кабашникова Л. Ф., Михайлова С. А., Кабанова С. Н.</i> Состояние хлорофилла различных сортов тритикале	21
<i>Сенчук В. В., Ластовская Л. А.</i> Состояние цитоскелетных белков в процессе роста злокачественных опухолей	25
<i>Рындевич С. К.</i> Экологическая структура жуков-водолюбов (Coleoptera, Hydrophilidae) фауны Беларуси	28
<i>Гричик В. В.</i> Особенности полиморфизма и таксономический статус зеленоголовых форм желтой трясогузки (<i>Motacilla flava</i> L.). 1	30
<i>Чубанов В. С., Шолух М. В.</i> Влияние хронического гамма-облучения в дозе 0,5 Гр на кинетические параметры аденилатциклазы мозга крыс	35
<i>Стельмах В. А., Юркинович Т. Л., Селезнев Е. А., Голуб Н. В.</i> Экспериментальная коррекция гипоксических состояний с помощью моно- и аминокислот	39

ГЕОГРАФИЯ

<i>Широков В. М.</i> Изменение гидроэкологических условий озерных водохранилищ при их эксплуатации	44
<i>Тайбао Ян (КНР).</i> Подтверждение гипотезы Миланковича данными по лесовым отложениям и погребенным почвам Китая	48
<i>Высоцкий Э. А., Обровец С. М., Ильин Г. Г.</i> Палеогеоморфологические условия формирования ловушек нефти в верхнесоленосных отложениях Западно-Тишковой площади Припятского прогиба	51
<i>Михальчик Э. (Польша).</i> Условия круговорота воды Люблинского Полесья	55
<i>Киселев В. Н., Утыро Л. Б., Кудло К. К.</i> Урожайность и качество сельскохозяйственных растений в условиях загрязнения почв тяжелыми металлами	59
<i>Шкут М. А., Кузьмин С. И.</i> Особенности эколого-ландшафтного картографирования на основе материалов дистанционного зондирования	65
<i>Лобач Т. Я., Зайко С. М.</i> Мониторинг почвенно-грунтовых и поверхностных вод мелиорированных территорий	69

ХРОНИКА

<i>Гурьянова Л. В.</i> Международная конференция «ГИС для окружающей среды»	76
<i>Ермоленко В. А.</i> Имя Костюшко на карте Австралии	77

ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с февраля 1969 года
один раз в четыре месяца

СЕРИЯ 2

**Химия
Биология
География**

2'94

ИЮНЬ



МИНСК
„УНІВЕРСІТЭЦКАЕ”

Главный редактор В. Г. РУДЬ
Ответственный секретарь П. П. БАРАПОВСКИЙ

Редакционная коллегия серии:

А. И. ЛЕСНИКОВИЧ (*ответственный редактор*),
Р. А. ЖМОЙДЯК, **Ф. Н. КАПУЦКИЙ**, **В. Н. КИСЕЛЕВ**,
Л. В. КОЗЛОВСКАЯ, **Н. М. КРЮЧКОВА**, **И. К. ЛОПАТИН**,
Е. П. ПЕТРЯЕВ, **В. В. СВИРИДОВ**, **В. В. СЕНЧУК**, (*зам.*
ответственного редактора), **Л. С. СТАНИШЕВСКИЙ**,
Г. Л. СТАРОБИНЕЦ, **В. Ф. ТИКАВЫЙ**, **А. В. ТОМАШЕВИЧ**,
Ю. К. ФОМИЧЕВ, **В. М. ШИРОКОВ** (*зам. ответственного*
редактора), **А. С. ШУКАНОВ**, **Т. Л. ЮРКШТОВИЧ** (*ответ-*
ственный секретарь), **О. Ф. ЯКУШКО**

ВЕСТНИК БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия 2: Хим. Биол. Геогр. 1994. № 2

Редактор И. А. Лешкевич
Младший редактор Г. М. Добыш
Художественный редактор В. А. Ермаленко
Технический редактор и корректор Г. П. Хмарун

Набор и верстка журнала выполнены на издательско-редакционной системе
«Союз»

Сдано в набор 18.05.94. Подписано в печать 22.06.94. Формат 70×108 1/16.
Бумага офс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,0. Усл. кр.-отг. 7,52. Уч.-изд. л. 7,71.
Тираж 1850 экз. Заказ 488. Цена 400 р.

Издательство «Універсітэцкае». 220048, Минск, проспект Машерова, 11. Адрес
редакции: 220080, Университетский городок, тел. 20-65-42.

Типография издательства «Белорусский Дом печати».
220013, Минск, пр. Ф. Скорины, 79.

© Вестник Белгосуниверситета, 1994



УДК 532.773:677.467

Д. Д. ГРИНШПАН, Н. Г. ЦЫГАНКОВА, Л. Г. ЛУЩИК, Т. А. САВИЦКАЯ

НОВЫЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРАТЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН И ПЛЕНОК БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ СЕРОУГЛЕРОДА

Cellulose fiber-forming solution in $\text{ZnCl}_2\text{—H}_2\text{O}$ system have been made, their stability and reologic properties have been characterized, coagulated bathes composition and spinning conditions have been found for hydrocellulose and mixed with synthetic polymer cellulose fibers and films having satisfactory physical-mechanical properties. The principle circuit of making man-made fibers and films process using $\text{ZnCl}_2\text{—H}_2\text{O}$ solutions have been proposed. The circuit incorporates the main chemicals regeneration stage and their returning into the process.

Кардинальным решением проблемы охраны окружающей среды при производстве гидратцеллюлозных волокон является создание нового процесса, обеспечивающего перевод целлюлозы в растворенное состояние без использования сероуглерода. В качестве одного из альтернативных вариантов мы предлагаем использовать растворяющую систему $\text{ZnCl}_2\text{—H}_2\text{O}$, на базе которой получены концентрированные растворы целлюлозы, пригодные для формования волокон и пленок с удовлетворительными физико-механическими характеристиками [1—4].

1. Растворение целлюлозы в водных растворах хлорида цинка. Известно, что 62—65 %-е водные растворы хлорида цинка при температуре 65 °С и выше растворяют целлюлозу. При понижении концентрации хлорида цинка или температуры, а также при увеличении (выше 70 %) содержания соли в растворе имеет место только набухание целлюлозы [5]. Данное свойство концентрированных растворов хлорида цинка, обнаруженное еще в 1850 г., послужило основой их использования для мерсеризации хлопка, получения вулканизированной фибры, приготовления прядильных растворов и формования из них искусственных нитей [6—8]. Однако многочисленные попытки получить волокно или пленку из растворов целлюлозы в хлориде цинка оказались безуспешными из-за сильного деструктирующего действия растворителя, поэтому водные растворы хлорида цинка нашли промышленное применение только в производстве фибры. В заявке [2], опубликованной в 1984 г. в Японии, сообщалось о возможности получения прядильных растворов целлюлозы из хлопка в 67 %-м водном растворе ZnCl_2 при 80—105 °С путем предварительной обработки исходного материала в течение 5 мин растворами хлорида цинка с концентрацией ≥ 79 %. Из полученных растворов были сформованы по сухо-мокрому способу в спиртовую ванну волокна прочностью 13,5 сН/текс и удлинением 18 %. Способ предлагался для растворения только высокомолекулярных хлопковых целлюлоз, но не годился для растворения широко используемых в вискозном производстве древесных целлюлоз. Все это предопределило необходимость проведения нового эксперимента.

Полученные данные показывают, что растворителями целлюлозы являются только горячие ($T \geq 50$ °С) 60—73 %-е водные растворы ZnCl_2 . Причем максимальной растворяющей способностью в данном случае обладают 65—68 %-е растворы при температуре 75 °С. Однако раство-

римность целлюлозы и в них весьма ограничена и составляет для сульфатной целлюлозы (СП_{исх} 740) менее 5 % (рис. 1,а), что явно недостаточно для использования таких растворов в качестве прядильных. Увеличение продолжительности растворения или повышение температуры процесса приводит к резкому снижению СП целлюлозы, но не позволяет повысить концентрацию целлюлозы в растворе.

При воспроизведении способа [2] нами были приготовлены более концентрированные растворы ($C \geq 6\%$), которые, однако, не обладали пригодностью из-за значительной деструкции. Например, СП сульфатной целлюлозы (СП_{исх} 740), полученной из 6 %-го раствора, равнялась всего лишь 210.

При применении различных условий воздействия хлорида цинка в зависимости от вида целлюлозы (хлопковая, сульфатная, сульфитная, регенерированная) нами было установлено, что чистые (с содержанием нерастворившихся волокон в см² не более 2—3) концентрированные (6—12 %) растворы целлюлозы при сохранении СП_{исх} > 300 могут быть получены только путем предварительной ее обработки растворами ZnCl₂ нерастворяющего состава, позволяющей осуществить равномерное распределение хлорида цинка в объеме целлюлозного материала. Этот принцип был положен в основу предложенных нами способов растворения целлюлозы [9, 10]. Например, один из этих способов предусматривает активацию целлюлозы высококонцентрированными растворами ($C_{\text{ZnCl}_2} \geq 75\%$) и состоит из следующих стадий:

1) приготовление 75—84 %-го водного раствора хлорида цинка и его нагревание до температуры 70—80 °С;

2) введение в приготовленный водный раствор хлорида цинка измельченной целлюлозы, набухание целлюлозной массы в течение 0,5—2,0 ч при температуре 70—80 °С;

3) добавление при перемешивании в полученную однородную волокнистую массу (суспензию) воды в количестве, необходимом для разбавления раствора хлорида цинка до растворяющего состава (63—67 %), снижение температуры обработки до 65—75 °С и интенсивное перемешивание полученной суспензии до образования однородного вязкотекучего раствора.

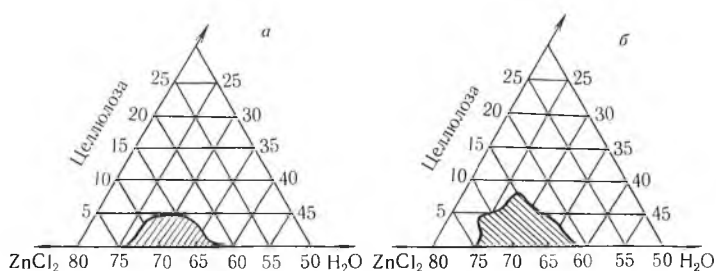


Рис. 1. Диаграммы растворимости сульфатной целлюлозы (СП 740): а — «прямой» способ растворения в 65 %-м ZnCl₂ при 75 °С; б — способ, включающий набухание в 80 %-м ZnCl₂ при 75 °С в течение 1 ч и затем растворение — в 65 %-м ZnCl₂ в течение 4 ч

Диаграмма растворимости сульфатной целлюлозы (СП_{исх} 740) приведена на рис. 1,б. Из диаграммы следует, что максимальная растворимость целлюлозы составляет 8,5 %, что в 2 раза выше, чем при «прямом» растворении целлюлозы в 65—68 %-м ZnCl₂ (см. рис. 1,а). Возможности разработанного способа в применении к различным целлюлозам иллюстрируют данные табл. 1, которые указывают, что максимальную концентрацию целлюлозы в системе ZnCl₂—H₂O определяют не только ее СП, но и ряд других факторов: происхождение, условия делигнификации, степень структурной неоднородности. Наилучшей растворимостью в хлориде цинка обладают древесные целлюлозы, полученные по сульфат-

* Степень полимеризации (СП).

ному и сульфитному способам. Их прядильные растворы представляют собой прозрачные вязкие жидкости. При рассмотрении под микроскопом в поляризованном свете в них фиксируется не более 2—3 целлюлозных фрагментов, а по таким основным показателям, как вязкость, СП целлюлозы, концентрация, они пригодны для дальнейшей переработки в гидратцеллюлозные изделия.

Таблица 1

Некоторые характеристики растворов различных целлюлоз в хлориде цинка и СП сформованных из них волокон

Вид целлюлозы	Максимальная концентрация целлюлозы в растворе, %	Вязкость 5%-го раствора при 70 °С, Па·с	СП исходная	СП готового волокна из раствора
Сульфатная				
Приозерского ЦБК	8,5	20,0	740	340
Сульфатная кордная	7,0	90,0	1150	400
Сульфитная				
Приозерского ЦБК	8,0	60,0	1070	380
Сульфитная				
Приозерского ЦБК	8,0	32,0	1280	390
Хлопковая				
Братского ЦБК	7,5	100,0	1350	390
Хлопковая				
Светлогорского ЦБЗ	5,0	110,0	1000	420
Гидратцеллюлоза	12,0	48,0	400	300

2. Свойства прядильных растворов целлюлозы в водном хлориде цинка. Эти растворы при температуре приготовления (70—75 °С) имеют достаточно высокую вязкость 50—150 Па·с, которая возрастает при охлаждении (табл. 2). При 18—20° С 6—9 %-е растворы целлюлозы в $ZnCl_2$ превращаются в прозрачные термообратимые студни, которые через 20—40 ч мутнеют. При этом образуются упорядоченные надмолекулярные структуры—кристаллосольваты сферолитного типа размером от десятка микрометров до 1—2 мм. Сферолиты имеют четко выраженную кольцевую структуру, пересеченную мальтийским крестом (рис. 2). Нагревание отделенных от исходного раствора сферолитов при 45—50 °С приводит к их конгруэнтному плавлению с образованием однородного прозрачного раствора, концентрация целлюлозы в котором достигает 10 %.

Таблица 2

Зависимость СП и вязкости 7 %-го раствора сульфитной целлюлозы ($СП_{исх}$ 1070) от продолжительности хранения и температуры

Т, °С	τ, ч	η, Па·с	СП	Т, °С	τ, ч	η, Па·с	СП
70	0,0	100	380	70	12,0	12	270
—»—	0,5	90	370	55	1,0	210	370
—»—	1,0	80	370	35	2,0	студень	380
—»—	2,0	45	360	20	3,0	»	380
—»—	3,0	30	350	20	72,0	»	370
—»—	8,0	25	300	20	150,0	»	—
—»—	10,0	20	280	—	—	—	—

Исследование стабильности во времени прядильных растворов целлюлозы в хлориде цинка показало, что их термостатирование при 70 °С приводит к быстрому снижению вязкости с одновременным, но не столь выраженным снижением СП целлюлозы (см. табл. 2). Однако прядиль-

ный раствор в зависимости от вида целлюлозы может находиться при повышенных температурах не более 3—8 ч. В противном случае СП целлюлозы в растворе вследствие деструктивных процессов, особенно интенсивно протекающих при температурах выше 50 °С, снижаются до значений ниже 300, что приводит к потере волокно- и пленкообразующих свойств растворов.

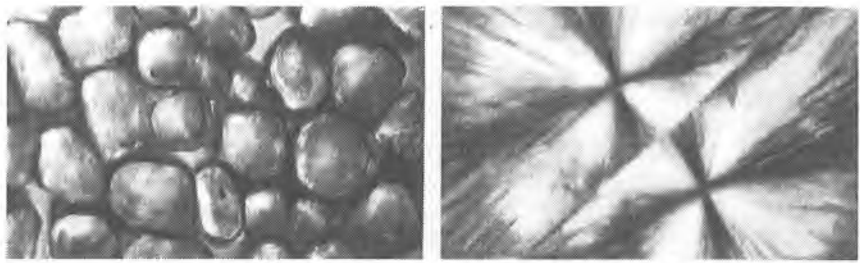


Рис. 2. Сферолиты, полученные из 5 %-го раствора сульфитной целлюлозы в водном растворе хлорида цинка (× 290)

Рис. 4. Поперечный срез экспериментального волокна, сформованного из 6 %-го раствора сульфитной целлюлозы в хлориде цинка (× 730)

Проведенные нами исследования показали, что степень деструкции целлюлозы может быть уменьшена введением в раствор небольших добавок хлорида кальция—0,2—0,5 % от массы хлорида цинка (табл. 3). Однако при этом происходит дополнительное повышение вязкости растворов целлюлозы, что крайне нежелательно.

Таблица 3

Влияние добавок хлорида кальция на изменение вязкости 5 %-х растворов сульфитной целлюлозы и ее СП в процессе термостатирования растворов при 75 °С

Время термостатирования, ч	Количество хлорида кальция (% от массы $ZnCl_2$)					
	0		0,2		0,5	
	СП	вязкость, Па·с	СП	вязкость, Па·с	СП	вязкость, Па·с
0	410	80	440	90	465	105
1	320	26	410	30	420	33
2	300	8	290	14	300	15
4	250	3	260	5	260	5

Продолжительность «жизни» раствора может быть существенно увеличена, если приготовленный раствор хранить при пониженной температуре (10—20 °С). В этом случае резко замедляются деструктивные процессы, а перед формованием раствор разогревается до температуры вязкотекучего состояния ($T > 50$ °С).

Растворы целлюлозы в хлориде цинка малочувствительны к сдвиговым деформациям и в области напряжений сдвига от 4 до 200 Па ведут себя как ньютоновские жидкости (рис. 3). Повышение температуры от 50 до 70 °С или продолжительность хранения при 18—20 °С практически не влияют на характер течения раствора. С учетом этих особенностей поведения растворов целлюлозы в хлориде цинка были определены условия формования из них волокон и пленок.

3. Формование гидратцеллюлозных нитей (волокон). Переработку растворов целлюлозы в хлориде цинка в гидратцеллюлозные нити осуществляли на прядильных установках по мокрому и сухо-мокрому

способам формования. Наиболее стабильные результаты были получены при применении мокрого мелкованного способа формования с горизонтальным расположением прядильных узлов.

Было установлено, что лучшей коагулирующей способностью для растворов целлюлозы в хлориде цинка обладают водно-спиртовые смеси. В качестве спиртов были использованы этанол, изопропанол, этиленгликоль, глицерин. Полученные результаты по влиянию состава осадительной ванны на свойства гидратцеллюлозных нитей представлены в табл. 4.

Как следует из данных таблицы, на физико-механические характеристики нитей значительное влияние оказывает как вид спирта, так и его содержание в осадительной ванне. Сравнивая свойства нитей, видим, что нити, сформованные в водно-изопропанольные осадительные ванны, имеют лучший комплекс физико-механических показателей (прочность, удлинение). Чистые спирты (этанол, изопропанол) являются достаточно жесткими осадителями для растворов целлюлозы в хлориде цинка, а введение воды приводит к смягчению условий осаждения и, как следствие этого, к улучшению всего комплекса характеристик нити. Еще лучшие результаты по физико-механическим показателям имеют нити, сформованные в осадительные ванны, содержащие хлорид цинка.

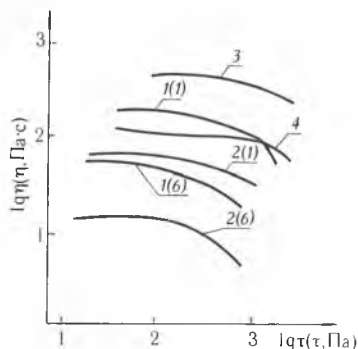


Рис. 3. Кривые течения 5 %-х растворов сульфатной целлюлозы в хлориде цинка при 50 (1) и 70 °C (2) на первые и шестые сутки (указаны цифрами в скобках) их хранения при 20 °C и 7 %-х растворов хлопковой целлюлозы при 50 (3) и 70 °C (4)

Таблица 4

Влияние состава осадительной ванны на физико-механические характеристики нитей, сформованных из 7 %-х растворов сульфитной целлюлозы в хлориде цинка

Осадительная ванна	Температура осадительной ванны, °C	Прочность, сН/текс	Удлинение, %
Этанол	20	15,8±1,1	7,9±1,7
Этанол—вода	20	13,2±0,6	10,4±1,3
Этанол—вода—хлорид цинка	20	13,6±0,9	12,1±1,1
Изопропанол	35	11,9±0,4	7,5±1,1
Изопропанол—вода	35	14,6±0,7	10,8±0,8
Изопропанол—вода—хлорид цинка	35	16,8±0,6	13,4±0,5
Этиленгликоль—вода	40	14,7±0,5	5,9±0,8
Этиленгликоль—вода—хлорид цинка	40	18,4±1,4	6,0±1,2
Глицерин—вода—хлорид цинка	40	15,6±0,3	12,8±0,6

Помимо этанола и изопропанола для приготовления осадительной ванны были использованы водные растворы этиленгликоля и глицерина, при формовании в которые были получены гидратцеллюлозные нити с физико-механическими характеристиками, не уступающими показателям вискозных нитей.

Проведенные исследования основных факторов, определяющих процесс формования (скорость подачи прядильного раствора, скорость приема, температура и состав осадительной ванны и т. д.), и определение параметров ориентационной вытяжки волокна позволили получить гид-

ратцеллюлозные волокна, близкие по своим физико-механическим свойствам к обычным вискозным волокнам шерстяного типа, а по ряду характеристик даже превосходящие их. Как видно из табл. 5, сформованные волокна имеют прочность в кондиционных условиях от 15 до 25 сН/текс при удлинении от 15 до 25 %. Экспериментальные волокна имеют более высокую прочность в петле (10—13 сН/текс) и характеризуются высоким модулем упругости (4500—1300 МПа) как в сухом, так и мокром состоянии.

Т а б л и ц а 5

Сравнительные свойства экспериментального
и вискозных волокон различных типов

Показатели	Экспериментальное волокно	Вискозные волокна			
		обычное типа шерсти	обычное типа хлопка	высокомо- дульное	полинозное
Линейная плотность, текс	0,36—1,1	0,32—0,55	0,17—0,2	0,13—0,17	0,13—0,17
Прочность, сН/текс	15—25	16—20	22—25	32—34	36—38
Удлинение, %	15—25	21—23	19—24	16—20	3—13
Модуль упругости, сН/текс	450—1100	150—200	280—300	240—260	—
Прочность, сН/текс в мокром состоянии в петле	7—10 12—16	8—10 5—6	11—12 7—8	20—22 9,0—9,5	26—28 4,5—5,5
Удлинение в мокром состоянии, %	18—27	24—28	24—27	18—24	10—15
Модуль упругости в мокром состоянии, сН/текс	45—130	20—30	30—40	80—120	200—250
Растворимость в 6 %-м растворе NaOH, %	14—16	20—22	20—22	4—8	1,5—3
Устойчивость к двой- ным изгибам, тыс. циклов	1,0—2,0	3—3,5	30—40	3—4	—
Набухание в воде, %	110—140	110—120	100—110	65—75	55—65
Сорбция воды, %	12,5—13	12,0—13,5	7,5—8,5	12,5—13	11—12
Степень полимериза- ции	300—450	280—320	280—320	350—400	450—550

Поперечный срез экспериментальных волокон почти правильной круглой формы, характерной для поперечных срезов вискозных высокомодульных и полинозных волокон (рис. 4).

Таким образом, изменение условий растворения и осаждения целлюлозы позволило упростить формование волокон по сравнению с предложенным в [2] — исключить использование воздушной прослойки, а также улучшить свойства волокон.

4. Получение гидратцеллюлозных пленок. Получение гидратцеллюлозных пленок осуществляли методом полива раствора целлюлозы в хлориде цинка на гладкую полированную поверхность либо на армирующий бумажный слой (в случае армированных пленок) с последующей регенерацией в осадительные ванны различного состава. Как видно из табл. 6, состав ванны оказывает значительное влияние на физико-механические характеристики формируемых пленок, особенно на разрывное напряжение. Например, при формовании в кислые осадительные ванны прочность пленок, получаемых из растворов целлюлозы в хлориде цинка, существенно снижается.

Наиболее высокая прочность гидратцеллюлозных пленок достигается использованием в качестве осадительных ванн водно-спиртовых смесей, содержащих хлорид цинка. Изменение состава смеси вода—спирт—хлорид цинка и вида спирта дало возможность получить пленки прочностью от 60 до 100 МПа при удлинении на 6—9 % без пластификации.

Т а б л и ц а 6

Механические свойства пленок, сформованных из растворов сульфитной целлюлозы в хлориде цинка

Осадительная ванна	Прочность, МПа	Удлинение, %
Серная кислота—вода	62±8	7,7±0,4
Серная кислота—сульфат цинка—вода	33±2	7,3±0,5
Серная кислота—сульфат цинка—сульфат натрия—вода	49±3	7,3±0,4
Этанол	58±18	7,4±1,0
Этанол—вода	87±8	6,6±0,2
Изопропанол	70±5	7,8±0,5
Изопропанол—вода	80±13	8,2±1,2
Изопропанол—вода—хлорид цинка	96±4	8,4±0,2

Одновременно в лабораторных условиях и на опытной установке нами были получены армированные бумагой гидратцеллюлозные пленки (колбасные оболочки) прочностью от 35 до 60 МПа, сформованные в различные осадительные ванны. Было установлено, что физико-механические показатели армированных пленок определяются не только составом осадительной ванны, но и в значительной степени зависят от свойств армирующего материала. Санитарно-гигиенические испытания показали нетоксичность полученных пленок и их пригодность для изготовления колбасных оболочек.

5. Совмещение целлюлозы с ее производными и синтетическими полимерами в водных растворах хлорида цинка. Применение в качестве растворителя водных растворов хлорида цинка открывает широкие возможности для совмещения целлюлозы со многими растворимыми в $ZnCl_2$ синтетическими высокомолекулярными соединениями и последующего изготовления композиционных материалов, обладающих свойствами обоих смешиваемых полимеров. Нами были получены растворы целлюлозы с поливиниловым спиртом, полиакрилонитрилом и его сополимерами, диацетил-, метоксипропил-, оксиэтил-, диэтиламиноэтил-, фосфатцеллюлозами, обладающие высокой кинетической устойчивостью. При этом истинная растворимость полимеров друг в друге невелика и составляет, например, для системы целлюлоза—поливиниловый спирт не более 3—5 %.

Наиболее изучена в широком диапазоне составов (от 5:95 до 95:5) система целлюлоза—полиакрилонитрил: найдены порядок и оптимальные условия приготовления совместных растворов, сняты реограммы их вязкости, определена стабильность растворов в различных температурно-временных условиях.

Показано, что введение небольших (5—20 %) добавок ПАН к целлюлозе или целлюлозы к ПАН приводит в первом случае к уменьшению, а во втором—к увеличению вязкости растворов соответствующих исходных полимеров.

Наблюдение в течение 1—30 сут при 20—25 °С за растворами смесей целлюлоза—ПАН состава 50:50 (наименее благоприятного для совмещения) не позволило обнаружить четких признаков расслаивания, что свидетельствует о достаточно высокой кинетической устойчивости совместных растворов целлюлозы с ПАН в хлориде цинка. Формование

концентрированных совместных растворов, как и чисто целлюлозных, проводилось на лабораторной установке и прядильном стенде. Установлено, что для растворов, содержащих целлюлозы 50 % и более, лучшими условиями для коагуляции являются осадительная ванна—вода—изопропиловый спирт—хлорид цинка при температуре осаждения 35—40 °С; для растворов с большим содержанием ПАН—осадительная ванна—вода—хлорид цинка при 10—15 °С. Сформованное в этих условиях волокно состава целлюлоза—ПАН (90:10 и 10:90) имело прочность и удлинение 15,6 сН/текс, 14 % и 25,2 сН/текс, 32 %, что свидетельствует о принципиальной возможности получения как целлюлозных волокон, модифицированных добавками ПАН, так и полиакрилонитрильных, модифицированных целлюлозой при использовании растворяющей системы $\text{ZnCl}_2\text{—H}_2\text{O}$.

6. Принципиальная схема процесса получения гидратцеллюлозных волокон из растворов целлюлозы в хлориде цинка. В результате сравнительного рассмотрения конкретных технологических стадий вискозного и экспериментального способов была предложена принципиальная схема процесса получения гидратцеллюлозных волокон из растворов целлюлозы в хлориде цинка.



По сравнению с вискозным, разрабатываемый процесс включает значительно меньшее количество технологических циклов: исключаются стадии, аналогичные стадиям предсозревания, ксантогенирования, созревания; при отделке волокна—стадии отгонки сероуглерода, кислотки, десульфурации; кроме того, отсутствуют вискозный и щелочной стоки, шламонакопители. Это дает возможность значительно уменьшить производственные площади и трудоемкость процесса. Кроме того, разрабатываемый процесс должен быть существенно менее вредным вследствие резкого сокращения токсичных выбросов в атмосферу и водоемы, исключения из схемы производства высокотоксичного, пожаро- и взрывоопасного сероуглерода и более экономичным вследствие использования дешевого сырья—хлорида цинка, спиртов, а также сокращения затрат на оборудование и охрану окружающей среды.

Подробное рассмотрение технологических вопросов регенерации исходных реагентов, входящих в состав растворителя и осадительной ванны, а также расчет экономических показателей разрабатываемого процесса с учетом необходимости использования коррозионно-стойкого оборудования показали принципиальную возможность осуществления данного процесса в производственных условиях и его потенциальную конкурентоспособность с вискозным процессом.

1. Гриншпан Д. Д., Лущик Л. Г., Цыганкова Н. Г. // Хим. волокна. 1988. № 6. С. 6.
2. Заявка 58-181217 (Япония).
3. Пат. № 4999149 (США).
4. Заявка W 092 109726 (США).
5. Целлюлоза и ее производные / Под ред. Н. Байкалза, Л. Сегала. М., 1974. Т. 1. С. 253.
6. Пат. 13296 (Великобритания).
7. S ü v e r n E. Die Künstliche Seide. Berlin, 1921. S. 294.
8. В а с и л ь е в Д. Н. Производство фибры. М.; Л., 1953.
9. А. с. 1351947 (СССР).
10. А. с. 1348396 (СССР).

Д. С. КОКТЫШ, А. Л. РОГАЧ, Д. Л. РУТКЕВИЧ,
В. В. БЕЛЕНКОВ, Г. М. КОРЗУН, С. К. РАХМАНОВ

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНОДНОЙ СТАДИИ ПРОЦЕССА МОДИФИЦИРОВАННОГО ХИМИЧЕСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ

Electrochemical influence of the additions of polyethilenhydroxide and amines in the chemical methol-hydroquinone radiographic developer on the anodic oxidation of the developers is investigated. Efficiency of the chemical development depends on both dissolving activity of additions and acceleration action on the oxidation of developers.

Согласно [1], фотографическое проявление представляет собой электродный процесс, в котором серебряные центры проявления выполняют функцию двойного электрода, на катодном участке которого идет восстановление ионов серебра, на анодном участке — окисление проявляющего вещества. Это дает возможность изучения особенностей фотографического проявления (в частности, влияния состава проявляющего раствора на характеристики фотоматериалов) электрохимическими методами. Массивный серебряный электрод, безусловно, не является хорошей моделью для микрокристалла AgHal в желатиновой матрице, содержащего малые частицы серебра — центры проявления. Однако процессы окисления восстановителей на центрах проявления и на протяженном электроде имеют много общего. Это позволяет использовать электрохимические измерения на массивном электроде для получения первичных сведений о процессах, протекающих при проявлении.

В связи с тем, что обычные химические проявители на основе метола и гидрохинона, применяемые для обработки галогенсеребряных фотоматериалов, не позволяют эффективно использовать серебро, содержащееся в составе эмульсионных микрокристаллов, было предпринято исследование возможности создания новых высокоактивных проявителей, позволяющих в несколько раз увеличивать чувствительность радиографических пленок без ухудшения качества изображения. Согласно [2], это достигается увеличением числа эмульсионных микрокристаллов, вовлекаемых в процесс химического проявления за счет введения в раствор лигандов — растворителей галогенида серебра.

Данная работа посвящена электрохимическому изучению влияния добавок, вводимых в стандартный проявитель для рентгеновских медицинских пленок «Рентген-2», состав которого приведен в [3], на анодное окисление проявляющих веществ.

Измерение электрохимических параметров процесса проявления производилось на установке СВА-1БМ. Регистрация кривых осуществлялась с помощью двухкоординатного самописца Н-307. В опытах применялась герметичная электрохимическая ячейка с разделенными электродными пространствами. В качестве рабочего электрода использовалась проволока из серебра чистоты 99,99, впаянная в стеклянную трубку. Рабочая часть электрода перед каждым опытом обрабатывалась последовательно в царской водке (2—3 с) и концентрированном растворе аммиака (1—2 мин), затем тщательно промывалась дистиллятом. Это обеспечивало необходимую воспроизводимость измерений. Растворы перед снятием поляризационных потенциодинамических кривых (скорость развертки потенциала — 10 мВ/с) продувались аргоном во избежание влияния растворенного кислорода на процесс электрохимического окисления.

Потенциалы измерялись по отношению к насыщенному хлорсеребряному электроду сравнения ЭВЛ-1М (х. с. э.), соединенному с электрохимической ячейкой через солевой мостик с капилляром Лuggина. В качестве вспомогательного использовался платиновый проволоочный электрод. Опыты проводились при температуре рабочего раствора $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

При проведении исследования за основу был взят широко используемый химический проявитель «Рентген-2», в состав которого входят: восстановители (метол, гидрохинон), антиоксидант (Na_2SO_3), антиувалент (KBr), вещество, определяющее pH (Na_2CO_3). Рабочие растворы готовились за сутки до измерений.

Модифицированный проявитель, исследованию которого посвящена данная работа, отличается от стандартного наличием добавок полиэтиленгидроксида (ПЭГ) и амина (Ам), а также меньшим содержанием сульфит-ионов и большей щелочностью среды. Как показало исследование, такое уменьшение содержания ионов SO_3^{2-} и увеличение pH среды практически не влияет на положение как фоновых поляризационных кривых в растворе без проявляющих веществ, так и поляризационных кривых окисления метола и гидрохинона (рис. 1, а, б). Обнаружено также, что введение в состав фоновых растворов (без восстановителей) модифицирующих добавок ПЭГ и Ам не приводит к изменениям фоновых поляризационных кривых в области потенциалов окисления восстановителей (-300 — 0 мВ) (см. рис.1, а).

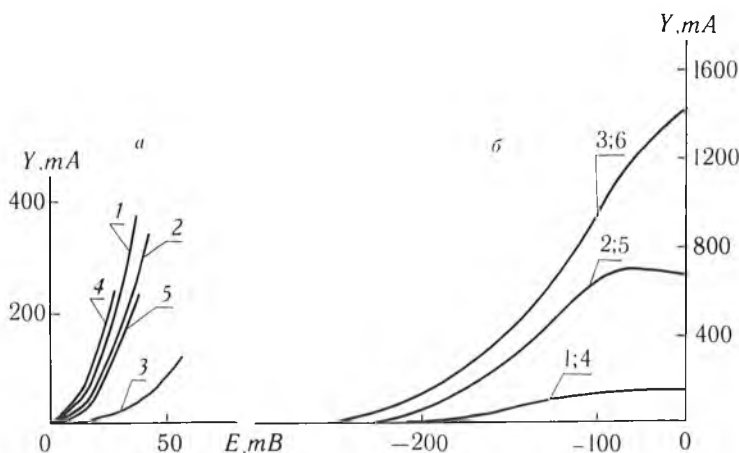


Рис. 1. Поляризационные кривые анодного окисления водных растворов основных компонентов химических проявителей следующего состава:

а. 1 — Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , KBr; 2 — Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , KBr, NaOH; 3 — Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , KBr, NaOH, ПЭГ; 4 — Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , KBr, NaOH, Ам; 5 — Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , KBr, NaOH, Ам, ПЭГ; б. водных растворов (Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , KBr) — (1, 2, 3) и (Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , KBr, NaOH) — (4, 5, 6); содержащих метол (1, 4), гидрохинон (2, 5), метол и гидрохинон (3, 6)

Изучению эффекта супераддитивности метола и гидрохинона, 1-фенил-3-пиразолидона (фенидона) и гидрохинона посвящен ряд работ [4, 5]. В настоящем исследовании получены аналогичные результаты (рис. 1, 2). Уменьшенное содержание сульфит-ионов и повышенное содержание щелочи в проявляющем растворе с фенидоном и гидрохиноном приводит к возрастанию токов и снижению потенциалов окисления (см. рис. 2).

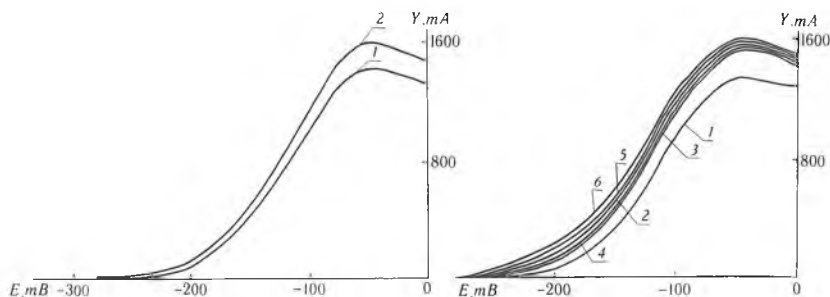


Рис. 2. Анодные поляризационные кривые окисления проявляющих веществ (фенидона и гидрохинона), содержащихся в растворах:

1 — Na^+ , K^+ , SO_3^{2-} , CO_3^{2-} , Br^- ; 2 — Na^+ , K^+ , SO_3^{2-} , CO_3^{2-} , Br^- , OH^-

Рис. 3. Поляризационные кривые окисления:

«Рентген-2» (1); модифицированный проявитель без добавок (2); содержащий дополнительно ПЭГ (3); ПЭГ и KSCN (4); ПЭГ и Ам (5); Ам (6)

Из рис. 3 (кривая 3) видно, что введение в состав проявляющего раствора полиэтиленгликолей приводит к повышению потенциала окисления проявляющих веществ.

Введение в состав проявителя аминов (см. рис 3, кривая 6) приводит к росту токов окисления ПВ и смещению потенциала начала окисления в отрицательную область. Это может указывать на более сложный характер взаимодействия аминов с проявляющими веществами, не сводящегося к простому образованию растворимых комплексов серебра, а, возможно, приводящего к образованию промежуточных продуктов реакции. В то же время, введение в состав раствора дополнительно роданида калия в качестве лиганда-растворителя лишь незначительно влияет на смещение поляризационной кривой (см. рис. 3, кривая 4).

На основании проведенного эксперимента можно сделать вывод, что механизм модифицированного проявления не ограничивается растворяющим действием добавок. Ускоряющее влияние добавок на окисление проявляющих веществ, установленное в данной работе, должно приводить как к росту скорости проявления (за счет увеличения тока сопряжения анодной и катодной стадий процесса), так и к вовлечению в проявление дополнительного количества центров скрытого изображения (ЦСИ) за счет сдвига потенциала окисления ПВ в отрицательную область, что обеспечивает протекание сопряженного процесса проявления с участием ЦСИ с более отрицательным потенциалом. Это коррелирует с повышением фотোগрафической чувствительности, достигаемой при использовании модифицированного проявителя [2].

1. Jaenicke W. // Adv. Electrochem and Electrochem. Eng. 1977. V. 10. P. 91.
2. Врублевский А. В., Кисель Л. Ф., Хвалюк В. Н., Рахманов С. К. // Журн. науч. и прикл. фотографии. 1992. Т. 37. № 1. С. 8.
3. Румянцев С. В. Радиационная дефектоскопия. М., 1974. С. 184.
4. Kobayashi H., Ohno T., Mizusawa S. // Kagaki Denki. 1988. V. 30. № 5. P. 382.
5. Raithel R., Jaenicke W. // Journ. Phys. Chem. 1978. B. 111. S. 193.

УДК 541.67

Ю. В. ГЛАЗКОВ, И. А. РУДАКОВ

ХИМИЧЕСКИ ИНДУЦИРУЕМАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЯДЕР В СИСТЕМЕ КРАСИТЕЛЬ — ХИНОН — РАСТВОРИТЕЛЬ

Photochemical reaction in dye — quinone — solvent system was studied by means of CIDNP technique. It was shown that CIDNP created during singlet — triplet evolution in radical pairs involving dye cation — radical and quinone anion — radical.

Фотохимические реакции, сопровождающиеся поляризацией ядер, достаточно широко исследовались с момента обнаружения эффекта химической поляризации ядер (ХПЯ) [1, 3—7]. Особого внимания заслуживают работы, связанные с фотоиндуцированной поляризацией протонов-хинонов в системе порфирины — хинон — растворитель, в которой получены большие отрицательные коэффициенты усиления и описаны первые квантовые генераторы радиочастотного диапазона [2]. В таких системах используются труднодоступные производные порфирина. Поэтому одной из задач данной статьи является выяснение возможности замены порфиринов на более доступные соединения, например обычные промышленные красители. Другая задача состоит в определении участия в эффектах ХПЯ синглетных возбужденных состояний молекул красителей, поскольку она не нашла достаточного отражения при изучении систем, содержащих порфирины.

Среди имевшихся в нашем распоряжении (более 30) красителей наиболее эффективными оказались нейтральный красный (НК), сафранин Т (Сф, Т), тионин (Т).

Реакции проводились в резонаторе радиоспектрометра ЯМР высокого разрешения НА-100. Облучение осуществлялось светом с длиной волны

более 450 нм (источник — ртутная лампа ДРШ-1000 со светофильтром ЖС-12). В качестве образцов использовались растворы красителей (10^{-3} моль/л) и п-бензохинона ($5 \times 10^{-2} - 10^{-4}$ моль/л) в смеси четыреххлористый углерод — метанол (в соотношении 9:1). В качестве стандарта при записи спектров ПМР использовался ГМДС ($\tau = 0,055$ м. д.). Растворы предварительно дегазировались продуванием сухим чистым азотом. Все спектры записывались при температуре 29 °С.

Красители очищались хроматографически на окиси алюминия; хиноны — сублимацией; метанол и четыреххлористый углерод — по обычной методике [8].

В ходе исследований регистрировался сигнал протонов п-бензохинона до и во время облучения, а также сигнал поляризованных протонов гидрохинона. Измерялась интенсивность сигнала ПМР до облучения (I_0) и под действием света (I_n); затем рассчитывался коэффициент усиления (КУ):

$$КУ = \frac{I_n - I_0}{I_0}.$$

Типичный спектр ПМР, полученный при освещении реакционной смеси, показан на рис. 1. Он состоит из сигнала поляризованных протонов гидрохинона ($\tau = 6,45$ м. д.) и сигнала поляризованных протонов п-бензохинона ($\tau = 6,6$ м. д.).

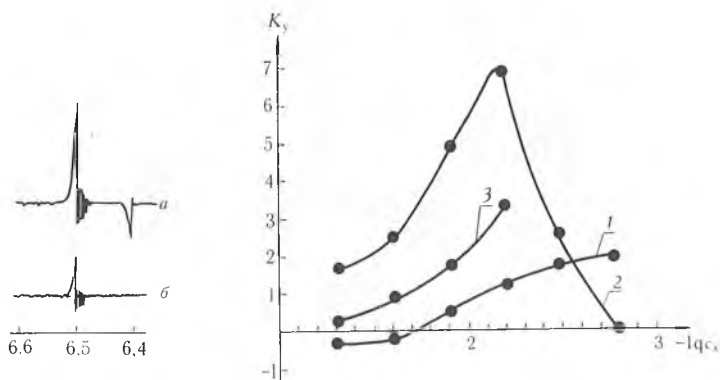


Рис. 1. Спектр ПМР системы НК (10^{-3} моль/л) — п-бензохинон (6×10^{-3} моль/л) — CCl_4 : MeOH (9:1): а — во время облучения; б — до облучения

Рис. 2. Зависимость коэффициента усиления от концентрации хинона для систем, включающих НК (1), СФТ (2), Т (3). Концентрация красителей — 10^{-3} моль/л

Вопрос о составе радикальной пары, ответственной за возникновение эффекта ХПЯ, решался с использованием результатов [4]. Кроме того, учитывались следующие факты:

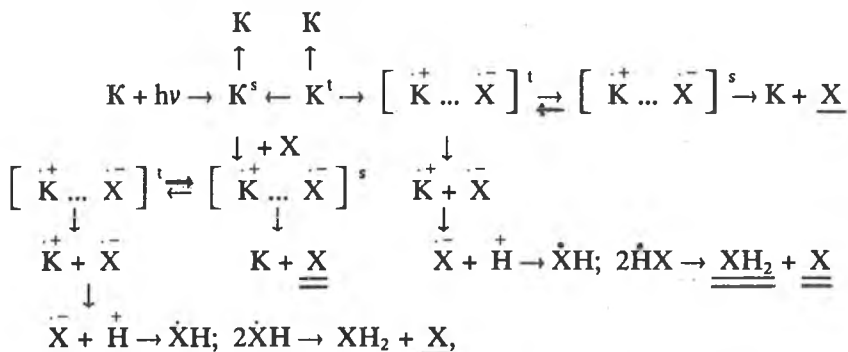
- ХПЯ во всех случаях возникает в парах радикалов в результате взаимодействий с сильно различающимися g-факторами;
- наличие в спектрах ПМР продукта превращения п-бензохинона — гидрохинона с поляризованными протонами;
- замена метанола хлористым метилом или хлороформом не приводит к уничтожению или изменению знака ХПЯ в системе.

Все это позволяет сделать заключение, что ХПЯ в данном случае возникает в ходе синглет-триплетной эволюции в радикальной паре краситель — хинон.

Начальная мультиплетность радикальной пары может быть определена (в предположении слабого взаимодействия между компонентами пары) с помощью правил Каптейна [9]. Имеющиеся данные по параметрам радикалов (константы сверхтонкого взаимодействия (СТВ) и значения g-факторов радикалов — 2,0043 для семихинона и около 2,003 для радикала красителя) позволяют сделать вывод о синглетности исходной пары.

Из кинетических исследований [10—12] следует, что гибель анион-радикалов хинона или нейтральных радикалов семихинона подчиняется кинетике второго порядка. Это означает, что их исчезновение связано с

реакцией диспропорционирования двух радикалов хинона. Следовательно, поляризация протонов хинона должна обеспечиваться первичной парой краситель — хинон. Изложенные факты мы суммировали в возможной схеме первичных фотопроцессов:



где К — краситель, X — хинон. Горизонтальными черточками обозначены поляризованные продукты: одна и две соответственно для отрицательной и положительной поляризации. Квадратными скобками обозначены пары, ответственные за ХПЯ. Надстрочные индексы s и t указывают мультиплетности возбужденных состояний молекул и радикальных пар. На схеме обозначено поглощение кванта света молекулой красителя и ее переход в синглетное возбужденное состояние. Далее такая молекула может либо дезактивироваться, либо образовать с молекулой хинона синглетную возбужденную пару, либо претерпеть интеркомбинационный переход в триплетное возбужденное состояние и затем образовать триплетную пару с молекулой хинона.

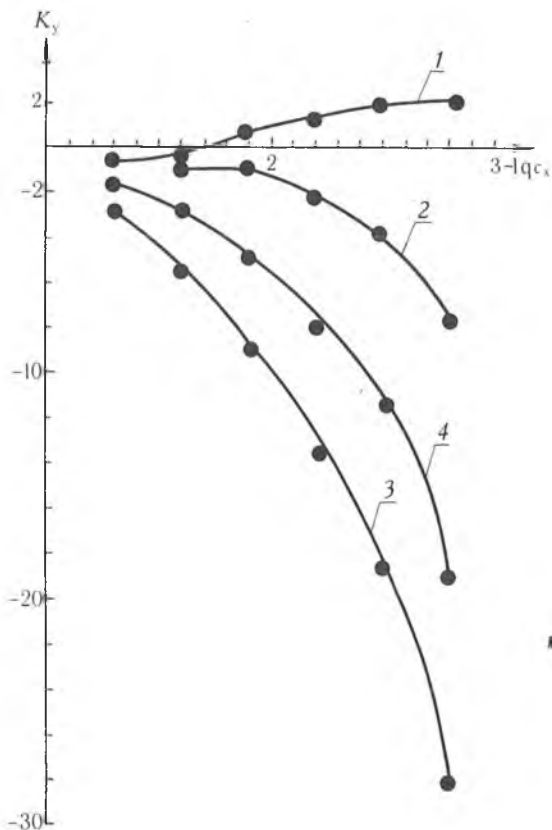


Рис. 3. Зависимость коэффициента усиления от концентрации хинона для системы НК (10^{-3} моль/л) — п-бензохинон — растворитель: 1 — без добавок кислоты, 2 — с добавками уксусной, 3 — трихлоруксусной, 4 — соляной кислоты

Таким образом создаются два возможных канала образования одинаковых продуктов из радикальных пар различной мультиплетности. Однако такие продукты несут различную поляризацию. Экспериментальное наблюдение поляризационных эффектов подтверждает основной вклад синглетно возбужденных радикальных пар в образование продуктов реакции. Хинон одновременно является продуктом геминальной рекомбинации и продуктом диссоциации радикальной пары (см. схему). Очевидно, что общая поляризация протонов хинона — сумма вкладов отрицательно и положительно поляризованных протонов.

В ходе экспериментов было обнаружено, что интенсивность ХПЯ прямо зависит от концентрации хинона (рис. 2). Впервые такая зависимость была прослежена в работе [13]. Уменьшение интенсивности ХПЯ при увеличении концентрации акцептора связывается с тушением, обусловленным комплексообразованием пигмента с хиноном в основном состоянии; тушением синглетных возбужденных состояний пигмента.

В работе [14] сообщалось о сильном влиянии добавок кислот на эффективность ХПЯ в системе порфирин — хинон — растворитель. Используя в качестве добавок различные минеральные и органические кислоты (уксусную, трихлоруксусную, соляную, бромоводородную, плавиковую и т. д.), мы выяснили, что кислотность среды влияет не только на интенсивность поляризации, но и резко увеличивает эффективность образования продуктов из триплетных возбужденных пар (рис. 3). Механизм такого влияния неясен и требует более детального изучения.

1. Tomkiewicz M., Klein M. // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1973. V. 70. № 1. P. 143.
2. Журавлев А. Г., Бердинский В. Л., Бучаченко А. Л. // Письма в ЖЭТФ. 1978. Т. 28. № 3. С. 150.
3. Глазков Ю. В., Журавлев А. Г. Исследование фотохимических реакций, сенсibilизированных металлопорфиринами: Тез. докл. 3 Всесоюз. симпозиума по кинетике и механизмам реакций с участием комплексных соединений. Иваново, 1974. С. 100.
4. Глазков Ю. В., Журавлев А. Г., Шильманович Л. А. // Журн. прикл. спектроскопии. 1976. Т. 25. Вып. 1. С. 133.
5. Bagryanskaya E. G., Grishin Yu. A., Avdievitch N. J. et al. // Chem. phys. let. 1986. V. 128. № 2. P. 162.
6. Maquyama K., Furuta H. // Chem. let. 1986. P. 473.
7. Osuka A., Maquyama R. // Ibid. P. 1853.
8. Гордон А., Форд Р. Спутник химика. М., 1976. С. 440.
9. Бучаченко А. Л., Сагдеев Р. З., Салихов К. М. Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях. Новосибирск, 1978.
10. White R., Tollin B. Photochem. and photobiol. 1971. V. 14. P. 15.
11. Ghibisov A. K. // Photochem. and photobiol. 1969. V. 10. P. 331.
12. Pedersen J. B., Hansen C. E., Pardo H., Muus L. T. // Journ. Chem. Phys. 1975. V. 63. P. 2398.
13. Глазков Ю. В., Шильманович Л. А., Рябцева В. К. ХПЯ в фотореакциях с участием порфиринов и хинонов: Тез. докл. 4 Всесоюз. конференции по химии и геохимии порфиринов. Душанбе, 1978. С. 79.
14. Глазков Ю. В., Шильманович Л. А., Рябцева В. К., Пригодич С. В. Влияние среды на ХПЯ в системе порфирин — хинон — растворитель: Тез. докл. 2 Всесоюз. конференции «Поляризация ядер и электронов и эффекты магнитного поля в химических реакциях». Киев, 1978. С. 34.

УДК 621.793

И. Г. НОВОТОРЦЕВА, Т. В. ГАЕВСКАЯ, Л. С. ЦЫБУЛЬСКАЯ

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ СПЛАВА НИКЕЛЬ-БОР

Features of electrodeposition of Ni-B alloy were studied. The factors were determined effecting on the plating rate, the boron content structure and some propeties of Ni-B films. Proposals concerning the mechanism of boron incorporation into the films were made.

Пленки никель-бор, характеризующиеся повышенной микротвердостью, износостойкостью, невысоким переходным сопротивлением, сопоставимым с переходным сопротивлением пленок из серебра или золота, могут быть получены в результате химического [1] или электрохимического осаждения из водных растворов [2]. Химическое осаждение

осуществляется с использованием таких сильных восстановителей, как борогидрид и диметиламиноборан, при температуре 60—90 °С и высокой щелочности раствора ($\text{pH} = 13\text{--}14$ в случае борогидрида).

Растворы химического осаждения характеризуются нестабильностью и склонны к самопроизвольному разложению с выделением металлического никеля в объеме раствора при отсутствии специально подобранных стабилизирующих добавок [1]. Это не позволяет длительно использовать один и тот же раствор и делает процесс осаждения малотехнологичным. Из растворов с восстановителем диметиламинобораном осаждаются пленки с невысоким содержанием бора (1—5 ат. %), из растворов с восстановителем борогидридом — пленки с содержанием бора 19—26 ат. %. Для такого рода растворов характерна ограниченная возможность регулирования содержания бора в пленках.

Электрохимическое осаждение пленок никель-бор может проводиться из растворов, где в качестве борсодержащего соединения используются перечисленные восстановители [3], а также триметиламиноборан [4], гидразинборан [5], дикарбоундекаборан [6] или высшие бороводороды [7]. Наиболее изучен процесс электрохимического осаждения пленок никель-бор в присутствии дикарбоундекаборанов [6].

Цель данного исследования в изучении влияния различных факторов на скорость осаждения пленок никель-бор, содержание в них неметаллического компонента бора и свойства пленок, полученных электрохимическим способом из раствора с высшим бороводородом гидридоборатом ($\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{H}_{10}$) в качестве борсодержащего соединения.

Пленки никель-бор осаждали на медные или стальные пластины при температуре 20—60 °С из стандартного электролита Уоттса, в который был введен гидридоборат натрия (моль/л): никель сернокислый — 0,2—1,25, никель хлористый — 0,15, борная кислота — 0,6, натрий сернокислый — 0,2, гидридоборат — 0,0003—0,012. Введением в раствор серной кислоты или гидроксида натрия регулировали pH электролита (от 1,5 до 5,0). Анализ никеля и бора в пленках проводили после их растворения в азотной кислоте с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра (погрешность не превышала 1 %). Съемку рентгенограмм осуществляли на дифрактометре ДРОН-3 в интервале углов $2\theta = 0\text{--}100^\circ$ со скоростью 1 град/мин на CuK , излучении. Структуру пленок исследовали как на травленном поперечном мсталлографическом шлифе, так и на поверхности излома.

Электрохимическое исследование проводили на потенциостате П-5848 в режиме линейной развертки потенциала со скоростью 2 мВ/с. Запись отдельных поляризационных кривых осуществляли в электролите без ионов никеля. Значения потенциалов приведены по отношению к хлоридсеребряному электроду сравнения. Все измерения проводили при комнатной температуре и естественной аэрации без перемешивания раствора. Микротвердость пленок никель-бор толщиной не менее 20 мкм измеряли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 50 г. На одном образце проводили 5—10 измерений (отклонение отдельных измерений не превышало 2,5 % от среднего значения). Переходное сопротивление пленок никель-бор измеряли методом амперметра — вольтметра и вычисляли по закону Ома при постоянном токе в цепи 50 мА и нагрузке 40 г. На одном образце проводили не менее 3 измерений. Погрешность не превышала 2 %.

Была изучена зависимость скорости осаждения сплава и содержания в нем бора от плотности тока, температуры, pH раствора, концентрации Ni(II) и гидридобората. Установлено, что скорость осаждения практически не зависит от температуры, pH , концентрации Ni(II) , гидридобората и составляет 30 мкм/ч ($i = 2 \text{ А / дм}^2$). Скорость катодного выделения сплава возрастает от 8 до 52 мкм/ч при увеличении плотности тока от 0,5 до 5 А/дм². Следует отметить, что при больших плотностях тока наряду с электровосстановлением Ni(II) протекает реакция выделения водорода, что приводит к уменьшению выхода по току (рис. 1).

Основным фактором, определяющим содержание бора в покрытии, является концентрация гидридобората и условия осаждения (плотность тока, температура, время осаждения). При увеличении концентрации гидридобората от 0,0003 до 0,012 моль/л содержание бора возрастает от

1 до 28 ат. % ($T = 50^\circ\text{C}$, $i = 2 \text{ А/дм}^2$) (рис. 2). Увеличение температуры осаждения до 60°C при небольшой концентрации гидридобората в растворе ($0,0012 \text{ моль/л}$) практически не влияет на содержание бора (оно составляет 5—7 ат. %), а при концентрации $0,006$ приводит к его увеличению от 16 до 24 ат. % ($i = 2 \text{ А/дм}^2$). С ростом плотности тока от $0,5$ до 5 А/дм^2 содержание бора в пленках одинаковой толщины уменьшается от 24 до 12 ат. %. Изменение pH раствора от 1,5 до 5,0 приводит к незначительному уменьшению содержания бора в сплаве (см. рис. 2).

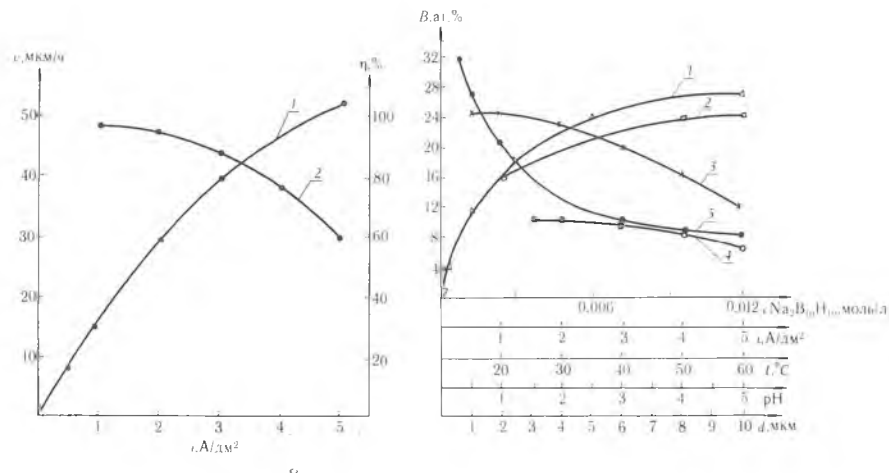


Рис. 1. Зависимость скорости осаждения пленок никель-бор (1) и выхода по току (2) от плотности тока. Температура 50°C . Концентрация бороводорода $0,0009 \text{ моль/л}$

Рис. 2. Зависимость содержания бора в пленках никель-бор от концентрации гидридобората (1) ($T = 50^\circ\text{C}$, $i = \text{А/дм}^2$); температуры осаждения (2) ($i = 2 \text{ А/дм}^2$, $\text{CNa}_2\text{B}_{10}\text{H}_{10} = 0,006 \text{ моль/л}$, $\text{pH} = 4,0$); катодной плотности тока (3) ($T = 50^\circ\text{C}$, $\text{CNa}_2\text{B}_{10}\text{H}_{10} = 0,006 \text{ моль/л}$, $\text{pH} = 4,0$); pH электролита (4) ($T = 50^\circ\text{C}$, $i = 2 \text{ А/дм}^2$, $\text{CNa}_2\text{B}_{10}\text{H}_{10} = 0,0009 \text{ моль/л}$); толщина пленки (5) ($T = 50^\circ\text{C}$, $i = 2 \text{ А/дм}^2$, $\text{CNa}_2\text{B}_{10}\text{H}_{10} = 0,0009 \text{ моль/л}$, $\text{pH} = 4,0$)

Повышение катодной и анодной поляризации, наблюдаемое при введении в раствор гидридобората, свидетельствует о том, что включение бора в пленку происходит, по-видимому, за счет адсорбции гидридобората на сформированной поверхности никеля с последующим его каталитическим распадом до элементарного бора и включением в осадок. При определенных условиях (температура $90\text{--}100^\circ\text{C}$, концентрация гидридобората $0,003 \text{ моль/л}$) $\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{H}_{10}$ может химически восстанавливать Ni(II) с образованием аморфного сплава никель-бор, содержащего до 40—50 ат. % бора, даже в отсутствие каталитической поверхности. О каталитическом разложении гидридобората свидетельствует осаждение бора на поверхности никелевого катализатора. Можно предположить, что содержание бора в сплаве никель-бор определяется соотношением скоростей катодного восстановления Ni(II) и каталитического разложения гидридобората. Увеличение соотношения скоростей этих реакций при росте плотности тока следует рассматривать как причину уменьшения содержания бора в катодном осадке.

Отметим, что бор, соосаждающийся с никелем, неравномерно распределяется по толщине пленки, увеличение которой от $0,5$ до 10 мкм приводит к уменьшению содержания бора от 32 до 10 ат. % (см. рис. 2, кривая 5). Данные сканирующей электронной микроскопии свидетельствуют о том, что прилегающие к подложке слои сплава имеют меньший размер зерен. При этом создаются благоприятные условия для сорбции бороводорода и соответственно осаждения сплава с повышенным содержанием бора.

По мере роста пленки происходит сглаживание рельефа, при этом,

по-видимому, уменьшается концентрация дефектов на поверхности, что и приводит к уменьшению количества легирующего компонента бора в сплаве. Металлографическое исследование образцов показало наличие слоистой структуры у свежесажженных пленок никель-бор независимо от содержания в них бора. Возможно, что между слоями никеля, представляющего твердый раствор бора в никеле, находятся слои, богатые бором, в виде боридов нестехиометрического состава.

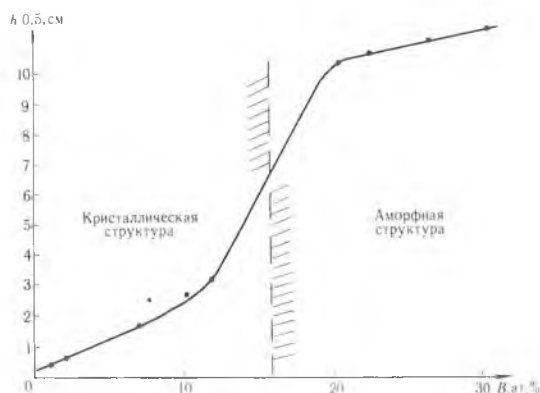


Рис. 3. Зависимость полуширины линии Ni(111) от содержания бора в сплаве

Методом рентгенофазового анализа установлено, что в зависимости от содержания неметаллического компонента в сплаве можно получить как кристаллические, так и аморфные пленки никель-бор. На рис. 3 представлена зависимость полуширины линии Ni(111) от содержания бора в сплаве, из которой следует, что при концентрации бора более 16 ат. % пленки рентгеноаморфны, а менее — представляют собой поликристаллический твердый раствор бора в никеле. Чем меньше содержание бора в пленке, тем больше выражена степень кристалличности.

Микроструктура, фазовый состав
и свойства пленок никель-бор

Содержание бора в сплаве, ат. %	Фазовый состав пленок	Размер кристаллитов, нм	Микротвердость, Н/мм ²	Переходное сопротивление, мОм
—	кристаллические	140,5	2900	2,6
1	поликристаллический твердый раствор бора в никеле	112,0	8100	2,5
2,5	— » —	74,0	7100	3,3
5,0	— » —	—	7100	4,3
8,0	— » —	3,5	6300	4,5
12	— » —	—	6300	5,5
20	рентгеноаморфные	—	7100	10,3
30	— » —	—	8000	28,3

Микротвердость пленок никель-бор в зависимости от содержания бора (см. таблицу) проходит через максимум и достигает 8100 Н/мм² при концентрации бора в сплаве 1 ат. %. Увеличение содержания бора в пленках, сопровождающееся уменьшением размера зерен, приводит к увеличению микротвердости. С ростом содержания бора до 8—12 ат. % наблюдается уменьшение микротвердости до 6300 Н/мм², что, по-види-

тому, связано с более равномерным распределением бора по всему объему пленки и соответственно с уменьшением разницы концентрации бора в дефектах и совершенных областях решетки [8]. Дальнейший рост микротвердости до 8000 Н мм² при содержании бора 30 ат. % связан, вероятно, с переходом пленок из кристаллического в аморфное состояние. Переходное сопротивление пленок никель-бор почти не зависит от содержания бора в пленке, представляющей собой поликристаллический твердый раствор бора в никеле, и возрастает с увеличением содержания бора в аморфных пленках (см. таблицу).

В результате проведенного исследования установлены факторы, влияющие на скорость осаждения и состав сплава никель-бор, варьирование которых позволяет получать поликристаллические или аморфные пленки никель-бор с заданными физико-механическими свойствами.

1. Химическое осаждение металлов из водных растворов / Под ред. В. В. Свиридова. Мн., 1987.
2. Садаков Г. А., Езикян А. Я., Кукоз Ф. И. // Электрохимия. 1980. Т. 16. № 12. С. 1837.
3. Езикян А. Я., Садаков Г. А., Моисеев В. П. // Электролитические покрытия сплавами. М., 1975. С. 154.
4. Заявка 62-96692. Япония. Заявл. 22.10.85. Оpubл. 06.05.87. МКИ С 25 Д 3/56.
5. Еруслимчик И. Г. // Электрон. техника. 1981. Сер. 2. Вып. 2 (145). С. 72.
6. Дягилев В. А., Плохов В. А., Флеров В. Н. // Изв. вузов. Химия и хим. технол. 1988. Т. 31. № 1. С. 77.
7. Звягинцева А. В., Шалимов Ю. Н., Фаличева А. И. // Прогрессивные технологии электрохимической обработки металлов и экология гальванического производства: Межресп. научн.-техн. конф.: Тез. докл. Волгоград, 1990. С. 61.
8. Mai Q. X., Daniels R. D., Harpalani H. B. // Thin Solid Films. 1988. V. 166. P. 235.



УДК 581 (132 + 174)

А. В. МАЛАШЕВИЧ, Л. Ф. КАБАШНИКОВА,
С. А. МИХАЙЛОВА, С. Н. КАБАНОВА

СОСТОЯНИЕ ХЛОРОФИЛЛА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ТРИТИКАЛЕ

Chlorophyll triticales exists in two physical-chemical forms, those can be divided with helping of solvents with different degree of polarity. Content of chlorophyll, extracted by solvents with poor polarity, determines the protein component of chloroplasts.

Исследование фотосинтеза стимулируется не только желанием проникнуть в его сущность, но и уверенностью в том, что это будет способствовать повышению продуктивности растений и урожая сельскохозяйственных культур. Высокопродуктивные сорта некоторых сельскохозяйственных растений обладают фенотипической адаптивностью к условиям окружающей среды за счет высокой лабильности метаболических и фотосинтетических процессов.

Одним из факторов адаптации растений к условиям окружающей среды является неоднородность фотосинтетических пигментов по своим физико-химическим свойствам. Обнаружено, что на всех этапах онтогенеза в обычных условиях высокоурожайные сорта ячменя характеризуются низкой извлекаемостью хлорофиллов *a* и *b* малополярными растворителями. Обеднение фотосинтетического аппарата легкоизвлекаемой формой хлорофилла способно, по мнению авторов, трансформироваться на процессы, связанные с продуктивными особенностями злака [1].

В этой связи исследование физико-химических свойств хлорофилла тритикале вызывает несомненный интерес благодаря уникальности генетической природы этого злака и перспективности его использования в сельскохозяйственной практике. Данные этих исследований будут полезны при отборе исходных форм этой культуры и оценке их перспективности в селекционной работе.

Материал и методика

Для анализов использовали 7—8-дневные проростки тритикале сорта Дар Беларуси и формы БАД-246, Л-374, различающиеся скоростью созревания. Проростки выращивали в климатокамере ВКШ на водопроводной воде при комнатной температуре и 12-часовом фотопериоде. Из проростков выделяли хлоропласты в фосфатном буфере, используя стандартные методические приемы [2].

Свежевыделенные хлоропласты обрабатывали гексаном или смесью гексана и ацетона, взятых в различных пропорциях. Содержимое проб тщательно перемешивали и помещали в холодильник до следующего дня для лучшего извлечения пигментов. По окончании экстракции пигментов малополярными растворителями их остаточные количества доизвлекали неразбавленным ацетоном. Концентрацию пигментов определяли спектрофотометрически, а затем рассчитывали содержание хлорофилла *a* и *b* в единице массы сырых хлоропластов.

В параллельных опытах анализировали содержание белка в сырых хлоропластах по методу Лоури в интерпретации О. П. Осиповой [3]. Для

нахождения их концентрации заранее строили калибровочную кривую по сывороточному альбумину.

Результаты и их обсуждение

Первоначально нами рассмотрен ход кривых извлекаемости хлорофилла ($a + b$) в зависимости от степени полярности растворителя для различных форм тритикале. Известно, что кинетика экстракции пигментов неактивными растворителями использовалась как один из главных аргументов в пользу наличия в листьях растений различных физико-химических форм хлорофилла [4]. Однако, в отличие от ранее описанных работ, мы свои исследования проводили по другой схеме.

Из выделенных в одном опыте хлоропластов готовили серию проб, содержание пластид в которых было выравнено по массе. Затем каждую пробу обрабатывали растворителем определенной полярности, получая в конечном итоге экстракты, концентрация ацетона в которых нарастала от 10 до 60 %. Изменение полярности растворителя от пробы к пробе сопровождалось изменением доли экстрагируемых этими растворителями пигментов.

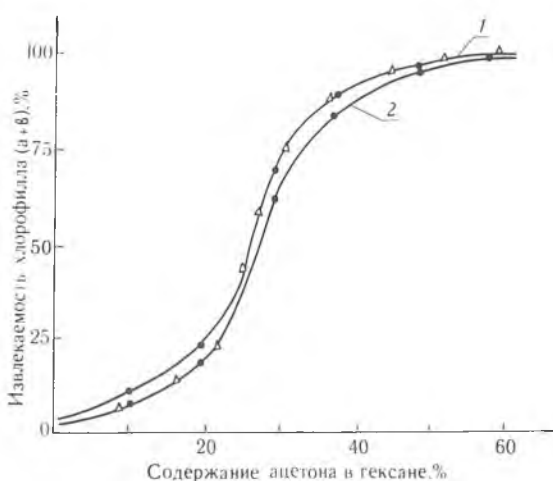


Рис. 1. Кинетика извлекаемости хлорофилла тритикале растворителями нарастающей полярности:
1 — Л-374; 2 — Дар Беларуси

На рис. 1 показаны кривые, отражающие извлекаемость хлорофилла (в % от общего содержания) в зависимости от степени полярности растворителя. Для расчета относительных величин использовали содержание хлорофилла в единице массы сырых хлоропластов (мкг хлорофилла/мг сырых хлоропластов).

Можно видеть, что на фоне линейно возрастающей полярности растворителя извлекаемость хлорофилла описывается S-образной зависимостью. Ход кривой показывает, что небольшая доля хлорофилла (5—7 %) поступает в малополярный растворитель (начальный участок), тогда как для получения основной массы пигментов требуются растворители с более высоким содержанием ацетона. При этом изменение экстрагируемости носит скачкообразный характер, как следствие наличия в хлоропластах двух дискретных форм хлорофилла. Обнаруженная особенность экстракции пигментов в равной мере касается как хлорофилла a , так и хлорофилла b , что позволило нам анализировать их сумму, не разделяя на компоненты. Отметим также, что для всех форм тритикале 50 %-с содержание ацетона в гексане оказывается достаточным, чтобы извлечь всю массу пигментов.

Выбранные нами формы тритикале отличаются скоростью созревания, что позволяет их характеризовать как разноспелый (Л-374), среднеспелый (БАД-246) и позднеспелый сорт (Дар Беларуси). Эти сортовые особенности могут быть следствием специфики онтогенеза фотосинте-

тического аппарата, который формируется и деградирует у раннеспелой формы быстрее, у позднеспелой — медленнее.

Для характеристики особенностей развития фотосинтетического аппарата в онтогенезе мы анализировали выход сырых хлоропластов из единицы сырой массы проростков, а также количество белков в пластидах. Эти показатели сопоставляли с результатами экстракции хлорофилла малополярными растворителями.

Выход хлоропластов и содержание в них белков
у разноспелых сортов тритикале

Форма тритикале	Выход хлоропластов (мг/гр сыр. массы)	Содержание белков в хлоропластах (мкг/мг сырых хлоропластов)
Л-374	32,1±1,9	43,9±0,9
БАД-246	28,1±1,2	33,7±0,8
Дар Беларуси	25,4±1,3	33,2±0,4

Из таблицы можно видеть, что наибольшее количество хлоропластов с высоким уровнем содержания в них белков обнаруживается у проростков раннеспелой формы Л-374 и наименьшее — у позднеспелого сорта Дар Беларуси. Среднеспелый сорт БАД-246 характеризуется промежуточными значениями этих показателей. Оценка вероятности случайного происхождения различий между крайними вариантами подтверждает их надежность ($p < 0,02$).

Сравнительно большой выход хлоропластов у скороспелого тритикале и обогащение пластид белками, по-видимому, является следствием относительно быстрого формирования фотосинтетического аппарата этой формы злака, влекущее за собой раннее созревание. Более мощно развитый фотосинтетический аппарат, показателем которого в нашем случае является выход хлоропластов с единицы сырой массы, позволяет растению быстрее накопить необходимые для созревания семян компоненты.

Состояние хлорофилла у разноспелых сортов тритикале показывает наличие взаимосвязи извлекаемости пигментов малополярными растворителями и содержания белков в хлоропластах. Как было показано ранее [5], большему накоплению белков в хлоропластах соответствует меньшая извлекаемость хлорофилла. Эта зависимость сохраняется при анализе извлекаемости хлорофилла у разноспелых форм тритикале, хлоропласты которых по-разному обогащены белками.

Можно видеть (рис. 2), что высокое накопление белков в хлоропластах Л-374 сопровождается незначительным (около 1,5 %) содержанием в них извлекаемой формы хлорофилла, и наоборот, у позднеспелой формы извлекаемость самая высокая при относительно небольшом содержании белков в хлоропластах.

Полученный экспериментальный материал свидетельствует, что у пшенично-ржаных гибридов тритикале существуют разные физико-химические формы хлорофилла. Причину гетерогенного состояния пигментов в мембранах хлоропластов, как правило, объясняют наличием различного микроокружения молекул хлорофилла и характером взаимодействия с липопротеиновыми компонентами мембран [6]. Тем не менее вопрос о взаимоотношениях белков, липидов и пигментов в фотосинтетической мембране не имеет окончательного решения.

В этой связи следует отметить, что внешние воздействия на биологические мембраны сопровождаются изменением их нативного состояния, в основе которого лежат конформационные перестройки белковых компонентов [7]. Непременным результатом таких влияний является увеличение извлекаемости хлорофилла малополярными растворителями [8].

Установленные нами изменения извлекаемости хлорофилла тритикале под действием прогрессивно нарастающей полярности растворителя

могут быть также обусловлены нарушением нативного состояния белков мембран хлоропластов, инициируемых действием повышенных концентраций ацетона. Низкие концентрации этого растворителя не способны повлиять на конформацию белка, поэтому малополярным растворителем извлекаются лишь те молекулы хлорофилла, которые взаимодействуют только с липидными компонентами мембран. Высокие же концентрации ацетона денатурируют белок. Переход белков из одного структурного состояния в другое носит S-образный характер [9], соответственно которому изменяется извлекаемость пигментов малополярными растворителями.

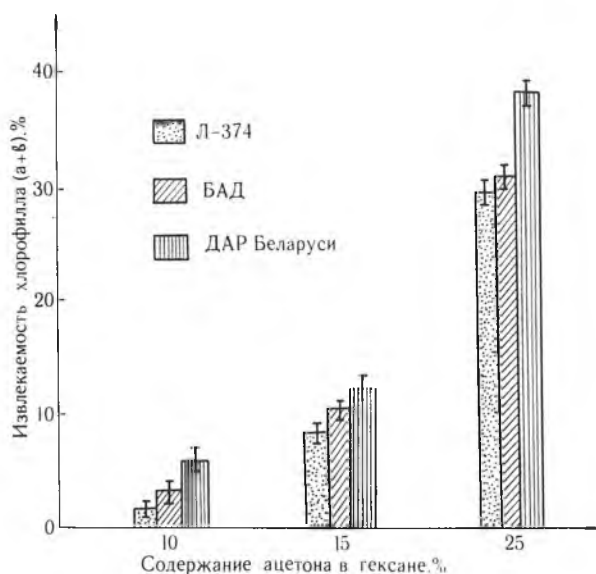


Рис. 2. Извлекаемость пигментов малополярными растворителями в хлоропластах сортов тритикале, различающихся временем созревания

Анализ совокупности представленных в работе данных и полученных нами ранее, показывает, что извлекаемость хлорофилла малополярными растворителями определяется количеством и состоянием белков хлоропластов вне зависимости от липидного компонента. Уменьшение белка в мембранах за счет гидролиза протеазами [10] или естественной деградации хлоропластов в ходе онтогенеза сопровождается адекватным увеличением экстрагируемой формы хлорофилла, тогда как обогащение хлоропластов белками сопровождается непременным уменьшением извлекаемости [5].

Помимо этого всевозможные воздействия, нарушающие нормальный ход синтеза белков в хлоропластах (ингибирование, действие стимуляторов, помещение растений в темноту), всегда сопровождаются соответствующим изменением доли экстрагируемого хлорофилла [11].

Следует также обратить внимание, что содержание белка в хлоропластах и количество извлекаемой формы пигментов проростков некоторых растений может быть показателем онтогенетических особенностей фотосинтетического аппарата и таких свойств растений, как скороспелость и продуктивность, что может быть использовано для ранней диагностики и отбора форм в селекционном процессе.

1. Кабашникова Л. Ф., Михайлова С. А., Чайка М. Т. // Весті АН БССР. Сер. біял. навук. 1987. № 6. С. 25.

2. Малашев А. В., Шлык А. А. // Физиол. растений. 1972. Т. 19. № 2. С. 273.

3. Осипова О. П. // Физиол. растений. 1957. Т. 4. № 1. С. 28.

4. Шлык А. А., Прудникова И. В. // Весті АН БССР. Сер. біял. навук. 1958. № 3. С. 16.

5. М а л а ш е в и ч А. В., К а х н о в и ч Л. В. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1986. № 3. С. 40.
6. Ш л ы к А. А., М и х а й л о в а С. А. // Докл. АН СССР. 1973.
7. М о л о т к о в с к и й Ю. Г. // Физиол. растений. 1970. Т. 17. № 6.
8. Ш л ы к А. А., М а л а ш е в и ч А. В. // Докл. АН СССР. 1970. Т. 194. № 3.
9. К о н е в С. В., А к с е н ц е в С. Л., Ч е р н и ц к и й Е. А. Конформационно-кооперативные переходы белков в клетке. Мн., 1970.
10. М а л а ш е в и ч А. В. Влияние трипсина на состояние и метаболизм хлорофиллов *a* и *b* // IV науч. конф. молодых ученых: Тез. докл. Мн., 1970. С. 60.

УДК 616-006; 612.015.348

В. В. СЕНЧУК, Л. А. ЛАСТОВСКАЯ

СОСТОЯНИЕ ЦИТОСКЕЛЕТНЫХ БЕЛКОВ В ПРОЦЕССЕ РОСТА ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ

The study of actin and tubulin polymerization state, and their distribution within several cancer cells during the process of tumour progression showed the significant rearrangements of the cellular distribution of the cytoskeleton components and marked alteration of their organization pattern.

В исследовании биохимических особенностей злокачественных клеток важное значение придается изучению структурно-функционального состояния компонентов цитоскелета, в значительной степени определяющего протекание различных клеточных процессов — деления, формообразования, рецепции, секреции и др. [1, 2]. В настоящее время установлено, что нарушение организации цитоскелета является одним из характерных признаков злокачественных клеток [1]. В основе этого явления лежит изменение экспрессии изоформ актина [2] и появление в злокачественных клетках мутантных изоформ актина [3, 4]. Причиной обнаруживаемого в опухолях даже одинаковой локализации и гистогенеза многообразия нарушений экспрессии изоформ различных белков является высокий уровень генетической нестабильности опухолевых клеток, проявляющийся в прогрессии неоплазм [5]. Вместе с тем структурно-функциональное состояние цитоскелетных белков в процессе прогрессии злокачественных опухолей до настоящего времени не изучено.

Целью настоящей работы явилось исследование структурного состояния белков цитоскелета (тубулина, глобулярного актина (Г-актина), фибриллярного актина (Ф-актина)) в процессе роста перевиваемых злокачественных опухолей крыс различного гистогенеза, скорости роста и степени злокачественности.

Материал и методика

Эксперименты проведены на беспородных белых крысах массой 150—180 г, содержащихся на стандартном рационе вивария. В работе использовали перевиваемые злокачественные опухоли крыс саркома-45 и карциносаркома Уокера 256, полученные из коллекции штаммов злокачественных опухолей Института экспериментальной и клинической онкологии АМН России. Злокачественные опухоли поддерживали путем перевивания суспензии опухолевых клеток лабораторным животным в соответствии с общепринятыми методами [6]. Животных-опухоленосителей брали в опыт через определенные временные интервалы после перевивания злокачественных клеток, что обусловлено различной скоростью роста штаммов опухолей, использованных в настоящей работе [7].

Субклеточные фракции злокачественных клеток получали методом дифференциального центрифугирования [8]. Содержание Г-актина и Ф-актина измеряли в цитоплазматической фракции и в составе плазматической мембраны злокачественных клеток по степени ингибирования активности панкреатической ДНКазы 1 [4]. Суспензию изолированных клеток злокачественных опухолей получали по методу Jacob и Bhargava [9]. Жизнеспособность клеток оценивали по поглощению красителя трипанового синего [9]. Цитоскелет получали лизисом клеток в растворе, содержащем 0,5 %-й тритон X-100 [10]. Белковый состав цитоскелета и плазматических мембран опухолевых клеток анализировали электрофо-

резом в полиакриламидном геле (ПААГ) в присутствии додецилсульфата натрия (ДСН) [11]. Белки в ПААГ окрашивали красителем кумасси R-250 [11]. Количественное определение актина и тубулина в составе цитоскелета и плазматических мембран злокачественных клеток после электрофоретического разделения в ПААГ осуществляли денситометрированием гелей на денситометре «Ultroscan». В качестве калибровочных стандартов для денситометрии использовали актин из скелетных мышц крыс, который очищали по методу Spudich и Watt [12], и очищенный тубулин из мозга быка, любезно предоставленный В. П. Курченко. Концентрацию белка определяли колориметрическим методом [13]. Экспериментальные данные обрабатывали статистически.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены результаты электрофоретического анализа белков цитоскелетных фракций, полученных экстракцией клеток саркомы-45 и карциносаркомы Уокера 256 раствором, содержащим неионный детергент тритон X-100. Количественный денситометрический анализ электрофореграмм показывает, что актин (молекулярная масса 43 000) и тубулин (молекулярная масса 55 000) являются основными компонентами микрофиламентов и микротрубочек в составе цитоскелета и плазматических мембран злокачественных клеток так же, как это имеет место в нормальных клетках [1]. Электрофоретический профиль белков цитоскелета саркомы-45 и карциносаркомы Уокера 256 обнаруживает значительное сходство, несмотря на различный гистотип исследованных злокачественных опухолей, а некоторые отличия относятся к минорным полипептидным компонентам цитоскелетных фракций (см. рис. 1). В процессе роста злокачественной опухоли крыс саркома-45 происходит нарастающее во времени увеличение содержания актина, ассоциированного с плазматической мембраной преимущественно в полимерной форме (рис. 2). Одновременно наблюдается повышение относительного содержания фибриллярного актина и полимерной формы тубулина в составе цитоскелета саркомы-45. Вместе с тем общее содержание полимерных и мономерных форм актина в цитоплазматической фракции клеток саркомы-45 остается неизменным в процессе роста опухоли. При этом обнаруживается перераспределение различных форм актина в цитоплазматической фракции злокачественных клеток: растет содержание полимерного фибриллярного актина при снижении содержания глобулярного актина (см. рис. 2). Аналогичная реакция цитоскелета выявлена и при исследовании клеток карциносаркомы Уокера 256 (рис. 3). В процессе прогрессии карциносаркомы Уокера 256 происходит накопление фибриллярного актина в цитоплазматической и цитоскелетной фракциях, а также в составе плазматической мембраны, снижение содержания мономеров актина и увеличение содержания полимерных форм тубулина. Следует отметить, что в этом случае содержание тубулина и различных агрегатных форм актина несколько ниже, чем в клетках саркомы-45, а динамика реорганизации цитоскелета в процессе роста опухоли имеет менее выраженный характер.

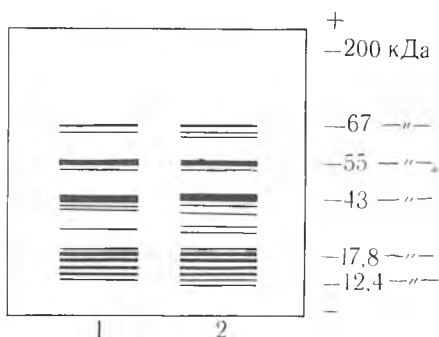


Рис. 1. Электрофоретический анализ в 15 %-м ПААГ в присутствии ДСН белков цитоскелета:

1 — клеток саркомы-45; 2 — клеток карциносаркомы Уокера 256. Маркеры молекулярной массы: тяжелые цепи миозина (200 кДа); бычий сывороточный альбумин (67 кДа); тубулин мозга быка (55 кДа); скелетно-мышечный актин (43 кДа); миоглобин (17,8 кДа); цитохром С (12,4 кДа)

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в процессе опухолевого роста происходит значительная реорганизация цитоскелетных структур злокачественных клеток. В процессе роста злокачествен-

ных опухолей крыс саркома-45 и карциносаркома Уокера 256, различающихся по гистогенезу и скорости роста, формируется однотипная реакция компонентов цитоскелета. По-видимому, в основе этого явления лежит активация регуляторных механизмов, направленных на стимуляцию процессов полимеризации глобулярного актина и мономеров тубулина, что приводит к накоплению полимерных форм этих белков в составе цитоскелета и плазматических мембран. В клетках полимерные и мономерные формы актина и тубулина находятся в состоянии динамического равновесия, которое чрезвычайно чувствительно к воздействию разнообразных физико-химических и биологических факторов и контролируется специфическими регуляторными кальций-зависимыми белками [1, 2]. Можно предположить, что обнаруженные нами изменения citoархитектуры злокачественных клеток в процессе роста опухолей определяются изменением активности этих регуляторных белков вследствие изменения метаболизма кальция, микроокружения злокачественных клеток, а также накопления токсичных продуктов деградации некротизированных участков опухолей. Последнее обстоятельство может определять развитие неспецифической защитной реакции клеток к повреждающему действию, так как повышение вязкости цитоплазмы и увеличение содержания Ф-актина в клетках является одной из составных частей неспецифического адаптационного синдрома клеточной системы в ответ на различные раздражители [14].

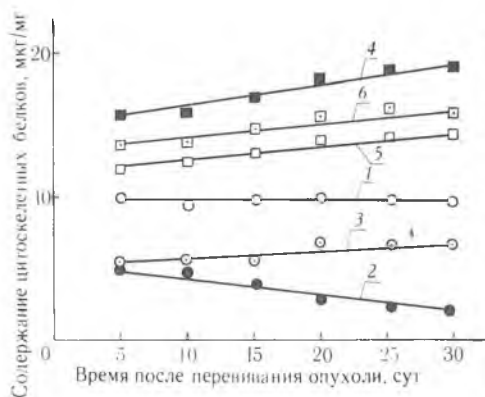


Рис. 2. Динамика содержания цитоскелетных белков в процессе роста злокачественной опухоли крыс саркома-45:

1 — общее содержание актина в цитоплазматической фракции; 2 — содержание Г-актина в цитоплазматической фракции; 3 — содержание Ф-актина в цитоплазматической фракции; 4 — содержание актина в составе цитоскелета; 5 — содержание актина в составе плазматической мембраны; 6 — содержание тубулина в составе цитоскелета

Рис. 3. Динамика содержания цитоскелетных белков в процессе роста карциносаркомы Уокера 256:

1 — общее содержание актина в цитоплазматической фракции; 2 — содержание Г-актина в цитоплазматической фракции; 3 — содержание Ф-актина в цитоплазматической фракции; 4 — содержание актина в составе цитоскелета; 5 — содержание актина в составе плазматической мембраны; 6 — содержание тубулина в составе цитоскелета

1. Бен-Зеев А. // Biochim. Biophys. Acta. 1985. V. 780, № 3. P. 197.
2. Jacob M. // Genet. Eng. News. 1987. V. 7. № 5. P. 14.
3. Leavitt J., Ng S.-Y., Verma M., Latter G., Burbeck S. // Mol. Cell Biol. 1987. V. 7. № 7. P. 2467.
4. Сенчук В. В., Пикунев А. Т., Дашкевич И. Н. // Биохимия. 1991. Т. 56. № 12. С. 2235.
5. Ходосова И. А. Ферменты опухолевых клеток. Л., 1988.
6. Чернов В. А. Методы экспериментальной терапии. М., 1971.
7. Погосянц Е. Е., Киселева Н. С. // Вопр. онкологии. 1963. Т. 9. № 8. С. 103.
8. Биохимическое исследование мембран. / Под ред. Э. Мэдди. М., 1979.
9. Jacob T. S., Bhargava P. M. // Exp. Cell Res. 1962. V. 27. № 3. P. 453.
10. Brown S., Levinson V., Spudis J. A. // Journ. Supramol. Struct. 1976. V. 5. № 1. P. 119.
11. Остерман Л. А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование. М., 1981.
12. Barden J. A., Remedios C. G. // Journ. Biochem. 1984. V. 96. № 3. P. 913.
13. Petersson G. L. // Meth. Enzym. 1983. V. 91. № 1. P. 95.
14. Браун А. Д., Моженко Т. П. Неспецифический адаптационный синдром клеточной активности. Л., 1987.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЖУКОВ-ВОДОЛЮБОВ (Coleoptera, Hydrophilidae) ФАУНЫ БЕЛАРУСИ

Ecological pattern of the fauna of water-beetles of Byelorussia is considered. 2 ecological complex, 6 groups, 4 sub-groups and 4 infragroups are distinguished. For each ecological group the characteristic and species-composition are given.

Семейство Hydrophilidae (Coleoptera) на территории Беларуси насчитывает 65 видов. Его представители обитают как в наземных, так и в водных биотопах, занимают различные экологические ниши. Детальная экологическая классификация водолюбов отсутствует, поэтому экологическая структура Hydrophilidae Беларуси в целом остается неясной, несмотря на отдельные публикации [1—4]. Цель данной статьи — показать с учетом исследований последних лет распределение по экологическим группам жуков-водолюбов фауны Беларуси на основе биотопической приуроченности видов.

Распределение Hydrophilidae фауны Беларуси
по экологическим группировкам

Экологические группировки	Число		% от общего числа видов
	родов	видов	
Комплекс гидрофилы	12	33	55,9
Группы реофилы	2	2	3,4
стагнофилы	11	31	52,5
Подгруппа ацидофильные стагнофилы	3	6	10,2
Инфрагруппы субнектонные	2	5	8,5
нектонные	1	1	1,7
Подгруппа эвритопные стагнофилы	10	25	42,3
Инфрагруппы субнектонные	3	11	18,6
нектонные	7	14	23,7
Комплекс геофилы	6	26	44,1
Группы копробионты	2	1	6,8
детрито—копробионты	3	11	18,6
мицетофаги	1	1	1,7
детритобионты	3	10	17,0
Подгруппы гидрофильные детритобионты	3	9	15,3
собственно детритобионты	1	1	1,7

По биотопической приуроченности водолюбы могут быть отнесены к двум большим экологическим комплексам (таблица): гидрофилам (обитателям водных биотопов) и геофилам (обитателям наземных биотопов).

Каждый из этих комплексов делится на группы. Гидрофилы включают реофилов и стагнофилов. Реофилы (обитатели медленнотекущих водоемов) в Беларуси представлены только двумя видами: *Hydrophilus aterrimus* Esch., *Laccobius striatulus* F. Стагнофилы (обитатели стоячих водоемов) делятся на две подгруппы: ацидофильных стагнофилов (обитателей водоемов с pH воды от 3,3 до 6,8) и эвритопных стагнофилов

(обитателей водоемов с кислой, нормальной и щелочной реакцией воды). Ацидофильные стагнофилы включают инфрагруппы субнектонных ацидофильных стагнофилов.

Субнектонные ацидофильные стагнофилы — водолюбы, живущие у поверхности воды и не умеющие хорошо плавать. К ним относятся *Hydrochus brevis* Hbst., *H. carinatus* Germ., *H. elongatus* Schall., *H. kirgisicus* Motsch., *Helophorus nanus* Sturm.

Нектонные ацидофильные стагнофилы — водолюбы, умеющие относительно хорошо плавать, обитающие как у поверхности, так и в толще воды. К ним относится *Enochrus ochropterus* Marsh.

Эвритопные стагнофилы, подобно ацидофильным, делятся на субнектонных и нектонных.

Субнектонные эвритопные стагнофилы, за исключением *Spercheus emarginatus* Shall. и *Anacaena lutescens* Steph, включают представителей рода *Helophorus*: *H. nubilus* F., *H. aquaticus* L., *H. grandis* Ill., *H. brevipalpis* Bed., *H. minutus* F., *H. griseus* Hbst., *H. granularis* L., *H. discrepans* Rey., *H. flavipes* F.

К нектонным эвритопным стагнофилам относятся: *Hydrochara caraboides* L., *Hydrobius fuscipes* L., *Laccobius biguttatus* Gerh., *L. minutus* L., *L. bipunctatus* F., *Helochares obscurus* Müll, *Enochrus melanocephalus* Ol., *E. testaceus* F., *E. quadripunctatus* Hbst., *E. affinis* Thunb., *E. coarctatus* Gredl., *Cymbiodyta marginella* F., *Berosus lukidus* L., *B. signaticollis* Charp.

Комплекс геофилов насчитывает четыре группы: копробионты, детрито-копробионты, детритобионты и мицетофаги.

Копробионты — обитатели навоза. К ним относятся *Cercyon luridus* Ol., *C. terminatus* Marsh., *G. pygmaeus* Ill., *Cryptopleurum crenatum* Panz. *Cercyon pygmaeus* Ill. отмечен в разлагающихся растительных остатках, прелой соломе [8], но в Беларуси известен только как копробионт.

Детритобионты — обитатели навоза и разлагающихся растительных остатков. Группа включает *Sphaeridium bipustulatum* F., *Sph. marginatum* F., *Sph. scarabaeoides* L., *Sph. lunatum* F., *Cercyon impressus* Sturm., *C. haemorrhoidalis* F., *C. melanocephalus* L., *C. lateralis* Marsh., *C. unipunctatus* L., *C. quisquilius* L., *Cryptopleurum minutum* F. *Cercyon quisquilius* L. отмечен в Канаде как мицетофаг [8].

Детритобионты — обитатели разлагающихся растительных остатков. Эта группа делится на две подгруппы: гидрофильных детритобионтов и собственно детритобионтов.

Гидрофильные детритобионты — обитатели разлагающихся растительных остатков вблизи водоемов (в основном озерных и речных наносов), но могут встречаться и на небольшой глубине в водоемах среди детрита. К ним относятся: *Coclostoma orbiculare* F., *Cercyon tristis* Ill., *C. convexiusculus* Steph., *C. sternalis* Sharp., *C. granarius* Erich., *C. marinus* Thom., *C. bifenestratus* Küst., *C. ustulatus* Prey., *Chaetarthria seminulum* Hbst.

Cercyon bifenestratus Küst. отмечен в навозе в лесу [1]. На наш взгляд, это указание ошибочно, так как этот вид является типичным детритобионтом и в навозе ранее не регистрировался.

Собственно детритобионты — обитатели разлагающихся растительных остатков, встречающиеся обычно вдали от водоемов в прелой соломе, подстилке и т. д., — включают один вид *Cercyon analis* Pay.

Мицетофаги — водолюбы, живущие на грибах, представлены одним видом *Megasternum obscurum* Marsh. По данным литературы [8] и исследованиям, проведенным в других районах, он известен как обитатель навоза и разлагающихся растительных остатков.

Отдельные виды жуков-водолюбов не были отнесены ни к одной из перечисленных экологических групп и не включены в таблицу. Это *Helophorus redtenbacheri* Kuw. и *Anacaena limbata* F., которые известны пока только по литературе [5, 7]. *Helophorus strigifrons* Thom., *H. lapponicus* Thom., *H. paraminutus* Ang., *Laccobius sinuatus* Motsch. обнаружены только в отдельных местах, часто в единственных экземплярах, поэтому их нельзя определенно отнести к какой-либо группе.

Нами были названы основные экологические группы водолюбов в Беларуси. Однако интерес представляют и факультативные экологические группы.

Ботробионты — обитатели нор грызунов — включают 4 вида [2]. Все они были собраны либо ранней весной, либо поздней осенью. Это свидетельствует о том, что водолюбы используют норы как укрытие на зиму.

Группа нидиколов — обитателей птичьих гнезд — включает 5 видов водолюбов, найденных в покинутых гнездах [3, 4]. Собраны эти виды были в мае — июле, что практически исключает укрытие. Вероятнее всего, в гнездах жуки нашли себе пищу, так как все обнаруженные виды либо детрито-копробионты, либо копробионты.

Таким образом, на территории Беларуси среди водолюбов по числу видов и родов доминируют гидрофильные формы. Самыми многочисленными группами являются стагнофилы, детрито-копробионты, детриобионты, включающие в себя более 100 видов. К ним относятся в основном водолюбы родов *Helophorus* и *Cercyon*, которые доминируют в фауне Беларуси. Самыми малочисленными группами являются реофилы и мицетофаги.

1. Д у б к о в Г. С. // Фауна и экология жесткокрылых Белоруссии. 1991. С. 132.
2. М я д з в е д з е у С. І., Ч ы к і л е ў с к а я І. В. // Весці АН БССР. Сер. біял. навук. 1968. № 3. С. 91.
3. Р ы н д е в и ч С. К. // Фауна и экология жесткокрылых Белоруссии. 1991. С. 212.
4. Р ы н д е в и ч С. К. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1992. № 1. С. 73.
5. Я к о б с о н Г. Г. Жуки России и Западной Европы. Спб. 1905. С. 824.
6. Я х о н т о в В. В. Экология насекомых. М., 1969. С. 488.
7. M a z u r o w a G., M a z u r E. // Sprowoz. kom. fiziograf. PAU. Krakow, 1939. T. 72. S. 463.
8. S m e t a n a A. // Mem. Entomol. Soc. Can. 1988. P. 316.

УДК 598.829

В. В. ГРИЧИК

ОСОБЕННОСТИ ПОЛИМОРФИЗМА И ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СТАТУС ЗЕЛЕНОГОЛОВЫХ ФОРМ ЖЕЛТОЙ ТРЯСОГУЗКИ (*Motacilla flava* L.). 1

Feather colouration variability of so-called «Yellow-fronted Wagtail» *Motacilla flava lutea* Gm. was analysed. Its close relation to grey-headed *M. f. beema* and the absence of data on mutual reproductive isolation of these two races do not allow to consider the race *lutea* as a distinct species.

Обширный и чрезвычайно сложный по составу комплекс *Motacilla flava* — желтая трясогузка — в числе прочих включает три формы, отличающиеся интенсивным желтым пигментированием оперения головы у самцов: *M. f. flavissima* Sund. (Британские о-ва), *M. f. lutea* Gm. (Нижнее Поволжье, Южный Урал, Северный Казахстан) и *M. f. taivana* Swinh. (юг Якутии, Магаданская обл., север Хабаровского края и о. Сахалин). Благодаря доминированию желтого пигмента в бородках перьев окраска верха головы у самцов этих форм (а у *M. f. taivana* — и у самок) бывает желтой либо зеленой, а надглазничная полоса («бровь»), как правило, желтая. Эти бросающиеся в глаза особенности фенотипа перечисленных форм неоднократно оказывали определяющее влияние на оценку их таксономического статуса.

Первоначально описанные как самостоятельные виды, позже эти формы были включены в состав единого видового комплекса *Motacilla flava* [1]. Впоследствии, однако, лишь часть систематиков приняла эту точку зрения [2, 3, 4], прочие же настаивали на специфичности рассматриваемой группировки, отделяя ее от *Motacilla flava*. При этом мнения последних разделились: одни [5—9] объединяли все три зеленоголовые формы под одним биномиальным названием *Motacilla lutea*, рассматривая их в качестве подвидов; другие [10, 11] признавали видовую самостоятельность формы *lutea* (с подвидом *flavissima*), а *taivana* считали подвидом *M. flava*; наконец, третьи предлагали считать и *lutea*, и *taivana* самостоятельными видами [12, 13]. Совершенно особое мнение высказал Г. Гроте [14], утверждая, что форма *lutea* — всего лишь мутация, возникающая время от времени в популяциях обычных сероголовых

птиц. Даже за почти сплошь зеленоголовыми популяциями нижнего Поволжья Гроде не признавал статуса самостоятельного подвида, объясняя их своеобразие повышенной частотой проявления данной мутации. Сходную точку зрения высказал в одной из своих работ и В. Е. Береговой [15].

Следует заметить, что выяснение статуса зеленоголовых форм существенно осложнено неполнотой данных об их распространении и репродуктивных взаимоотношениях с сероголовыми формами. Последний аспект в отношении *lutca* не может быть исследован путем прямых наблюдений в природе, так как самки этой формы и пространственно контактирующей с ней сероголовой *M. f. beema* Syk. практически неразличимы.

В основу настоящей публикации положены результаты обработки серий выборок по желтой трясогузке, хранящихся в фондовых коллекциях ряда музеев (Зоологического института Российской Академии наук (Санкт-Петербург); Зоологического музея МГУ; Института зоологии АН Украины (Киев); зоологических музеев Белорусского государственного (Минск), Киевского и Харьковского университетов), а также собственные полевые наблюдения и сборы.

Результаты и их обсуждение

Изучение географического распределения признака, определяющего общую специфику названного фенотипа — доминирование желтого пигмента в оперении головы, — позволило установить, что распространение этого варианта не ограничено ареалами популяций перечисленных форм. Об этом свидетельствуют, в частности, музейные экземпляры птиц с густо-зеленым оперением верха головы из Гомельской области Беларуси (Зоомузей БГУ), Смоленской области (Зоомузей МГУ, № 24655) и даже с севера Архангельской области (Зоомузей МГУ, № 5484). Перечисленные экземпляры добыты далеко за пределами ареалов зеленоголовых форм и не могут считаться свидетельствами дальних залетов, поскольку по окраске остального оперения, размерам тела и пластическим признакам не отличаются от птиц местных популяций, вместе с которыми и были добыты. Эти факты, на наш взгляд, дают основание объяснять как аналогичные перечисленным проявления редкого, не свойственного местным популяциям фенотипа, так и известные случаи наблюдений зеленоголовых птиц (в том числе и на гнездовании) в Западной Европе и Финляндии [16, 17, 18].

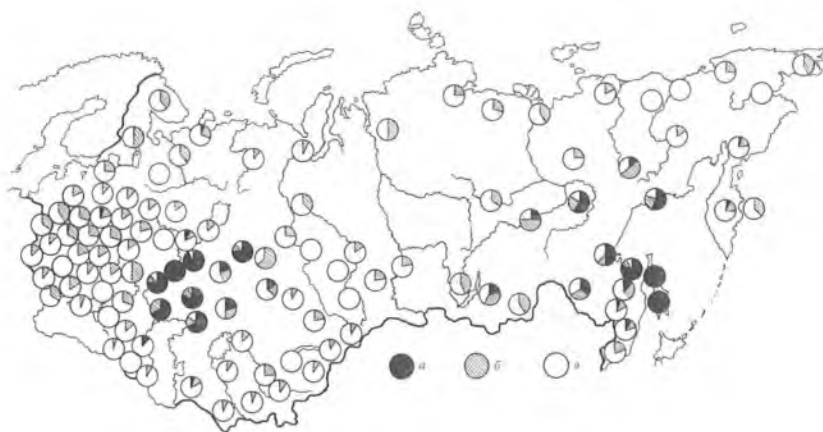


Рис. 1. Распределение фенотипов в изученных выборках желтой трясогузки:
а — зеленоголовые фенотипы; б — вкрапления отдельных зеленых перьев в оперении головы;
в — сероголовые и черноголовые фенотипы

Кроме того, практически по всему ареалу желтых трясогузок встречается менее выраженный вариант проявления желтого пигмента — вкрапление отдельных зеленых перышек среди в целом серого или черного оперения головы. В некоторых выборках доля таких птиц достигает 40 % (рис. 1). Вопреки мнению Л. С. Степаняна [13],

достаточно равномерное распределение этого варианта по всему ареалу противоречит объяснению данного явления гибридизацией и интрогрессией генов.

В выборках взрослых самцов формы *lutea* из любой части ее ареала встречаются три дискретных фенотипа: 1) со сплошь светло-зеленым верхом головы; 2) с желтым лбом и светло-зеленым теменем; 3) со сплошь желтым верхом головы. У восточной же зеленоголовой формы *taivana* картина изменчивости несколько иная. Здесь выделяются два фенотипа: 1) сплошь темно-зеленый верх головы; 2) серый лоб, темно-зеленое темя. Последний вариант впервые описан по экземплярам с острова Сахалин [19], но, как свидетельствуют коллекционные фонды, он нередок и в выборках из Якутии и Хабаровского края. Наконец, британская форма *flavissima*, насколько можно судить по изученному материалу, представлена одним фенотипом — с характерной желтовато-зеленой окраской оперения верха головы у самцов без каких-либо дискретных отклонений.

Основные стандартные промеры
самцов *M. f. lutea* и *M. f. beata* из разных частей ареала

Происхождение выборки	Количество экземпляров	$\bar{x} \pm \sigma$ (в знаменателе — крайние варианты, мм)			
		Длина			
		крыла	хвоста	клюва от оперения лба	заднего когтя
<i>M. f. lutea</i> : Саратовская, Волгоградская обл.	14	$80,93 \pm 1,34$ 79—83	$66,85 \pm 2,36$ 63—70	$11,92 \pm 0,51$ 11—12,7	$9,29 \pm 0,94$ 8—11
Самарская, Оренбургская, Челябинская обл., Башкирия	35	$81,47 \pm 1,54$ 79—84	$66,52 \pm 2,09$ 60—69	$12,00 \pm 0,62$ 10,7—13,2	$9,83 \pm 0,87$ 8—11,5
<i>M. f. beata</i> : Оренбургская, Челябинская обл., Башкирия	37	$79,69 \pm 1,89$ 75,5—83	$64,61 \pm 2,56$ 59—70	$11,66 \pm 0,61$ 10,3—12,8	$9,53 \pm 0,95$ 8—12
Омская, Новосибирская, Томская обл.	19	$79,66 \pm 1,97$ 76—84	$66,33 \pm 2,73$ 63—69	$11,34 \pm 0,65$ 10,2—13	$9,23 \pm 1,37$ 7,8—11
Красноярский край	22	$79,16 \pm 1,91$ 75,5—83	$62,75 \pm 3,40$ 57—72	$11,16 \pm 0,41$ 10,2—11,8	$9,14 \pm 0,81$ 8—11

А. И. Иванов [5], считавший *lutea*, *flavissima* и *taivana* подвидами отдельного, на его взгляд, очень древнего вида, в качестве решающего аргумента в пользу своей точки зрения назвал якобы имеющий место у самцов *lutea* сложный порядок смены различающихся возрастных нарядов, а также сходство оперения самцов *flavissima* и *taivana* с «первым брачным нарядом» *lutea*. Именно в качестве возрастных нарядов и рассматривал А. И. Иванов перечисленные выше варианты окраски самцов формы *lutea*. По его схеме, первый вариант — самцы в первом брачном наряде, второй вариант — птицы в возрасте 2—3 лет, а третий — «очень старые самцы». Однако какие-либо обоснования предложенной схемы отсутствуют. Если принять эту точку зрения, приходится признать форму *lutea* единственным представителем семейства *Motacillidae* со столь сложной схемой возрастных нарядов, так как у всех прочих трясогузковых первый брачный наряд не отличается от последующих.

Для проверки правильности этой схемы проанализировано распределение названных фенотипов по коллекционным выборкам. По перечисленным вариантам 122 экземпляра самцов *lutea* распределились следующим образом:

1-й вариант (сплошь зеленый верх головы) — 20,5 %; 2-й (желтый лоб, зеленое темя) — 54,1; 3-й вариант (сплошь желтый верх головы) — 25,4 %.

Даже если допустить вероятность некоторой ошибки, обусловленной избирательным коллектированием хорошо заметной в природе формы со сплошь желтой головой (3-й вариант), приходится признать, что, в трактовке А. И. Иванова, особей (самцов) в возрасте двух и более лет в популяциях должно быть минимум в три раза больше, чем птиц первого года размножения. Такая ситуация, однако, в корне противоречит известным демографическим данным о возрастном составе популяций у воробьиных.

В действительности же перечисленные типы окраски *lutea* следует считать лишь вариантами полиморфизма, имеющими к тому же полный ряд аналогов с соседней формой *M. f. beema* Syk. У последней четко различаются три типа окраски оперения головы: 1) лоб и темя сплошь светло-серые; 2) лоб белый, темя серое; 3) лоб и темя сплошь белые, иногда с редкими серыми перышками. Типы окраски головы обеих форм (*lutea* и *beema*) определяются степенью развития и характером распределения черного и желтого меланинов в оперении головы [20]. Так, у формы *lutea* при отсутствии черного пигмента и наличии желтого перо имеет сплошь желтую окраску. Когда бородки первого порядка окрашены желтым пигментом, а бородки второго на дистальных участках — черным, лоб и темя выглядят сплошь светло-зелеными. Если же черный пигмент присутствует в оперении темени и отсутствует в оперении лба, то лоб выглядит желтым, а темя — зеленым. Аналогичные варианты распределения черного пигмента при отсутствии желтого дают соответствующие перечисленные типы окраски *M. f. beema*. Желтый пигмент определяет также и желтую окраску надглазничной полосы: практически у всех *M. f. beema* имеется хорошо выраженная широкая белая надглазничная полоса, а у формы *lutea* она столь же хорошо выражена, но всегда ярко-желтая.

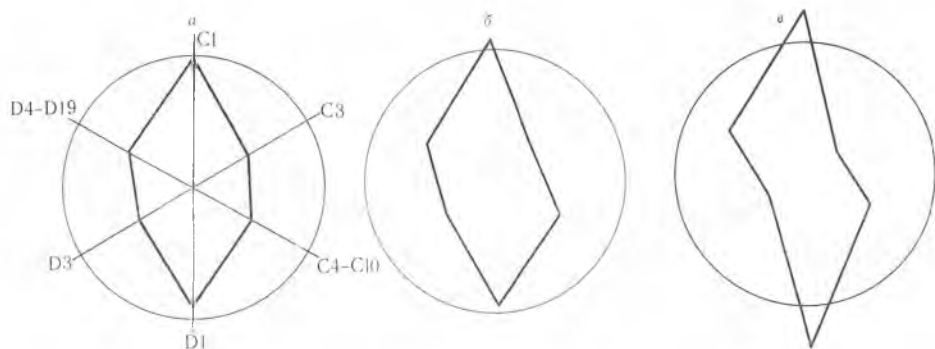


Рис. 2. Распределение вариаций рисунка 4-й пары рулевых перьев в популяциях *M. f. lutea* и *M. f. beema*. Радиус круга равен частоте 50 %:

а — *M. f. lutea* (n=104); б — *M. f. beema* (Европейская часть ареала, Западный Казахстан, n=56); в — *M. f. beema* (Западная Сибирь, n=62).

Сопоставление выборок *beema* и *lutea* выявляет их чрезвычайное сходство по размерам и пластическим признакам (табл.). Самки этих двух форм практически неразличимы (отличия, указанные Л. А. Портенко [7], практически неуловимы). Кроме того, обращает на себя внимание большое сходство фенетического состава выборок *beema* и *lutea* по признакам рисунка четвертой пары рулевых перьев (рис. 2, маркировка фонов согласно ранее опубликованному каталогу [21]). Интересно, что при сравнении диаграмм фенетического состава популяций *beema* из областей, смежных с основным ареалом формы *lutea* (Поволжье, Оренбургская обл., Башкирия, Северный Казахстан), с выборками того же подвида из Западной Сибири разница выглядит более значительной, чем между выборками *beema* и *lutea* из близлежащих районов.

В. Е. Береговой [3, 22], исследовав окраску оперения головы *lutea* и особей близких ей сероголовых популяций, предположил, что особи *lutea* с зеленой головой и птицы с белесой головой являются продуктами гибридизации «нормальных» сероголовых и «чистых» желтоголовых птиц. При всей четкости приведенных этим автором генетических вы-

кладок его выводам противоречит тот факт, что белоголовый фенотип желтых трясогузок встречается и далеко за пределами ареала формы *lutea* и наибольшей частоты (близкой к 100 %) достигает в Центральной Азии, где желтоголовые фенотипы, насколько известно, полностью отсутствуют.

Решая вопрос о таксономическом статусе формы *lutea*, нужно иметь в виду сведения о ее совместном гнездовании в одних биотопах с сероголовыми птицами [23, 24]. Правда, имеются данные и о фрагментарных случаях частичной биотопической разобщенности этих форм на уровне различий в предпочитаемых формах микрорельефа [25]. Подобные наблюдения, однако, могут объясняться и достаточно случайными причинами, например разбивкой на пары и гнездованием на ограниченной территории однородной в фенотипическом отношении стайки возвратившихся с зимовки птиц при последующем заселении смежных участков птицами иного фенотипа.

Таким образом, можно определенно утверждать, что объективные данные о репродуктивной изолированности формы *lutea* и соседних с ней популяций сероголовых *M. f. beema* отсутствуют. Высокая концентрация желтого пигмента в оперении головы самцов — единственный отличительный признак *lutea*, еще не дающий оснований считать ее самостоятельным видом.

Решение же вопроса о подвидовом статусе этой формы невозможно без определенных оговорок. На большей части своего достаточно обширного ареала особи фенотипа *lutea* встречаются вместе с сероголовыми и черноголовыми подвидами (в первую очередь *M. f. beema* и *M. f. melanopogrisea*). Но существует и область, населенная относительно «чистыми» популяциями (более 75 % фенотипов *lutea* от общего количества птиц в выборках). Она охватывает Нижнее Поволжье (на север до Самарской обл.), Уральскую и Гурьевскую области Казахстана. Формально это позволяет трактовать популяции очерченной территории в качестве отдельного подвида *M. f. lutea*, условно относя к нему и особей зеленоголового фенотипа из смежных частей ареала (Южного Урала, Оренбургской обл., Северного Казахстана). Подобная ситуация, однако, не совсем вписывается в принятую на сегодняшний день концепцию подвида у птиц; в комплексе форм желтых трясогузок эта проблема не исчерпывается данным примером и отчасти объясняется сложным характером полиморфизма в этой группе.

1. H a r t e r t E. Die Vögel der paläarktischen Fauna. Berlin; Friedl., 1910. Bd. 1.
2. Д е м е н т ь е в Г. П. Полный определитель птиц СССР: В 5 т. Т. 4: Воробьиные. М.; Л., 1937.
3. Б е р е г о в о й В. Е. // Экология. 1970. № 6. С. 102.
4. V a u r i e C. The birds of the palearctic fauna: Passeriformes. London, 1959.
5. И в а н о в А. И. // Докл. АН СССР. 1935. Т. 3 (8). № 6 (66). С. 277.
6. Птицы Советского Союза: В 6 т. М., 1954. Т. 5. С. 594.
7. П о р т е н к о Л. А. Птицы СССР: В 4 ч. М.; Л., 1960. Ч. 4.
8. D o m a n i e w s k i J. // Ann. Mus. Zool. Polon. V. 4. № 2. 1925. S. 85.
9. S u s h k i n P. P. // Proc. Boston Soc. Nat. Hist. V. 38. 1925. P. 1.
10. В о р о б ь е в К. А. Птицы Якутии. М., 1963.
11. К и ш и н с к и й А. А., Л о б к о в Е. Г. // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1979. Т. 84. Вып. 5. С. 11.
12. Б а б е н к о В. Г. // Научн. докл. высш. шк. Биол. науки. 1981. № 3. С. 42.
13. С т е п а н я н Л. С. Надвилы и виды-двойники в авифауне СССР. М., 1983.
14. G r o t e H. // Orn. Monatsb. 1937. V. 45. S. 162.
15. Б е р е г о в о й В. Е. // Журнал общ. биол. 1967. Т. 28. № 1. С. 23.
16. A n t i k a i n e n E., S o v v a r i V.-M. // Orn. fenn. 1985. V. 62. P. 108.
17. Т е н у о в о R. // Orn. fenn. 1956. V. 33. P. 74.
18. V a n i m p r e J. // Veldornitol. tijdschr. 1986. V. 9. № 2. P. 52.
19. С т е п а н я н Л. С. // Фауна и экология животных. М., 1974. С. 148.
20. Б а х т а д з е Г. Б. Распределение пигментов в перьях желтых трясогузок и окраска их оперения. // Деп. ВИНТИ. 1987. № 1920—В87.
21. Г р и ч и к В. В. // Вестн. БГУ. Сер. 2. 1992. № 2. С. 2.
22. Б е р е г о в о й В. Е. Феногеография внутривидового полиморфизма животных. Новосибирск, 1974.
23. В о р о н ц о в Е. М. Птицы Камского Приуралья. Горький, 1949.
24. Птицы Казахстана: В 5 т. Алма-Ата, 1970. Т. 3. С. 335.
25. Б а х т а д з е Г. Б., К а з а к о в Б. А. // Вестн. зоологии. 1985. № 5. С. 55.

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ В ДОЗЕ 0,5 Гр НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АДЕНИЛАТЦИКЛАЗЫ МОЗГА КРЫС

Chronic gamma irradiation (0,5 Gy) was shown to result in decrease of apparent maximal velocity of cAMP production by catalytic subunit, while Km value was unchanged in rat brain plasma membranes. The GTP causes a 2,2 fold and 4,2 fold increase in the apparent Vmax of catalytic subunit in control and irradiated animals, respectively. In the presence of GTP the apparent Km value was 3,2 times higher after irradiation than that in control. The inhibition of adenylate cyclase activity by high ATP concentrations, with or without GTP addition, was more pronounced after irradiation than that in intact animals.

Установлено, что гамма-облучение в летальных дозах снижает чувствительность к гормонам аденилатциклазной системы (АЦС) радиорезистентных и радиочувствительных тканей. Это обусловлено как изменением функционального сопряжения компонентов АЦС, так и модификацией их свойств [1]. Обнаружены также сдвиги в работе АЦС после низкоинтенсивного однократного и хронического гамма-облучения [2—5]. Ранее нами было показано, что хроническое гамма-облучение в дозе 0,5 Гр вызывает нарушение функционального сопряжения белков АЦС мозга и печени крыс [6]. Вместе с тем свойства каталитической субъединицы при воздействии относительно малых доз ионизирующей радиации исследованы недостаточно глубоко.

Цель настоящей работы—оценка кинетических параметров каталитической субъединицы АЦС мозга крыс после хронического гамма-облучения в дозе 0,5 Гр.

Материал и методика

Работа выполнена на самцах беспородных крыс массой 160—180 г. Животных подвергали хроническому гамма-облучению в течение 42 сут на установке «Гамма-рид» (Институт радиобиологии АНБ). Мощность дозы 100 мР/ч, фокусное расстояние 1 м. Общая доза облучения составила 0,5 Гр.

Выделение «грубой» фракции плазматических мембран мозга проводили через месяц после окончания облучения. Животных декапитировали, мозг быстро извлекали, промывали физиологическим раствором и удаляли белое вещество. Ткань измельчали и гомогенизировали 1 мин в стеклянном гомогенизаторе с тефлоновым пестиком при соотношении ткани и среды гомогенизации 1:9, содержащей 20 мМ *трис*-HCl (pH 7,5), 5 мМ дитиотреитола, 1 мМ ЭДТА, 5 мМ MgCl₂, 1 мг/мл бычьего сывороточного альбумина. Гомогенат центрифугировали 15 мин при 1500 g. Надосадочную жидкость отбрасывали, осадок суспендировали в 9 мл среды гомогенизации и вновь центрифугировали 15 мин при 1500 g. Надосадочную жидкость отбрасывали. Процедуру промывки повторяли еще один раз. Осадок после второй промывки суспендировали и разводили в среде хранения до концентрации белка 30—35 мг/мл. Все операции проводили при t 0—4 °C. Состав среды хранения: 20 мМ *трис*-HCl (pH 7,5), 5 мМ дитиотреитола, 5 мМ MgCl₂, 1 мМ ЭДТА, 1 мг/мл бычьего сывороточного альбумина, 7 % глицерина. Мембранный препарат хранили в жидком азоте. Определение активности аденилатциклазы (АЦ) проводили при t 37 °C в среде, содержащей 30 мМ *HEPES*-KOH, pH 7,5, 1 мМ ЭДТА, 5 мМ MgCl₂, 15 мМ теofilлина, 1 мМ цАМФ, 20 мМ креатинфосфата, 80 МЕ / мл креатинфосфокиназы, 1·10⁶ имп / мин [α -³³P] АТФ, от 0,1 до 2,5 мМ АТФ. Реакцию запускали добавлением 10 мкл мембранного препарата, содержащего 20 мкг белка к 40 мкл среды инкубации. Образовавшийся [³³P] цАМФ определяли по методу Коуниса [7]. Радиоактивность [³³P] цАМФ измеряли на бета-счетчике (Бета-2, СССР). Содержание белка в мембранном препарате АЦ определяли по Петерсону [8]. Полученные результаты обрабатывали статистически [9].

Результаты и их обсуждение

Известно, что истинным субстратом аденилатциклазы (АЦ) является комплекс Mg·АТФ, а свободный Mg⁺⁺—активатором фермента [10].

Ионы магния, модулируя продуктивное связывание ГТФ с G-белками, регулируют взаимодействие рецепторов с G-белком и G-белка с каталитической субъединицей АЦС [10]. Избыток АТФ, образуя комплекс, удаляет активатор и скорость реакции снижается [11].

Зависимость удельной активности АЦ от концентрации комплекса $Mg \cdot ATP$ подчиняется кинетике Михаэлиса—Ментен [12]. При фиксированном содержании Mg^{++} высокие концентрации АТФ подавляют скорость образования цАМФ по типу «субстратного» ингибирования [12—14]. Для того чтобы оценить влияние хронического гамма-облучения на АЦС в разных режимах работы фермента, зависимость активности АЦ от концентрации субстрата изучена в отсутствие избытка Mg^{++} .

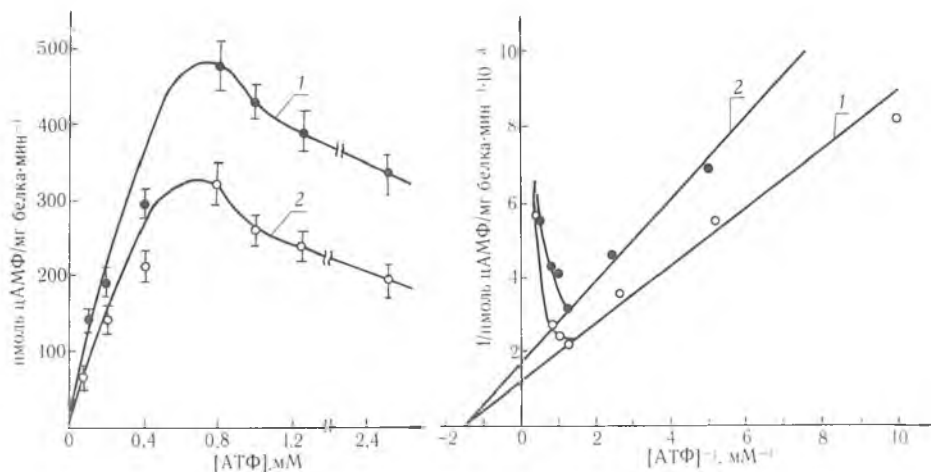


Рис. 1. Зависимость активности аденилатциклазы мозга крыс от концентрации АТФ. На этом и последующих рисунках 1—контроль, 2—хроническое гамма-излучение в дозе 0,5 Гр; во всех пробах содержится 5мМ $MgCl_2$

Рис. 2. Зависимость активности аденилатциклазы мозга крыс от концентрации АТФ в двойных обратных координатах

На рис. 1 изображена зависимость базальной активности АЦ мозга крыс от концентрации субстрата. С ростом содержания АТФ в инкубационной среде до 0,8 мМ наблюдается подъем скорости образования цАМФ, значительно менее выраженный у облученных животных. Дальнейшее увеличение концентрации субстрата до 2,5 мМ подавляет активность фермента у облученных животных в 1,7 раза, а в контроле—в 1,4 раза. Линеаризация этих данных в двойных обратных координатах представлена на рис. 2. При высоких концентрациях АТФ функция отклоняется от линейности и наблюдается кривизна, направленная вверх. Экстраполяцией линейной части графика, в соответствии с рекомендациями [14], нами рассчитаны K_m и V_{max} каталитической субъединицы АЦС (таблица). Константа Михаэлиса для контрольных животных составляет 0,67 мМ, а максимальная скорость аденилатциклазной реакции—909 пмоль цАМФ/мг белка·мин⁻¹, что соответствует данным [12]. Радиация не изменяет сродства фермента к субстрату, так как K_m облученных и контрольных животных совпадает. V_{max} после хронического облучения снижается в 1,5 раза (см. таблицу).

Эти результаты хорошо согласуются с полученными нами ранее данными, согласно которым через 1 час после однократного рентгеновского облучения в дозе 0,4 Гр V_{max} АЦ гомогената коры головного мозга крыс уменьшается в 1,9 раз, а изменений K_m не происходит [15].

Существенная роль в трансдукции гормонального сигнала аденилатциклазной системой принадлежит регуляторному G-белку и ГТФ [10]. Возбужденный гормоном рецептор резко повышает сродство α -субъединицы G-белка к гуанозинтрифосфату, и тогда ГТФ может беспрепятственно активировать G-белок, а G-белок—каталитическую субъединицу. В момент взаимодействия G-белка с каталитической субъединицей ГТФ

гидролизуется до ГДФ и стимулирующее действие нуклеотида на АЦ прекращается [10]. С учетом сказанного нами исследованы кинетические параметры каталитической субъединицы АЦС мозга в присутствии ГТФ после хронического гамма-облучения (рис. 3, таблица).

Влияние хронического гамма-облучения в дозе 0,5 Гр на K_m и V_{max} каталитической субъединицы аденилатциклазы мозга крыс

Кинетические параметры	Опыты	
	контроль	облучение
K_m , мМ		
—ГТФ	0,67	0,67
+ ГТФ	0,52	1,67
V_{max} , $\frac{\text{пмоль цАМФ}}{\text{мг белка} \cdot \text{мин}}$		
—ГТФ	909	588
+ ГТФ	2000	2500

Примечание: во всех пробах содержится 5 мМ $MgCl_2$.
Конечная концентрация ГТФ— 10^{-4} М, $n=3$.

У контрольных животных ГТФ увеличивает V_{max} в 2,2 раза, снижая K_m на 23 % (см. таблицу). Гамма-облучение усиливает ответную реакцию фермента к активатору: максимальная скорость образования цАМФ стимулируется нуклеотидом в 4,2 раза. В то же время сродство АЦ к субстрату резко снижается. K_m аденилатциклазы после облучения составляет 1,67 мМ, что в 3,2 раза выше контроля. Наряду с тем, что ГТФ оказывает существенное влияние на K_m и V_{max} АЦ, гуаниловый нуклеотид значительно модифицирует характер и степень ингибирования фермента избытком субстрата. Увеличение концентрации АТФ от 0,8 до 2,5 мМ подавляет скорость аденилатциклазной реакции у контрольных и облученных животных соответственно в 4,3 и 6,6 раза (см. рис. 3). Таким образом, хроническое гамма-облучение модифицирует ответ каталитической субъединицы на высокие концентрации АТФ. В отсутствие ГТФ активность фермента облученных животных подавляется в 1,2 раза сильнее, чем в контроле (см. рис. 2), а в присутствии активатора—в 1,53 раза (см. рис. 3).

Пострадиационное усиление ответной реакции АЦС на ГТФ можно объяснить повышением сродства α -субъединицы G-белка к каталитической субъединице. Однако ответ последней на поступающий сигнал искажен: ее сродство к субстрату в присутствии ГТФ резко снижается. Исходя из того, что ингибирование высокими концентрациями АТФ выражено интенсивнее у облученных животных, можно предположить, что радиация вызывает снижение сродства G-белка к ионам Mg^{++} .

По-видимому, описанные эффекты действия радиации на АЦ в той или иной степени универсальны для мембранных ферментов. Так, например, достоверные изменения каталитических свойств после однократного гамма-облучения в дозе 1 Гр обнаружены у интегрального мембранного фермента 5'-нуклеотидазы в отдаленные сроки после воздействия [17].

Существует ряд возможных механизмов действия ионизирующего облучения на аденилатциклазную систему. Последняя расположена в цитоплазматической мембране и ее функциональное состояние зависит от физико-химической организации плазматических мембран [1, 10]. Изменения функционального состояния АЦС, вызванные гамма-облучением в летальных дозах, связывают с окислительной деградацией липидов, которая повышает «микровязкость» и изменяет качественный состав фосфолипидов биомембран [1, 16]. Кроме того, продукты перекисного окисления липидов, обладая высокой окислительной способностью, могут химически модифицировать мембранные белки [1, 16].

Принимая во внимание изложенное, можно предположить, что изменения регуляторных и каталитических свойств АЦ, как и других интегральных белков плазматической мембраны, возможны не только за счет сдвигов физико-химических параметров мембраны, но и в результате модификации структурно-функциональных характеристик белковых компонентов АЦС.

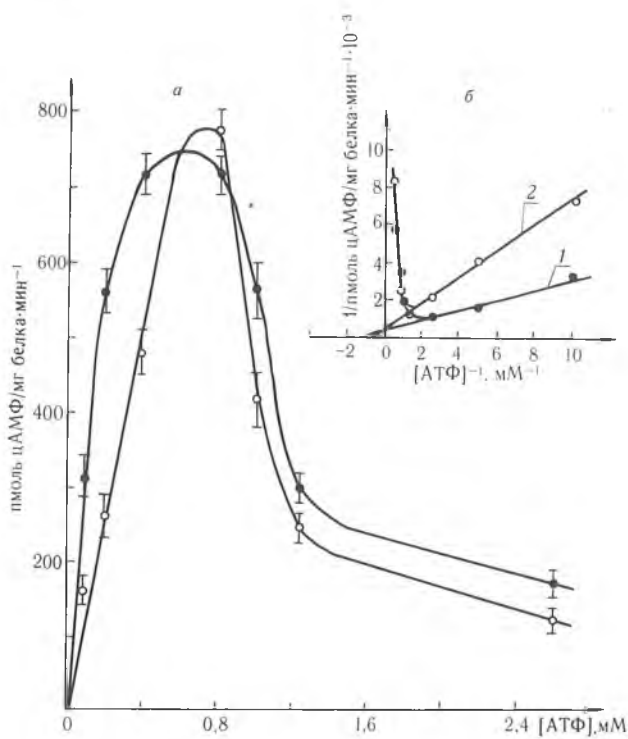


Рис. 3. Зависимость активности аденилатциклазы мозга крыс от концентрации АТФ в присутствии 10^{-4} М ГТФ:
а — в прямых координатах, б — двойных обратных координатах

Полученные нами результаты указывают на то, что через 1 месяц после хронического гамма-облучения в дозе 0,5 Гр происходят существенные изменения кинетических параметров АЦ и характера влияния на эти свойства аденилатциклазы белок-белковых взаимодействий G-белка с каталитической субъединицей.

Авторы выражают глубокую благодарность дирекции института Радиобиологии АНБ за предоставление возможности проведения экспериментов по хроническому облучению животных на установке «Гамма-риг».

1. Соболев А. С. Радиобиология циклических нуклеотидов. М., 1987.
2. Пикuleв А. А., Кузуб Н. Н., Чубанов В. С. и др. // Тез. докл. радиобиологического съезда. Киев, 1993. Ч. 3. С. 799.
3. Чубанов В. С. // Материалы 50-й студенческой научной конференции БГУ. Мн., 1993. С. 19.
4. Кучеренко Н. Е., Матышевская О. П., Остапченко А. П. и др. // Радиобиология. 1991. Т. 31. Вып. 5. С. 739.
5. Руда В. П., Кузин А. М. // Радиобиология. 1991. Т. 31. Вып. 5. С. 743.
6. Шолух М. В., Кузуб Н. Н., Целинина В. И. и др. // Тез. докл. радиобиологического съезда. Киев, 1993. Ч. 3. С. 1156.
7. Counis R., Mongongu S. // Anal. Biochem. 1978. V.84. P. 179.
8. Peterson G. L. // Journ. Biol. Chem. 1977. V. 83. P. 346.
9. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Мн., 1973.
10. Воейков В. Л. // Итоги науки и техники. Сер. Биорганическая химия. М., 1984. Вып. 2.
11. Cech S. Y., Broaddus W. C., Maguire M. E. // Mol. Cell. Biochem. 1980. V. 33. P. 67.
12. Brudon-Golz S., Ohanion H., Bennun A. // Biochem. Journ. 1977. V. 166. P. 473.

13. Н а е п С. // Journ. Biol. Chem. 1974. V. 249. P. 2757.
14. К е л е т и Т. Основы ферментативной кинетики. М., 1990.
15. П и к у л е в А. Т., Ш о л у х М. В., Л о п а р е в В. Н. // Материалы Всесоюз. симпозиума радиобиологии цикл. нуклеотидов. М., 1979. С. 37.
16. В л а д и м и р о в Ю. А. // Патол. физиол. и эксперим. терапия. 1989. № 4. С. 7.
17. Yegutkin G. G., Yakubovskii S. M., Gatsko G. G. // Int. Journ. Radiat. Biol. 1993. V. 63. P. 583.

УДК 661.728 + 615.015

В. А. СТЕЛЬМАХ, Т. Л. ЮРКШТОВИЧ, Е. А. СЕЛЕЗНЕВ, Н. В. ГОЛУБ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ ГИПОКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОНО- И АМИНОКАРБОКСИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Antihypoxic effects of sodium salts of monocarboxylcellulose and aminocarboxylcellulose (Na-MCC and Na-ACC) have been studied. No protective effects of both preparations on the model of transport (hemic) hypoxia in mice were revealed. The median effective dose of Na-MCC with hypoxic hypercapnic normobaric hypoxia was 615,0 mg/kg and of Na-ACC—480,0 mg/kg, and with histotoxic (tissual) hypoxia—360,0 mg/kg and 174,0 mg/kg, respectively.

Гипоксия является универсальным общебиологическим сигналом в регуляторных процессах жизнедеятельности; важным, а нередко и основным, синдромом разнообразной патологии [1]. Поэтому патогенетически обоснованным считается применение антигипоксантов не только в качестве базисных средств противоишемической защиты организма, но и в составе комплексной (симптоматической и профилактической) терапии различных пазологических форм заболеваний и патологических состояний [2, 3 и др.]. В то же время один из основных путей повышения эффективности медикаментозного лечения заключается в применении депо-препаратов [4], наиболее приемлемыми с медико-биологических позиций полимерными матрицами для которых являются оксигеллюлозные дериваты—монокрбоксилцеллюлоза (МКЦ) и аминокрбоксилцеллюлоза (АКЦ). Созданные лекарственные модификации целлюлозы обладают разнообразным спектром фармакологического действия и предназначены для лечения различных патологических состояний, сопровождающихся также и гипоксическим компонентом [5, 6].

В связи с этим, а также с целью уточнения сферы практического применения лекарственных модификаций МКЦ и АКЦ исследованы их антигипоксические свойства.

Материал и методика

Изучались 10 %-е коллоидные растворы натриевых солей МКЦ и АКЦ (Na-МКЦ и Na-АКЦ), приготовление которых описано в [6]. Параметры токсичности этих препаратов в условиях однократного внутрибрюшинного введения белым крысам и мышам рассчитывали методом пробит-анализа [7]. Антигипоксические эффекты Na-МКЦ и Na-АКЦ исследованы на 384 белых мышах массой 21,0±2,0 г и на 88 белых крысах массой 190,0±22,0. Гипоксическую гиперкапническую нормобарическую-гипоксию (ГГНГ) вызывали помещением мышей в герметически замкнутый сосуд объемом 80 см³; гемическую (транспортную)—внутрибрюшинным введением нитрита натрия в дозе 400 мг/кг; гистотоксическую (тканевую)—интерперитонеальной инъекцией нитропруссиды натрия в дозе (D) 20 мг/кг [8].

С целью уточнения некоторых антигипоксических эффектов только Na-АКЦ проведены исследования протекторных свойств амфолита в условиях острой гипоксии («подъем» белых мышей на «высоту» в барокамере), а также при гемической гипоксии, вызванной у мышей и крыс внутрибрюшинным введением нитрита натрия в дозе 200 мг/кг. Кроме этого, на крысах изучено защитное действие Na-АКЦ при гистотоксической гипоксии (ГГ), индуцированной диплацидом (50 мг/кг).

Исследуемые растворы вводили за 30 мин до воздействия гипоксанта внутрибрюшинно (в другую половину брюшной полости), контрольные животные получали 0,85 %-ый раствор NaCl в соответствующем объеме.

Гипо- и антигипоксические эффекты оценивали по продолжительности жизни мышей и крыс, т. е. по времени от момента воздействия гипоксанта до летального состояния животного. Для оценки реакции отдельных органов и систем организма крыс на внутрибрюшинное введение амфолита в дозе 1,5 г/кг выполнен тест «витального окрашивания» с нейтральным красным [9]. Животным за 30 мин до введения красителя инъектировали Na-AKЦ, часть из них забивали в фазе наибольшего накопления красителя через 0,5 ч, остальных—через два часа (фаза выведения). Определяли концентрацию красителя в мозге, сердце, легких, печени, почках и селезенке за эти промежутки времени [10].

Экспериментальные данные обработаны статистически, в том числе с использованием метода оценки альтернативных эффектов и расчета эффективных доз (ED_{16} , ED_{50} , ED_{84} и ED_{95}) [7] и терапевтических индексов.

Результаты и их обсуждение

Нахождение животных в замкнутом объеме приводит к поглощению ими кислорода из среды и повышенному накоплению углекислого газа—возникает синдром гипоксической гиперкапнической нормобарической гипоксии. При помещении мышей в герметичный сосуд объемом 80 см³ средняя продолжительность их жизни составляет $821,9 \pm 57,9$ с. Предварительное введение в брюшную полость растворов Na-MKЦ и Na-AKЦ в дозе 500 мг/кг способствует увеличению жизни животных (табл. 1), при этом эффект Na-MKЦ не является статистически достоверным ($p > 0,05$). В то же время аналогичная доза Na-AKЦ способствует увеличению продолжительности жизни мышей почти на 40 % ($p < 0,05$).

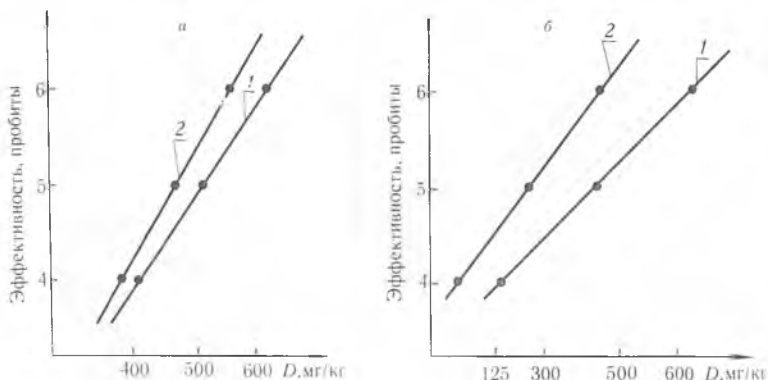


Рис. 1. Зависимость «доза—эффект» при изучении антигипоксических свойств Na-MKЦ (1) и Na-AKЦ (2) в условиях моделирования нормобарической гиперкапнической (а) и вызванной нитропруссидом натрия тканевой (б) гипоксии у белых мышей

Исследования протекторного действия Na-MKЦ в дозах 600 и 800 мг/кг и Na-AKЦ в дозах 400 и 600 мг/кг позволили с помощью альтернативной оценки эффектов [8] установить зависимость «доза—эффект» (рис. 1. По оси ординат—эффект препаратов в пробитах, рассчитанных по [8]; по оси абсцисс—доза препаратов в мг/кг). Вероятностная оценка показателей антигипоксического действия при данной модели (табл. 2) позволяет утверждать, что протекторный эффект Na-AKЦ в 1,28 раза выше, чем у Na-MKЦ. Для раствора амфолита также характерен более высокий темп нарастания защитного эффекта (см. рис. 1), что подтверждается и более высоким значением показателя $1/S \cdot ED_{50}$ (см. табл. 2). Защитное действие Na-AKЦ проявляется и на модели гипобарической гипоксии у мышей, когда введение препарата в дозах от 0,5 до 1,5 г/кг за 30 мин до «подъема» статистически достоверно увеличивает продолжительность жизни животных на 10,5—25,0 % ($p < 0,05$).

При внутрибрюшинном введении мышам нитрита натрия в дозе 400 мг/кг в течение 10—11 мин количество метгемоглобина в их крови достигает летального уровня. Введение животным в этих условиях Na-MKЦ и Na-AKЦ в дозе 500 мг/кг не оказывает защитного действия

(см. табл. 1). Наблюдаемое увеличение продолжительности жизни мышей под влиянием Na-МКЦ на 36 % не является статистически достоверным ($p < 0,05$). Однако снижение дозы гипоксанта в два раза (с 400 до 200 мг/кг) позволяет Na-АКЦ в дозе 500 мг/кг демонстрировать протекторный эффект (увеличение продолжительности жизни мышей в 1,57 раза по сравнению с контролем, $p < 0,05$). В этих же условиях не менее значимо проявляется защитное действие амфолита для крыс. Так, продолжительность жизни контрольных животных составила $45,7 \pm 2,91$ мин, опытных — $59,8 \pm 1,90$ ($p < 0,01$).

Таблица 1

Сравнительная оценка антигипоксического действия Na-АКЦ и Na-МКЦ при внутрибрюшинном введении белым мышам в дозе 500 мг/кг за 30 мин до воздействия гипоксанта (М + m)

Модель гипоксии	Продолжительность жизни мышей (с) при воздействии гипоксанта и антигипоксанта			Соотношение эффектов АКЦ/МКЦ
	контроль	Na-МКЦ	Na-АКЦ	
Транспортная (нитрит натрия, 400 мг/кг)	659,2±63,7	895,9±114,7	666,3±69,6	0,75
ГГНГ	821,9±57,9	1000,6±130,8	1138,1±113,2*	1,13
Тканевая (нитропруссид натрия, 20 мг/кг)	542,5±34,0	765,0±98,0**	1221,0±126,0***	1,60

Примечания: 1. Соотношение эффектов АКЦ/МКЦ рассчитывалось по формуле: (эффект АКЦ/эффект контроля) : (эффект МКЦ/эффект контроля). 2. Здесь и на табл. 3 статистически достоверные изменения по сравнению с контролем: *— $p < 0,05$; **— $p < 0,01$ и $p < 0,001$.

Таблица 2

Вероятностная оценка антигипоксических эффектов Na-МКЦ и Na-АКЦ на моделях гипоксии у белых мышей

Вид гипоксии	Вещество	Эффективные дозы, мг/кг				Показатели, характеризующие зависимость «доза—эффект»	
		ED ₁₆	ED ₅₀	ED ₈₄	ED ₉₅	S	1/S ED ₅₀
ГГНГ	Na-МКЦ	445,0	615,0 (512,5+738,0)	840,0	1090	1,37	$1,19 \cdot 10^{-3}$
	Na-АКЦ	325,0	480,0 (381,0+604,8)	700,0	860	1,47	$1,41 \cdot 10^{-3}$
ГГ	Na-МКЦ	155,0	360,0 (211,8+612,0)	860,0	1496	2,36	$1,17 \cdot 10^{-3}$
	Na-АКЦ	80,0	174,0 (108,8—278,4)	380,0	660	2,18	$2,18 \cdot 10^{-3}$

В условиях моделирования гистотоксической (тканевой) гипоксии и Na-МКЦ, и Na-АКЦ демонстрируют свои защитные свойства (см. табл. 1). Так, продолжительность жизни мышей при введении Na-МКЦ в дозе 500 мг/кг возрастает по сравнению с контролем на 41 % ($p < 0,01$), а Na-АКЦ—до 126 % ($p < 0,001$). Вероятностная оценка протекторных свойств обоих препаратов показала, что при тканевой гипоксии ED₅₀ Na-МКЦ составляет 360,0 (211,9÷612,0) мг/кг, а Na-АКЦ—174,0 (101,8÷278,4) мг/кг, т. е. соотношение среднеэффективных доз равно 2,07. Na-АКЦ не только более чем в два раза активнее Na-МКЦ как

антигипоксикант при тканевой гипоксии, но и обладает более высоким темпом нарастания антигипоксического действия (см. рис. 1). При этом наблюдаются более низкие показатели функции угла наклона (S) прямой «доза—эффект» и повышение показателя $1/S \cdot ED_{50}$ для Na-AKЦ на 226 % по сравнению с Na-MKЦ. В экспериментах на крысах защитное действие введенной за 30 мин до воздействия диплацида Na-AKЦ в дозах 500—1500 мг/кг выражается в увеличении продолжительности жизни животных в 1,86—2,63 раза ($p < 0,05—0,01$), однако этот эффект не является дозозависимым (рис. 2).

Известно, что тест «витальное окрашивание» отображает состояние клеточного парабиоза [10]. При этом существует зависимость между увеличением концентрации красителя в тканях и повышением удельной массы парабиотически измененных клеток в органе. Рассматривая с этих позиций данные витального окрашивания (табл. 3), следует подчеркнуть значительный антипарабиотический эффект Na-AKЦ в отношении основных анатомо-физиологических депо эритроцитов—селезенки и легких, где в фазе накопления содержание красителя меньше контрольного уровня в 1,26—1,29 % ($p < 0,05$). Можно предполагать, что в антигипоксических эффектах амфолита при моделировании состояния транспортной и гипоксической гипоксии его протекторный эффект в отношении легких и селезенки является определяющим.

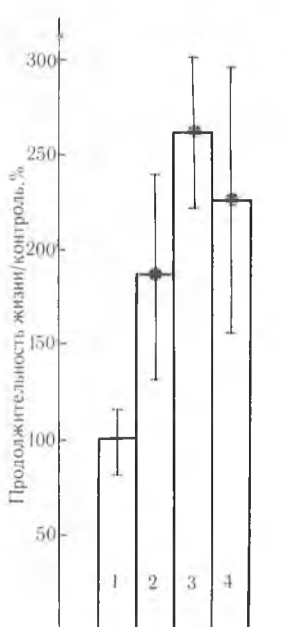


Рис. 2. Продолжительность жизни (в % к контролю) белых крыс, которым за 30 мин до введения диплацида внутривентрально инъецировали 0,85 %-й раствор NaCl (1—контроль) и Na-AKЦ в дозах 500 (2), 1000 (3) и 1500 мг/кг (4)

В условиях однократного внутривентрального введения белым крысам даже максимально возможных объемов препаратов (смертельные дозы веществ превышали 1500 мг/кг) летальные исходы не зарегистрированы. При интраперитонеальном введении Na-AKЦ белым мышам установлены следующие параметры токсичности: LD_{05} —2410, LD_{16} —2802, LD_{50} —3510 (3134+3931) и LD_{84} —4450 мг/кг. Смертельные дозы Na-MKЦ при введении даже максимально возможных количеств (4000 мг/кг) в брюшную полость мышей недостижимы. Однако наличие у животных клинических признаков отравления позволяет предложить условно эту дозу в качестве LD_{05} . Следовательно, оба испытанные потенциальные гипоксиканты являются, согласно классификации парентеральной токсичности К. К. Сидорова [11], относительно безвредными химическими соединениями.

Следовательно, Na-MKЦ и Na-AKЦ демонстрируют в модельных опытах на мышах значительные антигипоксические свойства. Наиболее отчетливо эффекты Na-MKЦ и Na-AKЦ проявляются при гипоксической гипоксии (нормобарической гиперкапнической и гипобарической). Не выявлено протекторных свойств препаратов в условиях транспортной (гемической) гипоксии, индуцированной внутривентральным введением мышам нитрита натрия в дозе 400 мг/кг. Однако снижение дозы гипоксиканта до 200 мг/кг позволяет Na-AKЦ демонстрировать протекторные свойства в экспериментах на мышах и крысах. Вероятностный подход в определении среднеэффективных и среднесмертельных доз позволил рассчитать терапевтический индекс Na-AKЦ ($LD_{50} : ED_{50}$) для гипоксической и тканевой гипоксии у белых мышей, который соответственно равен 7,31 и 20,2. Данный показатель свидетельствует о высоком уровне протекторных свойств у амфолита, позволяющих ему находиться в ряду таких эффективных антигипоксикантов, как оксипутираты натрия и лития, цитохром и т. д. [2].

Для целей сравнительного изучения фармакологической активности обоих дериватов целлюлозы использован нетрадиционный подход Е. В. Арзамасцева [12], предложившего применять в качестве терапев-

тического индекса соотношение $LD_{05} : ED_{05}$. Коэффициент Арзамасцева для натриевых солей АКЦ и МКЦ при тканевой гипоксии у мышей составляет соответственно 3,65 и 2,67, а при гипоксической—2,80 и 3,67. Следовательно, оба соединения представляют собой весьма эффективные антигипоксанты, уровень реализации свойств которых достаточно близок друг к другу. Однако в условиях гистотоксической гипоксии Na-AKЦ демонстрирует более выраженные протекторные эффекты, превосходя действие Na-MKЦ по среднеэффектным концентрациям более чем в два раза, а по показателю Е. В. Арзамасцева—более чем на 40 %.

Таблица 3

Показатели теста «витального окрашивания» у белых крыс при внутрибрюшинном введении Na-AKЦ в дозе 1500 мг/кг ($M \pm m$)

Исследуемые органы	Группы животных	Содержание красителя в органах, мкг/кг	
		в фазе накопления	в фазе выведения
Головной мозг	контроль опыт	35,5 $\pm$ 5,0	20,5 $\pm$ 3,0
		35,0 $\pm$ 2,7	31,0 $\pm$ 4,0
Почки	контроль опыт	92,3 $\pm$ 12,5	55,5 $\pm$ 2,9
		71,0 $\pm$ 6,2	52,0 $\pm$ 4,7
Сердце	контроль опыт	86,5 $\pm$ 8,8	72,5 $\pm$ 4,8
		80,8 $\pm$ 6,3	64,5 $\pm$ 7,3
Печень	контроль опыт	133,5 $\pm$ 13,3	84,5 $\pm$ 5,7
		120,5 $\pm$ 13,2	67,5 $\pm$ 6,5
Селезенка	контроль опыт	306,5 $\pm$ 22,3	254,5 $\pm$ 11,9
		237,0 $\pm$ 20,0*	236,8 $\pm$ 15,4
Легкие	контроль опыт	339,0 $\pm$ 56,1	271,0 $\pm$ 27,3
		268,8 $\pm$ 38,1*	260,3 $\pm$ 33,3

Ранее нами было установлено, протекторные свойства этих препаратов при модельных экзо- и эндотоксикозах с гипоксическим компонентом (гепатит, нефрит), а также *in vitro* на изолированных митохондриях реализуются положительными сдвигами в трансмембранном переносе кислорода и его внутриклеточной утилизации [13]. Это делает патогенетически обусловленным создание на основе АКЦ и МКЦ депо-препаратов, позволяющих оказывать и антигипоксические эффекты.

1. Денисенко П. П., Шевченко Н. И., Соболева С. Г. и др. // Тез. докл. VI Всесоюз. съезда фармакологов. Ташкент, 1988 С. 112.
2. Виноградов В. М., Урюпов О. Ю. // Фармакол. и токсикол. 1985. № 4. С. 9.
3. Сигидин Я. А., Шварц Г. Я., Арзамасцев А. П., Либерман С. С. Лекарственная терапия воспалительного процесса: экспериментальная и клиническая фармакология противовоспалительных препаратов. М., 1988.
4. Голиков С. Н., Гурьянов Г. А., Козлов В. К. // Фармакол. и токсикол. 1989. № 2. С. 5.
5. Капуцкий Ф. Н., Юрштович Т. Л. Лекарственные препараты на основе производных целлюлозы. Мн., 1989.
6. Капуцкий Ф. Н., Талапин В. И., Стельмах В. А. и др. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1989. № 2. С. 49.
7. Беленький М. Л. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта. Рига, 1959.
8. Караваева А. Л., Ковлер М. А., Авакусов В. М. и др. // Фармакол. и токсикол. 1989. № 1. С. 56.
9. Копеев А. И. // Гигиена и санитария. 1965. № 12. С. 54.
10. Ажиба Я. И. // Реакция организма на действие малых доз радиации. М., 1962. С. 247.
11. Сидоров К. К. // Токсикология новых промышленных химических веществ. Л., 1973. Вып. 13. С. 47.
12. Арзамасцев Е. В. // Тез. докл. V съезда фармацевтов, фармакологов и токсикологов БССР. Мн., 1989.
13. Талапин В. И., Стельмах В. А., Ушков А. А. // Материалы Всесоюз. конф. «Фармакологическая коррекция гипоксических состояний». Гродно, 1991. С. 177.



УДК 551.431

В. М. ШИРОКОВ

ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОЗЕРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Hydroecological changes in water-reservoirs conditions during their long-term exploitation are shown. Natural factors which determine the evolution of these lakes are pointed out.

В условиях все более интенсивного развития мелиорации, сельского и рыбного хозяйства увеличивается использование поверхностных вод как из искусственных, так и естественных водоемов. Для хозяйственных целей на территории Беларуси на базе озер создан ряд водоемов, уровень и объем воды которых регулируется специальными гидротехническими сооружениями. Широкий диапазон орографических, геоморфологических и литологических показателей позволяет создавать в республике озерные водохранилища с разными гидрологическими и гидроморфологическими характеристиками. В результате проведенных гидротехнических работ создано 19 озерных водохранилищ с суммарной площадью водного зеркала 309,8 км², что составляет около 50 % всей водной площади водохранилищного фонда республики. Все эти водные объекты имеют сезонное регулирование стока и обладают небольшим полезным объемом воды [1, 2].

Опыт длительной их эксплуатации позволяет подойти к оценке гидроэкологических изменений этих водных объектов. При создании водохранилищ озерного типа, по сравнению с речными искусственными водоемами, здесь отмечается меньшее затопление прилегающих земель, а также не столь активное проявление изменений природно-экологических условий в начальный период их становления. Эти изменения имеют разный вид и специфический характер развития. Наиболее часто в прибрежной зоне отмечаются такие явления, как подпор подземных вод, подтопление прилегающих земель, изменения в почвенно-растительных условиях, переработка берегов, а также оживление некоторых геодинамических процессов (образование оврагов, обвально-сыпная и оползневая деятельность).

Степень проявления всех этих процессов зависит не только от конкретных природных условий зарегулированных озер (морфометрии затопленного ложа, изменения гидрологических условий, характера грунтов, слагающих новые берега), но и непосредственно от высоты подъема уровня воды регулируемыми сооружениями (плотинами, дамбами и др.). Опыт эксплуатации водохранилищ озерного типа (Лукомльское, Езерищенское и др.) показал, что при подъеме уровня воды не более чем на 0,5 м отмечается весьма слабая активизация природных процессов, которая быстро затухает. При подъеме же воды до 1 м отмечается небольшая вспышка в ходе развития таких природных процессов, как, например, переработка берегов, оползни, но их распространение по побережью носит локальный характер и на втором — третьем году эксплуатации водохранилищ они прекращаются. Это такие озерные водохранилища, как Браславское, Песчаное. Подъем уровня воды на 1,5 м вызывает массовую активизацию всех происходящих здесь природных процессов в период до создания озерных водохранилищ.

Такие интенсивные изменения в природно-экологических условиях отмечались при создании Селявского, Гомельского, Хорубровского, Лукомльского и Туловского озерных водохранилищ. Часто эти процессы захватывают большую часть побережья. Активная фаза их проявления занимает 5—8 лет, а на некоторых наиболее неблагоприятных для этого процесса участках она длится 10—12 лет. При подъеме уровня воды в озерах на 2—3 м и более отмечаются часто необратимые изменения во всем природном комплексе побережья, которые приводят к постепенной смене существующих здесь береговых ландшафтов. Такие изменения произошли при создании, например Лепельского водохранилища и др. [3, 4].

При создании водохранилищ особенно существенные изменения отмечаются в береговой и прибрежной зонах озерных водохранилищ, где заново идет формирование литорали и сублиторали, так как при подъеме уровня эти основные гидроморфологические части озер уходят на большие глубины и практически являются недоступными для воздействия на них ветрового явления. В результате идет постепенное приспособление нового затопленного побережья озерных водохранилищ к изменившимся гидрологическим условиям. Оно проявляется в переработке береговых склонов, вызываемых ветровым волнением и вдольбереговыми течениями, а также в размыве дна в прибрежной зоне и создании абразионной отмели, выработке нового профиля равновесия и закрепление его растительностью. Эти природные изменения являются основными при формировании новых побережий озерных водохранилищ. Как правило, до регулирования озер состояние их побережий было в основном стабильное. Только на больших озерах (Нарочь, Мястро и др.) местами шла переработка берегов, связанная с проявлением оползней и других современных экзогенных процессов [3].

При создании озерных водохранилищ в первую очередь образуются две основные группы берегов: неразмываемые устойчивые и размываемые неустойчивые. Группа устойчивых берегов отличается тем, что она в течение длительного времени мало меняется и не подвергается обрушению и размыву. Только в ходе длительной эксплуатации озерных водохранилищ некоторая часть низкого берега затопления переходит в слабоаккумулятивные или слабоабразионные типы развития. Неустойчивые обрушаемые и размываемые берега быстро переходят в абразионные с рядом их разновидностей, а несколько позже возникают аккумулятивные типы берегов в виде пляжей, песчаных пересыпей и кос, а затем при интенсивном зарастании растительностью низких берегов затопления они переходят в биогенные.

В период становления каждый тип развития берега имеет свою скорость формирования. Так, например, абразионные берега создают в начальный период интенсивную «вспышку» переработки склонов, а затем идет ее постепенное ослабление и относительная стабилизация процессов обрушения и размыва. Весь период становления таких типов берегов не превышает 30 лет. Только в некоторых случаях, когда возникает интенсификация береговых процессов под воздействием сменившегося гидрологического режима водоема, этот период может превысить 40 лет. По сравнению с малыми водохранилищами другого типа (долинными, русловыми и др.) озерные имеют более растянутый период времени становления абразионных берегов.

Длительный период использования зарегулированных озер (Гомельского, Дрисвяты, Лепельского, Селявского и др.) позволил выделить основные черты изменения в процессе седиментации. Возникновение и формирование новой береговой линии сопровождается интенсивным проявлением осыпного, обвального и оползневого процессов. В результате они являются основными источниками поставки в ложе продуктов заиления. Обрушение берегов и вдольбереговые течения способствуют зарождению и формированию прибрежных отмелей при новых отметках уровня воды. Образование отмелей сопровождается дифференциацией наносов по мере удаления их от источника поступления. В литорали и сублиторали скважинами вскрываются мощные горизонты песчаного материала, отложенного на стадии становления берегов. В глубоководной части ложа усиливается процесс накопления глинистых разностей,

о чем свидетельствует валовый химический состав и содержание микроэлементов в новых поверхностных донных отложениях. Образующиеся в это время донные отложения отличаются некоторыми особенностями, которые не свойственны озерному периоду: в таких вторичных отложениях преобладают осадки неорганического происхождения, отмечается небольшое количество карбоната кальция (2—8 %) и органического вещества (5—12 %).

При формировании и размещении новых донных отложений, которые образовались после подъема уровня воды, хотя прежний контур их распределения по ложу в общем виде и сохранился, резко сместились границы их площадного распространения. Так, основным отличительным свойством является значительное расширение площадей, занятых песками, а также опесчаненными илами. Особенно существенны эти изменения в районах затопленных литоралей и сублиторалей. Несколько расширяются участки, представленные глинистыми илами, но они не столь значительны, хотя интенсивность заиления здесь резко увеличилась.

По происхождению всю площадь ложа новых озерных водохранилищ можно разбить на два основных района. Это участки с первичными, сохранившимися озерными грунтами, особенно в глубоководной части озера, и новые площади дна, которые возникли после подъема уровня воды, где формируются заново донные отложения. После образования озерного водохранилища идет процесс преобразования ложа за счет формирования новых вторичных донных отложений на затопленных площадях дна, возникающих за счет переработки берегов и размыва ложа, а также и в результате переотложения унаследованных озерных грунтов. Преобразование и взаимодействие первичных и вторичных донных отложений под влиянием изменившихся гидродинамических условий определяют современный процесс седиментации в озерных водохранилищах. Перекрытие органоминеральных осадков песчаными отложениями позволяет говорить об интенсивном процессе занесения ложа в первые три десятилетия после регулирования уровня. Общий фон седиментации в этот период становится терригенным [5].

По мере стабилизации береговой линии поступление минерального вещества в водоем постепенно сокращается, а процесс седиментации замедляется. В прибрежных донных отложениях исчезают грубообломочные и песчаные фракции, снижается доля глинистых, идет постепенное нарастание содержания органики в современных донных отложениях.

Большое значение имеет изменение гидроморфометрических показателей при преобразовании озер в водохранилища. Из основных показателей необходимо указать объем, площадь и глубину, которые имеют наибольшее значение при определении формы котловины, так как она оказывает основное влияние на гидродинамический и термический режим водной массы. Для оценки трансформации формы котловины принимается изменение ее показателя α , предложенного Б. Мюллером [6].

$$\alpha = FH/V,$$

где α — показатель формы котловины; F — площадь зеркала; V — объем воды; H — максимальная глубина.

По его расчетам, при $\alpha = 2$ котловина имеет коническую форму, при $\alpha > 2$ она вогнута, при $\alpha < 2$ — выпукла. Параболическая форма котловины отмечается при $\alpha = 1$.

Гидротехнические мероприятия при зарегулировании озер (поднятие уровня, дноуглубительные работы, затопление территории и т. д.) позволяют изменять форму котловины. Так, в оз. Погост и Черное формы котловин до зарегулирования были близки к параболической ($\alpha = 0,91$ и $0,92$). После строительства водохранилищ у Погоста форма стала конической, у Черного — конической вогнутой. У оз. Луково и Гоща после их регулирования конические котловины приобрели форму, промежуточную между полуэллипсоидом и параболоидом. В оз. Белом параболическая форма котловины приблизилась к полуэллипсоиду. При значительном для условий Беларуси поднятии уровня (более 3 м) в оз. Долгое из-за затопления обширных пойменных участков на севере и

образования мелководных заливов значительно возросла вогнутость котловин созданного на его базе озерного водохранилища «Путь к коммунизму». В то же время в однотипном оз. Лепельское из-за крутых подводных склонов естественной котловины при значительном поднятии уровня вогнутость котловины уменьшилась. При небольшом поднятии уровня воды в оз. Любань и Песчаное (до 0,7 м) формы котловин остались практически без изменений.

Таким образом, изменение формы котловины в результате значительного поднятия уровня воды ведет к изменению стабильности водных масс. Незначительный подъем уровня воды практически оставляет неизменным стабильность водной массы [7, 8]. Изменение гидродинамики естественных озерных водоемов ведет к изменению других характеристик лимносистемы зарегулированного озерного водохранилища (фито-и зоопланктона, бентоса, трофического уровня и др.)

Указанные количественные изменения гидроморфологических особенностей озер при их зарегулировании являются первичными. Впоследствии возникают качественные природные трансформации гидроэкологических процессов внутри водоемов. Такой переход, приводящий к перерастанию количественных техногенных изменений в качественные природные, можно называть пороговым. Он ведет к постепенной выработке новых экосистем в озерных водохранилищах. В первую очередь это сказывается на формировании новых условий обитания макрофитов, бентальных и планктонных организмов в новом водоеме. Этому способствует смещение литорали и сублиторали в зону, подвергшуюся затоплению. В гидроморфометрических показателях созданных искусственных водоемов происходит сдвиг в сторону увеличения параметров глубинности и объемности по сравнению с естественным состоянием базовых озер. Так, оз. Лепельское после строительства плотины увеличилось в своем объеме более чем на 30 млн м³, что составило 67 % от его бытового состояния до регулирования. Изменения в гидрохимических показателях указывают на поступление в водную массу значительно большего количества биогенных веществ с затопленных территорий и подтверждают отмеченное преобразование гидроэкологических и гидроморфологических параметров всего водоема. Меняется в нем соотношение объемов воды в эпи- и гипolimнионах [1, 9].

Многолетние наблюдения на озерных водохранилищах позволили выявить несколько стадий формирования внутриводоемных гидроэкологических процессов, которые характерны для таких водных объектов: 1. Стадия естественного озера; 2. Стадия нарушения внутриводоемных процессов и изменения всех гидроморфологических параметров водоема в связи с поднятием уровня воды, которая получила название становления [2]; 3. Стадия стабилизации. В конце этого эволюционного ряда отмечается постепенный сдвиг в сторону озерного режима, а потом наступает стадия отмирания или перерождения водоема.

Таким образом, создание водохранилищ на базе озер — один из видов их рекультивации. При этом происходит гидроэкологическое обновление водоемов и их переход из одного биологического типа в другой.

1. Широков В. М., Рачевский А. Н., Макрицкий А. М. // Гидрографическая сеть Белоруссии и регулирование речного стока. Мн., 1992. С. 127.

2. Широков В. М., Макрицкий А. М. // Антропогенные изменения экосистем малых озер (причины, последствия, возможности управления): Материалы Всесоюз. совещ., 27—29 марта 1990 г. Спб., 1991. С. 143.

3. Широков В. М., Макрицкий А. М. // Вопросы прикладной геоморфологии. Мн., 1988. С. 47.

4. Широков В. М. // История озер в СССР: Тез. докл. IV Всесоюз. симпозиума. Таллинн, 1983. Т. 1. С. 195.

5. Широков В. М., Макрицкий А. М., Лопух П. С. // Методы исследования озерных отложений в палеоэкологических и палеоклиматических аспектах: Труды Международного симпозиума. Вильнюс, 1987. С. 249 (на англ. яз.).

6. Якушко О. Ф., Мюллер Б., Романов В. П. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1988. № 2. С. 51.

7. Широков В. М., Макрицкий А. М. // Прикладные вопросы лимнологии Беларуси. Мн., 1992. С. 114.

8. Широков В. М. // История озер. Рациональное использование и охрана озерных водоемов: Тез. докл. VIII Всесоюз. симпоз., 12—17 апр. 1989 г. Мн., 1989. С. 292.

9. Широков В. М., Лопух П. С., Макрицкий А. М. // Водохозяйственное описание (Чехословакия, Братислава). 1989. Т. 37. № 4. С. 384 (на словац. яз.).

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ГИПОТЕЗЫ МИЛАНКОВИЧА ДАНЫМИ ПО ЛЕССОВЫМ ОТЛОЖЕНИЯМ И ПОГРЕБЕННЫМ ПОЧВАМ КИТАЯ

According to the result of studies of Loess and Paleosoils in China in this paper Loess climatical curve with theoretical curve of Milancovitch and Subdivided Climatical phases since 160 000 a.b.p. has been compared.

Важнейшие климатические события позднего плейстоцена документированы в лессовых отложениях и погребенных почвах на восточной периферии Цихай Тибетского нагорья. Статья посвящена вопросу возможной корреляции ледниковых и межледниковых эпох по данным Миланковича и сведений, полученных группой китайских ученых на основе радиоизотопного анализа C^{14} и метода палеомагнетизма [1].

В схеме астрономической теории оледенения, впервые предложенной Миланковичем [2] и основанной на изменении орбиты Земли и сопровождающих ее колебаний солнечной радиации, в 50-х гг. получены подтверждения по глубоководным осадкам и эвстатическим колебаниям Мирового океана [3—5]. Однако для успешной проверки теории Миланковича требуются подтверждения из разных регионов континентов. В этом отношении представляется возможность исследования лессовых отложений на северо-западе Китая для реконструкции палеоклиматического режима плейстоцена.

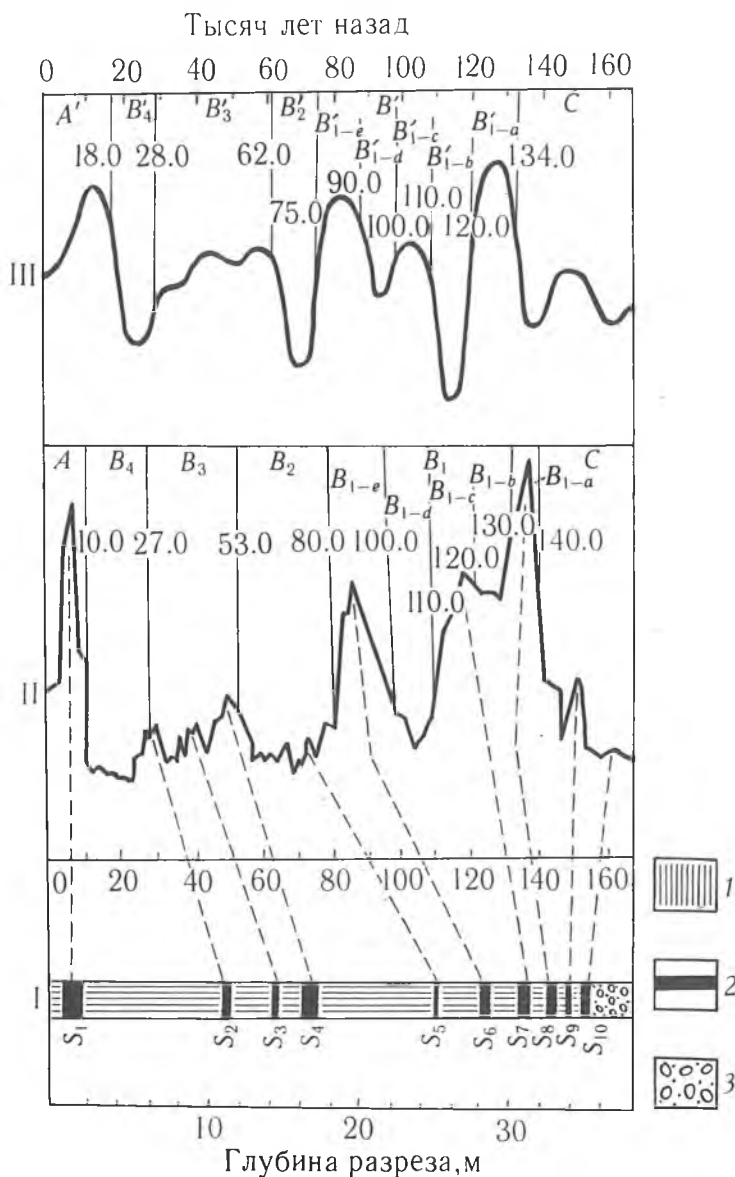
Эти отложения представлены в основном алевроитовым материалом и формировались в холодном и сухом климате. В них наблюдаются горизонты погребенных почв, развивающихся в разных временных интервалах в относительно теплых и влажных климатических условиях. Автором под руководством профессора университета Ланьчжоу Ли Цзицзюня был исследован разрез вблизи Ланьчжоу с целью реконструкции палеоклиматических изменений за последние 160 тыс. лет. Мощность разреза, расположенного над горизонтом гравийных аллювиальных отложений эпохи рисского оледенения, составляет 35,35 м. На рис. 1 приводится (сверху вниз) их номерной знак от S_1 до S_{10} .

Погребенная почва S_1 находится на глубине 0,35—1,45 м под поверхностью разреза. Ее возраст, определенный радиоуглеродным методом C^{14} , составил 7390 ± 80 лет. Почва формировалась в атлантическую эпоху голоцена. Слой погребенной почвы S_2 мощностью 0,5 м находится на глубине 11,15 м. Ее возраст по C^{14} составил 27570 ± 1150 лет. Возраст слоя S_3 достигает 40910 ± 9300 лет. S_4 — самый мощный горизонт почвы (100 м) — имеет возраст 53 тыс. лет. Этот горизонт формировался при относительно низкой температуре и значительной влажности. В спорово-пыльцевой спектр этого времени входит *Pinus* (48 %), *Picea Wilsonic* (23 %), *Abies* (3 %) и малочисленные представители широколиственных (*Ulmus*, *Salix*, *Quercus*) [6]. S_5 развивался в период кратковременного потепления. S_6 , S_7 и S_8 формировались во время последнего рисс-вюрмского межледниковья. Среди них S_8 мощностью 0,7 м имеет самую высокую степень почвообразования и отличается апельсиново-красным цветом (по колориметру 7,5 VR 6/4). По мнению Ли Цзицзюня, возраст S_8 совпадает с фазой S_e изотопного кислорода глубоководной колонки*. Последовательно S_6 и S_7 сопоставляются с фазами S_a и S_c изотопной кислородной колонки. S_9 и S_{10} развивались в переходное время от рисского ледниковья к рисс-вюрмскому межледниковью. Под горизонтом S_{10} обнаружены остатки фауны (*Coelodonta*, *Antiquitalis*, *Cervinae* indet, *Equus* SP. indet, *Citellus* of *dauricus*), которые являются доказательством периода рисского оледенения [10].

На основе анализа датировок C^{14} , палеомагнитного, химического и гранулометрического анализа лессовых отложений построена кривая изменений климата для последних 160 тыс. лет (рис. 2). На этой кривой

* Изотопная фаза широко применима в качестве одной из стандартных моделей изменения климата четвертичного периода и является климатическим разделением на основе изотопного кислородного анализа глубоководной колонки [3, 7—9].

выделены три главные фазы (А, В, С) изменений климата: фаза А представляет собой послеледниковое время; фаза С сопоставляется с рисским оледенением; фаза В охватывает полное время последнего ледникового климатического цикла (последнее оледенение и последнее межледниковье).



Реконструкция палеоклиматических изменений за последние 160 тыс. лет по Миланковичу и разрезу Ланьчжоу:

1 — Разрез лессовых отложений и погребенных почв: 1 — лессы; 2 — горизонт погребенной почвы; 3 — гравийные аллювиальные отложения эпохи рисского оледенения. S_1-S_{10} — номерной знак погребенных почв. II — Лессовая климатическая кривая: А — послеледниковое время; В — время последнего ледникового климатического цикла (B_1 — последнее межледниковье, B_2 — ранний этап последнего оледенения, B_3 — стадия потепления последнего оледенения, B_4 — максимум последнего оледенения); С — рисское оледенение. III — Кривая инсоляции на 55° с. ш. по М. Миланковичу. А, В, С' (III), соответствующие А, В, С (II).

Подробное изучение фазы В позволило разделить ее на 4 подфазы: (B_1, B_2, B_3, B_4). B_1 — самая теплая фаза последнего межледниковья, на протяжении которой сформировалось три слоя погребенных почв (S_6, S_7 и S_8), сопоставляемых с тремя теплыми пиками кривой (см. рис. 2). S_8 соответствует самому теплоту пика и наиболее высокой степени почвообразования. В других регионах распространения лессовых отложений

почвы S_6 , S_7 и S_8 трудно различимы и даже соединяются в один горизонт мощностью 2,8 м [1]. Это объясняется большими различиями палеогеографических условий в период их формирования.

B_2 , сопоставимая с четвертой фазой изотопного кислорода, является главным периодом накопления лессовых отложений. Толщина лессов этого времени достигает 11,10 м. Это был ранний этап последнего оледенения, так называемое раннее вюрмское оледенение с интервалом от 80 до 53 тыс. лет.

Подфаза B_3 продолжалась приблизительно от 53 до 20 тыс. лет и совпала со стадией потепления последнего оледенения. На протяжении этого времени развивались три горизонта погребенных почв (S_2 , S_3 и S_4).

B_4 — время максимума последнего оледенения протяженностью от 27 до 10 тыс. лет. Этот временной интервал является стадией наиболее сурового климата в позднем плейстоцене, климатическая характеристика которого также отражается в результатах исследования палеорастительности [6].

Интересно сравнить указанные периоды лессово-погребенных почв с периодами, предсказанными астрономической теорией оледенения. Кривая Миланковича в наиболее общем виде представляет собой кривую, основанную на изменениях летней инсоляции на 65° с. ш. Кривая, принятая в настоящей работе, соответствует изменению летней инсоляции на 55° с. ш. [11]. Она имеет меньшую составляющую склонения, чем обычная кривая Миланковича, но большую, чем кривая для северного полушария в целом (рис. 3). Представленная кривая инсоляции на 55° с. ш. имеет за последние 140 тыс. лет теплые пики около 11, 48, 82, 106, 127 тыс. лет.

Полученные нами результаты свидетельствуют, что пики на палеомагнитной кривой лессовых отложений и погребенных почв точно соответствуют по времени теплым пикам на модифицированной кривой летней инсоляции (см. рис. 2, 3). Едва ли это является случайным совпадением и может служить серьезной поддержкой тех теорий, которые считают изменения инсоляции первопричиной оледенений.

Для сравнения кривой инсоляции с кривой палеомагнетизирования лессовых отложений в данной статье делается попытка разделения кривой инсоляции на более детальные климатические фазы A' , B' (B_1 : B'_{1-a} , B'_{1-b} , B'_{1-c} , B'_{1-d} , B'_{1-e} ; B'_2 ; B'_3 и B'_4) и C' , сопоставляющие A , B , (B_1 : B_{1-a} , B_{1-b} , B_{1-c} , B_{1-d} , B_{1-e} ; B_2 ; B_3 и B_4) и C на климатической кривой лессового разреза. В целом они совпадают с изменением климата. Лессовая климатическая кривая подтверждает теоретическую кривую гипотезы Миланковича. Нельзя не отметить, что, хотя обе кривые характеризуют общую тенденцию в направлении и интенсивности колебаний климата, между ними существуют значительные различия:

1. Климатическая кривая лессового разреза имеет пилообразный характер и более сложную форму климатических колебаний. Теоретическая кривая Миланковича более гладкая и последовательная. Это означает, что между причиной и процессом (механикой) колебания климата существует более сложная и пока не выясненная зависимость.

2. На кривой лессового разреза зафиксированы резкие переходы от холода к теплу (менее 3 тыс. лет от максимума холода к наибольшему теплу, например от фазы C к B_1 , от B_4 к A). Напротив, переходы от тепла к холоду были более постепенными. Такое явление также было получено по результатам исследования изотопа кислорода. Эти резкие потепления являются отражением процессов, происходящих во всей климатической системе. Однако на теоретической кривой все переходы были одинаковыми.

3. Между двумя кривыми наблюдается разность временных фаз. На кривой лессового (B_1) разреза последнее межледниковье начинается ранее, чем на кривой инсоляции (B'_1), на 6 тыс. лет, а оканчивается позже по сравнению с кривой инсоляции на 5 тыс. лет. Продолжительность B_1 и B'_1 имеет почти одинаковый временной интервал (около 6 тыс. лет). Эта разность фаз, вероятно, определяется различием широты, на основании которой эти две кривые построены.

Вторая разность фаз возникает в периоде межледникового потепления стадии B_3 на лессовой кривой и B'_3 на теоретической кривой. Их

окончание приходится на одно время (27 и 28 тыс. лет назад), но не одинаковое начало (53 и 62 тыс. лет).

Дальнейшее исследование необходимо проводить с целью поиска причин увеличения длины ледниковья на лессовой климатической кривой.

4. Очевидно, что существует климатический цикл на двух кривых с интервалом около 10 тыс. лет. Особенно ярко это отражается во время B_1 или B'_1 (последнее межледниковье). Этот период почти в 60 тыс. лет можно подразделить на 5 подфаз на обеих кривых. Следует отметить, что Ли Цзицзюнь и другие подразделил кривую лессового разреза в этом интервале на три подфазы [1]. Если сравнить лессовую кривую с теоретической кривой Миланковича, то становится очевидным, что такое подразделение недостаточно, так как в это время на обеих кривых выделяются три теплых пика. Подтверждением этого являются три горизонта погребенных почв, что характеризует три теплых интервала и два горизонта лессов между ними, свидетельствующих об относительно холодных этапах.

Таким образом, разделение последнего межледниковья на пять подфаз на лессовой климатической кривой (B_1) подтверждается теоретической кривой Миланковича и стратиграфией лессово-почвенного разреза.

1. Ли Цзицзюнь и др. // Вестн. АН Китая (В). 1990. № 10. С. 1086 (на кит. яз.).
2. Milancovitch M. // Bll. Acad. Sci. Math. Nat. 1938. V. 49. № 4.
3. Emiliani C. // Journ. Geol. 1955. № 63. P. 538.
4. Vech H. H., Chappell J. // Science. 1970. № 167. P. 862.
5. Broecker W. S. // Ibid. 1966. № 151. P. 299.
6. Li Jijun et al. // Earth Surface Processes and Landforms. 1988. № 13. P. 125.
7. Emiliani C. // Journ. Geol. 1966. № 74. P. 109.
8. Shackleton N. J. Opdyke N. D. // Quaternary Research. 1973. № 3. P. 39.
9. Shackleton N. J. et al. // Geol. Soc. Amer. Men. 1976. № 145. P. 449.
10. Shaw D. M., Donn W. L. // Science. 1968. № 162. P. 1270.
11. Emiliani C. // Geol. Soc. Amer. 1964. № 75. P. 129.

УДК 551.734.5(476-13)

Э. А. ВЫСОЦКИЙ, С. М. ОБРОВЕЦ, Г. Г. ИЛЬИН

ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛОВУШЕК НЕФТИ В ВЕРХНЕСОЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНО-ТИШКОВСКОЙ ПЛОЩАДИ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

The role of paleorelief has been ascertained in the buildup of organic reefs within the Upper Salt measures of the West Tishkov prospect. Oil traps have been found to be associated with isolated algal reefs extensively confined to the lower and upper carbonate layers.

В верхнефаменских отложениях восточной части Припятского прогиба на Западно-Тишковской, Елизаровской, Восточно-Первомайской и других площадях выявлены небольшие залежи нефти. В настоящее время ПО «Беларусьнефть» эксплуатируются верхнесоленосные залежи нефти на Западно-Тишковской и Елизаровской площадях. По своим размерам, особенностям строения продуктивных отложений, условиям формирования ловушек и составу нефти они существенно отличаются от залежей углеводородов межсолевого задонско-петриковского комплекса. Однако вплоть до настоящего времени не выяснены палеогеоморфологические условия образования ловушек нефти в верхнесоленосных отложениях восточной части Припятского прогиба, что затрудняет прогнозирование новых залежей углеводородов на слабоизученных территориях, а также эффективную эксплуатацию уже выявленных месторождений. Так, на Западно-Тишковской площади эксплуатационные скважины (139, 140 и др.), заложенные в благоприятных структурных условиях в пределах контура утвержденных запасов нефти, оказались непродуктивными. Поэтому особое значение приобретает комплексный анализ геолого-геофизических данных и на этой основе восстановление палеотопографии рельефа дна и выяснение палеогеоморфологических условий формирования ловушек.

В качестве типового нами выбрано Западно-Тишковское месторождение, в пределах которого пробурено достаточное количество разведочных и эксплуатационных скважин, вскрывших как продуктивные, так и непродуктивные отложения в галитовой подтолщце. Месторождение расположено в пределах Речицко-Вишанского соляного вала, выделяемого по кровле верхнесоленосных отложений. Продуктивными являются отложения репера «широкого», достаточно распространенные в восточной части Припятского прогиба [1, 2]. Разведаны две самостоятельные залежи (западное и восточное поле). Основные запасы нефти сосредоточены в пределах восточного поля. Эксплуатационные скважины расположены на значительном расстоянии друг от друга. Физико-химические свойства нефти существенно различаются.

В разрезе репера «широкого» на Западно-Тишковской площади выделяются три пласта (нижний карбонат, средний ангидрит и верхний карбонат). Общая мощность репера «широкого» достигает 120 м. Породы-коллекторы приурочены к карбонатным пластам. Тип коллектора — трещинный, каверно-трещинный и каверно-поровый. По данным Е. Н. Мещерской, открытая пористость пород колеблется от 0,5 до 2 %, на отдельных участках достигает 5—6 % (скв. 33, 48 и др.). В скв. 38, в которой получен устойчивый промышленный приток нефти, открытая пористость составляет 3,1 % при эффективной мощности коллектора 14,8 м.

Детальный анализ литолого-фациальной изменчивости карбонатных пластов репера «широкого», а также выполненные палеогеоморфологические реконструкции позволили конкретизировать особенности строения ловушки нефти на Западно-Тишковской площади. Выявлен линзовидный характер развития пород-коллекторов, которые связаны, как правило, с органогенными постройками. Изучение шлифов показало, что органогенные постройки на Западно-Тишковской площади сложены преимущественно водорослевыми известняками с остатками фауны. Текстура их пятнистая, линзовидно-желваковая, волнисто-слоистая. Остатки фауны, многочисленные поры и каверны выполнены вторичным прозрачным кальцитом скаленоэндрической структуры, нередко ангидритом и галитом. Отмечаются также водорослевые известняки с незаполненными трещинами. В порах, кавернах и трещинах нередко присутствует подвижная нефть.

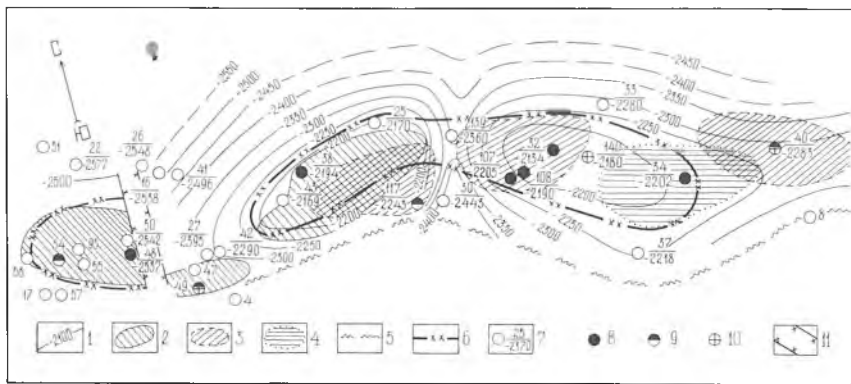


Схема распространения органогенных построек в отложениях репера «широкого» Западно-Тишковской площади:

- 1 — изогипсы кровли репера «широкого»; 2 — линза органогенных известняков в верхнем карбонате;
- 3 — линза органогенных известняков в нижнем карбонате; 4 — линза органогенных известняков в ритмопачке VI;
- 5 — граница отсутствия репера «широкого»; 6 — контур утвержденных запасов нефти;
- 7 — скважины: числитель — номер скважины, знаменатель — глубина залегания кровли репера «широкого» (в абс. отн.); 8 — промышленный приток нефти; 9 — непромышленный приток нефти;
- 10 — приток пластовой воды, фильтрата бурового раствора; 11 — дизъюнктивное нарушение

В пределах западного поля (скв. 48, 54 и др.) ловушкой нефти является линза органогенных известняков, развитая в верхнем карбонатном пласте.

На территории восточного поля (в контуре подсчета запасов нефти) выявлено несколько разновозрастных линз водорослевых известняков (см. рисунок). В западной части этого поля (район скв. 38) продуктивной

является линза в верхнем карбонате. В восточном направлении она выклинивается. Характер выклинивания хорошо фиксируется при сопоставлении разреза репера «широкого» по данным ГИС по линии скважин 38—139—32. В скв. 38 в разрезе верхнего карбоната четко прослеживаются три части (нижняя — органогенный известняк-коллектор, средняя — плотный неглинистый известняк и верхняя — преимущественно глинистый известняк). В скв. 139 в разрезе сохраняются средняя и верхняя части, а в скв. 32 только верхняя часть разреза верхнего карбоната, представленная глинистыми разностями известняков. Нижняя часть (органогенный известняк-коллектор) отсутствует также в разрезах скв. 33, 107, 108 и др. Таким образом, линза органогенных известняков, развитая на западе восточного поля (район скв. 38), выклинивается по линии скв. 30—139.

В средней части восточного поля (скв. 32, 107 и 108) продуктивна линза органогенных известняков в нижнем карбонате, залегающая в верхней части его разреза на контакте со средним ангидритом. Эта линза выклинивается в западном, северном и восточном направлениях, что подтверждается сопоставлением разреза скв. 32 со скв. 139, 140 и 33.

В восточной части поля (скв. 34) продуктивны известняки, залегающие в галитовой подтолще выше репера «широкого» (предположительно базальный пласт ритмопачки VI^a).

Таким образом, в восточном поле в пределах контура подсчета запасов залежи нефти связаны с тремя разобщенными в плане и разновозрастными органогенными постройками. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке месторождения и, в частности, при выборе мест заложения эксплуатационных скважин. Наличие разобщенных залежей подтверждается большой разницей в начальных и текущих давлениях, что указывает на плохую гидродинамическую связь между залежами. В пользу этого свидетельствуют также результаты бурения эксплуатационных скважин. Так, скв. 139 и 140, пробуренные в контуре подсчета запасов и в благоприятных структурных условиях (но не в оптимальных с палеогеоморфологических позиций), оказались «сухими».

В пределах восточного поля, кроме трех вышеотмеченных залежей нефти, связанных с линзами органогенных известняков, прогнозируется еще несколько залежей. Одна в районе скв. 40, вторая — в районе между скв. 38 и 117.

Палеогеоморфологические условия осадконакопления на Западно-Тишковской площади во время образования отложений репера «широкого» восстановлены на основании материалов детальной послонной корреляции, литолого-фациальных изменений отложений, изучения петрографических особенностей пород и стадийности осаднения солей из сгущенных метаморфизованных морских вод. При восстановлении палеорельефа использовались методические приемы, разработанные коллективом сотрудников ВНИГНИ [3], а также учитывалась специфика осадконакопления в эвапоритовых бассейнах в условиях относительно расчлененного рельефа дна [4, 5]. В основу палеорекоonstrukций положена посылка об определяющей роли палеорельефа в фациальной изменчивости отложений во внутренних частях бассейна. Был построен также ряд палеогеоморфологических профилей.

Анализ палеогеоморфологических профилей показал, что по мере приближения к югу мощность репера «широкого» существенно уменьшается и происходят значительные фациальные изменения. Если учесть градиент изменения мощности анализируемых отложений, который составляет около 18 м/км, то отложения репера «широкого» должны выклиниваться еще до Речицко-Вишанского разлома. Это может свидетельствовать о том, что зона современного отсутствия репера «широкого» на юге, которая в целом контролируется Речицко-Вишанским разломом, имеет седиментационную природу. Характерно также появление водорослевых биогермов и вблизи этой зоны, но на некотором удалении к северу от нее.

В соответствии с седиментационной моделью развития Западно-Тишковской площади во время накопления отложений репера «широкого» наиболее приподнятые (привершинные) участки этой площади выходили из-под зеркала бассейновых вод (район скв. 17, 4, 8, 7 и др.), а

благоприятные условия для формирования органогенных построек существовали в пределах относительно пологого северного подводного склона Западно-Тишковского палеоподнятия. Именно здесь располагались участки (скв. 32, 38, 48, 54, 107, 108 и др.), в пределах которых скорость роста органогенных построек соответствовала темпу погружения, в то время как севернее на более погруженных участках (скв. 33, 139, 25 и др.) темп погружения дна превышал скорость осадконакопления (не полностью компенсированное прогибание), а в привершинных участках (скв. 30, 37 и др.) темп прогибания был замедленным и отложения временами подвергались размыву.

В разрезе репера «широкого» выявлены два уровня развития линз органогенных известняков: один из них приурочен к верхней части нижнего карбоната, второй — к нижней части верхнего карбоната. Такое стратифицированное положение в разрезе линз органогенных известняков (непосредственно в пограничных частях, примыкающих к среднему ангидриту), по нашему мнению, связано с колебаниями уровня воды в бассейне. Во время накопления нижнего и верхнего карбонатов зеркало воды в бассейне несколько повышалось, а во время образования среднего ангидрита — понижалось (но в это время существенно возрастала соленость вод). Известно [4], что водоросли могут развиваться только в неглубоких водах с нормальной или слегка повышенной соленостью. Поэтому условия, при которых могла продолжаться жизнедеятельность синезеленых водорослей и естественно формировались биогермы (необходимая глубина и содержание солей), во времени совпадали со стадиями, в течение которых, с одной стороны, происходило понижение зеркала воды, а с другой — соленость бассейновых вод еще не достигала критической отметки (стадии насыщения по CaSO_4). Флуктуации уровня воды в бассейне и изменения концентраций солей детерминировали приуроченность линз органогенных известняков к определенным частям разреза, а собственно палеорельеф — локализацию таких линз в плане, т. е. приуроченность их к определенным участкам дна бассейна.

Таким образом, ловушками нефти на Западно-Тишковской площади являются органогенные постройки типа биогермов. В плане они локализованы в виде узкой полосы шириной 0,8—1,5 км, вытянутой субпараллельно зоне Речицко-Вишанского разлома. Размеры органогенных построек обычно 0,7—1,0 км × 1,2—1,8 км. В современном структурном плане они приурочены в основном к антиклинальному поднятию по кровле репера «широкого». Это поднятие в плане не совпадает с соляной брахиантиклиналью, выделяемой по кровле галитовой подтолщи (свод брахиантиклинали расположен южнее). Водорослевые биогермы, по существу, являются ловушками локального литолого-фациального замещения, сформировавшимися на приподнятых участках северного склона Западно-Тишковского палеоподнятия. Аналогичные ловушки, связанные с репером «широким», выявлены на Елизаровской и Осташковичской площадях. Это может свидетельствовать о возможности обнаружения в галитовой подтолще неантиклинальных ловушек на других площадях Припятского прогиба (Тишковская, Речицкая и др.). В палеогеоморфологическом аспекте наиболее благоприятные условия для их формирования существовали в привершинных участках склонов и на вершинах подводных палеоподнятий.

1. Р ж а н н и к о в В. Е. // Докл. АН БССР. 1972. Т. 16. № 9. С. 827.

2. Р е з н и к Е. И., П е л и п е н к о Ю. М. // Ловушки нефти и газа Припятского прогиба (типы и прогноз). Мн., 1981. С. 110.

3. Методика палеогеоморфологических исследований нефтегазоносных областей СССР. М., 1985.

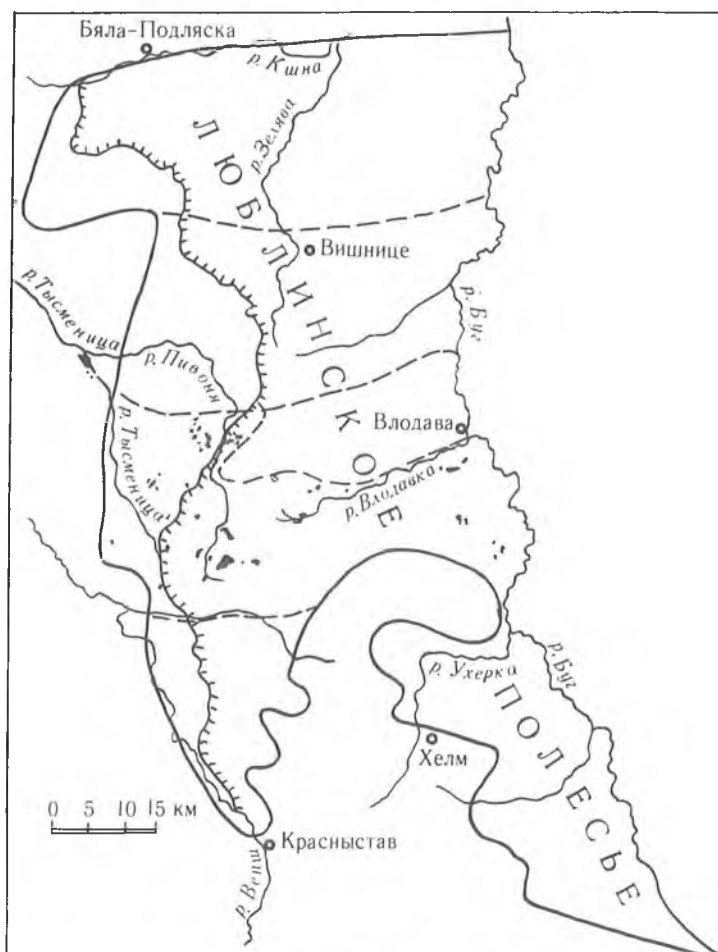
4. Соленаккопление и соленосные отложения осадочных бассейнов (в освещении зарубежных ученых). М., 1972.

5. В ы с о ц к и й Э. А., Г а р е ц к и й Р. Г., О б р о в е ц С. М. // Вопросы палеогеографии и палеогеоморфологии нефтегазоносности бассейнов. Мн., 1992. С. 69.

УСЛОВИЯ КРУГОВОРОТА ВОДЫ ЛЮБЛИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

The article deals with the hydrological characteristics of the components of water circle in Lublin Polesie. The most close attention is given to the economic influence on water conditions.

Люблинское Полесье соседствует с юга с физико-географической границей 1 порядка, отделяющей Североевропейскую низменность от зоны возвышенностей Средней Европы. Эта граница в пределах между-речья Вислы и Буга имеет характер постепенного перехода одной зоны в другую. На Люблинском Полесье Халубинская и Вильгат [1] выделяют: Ленчинско-Влодавское Поозерье, Понижение Дубенки, Влодавский Гарб, Парчевскую равнину и Ломазскую низменность (рисунок). Люблинское Полесье, и особенно его средняя и южная части, отличается уникальными качествами природной среды. Ряд компонентов среды (геология, рельеф) имеет решающее значение в распределении и показателях речной сети и глубине залегания подземных вод. Геологические



Физиографическое подразделение Люблинского Полесья (по Халубинской и Вильгату)

и гидрологические условия определяют наличие на Полесье подзолистых почв, распространенных на песках и глинах, а также болотных почв. Незначительные атмосферные осадки дают небольшой сток вод, который органически связан с метеорологическими условиями. Характерной особенностью Полесья является густая сеть поверхностных вод, очень

близкое к поверхности залегание подземных вод, а также существование шести озер, многих болот и трясин, которые создают обилие воды в районе. Эти особенности не вытекают из обильного водного питания, а являются результатом залегания близко к поверхности непроницаемых прослоек, противостоящих круговороту воды, а также слабого расчленения поверхности, что влияет на формирование малых гидравлических градиентов. Различия природных условий, а также близкое к поверхности залегание подземных вод и густая гидрографическая сеть создают большое разнообразие ландшафтов. Решающую роль в образовании водных запасов имеют горные породы верхнего мела, представленные в виде мергелей и пишущего мела. В южной части они прикрыты четвертичными отложениями, а в северной — третичными и четвертичными [2].

Кровля карбонатных пород верхнего мела понижается с юга на север. Это имеет существенное значение для водных условий района Полесья. На границе Люблинской возвышенности и Полесья горные породы мела достигают 170—190 м, а в зоне Полесья и Подлясья 70—100 м над уровнем моря. На север от Сосновицы и Влодавы (см. рисунок) на меловых отложениях сплошным покровом залегают третичные отложения мощностью от нескольких до 50 м, образованные в виде средне- и мелкозернистых песков олигоцена, а также разнотернистые пески миоцена. Их мощность растет к северу, что связано с рельефом поверхности меловых пород. Меловые и третичные отложения перекрываются литологически различным покровом четвертичных отложений, который выравнивает рельеф. Его нивелировка находится в пределах от нескольких до 60 м, а в зонах ископаемых эрозионных желобов превышает 80 м.

Четвертичные отложения обычно начинаются с серии глинистых осадков самого древнего оледенения, на которых залегают пески и глины. Кровлю четвертичной серии составляют речные и старичные, а также озерные отложения севернопольского оледенения и голоценовые минерально-органические и торфяные отложения [3].

В пределах Влодавского Гарба и на Ухрусском изгибе преобладают ледниковые отложения, представленные глинами, глинами с гравием, а также илами и песками. Наличие многих прослоек, труднопроницаемых для воды, разделяет серии четвертичных отложений на несколько водоносных слоев, а также дает дифференцировку гидравлических контактов между водоносными породами верхнего мела, третичными и четвертичными отложениями.

Решающее значение для водных условий Люблинского Полесья имеют воды мелового горизонта, которые в зоне, прилегающей к северному уступу Люблинской возвышенности, а также в пределах останцев холмов Полесья, сложенных карбонатными породами, залегают на глубине нескольких метров. В местах выхода пород мела уровень воды мелового горизонта залегает близко к поверхности и имеет свободный характер. Под третичными и четвертичными отложениями воды мелового горизонта находятся на глубине 10—50 м, местами даже 80 м. Напорные воды стабилизируются в междолинных районах на глубине нескольких метров, в речных долинах и в рельефных понижениях на глубине, где залегают четвертичные толщи, а иногда даже и чуть выше. Напорный характер имеют также воды третичного горизонта, уровень которых стабилизируется на глубине нескольких метров. Наиболее низко к поверхности залегают воды четвертичного горизонта. На преобладающей части района уровень воды залегает на глубине 2 м. Особенно близко к поверхности подземные воды залегают на Ленчинско-Влодавском Поозерье. На дне долин и в понижениях воды залегают на глубине до 1 м, а в районах песчаных равнин — 2—6 м. Наиболее глубоко залегающие воды обнаружены в пределах останцевых и мореновых холмов. Наклонность зеркала подземных вод первого горизонта ничтожно мала, а ее характер увязывается с рельефом топографической поверхности. Вершинные отрезки рек слабо дренируют подземные воды, что связано со слабо расчлененной эрозией района приводораздельных пространств Полесья [4]. В то же время расположение гидроизогипсов,

однозначно указывает на дренирующую роль средних и нижних участков рек и их долин, представленных проницаемыми отложениями [5]. Дренаж подземных вод увеличился после проведения сети мелиоративных каналов. Подземные воды мелового, третичного и четвертичного горизонтов связаны гидравлически. Восстанавливаемость подземных вод оценивается на основании анализа условий фильтрации и величины подземного стока. Она составляет 1,9 л/с км².

Водные ресурсы, на которые оказывают влияние местные условия, зависят прежде всего от атмосферных осадков, а количество теряемой воды также и от хода процесса эвапотранспирации. Средняя сумма атмосферных осадков по Полесью достигает от 520—550 мм в западной части (бассейны верхних отрезков рек Пибонии и Тысменицы) до 540—560 мм в восточной части. В средний по водности год отмечается около 550 мм осадков. После применения поправок на неточность инструментальных измерений эту среднюю величину можно принять как 660 мм. Преобладающая часть осадков возвращается в атмосферу в процессе эвапотранспирации, величину которой можно оценивать по меньшей мере в 580 мм/год. Во время вегетации месячные суммы осадков меньше эвапотранспирации, поэтому в летнее время водный баланс отрицательный. Излишки воды проникают в поверхностные слои и снабжают подземные воды, а также участвуют в поверхностном стоке во время холодного полугодия. В годы со средней влажностью из района Полесья стекает 115 мм воды, что соответствует модулю стока 3—3,70 л/с км². В бассейнах рек Удаль, верхней Тысменицы и Зелявы, а также Нижней Ухерки показатель стока достигает около 100 мм, а в бассейне Пивонии превышает 140 мм. В зимнее время сток составляет 64 %, а в летнее — лишь 36 % от объема годового стока. Из приведенных показателей вытекает, что приходная часть баланса воды (исправленные осадки P_s) меньше статьи расхода (сток H + эвапотранспирация E) даже на 35 мм. Дефицит воды (D) дополняется ее происходящим поступлением из напорных водоносных горизонтов. После постройки канала Вепш-Кшна дефицит воды в районе Полесья частично покрывается водой из реки Вепш: $P_s + D = H + E = 660 + 35 = 115 + 580$ (мм).

Эти данные подтверждают (несмотря на их ориентировочные величины), что запас воды первого горизонта сформирован как атмосферными осадками, так и притоком воды из более глубоких слоев четвертичных, третичных и прежде всего меловых горизонтов. Роль глубинного снабжения водой отмечается в этом районе наиболее резко в теплое время года, когда нет осадков. На снабжение напорными водами отрицательно влияет эксплуатация подземных вод, а также прокладка глубоких каналов, что приводит к уменьшению пьезометрического давления глубоких вод. Попытки освоения болот и торфяников предпринимались по мере уничтожения лесов. Во второй половине XIX в. в результате прокладки глубокого канала произошел спуск озера Лейно. Нет информации о количестве перекопанных каналов, осушенных торфяников и бессточных понижений, постоянно или временно заполненных водой. Плотность населения концентрировалась на периферии района, на границе с рекой Буг, которая играла транзитную роль в связях Полесья с другими районами. Помимо небольших преобразований природной среды Полесья, до середины XX в. оно не подвергалось значительной деградации. Этот район был слабо заселенным. Традиционная сельскохозяйственная деятельность не вызывала больших изменений природы.

Радикальные изменения водных условий наступили в местах, где происходили большие преобразования: постройка канала Вепш-Кшна и цементного завода в Хелме, а также шахт по добыче каменного угля в Богданке. Шесть озер Поозерья были зарегулированы и превратились в водохранилища. Пополнение их водой из канала Вепш-Кшна изменяет качество озерных вод, а это приводит к исчезновению озер. Следует исключить из мелиоративного использования остальные озера, а также соседние с ними территории. В то же время воду из канала следует перебросить в районы наиболее сильно охваченные мелиорацией в

северной и средней части Полесья. Индустриализация, интенсификация сельского хозяйства и постройка дорог, делающая доступными эти районы, увеличивает влияние человека на наиболее ценные районы Полесья, которыми являются озера и лесные комплексы. Наплыв туристов и отдыхающих проявляется в беспорядочной застройке рекреационных районов, а также большом их загрязнении. Рекреационная емкость Поозерья уже нарушена и имеет тенденцию к сокращению.

Водоснабжение коммунальных предприятий, промышленности и сельского хозяйства основано исключительно на подземных водах. Размещение запасов воды и величина ее разбора неравномерны. Наибольшие количества подземных вод мелового и третичного горизонтов расходуются в городах. Интенсивная эксплуатация подземных вод привела к образованию депрессионных воронок, а самый большой район пониженного зеркала подземных вод находится возле Хелма (см. рисунок). В непосредственной близости расположены шахты каменного угля в Богданке. Здесь существует значительное пространство с большим понижением пьезометрического давления вод в юрском и карбоновом горизонтах, которые образовались в результате осушения горной породы над залежами каменного угля.

Эксплуатация подземных вод и осушение района мелиоративными системами, а также углубление речных русел привело к понижению уровня воды. Его величина на землях, где проводились мелиоративные работы, составляет несколько дециметров. Более значительное понижение зеркала воды отмечается вблизи глубоких мелиоративных каналов. Исследования показывают, что в последние годы радикально уменьшилась территория постоянно и временно заболоченных земель. Однако оценка этой величины затруднительна главным образом из-за изменений, которые возникают при преобразовании водных условий. Нет оснований уверенно говорить и о постоянном понижении уровня поверхностных вод. Наблюдения за уровнем подземных вод проведены на 18 станциях с 1951 по 1990 гг. Они показали, что лишь в 9 случаях можно подтвердить нисходящую тенденцию в состоянии подземных вод. Кажущееся незначительным понижение зеркала воды при его близости к поверхности вызывает постоянные изменения в использовании этих районов, а тем самым и в ландшафте Полесья. На примере Ленчинско-Влодавского Поозерья видно, что постоянно или временно заболоченные земли занимают половину площади.

Подземные воды отличаются высоким качеством, но степень их изоляции очень слабая. В связи с этим район следует охранять от загрязнений, которые вызываются свалками коммунальных и промышленных отходов, стоками скотоводческой фермы, химизацией сельского хозяйства. Таким образом, угроза качеству поверхностных вод очень большая. Особое внимание следует уделить охране речных долин. Необходимо стремиться к сохранению природной речной сети путем ликвидации в этих районах излишнего количества мелиоративных каналов, а также добиваться сохранения в бассейнах рек озер, торфяников и болот.

Из природных особенностей Полесья следует подчеркнуть значительную связь подземных вод с поверхностными, а также зависимость водных ресурсов от атмосферного питания. Естественный обмен воды в пределах Полесья очень медленный. Мелиоративные работы значительно ускорили круговорот воды, уменьшили районы торфяников и постоянно заболоченных земель. Интенсивная хозяйственная деятельность человека, поддержание стандартов жизни населения увеличивают антропогенное давление на окружающую среду. Отмечаются медленные локальные изменения качества воды, проявляются новые очаги загрязнений. Необходимы действенные природоохранные меры. В хозяйственной деятельности следует внедрять экологически чистые производства, а самые слабые районы в природном отношении предназначить под лесонасаждения.

Природа некоторых районов Люблинского Полесья уникальна. С целью ее сохранения в 1990 г. был создан Полесский народный парк.

Существуют в этом районе и ландшафтные парки, резерваты и отдельные памятники природы. Эти объекты призваны препятствовать сокращению биоразнообразия в районах Полесья.

1. Chałubinska A., Wilgat T. Podział fizjograficzny województwa Lubelskiego. Lublin, 1954.
2. Mojski J. E. // Geomorfologia Polski. Warszawa, 1972. T. 11. S. 363.
3. Henkiel A. // Kenozoik Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Lublin, 1983. S. 92.
4. Wilgat T. // Annales UMCS. Lublin, 1954. V. 8. S. 37.
5. Wilgat T. i zesp. Projekt sieci parków krajobrazowych i obszarów chronionego krajobrazu w woj. Lubelskim. Lublin, 1984.

УДК 551.510.04 + 631.4(476)

В. Н. КИСЕЛЕВ, Л. Б. УТЫРО, К. К. КУДЛО

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

During field experiments a possible content of heavy metals in the agricultural products in the green belt of Minsk was estimated up to the year of 2010. Due to the protective physiological barrier which exists between the root system and the conductive tissue there is no considerable accumulation of these elements in the reproductive parts of the plants. In the nearest 20 years it will be possible to get grain-crops, crops of leguminous plants and potato ecologically clean of copper, zinc and lead.

В промышленной зоне Минска в начале 80-х гг. загрязнение земли тяжелыми металлами ежегодно составляло (в расчете на 1 га): 6,5 кг меди, 8 кг цинка и от 2 до 10,5 кг свинца [1]. Такое положение вело к быстрому накоплению данных элементов в почвах не только города, но и на сопредельных с ним территориях [2]. Прогрессирующее загрязнение в конечном итоге может сказаться на качестве сельскохозяйственной продукции и порождает ряд экологических проблем. Однако существует определенный пробел в изучении ситуации, складывающейся в пригородной зоне столицы Белоруссии. К настоящему времени достаточно полно изучен вещественно-энергетический обмен в лесных экосистемах [3] и разработан прогноз (до 2000 г.) устойчивости основной формации — сосновых лесов республики в зонах интенсивных техногенных воздействий [4].

Для определения в перспективе возможности получения экологически чистой по содержанию меди, цинка и свинца сельскохозяйственной продукции в пригородной зоне Минска нами был сделан приблизительный расчет величины техногенного накопления данных элементов в пахотном горизонте почв к 2010 г., и эта доза была внесена в почву. Объектами изучения служили относящиеся к различным сельскохозяйственным группам растения: виды твердой полбяной пшеницы — Однозернянка (диплоидная), Тимофеевка (тетраплоидная), Спелта, Маха (гексаплоидные); разновидности овса — Бруннея, Флява; сорта желтого люпина — Кастрычник, Налибокский, Академический 1; сорта картофеля различных сроков созревания — Белорусский ранний (раннеспелый), Отрада (среднеспелый), Верас (среднепоздний).

Исследования проводились в 1990—1992 гг. в пригородной зоне Минска на агробиостанции «Зеленое» Минского пединститута. В качестве фона вносились минеральные удобрения: под зерновые $N_{60} P_{60} K_{60}$, зернобобовые $P_{45} K_{90}$, картофель $N_{90} P_{90} K_{120}$.

Под каждую культуру по фону вносились: цинк в дозе 2 г/м², медь — 1,6, свинец — 1,5 г/м², а также смесь меди, цинка и свинца в названных дозах. Учетная площадь делянки составила 10 м², повторность опытов — трехкратная. Обработка почвы, сев и уход за посевами проводились в соответствии с общепринятыми агротехническими требованиями. Образцы почв отбирались в середине вегетационного периода, растений — по фазам развития. Определение содержания в почвах и растениях меди, свинца и цинка проводилось спектральным методом [5]. Полученные в результате исследований данные обрабатывались статистически [6].

Внесение в почву высоких доз меди, цинка и свинца увеличило их содержание в ней в 1,5—2 раза (табл. 1), что значительно превышало региональный геохимический фон, но было ниже предельно допустимой концентрации.

Т а б л и ц а 1

Влияние высоких доз меди, цинка и свинца
на урожайность зерновых и зернобобовых культур

Объект исследования	Вариант опыта	Масса 1000 зерен, семян, г	% к конт- ролю	Урожай зерна, семян ц/га	% к конт- ролю
Пшеница Однозернянка	Контроль	32,40	100,00	10,00	100,00
	Медь	43,20	109,64	14,50 ⁺	145,00
	Цинк	35,80	90,86	10,00	100,00
	Свинец	36,40 ⁺	92,38	14,00 ⁺	140,00
	Смесь	34,80 ⁺	88,32	11,00 ⁺	110,00
Тимофеева	Контроль	47,20	100,00	12,00	100,00
	Медь	56,70 ⁺	120,12	13,20	110,00
	Цинк	62,10 ⁺	131,56	17,50 ⁺	145,83
	Свинец	48,40	102,54	14,00 ⁺	116,66
	Смесь	48,20	102,12	15,00 ⁺	125,00
Спелта	Контроль	51,20	100,00	16,00	100,00
	Медь	61,40	119,92	21,00 ⁺	131,25
	Цинк	50,25	98,14	16,00	100,00
	Свинец	65,80 ⁺	128,51	23,00 ⁺	143,75
	Смесь	64,10 ⁺	125,19	22,50 ⁺	140,62
Маха	Контроль	45,00	100,00	18,00	100,00
	Медь	49,83	110,74	19,00	105,55
	Цинк	62,00 ⁺	137,77	20,00	111,11
	Свинец	59,50 ⁺	132,22	26,00 ⁺	144,44
	Смесь	61,30 ⁺	136,22	26,50 ⁺	147,22
Овес Брунnea	Контроль	35,20	100,00	11,00	100,00
	Медь	36,20	102,84	14,00 ⁺	127,27
	Цинк	37,00	105,11	14,00 ⁺	127,27
	Свинец	39,40	11,93	16,00 ⁺	145,45
	Смесь	43,00	122,16	15,00 ⁺	136,36
Флява	Контроль	40,60	100,00	11,00	100,00
	Медь	39,40 ⁺	97,04	11,50	104,54
	Цинк	38,20 ⁺	94,08	12,20	110,90
	Свинец	42,80	105,41	16,00 ⁺	145,45
	Смесь	41,20	101,42	16,50 ⁺	150,00
Люпин Кастрычник	Контроль	132,33	100,00	10,00	100,00
	Медь	139,60	105,49	11,00	110,00
	Цинк	138,00	104,28	13,50 ⁺	135,00
	Свинец	150,90	114,03	12,00 ⁺	120,00
	Смесь	158,00	119,39	10,20	102,00
Налибокский	Контроль	157,30	100,00	11,80	100,00
	Медь	159,90	101,65	11,50 ⁺	88,98
	Цинк	180,70	114,87	14,00 ⁺	118,64
	Свинец	188,60	119,89	12,00	101,69
	Смесь	169,40	107,69	13,50 ⁺	114,40
Академический 1	Контроль	130,20	100,00	14,00	100,00
	Медь	127,30	97,77	13,50 ⁺	96,42
	Цинк	118,77 ⁺	86,56	13,00 ⁺	92,85
	Свинец	125,30 ⁺	96,38	14,50	103,57
	Смесь	127,50 ⁺	98,07	16,00	114,28

Примечание: здесь и в табл. 2 + — различия статистически достоверны ($P < 0,05$).

Исследования показали, что появление всходов, наступление последующих фаз в вариантах с внесением меди, цинка, свинца и их

смеси существенно не отличались от контроля. Рост растений как интегральный процесс достаточно полно отражал протекающие в них физиологические процессы и в значительной степени зависел от экологических условий среды, в том числе и от содержания в почве тяжелых металлов [7, 8]. Угнетающего воздействия на растения тяжелых металлов не наблюдалось. Наоборот, у некоторых сортов пшеницы и разновидностей овса высота растений, площадь листовой поверхности, масса корней были несколько выше, чем в контрольном варианте. Урожайность зерновых не уменьшилась, в ряде вариантов была даже выше контроля (см. табл. 1). Однако у пшеницы сортов Однозернянка, Спелта и у овса разновидности Флява уменьшилась масса зерен. Положительное влияние тяжелых металлов на урожай и массу зерна у зернобобовых наблюдалось только у сорта Кастрычник; у люпина сорта Налибокский урожайность снизилась под влиянием меди, а у сорта Академический 1 — под влиянием меди и цинка.

Т а б л и ц а 2

Влияние высоких доз меди, цинка и свинца на показатели структуры урожая различных сортов картофеля

Сорт	Вариант опыта	Урожайность, ц/га	% к контролю	Число клубней на куст	Масса клубня, г.	Структура урожая клубней по весу, %		
						крупные	средние	мелкие
Белорусский ранний	Контроль	267,00	100,00	7,00	54,49	28,57	32,65	38,77
	Медь	252,00	94,38	9,28	38,76 ⁺	18,46	40,00	41,53
	Цинк	250,00	93,63	7,71	44,44 ⁺	25,92	40,74	33,33
	Свинец	235,00 ⁺	88,01	5,71 ⁺	48,48 ⁺	0	66,66	33,34
	Смесь	230,00 ⁺	86,14	5,42 ⁺	47,41 ⁺	22,58	30,30	42,42
Отрада	Контроль	270,00	100,00	6,57	58,69	26,08	26,08	47,82
	Медь	369,00 ⁺	136,66	8,00 ⁺	65,89 ⁺	23,21	21,42	55,35
	Цинк	321,00 ⁺	118,88	6,14	64,65 ⁺	31,86	30,93	37,20
	Свинец	320,00 ⁺	118,51	6,42	64,11 ⁺	32,22	27,77	40,00
	Смесь	342,00	126,66	8,57 ⁺	57,00	26,66	31,66	41,66
Верас	Контроль	430,00	100,00	5,42	113,15	42,10	31,57	26,31
	Медь	450,00	104,65	6,42	100,00	42,22	24,44	33,33
	Цинк	427,00	99,30	6,71	90,85 ⁺	40,42	29,78	29,78
	Свинец	396,00	92,09	5,85	77,07 ⁺	34,14	29,26	36,58
	Смесь	398,00	92,55	5,85	77,84 ⁺	32,35	44,11	23,52

Положительное влияние тяжелых металлов на картофель отмечено только у среднеспелого сорта Отрада. У сорта Белорусский ранний по всем вариантам опыта и у сорта Верас в вариантах с внесением цинка, свинца и их смеси урожайность клубней снизилась, количество крупных клубней уменьшилось за счет увеличения средних и мелких (табл. 2).

Изучение особенностей распределения тяжелых металлов по органам растений показало, что корневая система выполняет защитную функцию, препятствуя избыточному их поступлению в проводящую ткань. Так, при внесении свинца его содержание в корнях пшеницы увеличилось в сравнении с контролем в 5—7 раз (кроме сорта Тимофеева), в соломе в 1,5—3 раза, в зерне сортов Однозернянка и Тимофеева осталось на уровне контроля, а у сортов Спелта и Маха увеличилось в 1,5 раза (табл. 3). Внесение в почву меди привело к увеличению ее накопления в корнях всех сортов пшеницы приблизительно в 3 раза, в соломе количество меди осталось на уровне контроля, в зерне сортов Спелта и Маха увеличилось в 1,5—2,5 раза, у Однозернянки осталось без изменений. Менее четко защитный физиологический барьер корневой системы проявился по отношению к цинку, что, возможно, связано с высокой его концентрацией в почве, так как при высоких концентрациях металлов физиологические барьеры не срабатывают [9].

Приблизительно такая же закономерность в накоплении меди, свинца и цинка в органах растений наблюдалась в опытах с ячменем и люпином. При этом следует отметить довольно небольшое по сравнению с зер-

**Содержание тяжелых металлов в почве и различных органах сельскохозяйственных культур
(п · 10 мг/кг золы)**

Объекты исследования	Вариант опыта	Содержание свинца в				Содержание меди в				Содержание цинка в			
		почве	органах растения			почве	органах растения			почве	органах растения		
			корнях	стеблях, листьях, клубнях	семена		корнях	стеблях, листьях, клубнях	семенах		корнях	стеблях	семенах
Зерновые													
Пшеница													
Однозернянка	Контроль	1,5	10	30	10	0,7	10	7	30	3	30	10	100
	Металл	3	50	10	1	1	30	7	30	5	70	20	200
	Смесь	3	50	5	1	1,5	30	7	50	5	50	20	200
Тимофеева	Контроль	1,5	15	2	1	1	7	5	30	3	30	10	100
	Металл	2	30	3	1	1	20	5	50	5	50	20	200
	Смесь	3	30	3	0,7	1,5	30	7	50	5	50	20	200
Спелта	Контроль	1,5	10	2	1	0,7	10	7	30	3	50	20	100
	Металл	2	70	3	1,5	1	30	7	50	5	70	50	200
	Смесь	3	50	3	1,5	1,5	30	7	50	5	50	30	200
Маха	Контроль	2	15	2	1	0,7	10	7	30	5	50	30	200
	Металл	3	70	5	1,5	1	30	10	50	10	70	50	300
	Смесь	3	50	5	1	1	30	10	30	10	100	50	300
Овес													
Брунnea	Контроль	1,5	20	2	0,5	0,7	7	5	20	3	70	30	100
	Металл	3	70	7	1,5	1	50	7	30	5	100	70	200
	Смесь	3	50	5	1	1	30	7	20	5	100	30	200
Флява	Контроль	1,5	10	1	1	7	7	5	10	3	50	10	100
	Металл	3	50	1,5	1,5	1	30	5	20	5	70	20	200
	Смесь	5	50	1,5	1,5	1	30	5	20	7	70	20	200

Люпин				
Кастрычнік	Контроль 2	7	1,5	0,5
	Металл 3	20	5	0,5
	Смесь 3	20	5	1
Налибокский	Контроль 2	10	1,5	0,1
	Металл 3	15	3	0,1
	Смесь 3	30	2	0,1
Академиче- ский 1	Контроль 2	10	1,5	0,1
	Металл 3	30	3	0,1
	Смесь 3	20	3	0,3
Белорусский ранний				
	Контроль 2		1,5	
	Металл 3		3	
	Смесь 3		4	
Отрада	Контроль 1,5		1,5	
	Металл 2		2	
	Смесь 2,5		2,5	
Верас	Контроль 2		0,7	
	Металл 3		1,5	
	Смесь 3		1,5	

Зернобобовые

0,7	10	5	30	3	50	10	100
1	20	5	30	5	70	20	200
1	30	5	50	5	70	30	200
0,7	20	5	30	3	50	20	200
1	30	5	50	5	100	50	300
1	30	5	50	5	100	20	200
0,7	20	5	10	3	50	10	100
0,7	30	5	30	5	100	20	300
1	30	5	30	5	70	20	300

Картофель

0,7	10	3	20
0,7	10	5	20
0,7	10	5	20
0,7	10	3	30
0,7	10	3	30
0,7	10	3	30
0,7	10	5	20
0,7	15	5	50
0,7	10	5	30

новыми культурами накопление свинца в зернобобовых, особенно у сортов Налибокский и Академический 1. В клубнях картофеля под влиянием тяжелых металлов количество меди и цинка почти не изменилось, а содержание свинца повысилось в 2 раза у сорта Белорусский ранний и Верас и приблизительно на 30 % — у сорта Отрада. В природной обстановке обычно происходит одновременное накопление в почве тяжелых металлов. Наши исследования показали, что совместное внесение в почву меди, цинка и свинца не привело к усилению их отрицательного воздействия на растения.

Таким образом, исследования показали, что при сохранении современной тенденции загрязнения тяжелыми металлами пригородной зоны Минска содержание меди, цинка и свинца в почвах к 2010 г. достигнет величины, значительно превышающей республиканский геохимический фон, однако будет ниже предельно допустимой концентрации. Это может привести к снижению урожайности некоторых сортов зернобобовых культур и картофеля, но практически не окажет отрицательного влияния на зерновые (пшеницу и овес).

Степень накопления меди, цинка и свинца у различных видов, разновидностей и сортов сельскохозяйственных растений не одинакова. Однако под влиянием защитного физиологического барьера, который существует между корневой системой и проводящей тканью, значительного накопления меди, цинка и свинца в репродуктивных органах растений не наблюдается, поэтому в ближайшие 20 лет в пригородной зоне можно будет получать экологически чистую по содержанию данных элементов продукцию зерновых, зернобобовых и картофеля.

1. Я н о в и ч Е. Л. Проблемы социальной географии. Мн., 1984.
2. К у д л о К. К., У т ы р о Л. Б. // Природа Беларуси и проблемы ее охраны. Мн., 1992.
3. А л е х н о А. И., А р а б е й Н. М., Б у с ь к о Е. Г. и др. Лесные ландшафты Беларуси. Мн., 1992.
4. Ч у б а н о в К. Д., К и с е л е в В. Н., Б о й к о А. В. Природная среда в зонах влияния крупных промышленных центров. Мн., 1989.
5. Л а ц и с С. В., Н е д л е р В. В., Р а й х б а у м Я. Д. и др. Спектральный анализ при поисках рудных месторождений. М., 1969.
6. Р о к и ц к и й П. Ф. Биологическая статистика. Мн., 1973.
7. Ш е в е л у х а В. С. Периодичность роста сельскохозяйственных растений и пути ее регулирования. М., 1980.
8. Г у б и н а О. Н., М е д в е д е в а И. Ф., С а м о й л о в Т. И. // Биопродуктивность агроценозов как комплексная проблема. Пушино, 1989.
9. Н е с т е р о в а А. Н. // Биол. науки. 1989. № 9. С. 72.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ЛАНДШАФТНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

The features of medium-scale landscape mapping have been shown in relation with the geoeccologic studies carried out in the Berezina trial ground.

В связи с обострением экологической обстановки в Республике Беларусь целесообразным является создание картографических информационных систем в качестве основы для накопления и анализа разновременных экологических данных, в том числе получаемых с помощью методов дистанционного зондирования. Прежде всего необходимы высокоточные оперативные сведения о природных характеристиках геологической среды как основы для создания геоэкологических моделей. При этом наиболее информативны комплексные показатели природной обстановки, которыми могут служить природные территориальные комплексы (ПТК) различных таксономических рангов, фиксируемые на ландшафтных картах.

В статье на примере территории Березинского полигона Беларуси показаны основные аспекты ландшафтно-экологического картографирования масштаба (М) 1:200 000. В качестве ведущих при выделении ландшафтных контуров были выбраны геолого-геоморфологические критерии, а описываемая модель названа «картой ландшафтно-геоморфологических комплексов». Ее построение осуществлялось при помощи ландшафтно-индикационного дешифрирования. Суть этого метода состоит в выявлении и идентификации ландшафтов, фиксируемых на материалах дистанционных съемок (МДС), путем двух подходов к интерпретации последних: ситуационного и стереоскопического, основанных на изучении двухмерной и трехмерной моделей. При этом должны учитываться данные тематического (геоморфологического, ландшафтного, геодинамического и др.) картографирования и результаты полевых работ. Технологию дешифровочного процесса объединяет предполевой камеральный, полевой и окончательный камеральный этапы исследований [1].

На предполевом камеральном этапе изучаются структурные особенности фотоизображений земной поверхности, отражающие ландшафтные закономерности территории, определяется характер ландшафтных фоторисунков. С точки зрения доступности для аэрофотографирования и дешифрирования по МДС все компоненты ПТК могут быть разделены на физиономические (легкодоступные для наблюдения) и деципиентные (труднодоступные для непосредственного наблюдения на МДС) [2].

Основными физиономическими компонентами являются рельеф и растительность, гидрологические, антропогенные черты внешнего облика ПТК, в некоторых типах ПТК и почвы (если они обнажены). Литогенная основа, а в большей части и почва обычно оказываются деципиентными.

Взаимосвязь физиономических и деципиентных компонентов позволяет определять литологию и почвы по физиономическим компонентам. Так, формы и элементы рельефа, которые обычно опознаются при стереоскопическом изучении фотоизображений (преимущественно аэрофотоснимки (АФС) М 1:25 000 и 1:50 000) по своему плануному очертанию, служат показателями верхней толщи четвертичных отложений и почв.

Закономерное распределение почвогрунтов по элементам рельефа в сочетании с водно-минеральным питанием находит отражение в растительных группировках, дешифрируемых по фотоизображению и условиям обитания. Выраженные в современном рельефе антропогенные трансформации также являются индикаторами почвогрунтов. Индикационными признаками могут выступать: размещение и контурность угодий, осушительные мероприятия и т. д. Антропогенные изменения и их пространственная структура, как правило, отчетливо видны на АФС.

Материалы полевых исследований представляют данные дешифрирования МДС на ключевых участках, описание природно-антропогенных характеристик картируемых ландшафтов в виде полевых дневников. Особое внимание при этом обращается на проверку данных предварительного дешифрирования меньшей степени достоверности.

В результате обобщения данных предварительного и полевого дешифрирования применительно ко всей территории исследований экстраполируются главнейшие компоненты ПТК: литогенная основа (горные породы и подземные воды), климат, рельеф, почва, растительность, деятельность человека.

Переходя непосредственно к созданию карты ландшафтно-геоморфологических комплексов Березинского полигона Беларуси (М 1:200 000), следует отметить, что в основе индикационного ландшафтоведения, как и всего ландшафтоведения в целом, лежит представление о существовании ПТК, которые могут быть объединены в те или иные типологические единицы [3]. В данном случае выбор типологических рангов ландшафтов осуществлялся на основе существующей классификации ландшафтов, предложенной в [4]. Учитывая масштаб построений, в пределах Березинского полигона выделены и закартированы три таксономических ранга ландшафтов: род, подрод и вид.

Ландшафты одного рода объединяют участки, сходные по генезису и времени образования. В то же время ландшафты каждого рода различаются формами рельефа, литологией поверхностных отложений, почвенными разновидностями, растительными сообществами. Литология поверхностных отложений, от которой зависит механический состав почв, разнообразие растительного покрова являются критериями выделения подродов ландшафтов. В основе выделения видов ландшафтов лежат особенности индивидуальности ПТК, подчеркиваемые характером мезоформ рельефа и особенностями растительности.

Особое место при среднемасштабном ландшафтном картографировании занимает геоэкологическая оценка ландшафтов. Важно конкретизировать содержание выделенных на карте контуров ПТК, увязать их с геоморфологическими, геоботаническими, гидрологическими, экологическими показателями на основе комплексного индикационного изучения тематического картографирования, результатов дешифрирования МДС и полевых исследований. Для этих целей оптимальным является составление ландшафтно-индикационной таблицы.

Фрагмент ландшафтно-индикационной таблицы геоэкологических

Ландшафтные индикаторы						
Комплексные			Частные			
Ландшафт			Рельеф	Растительность	Экодинамические явления	Антропогенные процессы
Род	Подрод	Вид				
Холмисто-моренно-озерный разной степени дренированности, с еловыми, вторичными мелколиственными лесами, лугами на дерново-подзолистых, реже заболоченных почвах	С поверхностным залеганием супесчанно-суглинистой морены	Мелкохолмистый с серо-ольховыми и еловыми зелено-мошно-кисличными лесами на дерново-слабо- и среднеподзолистых почвах, злаковыми лугами на дерново-подзолисто-глевых почвах	Абсолютные отметки 180-200 м. Мелкохолмистые, реже мелкогрядистые формы в виде массивов, разделенные денудационными ложбинами. Относительные превышения до 5 м, крутизна склонов до 5°, реже 10—15°	Березово-ельмовый зелено-мошный лес	Термокарст	Распашка земель, карьерная разработка глин, мелиорация

Анализ такой таблицы способствует выбору критериев оценки состояния геологической среды и определению степени чувствительности территории к возможным природно-антропогенным трансформациям. Исходя из ландшафтно-индикационных показателей, для каждого вида ландшафта выбирают следующие признаки: комплексы покровных отложений и их литологический состав, рельеф, характер почвенного покрова, экзодинамические процессы, глубина залегания УГВ.

Систематизация этих критериев позволила объединить ПТК в ранге ландшафтов в три группы, различающиеся по степени чувствительности к природно-антропогенным изменениям: 1—устойчивые; 2—менее устойчивые; 3—неустойчивые. Каждая из них отличается набором природных показателей. Так, например, в пределах Березинского полигона устойчивыми будут ПТК, отличающиеся преобладанием моренных и водно-ледниковых равнин с мелкохолмистым, пологоволнистым рельефом. В составе покровных отложений преобладают песчано-суглинистая морена или озерно-ледниковые суглинки и глины. Глубина залегания УГВ —3—5, реже 5—10 м. Устойчивость также подчеркивается слабым развитием экзодинамических процессов.

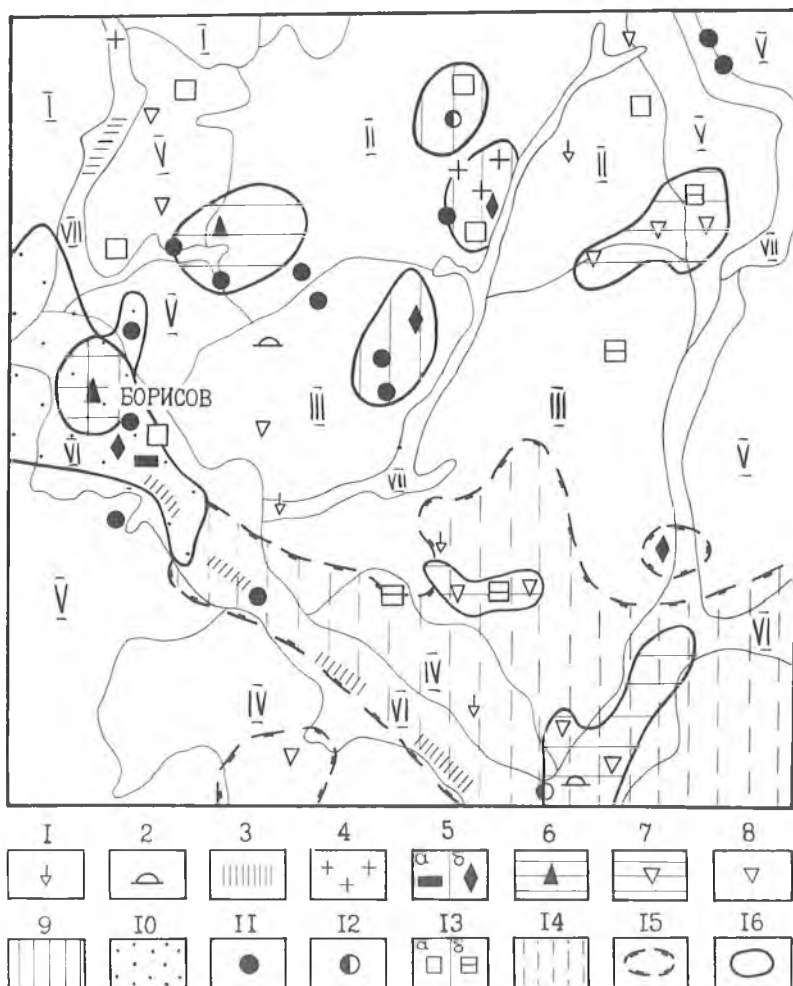
К числу критериев, указывающих на потенциальную неустойчивость геологической среды, относятся комплекс четвертичных отложений, представленный лессовидными породами, грядовый и холмистый рельефы с относительными превышениями до 30 м и крутизной склонов до 15°, эоловый рельеф, высокий уровень залегания грунтовых вод, интенсивное проявление процессов плоскостного смыва, развитие оползней, осыпей и обвалов на отдельных крутых склонах, термокарста, абразии, русловой эрозии, заболачивания. Устойчивость ПТК уменьшается в зонах повышенной геодинамической активности в сводовых частях кольцевых структур и на участках повышенной трещиноватости пород чехла и фундамента.

Таким образом, анализ структуры ландшафтов на основе аэрокосмической информации очень перспективен и имеет практическое значение для охраны окружающей среды. Так, используя модель, подобную карте ландшафтно-геоморфологических комплексов Березинского полигона, отражающую главнейшие природные показатели геологической среды и характер ее устойчивости к природно-антропогенным трансформациям, можно получить сведения о совокупности природных процессов и техногенных трансформаций путем установления периодических наблюде-

условий территории Березинского полигона

Индукцируемые условия			Устойчивость ландшафта	Дешифровочные признаки
Почвы	Литологический состав	УГВ, м		
Дерново-средне-подзолистые, дерновогле-евые	Супеси с гравием и галькой	3—5, реже 5—10	Устойчивый (в геодинамически активных зонах менее устойчивый)	На космических снимках (КС) М 1:200 000 имеет ячеисто-пятнистый рисунок, серый и светло-серый фототон. На АФС М 1:50 000 пятна различной конфигурации серого и светло-серого фототона с расплывчатыми границами сочетаются с пятнами темно-серого фототона (зелесенные участки) со светлыми крапинами и полосами (поляны и просеки). Заболоченные и заторфованные ПТК имеют на АФС плотный мелкозернистый слегка смазанный рисунок. Фототон от серого до темно-серого. Мелиорированные ПТК имеют характерный рисунок в виде прямоугольных или трапециевидных пятен серого и темно-серого фототона, образованных сетью дренажных каналов.

ний (рисунок). Основным источником информации при этом могут служить данные МДС. Это позволяет разработать принципы охраны окружающей среды, а также прогнозировать развитие негативных процессов, вызванных антропогенной деятельностью.



Фрагмент эколого-ландшафтной карты Березинского полигона Беларуси, построенной на основе карты ландшафтно-геоморфологических комплексов (М 1:200 000):

1–14 — ведущие факторы динамики геологической среды: 1–4 — природные факторы (1–2 — активизация экзоэволюционных процессов: 1 — денудационные; 2 — аккумулятивные; 3 — участки повышенной проницаемости пород чехла в зонах разломов; 4 — проявление дифференцированных движений над локальными структурами); 5–14 — техногенные факторы (5 — локальное загрязнение почв, пород зоны аэрации, подземных вод в местах свалок (а) и полей фильтрации (б)); 6–7 — существенное изменение уровня поверхности и подземных вод: 6 — под влиянием городских водозаборов; 7 — под воздействием мелиорации; 8 — отдельные мелиоративные объекты; 9 — очаги загрязнения подземных вод; 10 — площади с существенным изменением качества подземных и поверхностных вод; 11 — зафиксированные изменения качества подземных и поверхностных вод выше ПДК; 12 — загрязнение почв, поверхностных и подземных вод в местах накопителей отходов животноводческих комплексов; 13 — трансформации ландшафтов при разработке карьеров (а) и торфодобыче (б); 14 — области радиоактивного загрязнения местности цезием-137 (от 1 до 5 Ки/км²); 15–16 — ареалы геоэкологических ситуаций: 15 — простые, преимущественно с одной важной геоэкологической проблемой, 16 — сложные, с комплексом геоэкологических проблем; I–VII — природно-ландшафтные районы: I — холмисто-моренно-эрозионный, II — вторично-моренный, III — лесовый, IV — моренно-зандовый, V — вторичный водно-ледниковый, VI — аллювиальный террасированный, VII — пойменный.

1. Аэрометоды геологических исследований. Л., 1971. С. 137.

2. Губин В. Н., Коркин В. Д., Марцинкевич Г. И. Перспективы аэрокосмической геоиндикации на территории Белоруссии. Мн., 1988. С. 5.

3. Виторков С. В., Гудак С. П., Козлов М. Ф. и др. Основы теории и методики ландшафтной индикации гидрогеологических и инженерно-геологических условий в районах осушительной мелиорации. Мн., 1979. С. 10.

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

МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

The results of a long-term examination of natural waters at the meliorated territories from the beginning of drainage have been presented. The waters of meliorated peat bog and sod-gley soils; waters of virgin-land bogs and unmeliorated derno-podzolicgley sandy soils; surface waters of channeks, of the Yaseldy river and storage reservoir have been analyzed. It has been demonstrated that progressive pollution of natural waters manifests itself as a drastic increase in the content of sulphate, chlorine and nitrate ions, ions of potassium sodium.

Широкомасштабная осушительная мелиорация, проводимая в Беларуси, ведет к заметному преобразованию водного баланса, гидрологического режима как мелиорированных, так и примыкающих к ним территорий. При мелиорации изменяется водно-воздушный режим и направление почвообразовательных процессов. Вместо гумусо- и торфонакопительных аккумулятивных процессов получают развитие противоположно направленные элювиальные процессы — разложение органического вещества и уменьшение его запасов, интенсивный вынос химических элементов из верхней толщи почв и др. При этом претерпевает существенную трансформацию химический состав природных вод, являющийся одним из мобильных, динамичных компонентов природных комплексов.

Исследования проводились с 1973 г. на стационарах мелиоративного объекта «Верховье р. Ясельды» площадью более 22 тыс. га с преобладанием торфяных почв, осушенных открытой сетью каналов. Строительство объекта велось с 1971 по 1976 г.

В центральной части заторфовой осушенной древнеозерной котловины со среднемощными торфяными почвами было заложено две стационарные площадки («Метеоплощадка» и «Третья») на расстоянии 1 км друг от друга, которые до 1978 г. использовались для посева многолетних трав, а с 1978 г. находятся в севообороте под зерновыми и пропашными культурами. Уровень грунтовых вод (УГВ) — 80—160 см. Площадка «Боровики» была заложена в периферийной части болотного массива также на среднемощных торфяных почвах, площадка «Первая» — на дерново-перегнойных глееватых осушенных песчаных почвах на пологом склоне от моренно-зандровой равнины к заторфовой древнеозерной котловине, непосредственно примыкает к площадке «Боровики» болотного массива (УГВ 120—180 см).

Площадки используются под монокультурой многолетних трав. Площадка «Болотная-1» заложена в центральной части заторфовой немелиорированной древнеозерной котловины на маломощных торфяных почвах бол. Дикое в зоне влияния мелиорации. При исходных исследованиях естественное состояние болота не было нарушено и вода стояла на поверхности. К 1980 г. явно сказалось влияние мелиорации смежной территории, УГВ колебался от 30—40 до 70—90 см.

Все названные стационарные площадки расположены в бассейне р. Ясельды. Две площадки заложены в бассейне р. Нарев. Площадка «Болотная-4» заложена на древнеозерной котловине на торфяных среднемощных почвах, которые не будут подвержены осушительной мелиорации. Почвенно-грунтовая вода почти всегда на поверхности и очень редко (в июле — сентябре) ниже поверхности на 5—15 см. Площадка «Клетное» заложена на пологом склоне вторичной флювиогляциальной равнины к древнеозерной котловине с дерново-подзолистыми глееватыми песчаными почвами (УГВ 40—180 см), ранее использовалась как выпас, в последнее время распахивалась.

В первые восемь лет исследований пробы вод отбирали ежегодно по сезонам: в апреле, июне, сентябре, в последующие годы — только в сентябре. Почвенно-грунтовые воды отбирали непосредственно из почвенных разрезов, а поверхностные — из осушителей и магистральных каналов вблизи от стационарных площадок, а также из канализированной р. Ясельды и наливного водохранилища у д. Трухановичи. Хими-

ческий состав воды определяли по методикам, изложенным в [1, 2], органическое вещество — по органическому углероду бихроматным методом по Тюрину.

Качество вод характеризуется химическим составом, физическими и санитарно-бактериологическими свойствами и обуславливается двумя группами факторов: природными и антропогенными. Природные факторы — климатические, почвенно-гидрологические, литолого-геоморфологические особенности территории — определяют фоновый состав и свойства природных вод. Антропогенные факторы связаны с целенаправленным воздействием человека на природу.

Воды мелиоративных объектов подразделяются на атмосферные, поверхностно-сточные и грунтовые. По данным [3], атмосферные осадки, выпадающие на территории мелиоративного объекта «Верховье р. Ясельды» имеют следующий химический состав: минерализация 22,0 мг/л; Ca^{2+} 3,7; Mg^{2+} 0,5; K^+ 1,5; Na^+ 0,8; NH_4^+ 0,4; HCO_3^- 9,5; SO_4^{2-} 7,5; Cl^- 1,4; NO_3^- 1,2 мг/л. По нашим данным, атмосферные осадки, отобранные с минеральных и торфяных площадок через месяц после формирования снежного покрова, имеют следующий состав: pH 6,75—6,95; минерализация 14,6—33,7; Ca^{2+} 0,2—8,0; Mg^{2+} 0,2—1,2; K^+ 0,1—0,7; Na^+ 0,1—0,4; NH_4^+ 0,44—2,72; HCO_3^- 8,5—9,8; SO_4^{2-} 2,0—6,6; Cl^- 2,8—4,0; NO_3^- 0,2—0,3; PO_4^{3-} 0,1—0,2 мг/л.

На развитие поверхностно-сточных вод оказывают влияние погодные условия зимы и периода снеготаяния, характер промерзания и оттаивания почвы, условия водосбора, использование почв. Наш объект расположен в климатической зоне, характеризующейся избыточной увлажненностью. Поэтому в результате непрерывного движения воды (в процессе инфильтрации и стока) продукты химического выветривания горных пород не накапливаются в больших количествах, так как в них происходит смещение равновесия процесса растворения неорганических и органических веществ и выноса этих продуктов стекающими водами.

В весенний период из-за высокого уровня грунтовых вод и выпадающих осадков создается сильное насыщение торфяных почв влагой. Водно-растворимые продукты распада торфа переходят в раствор и соединяются с грунтовыми водами. В целях создания для растений более благоприятного водного режима и аэрации почвы значительная часть грунтовых вод выводится через осушительную систему (каналы). В торфяных почвах отмечается двустороннее движение веществ, постоянный обмен между продуктами микробиологического разрушения растительных остатков, попадающих в грунтовые воды, и элементами первоначального состава грунтовых вод. Поэтому изучение химического состава почвенно-грунтовых вод торфяных почв необходимо при учете размера потерь органических и минеральных веществ, которые неизбежно происходят при отводе избыточной воды с торфяного массива.

Состав почвенно-грунтовых вод целинных участков болотного массива на нашем объекте гидрокарбонатно-кальциевый с нейтральной и слабощелочной реакцией среды (pH 6,96—7,67). Преобладают катионы кальция и магния, из анионов — гидрокарбонат-ион; содержится большое количество растворенного органического вещества (68 мг/л) и микроэлементов: меди 31,7 мкг/л; цинка 19,3; кобальта 2,2; марганца 33,2 мкг/л. Осушение почв и их использование в севообороте резко меняют химический состав вод, поскольку часть веществ, вносимых с удобрениями, попадает в них в результате физико-химических процессов, а также вследствие катионного обмена с почвенным поглощающим комплексом [4]. В период освоения торфяных почв удобрения в малых дозах и оптимальных количествах активизируют микробиологические процессы, что усиливает минерализацию органического вещества [5].

Почвенно-грунтовые воды мелиорированных торфяников в первые годы после осушения и сельскохозяйственного использования (площадки «Боровики», «Метеоплощадка», «Третья»), так же как и целинных, имели гидрокарбонатно-кальциевый состав со слабощелочной реакцией среды (pH 7,25—7,34). Осушение и последующее их освоение привели к значительному увеличению минерализации от 74 мг/л в водах целинных торфяников до 283—453 в осушенных (табл. 1), содержание хло-

ридов увеличилось в 2,1—2,5 раза, сульфат-ионов в 1,3—1,5, ионов калия в 4,5—4,8, натрия в 2,2—2,4, аммония в 3,5 раза. После 10-летнего сельскохозяйственного использования мелиорированных торфяных почв их почвенно-грунтовые воды изменили свой состав: перешли из гидрокарбонатно-кальциевого в сульфатно-хлоридный класс. Содержание сульфат-ионов в них возросло в 8,9 раза, нитритов в 14, нитратов в 9,1, ионов аммония в 6,9, натрия в 4,0, калия в 10,8 раза. Из микроэлементов в водах при осушении концентрируется марганец и уменьшается количество цинка. В первые годы после осушения не произошло значительных колебаний в содержании меди, кобальта, молибдена.

Т а б л и ц а 1

Влияние сроков осушения и освоения на химический состав
мелиорированных торфяных почв, мг/л

Сроки осушения и освоения	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	Гу- мус
Почвенно-грунтовые воды										
Целинное болото	0,60	2,00	0,10	13,28	1,32	2,00	6,26	9,64	сле- ды	68,12
Участок осу- шен										
не освоен										
1 год освоен	2,92	4,86	0,35	72,09	5,43	0,85	15,60	12,13	0,01	53,44
2 года освоен	2,70	4,50	1,12	66,11	6,40	6,35	16,37	14,24	0,03	40,22
5 лет освоен	5,04	6,23	2,05	45,24	5,12	6,60	21,19	19,42	0,04	39,65
10 лет освоен	31,60	19,70	2,43	43,67	6,27	7,78	82,70	107,81	0,14	58,58
Поверхностные воды										
Целинное болото	0,50	1,80	0,04	43,09	6,08	1,05	5,54	10,82	0,04	50,90
Участок осу- шен										
не освоен										
1 год освоен	2,97	3,17	0,12	45,52	7,13	0,90	13,14	13,25	0,03	41,12
2 года освоен	3,19	6,50	0,19	48,74	7,64	0,60	15,86	14,11	0,02	18,16
5 лет освоен	2,45	7,35	0,31	42,22	6,14	1,55	11,17	23,35	0,08	21,28
10 лет освоен	6,00	10,90	1,02	39,42	5,39	3,00	19,96	35,57	0,04	30,68

Площадка на мелиорированных дерново-перегнойно-глеевых почвах примыкает к осушенным торфяно-болотным почвам. Химический состав их близок, несмотря на то, что почвы различны. Сходны эти воды по реакции среды (рН 7,5 в водах дерново-перегнойно-глеевых почв и 7,25 в водах торфяных почв), минерализации (250,9 и 216,6 мг/л), жесткости (2,9 и 2,2 мг-экв/л), ионам натрия (6,4 и 6,9 мг/л) соответственно. Однако они резко различаются по количеству растворимых органических веществ: содержание гумуса и перманганатная окисляемость в два раза выше в водах торфяных почв; а также по форме азота: содержание аммонийного азота 0,03 мг/л в водах дерново-перегнойно-глеевых почв и 0,55 в водах мелиорированных торфяных почв, нитратов соответственно 0,99 и 1,45, нитритов 0,02 и 0,16 мг/л. Это закономерно, так как торфяные почвы содержат большие запасы органических веществ по сравнению с дерново-перегнойно-глеевыми. Воды последних содержат больше ионов кальция, магния, сульфатов, гидрокарбонатов, фосфатов, что коррелирует с их минерализацией. По содержанию микроэлементов почвенно-грунтовые воды осушенных торфяных и дерново-перегнойно-глеевых почв незначительно разнятся между собой. Так, в водах дерново-перегнойно-глеевых почв марганца 34,5 мкг/л, торфяных — 36, меди соответственно 24,8 и 20,9, кобальта — 2,5 и 1,8, молибдена — 1,8 и 2,0, цинка — 20,0 и 16,4 мкг/л.

После 11-летнего сельскохозяйственного использования мелиорированных дерново-перегнойно-глеевых почв их почвенно-грунтовые воды стали так же, как и воды торфяных почв, сульфатно-хлоридного класса, содержание сульфат-ионов в них возросло в 7,8 раза, хлор-иона в 4,4, ионов калия и натрия в 2,7 раза (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Изменение химического состава почвенно-грунтовых вод
мелиорированных торфяных почв

Показатели	Период исследований, гг.								
	1975—1980 (n = 32)				1980—1985 (n = 27)				
	х	σ	ν	т	х	σ	ν	т	т
Окисляемость, мг O ₂ /л	9,26	6,11	64,91	2,73	5,80	2,53	43,07	1,12	1,11
Жесткость, мг-экв/л	2,57	0,92	35,00	0,41	2,59	0,55	14,14	0,18	0,41
Гумус, мг/л	40,51	5,56	16,64	2,99	56,75	21,85	38,38	9,53	1,77
K ⁺ , мг/л	5,06	2,58	51,50	1,15	22,59	19,37	82,04	1,61	2,15
Na ⁺ , мг/л	6,29	3,04	50,87	1,36	19,93	5,51	27,71	2,39	4,97
Ca ²⁺ , мг/л	45,25	16,74	35,97	7,48	51,58	14,54	28,17	6,33	0,79
Mg ²⁺ , мг/л	5,12	1,66	32,60	0,85	6,33	3,00	44,81	1,31	0,95
NH ₄ ⁺ , мг/л	2,65	0,77	38,80	0,39	2,53	0,80	32,88	0,34	2,00
Fe ³⁺ , мг/л	0,035	0,02	36,97	0,01	0,048	0,09	39,19	0,02	1,15
Cl ⁻ , мг/л	21,18	8,20	39,01	3,67	80,24	23,61	31,91	10,37	4,95
SO ₄ ²⁻ , мг/л	19,33	7,57	39,64	3,38	117,34	24,17	20,10	10,47	9,60
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,05	0,02	40,80	0,01	0,15	0,10	62,94	0,04	2,50
NO ₃ ⁻ , мг/л	2,10	0,13	28,10	0,08	10,05	1,31	64,26	0,56	2,80
HCO ₃ ⁻ , мг/л	138,45	57,77	41,34	25,84	39,16	22,80	53,69	10,05	3,51

Почвенно-грунтовые воды неосушенных дерново-подзолисто-глееватых песчаных почв (площадка «Клетное»), используемых под пастбище, расположенное на пологом склоне к целинному болоту, имели стабильный химический состав с ярко выраженной сезонной динамикой. Распашка данной площадки и использование почв в севообороте с внесением удобрений резко изменили химический состав почвенно-грунтовых вод. Так, содержание нитрат-иона в них возросло в 27 раз, нитрит-иона — в 9,8, в 2 раза увеличилось содержание хлоридов и калия, незначительно натрия, магния, сульфатов, а также гумуса. Все это отразилось и на составе вод окраинных участков целинного болота (бассейн р. Нарев), в которых содержание ионов аммония увеличилось в 4,6 раза, нитритов и сульфатов — в 6,7—2,2, ионов калия в 3 раза.

Исследованиями установлено, что почвенно-грунтовые воды обогащены химическими компонентами в большей степени, чем поверхностные воды осушительных каналов (см. табл. 1). Так, поверхностные воды торфяных почв после 11-летнего сельскохозяйственного использования содержат ионов калия в 5,2 раза меньше, чем почвенно-грунтовые, хлор-, нитрит-, сульфат-, нитрат-ионов в 4,4, 3,6, 3,0, 2,6; ионов аммония в 2,4, гумуса — в 1,9 и ионов натрия — в 1,8 раза соответственно. Аналогичны изменения и поверхностных вод мелиорированных дерново-перегнойно-глеевых почв, в которых содержится ионов аммония в 13,5 раз меньше, чем в почвенно-грунтовых водах, ионов калия, натрия, нитрат-ионов — в 1,4 раза, сульфат-, нитрит-ионов, а также гумуса в 2,2 — 2,5 раз меньше.

Это объясняется тем, что при фильтрации в каналы почвенно-грунтовые воды частично очищаются. Кроме того, произрастающие в каналах растения задерживают, осаждают, фильтруют мелко- и грубодиспергированные примеси, коллоидные частицы и другие загрязнители и поглощают химические элементы. Подпор воды, образуемый растениями, замедляет течение, вследствие чего увеличивается время контактирования растворяемых в воде соединений с растениями. Это способствует более интенсивному самоочищению вод стока от неорганических и органических загрязнителей. Происходит также и разбавление вод атмосферными осадками.

По мере использования дренируемых территорий мелиорированных торфяных почв в поверхностных водах каналов отмечается значительное увеличение соединений азота: ионов аммония в 5,4 раза, нитрат- и нитрит-ионов в 5,0—2,0. С проведением осушительной мелиорации содержание сульфат-иона возросло в 8,7 раз, ионов калия, натрия, хлор-иона — в 1,3—1,9 раза.

Площадка «Болотная-1» на целинном болоте, расположенная в 0,6 км от осушенного массива, дополнительно была осушена при торфодобыче. Целинным осталось небольшое по площади пространство, воды которого претерпели колоссальные изменения. Так, в почвенно-грунтовых водах содержание аммония увеличилось в 47 раз, в поверхностных — в 24; нитритов соответственно в 33 и 5,5 раз, нитратов — в 3,5 раза. Помимо биогенных элементов в почвенно-грунтовых водах произошло увеличение содержания сульфатов в 16 раз, калия и натрия — более чем в 2 раза.

В связи с возрастающей хозяйственной деятельностью человека в составе стоковых вод с освоенных водосборов повышается содержание химических элементов [7], особенно азота, что загрязняет воды рек и водохранилищ. В начале проведения осушительной мелиорации воды наливного водохранилища у д. Трухановичи, р. Ясельды и магистрального канала были близки по химическому составу с водами расположенного рядом целинного болотного массива. Так, минерализация поверхностных вод целинного болота составляла 153 мг/л, водохранилища у д. Трухановичи 147; минерализация вод р. Ясельды у д. Трухановичи и магистрального канала повышается соответственно до 272 и 305 мг/л. Это закономерно, ибо канал и река дренируют большую площадь мелиорированных ландшафтов, где осушение и последующее освоение почв с внесением удобрений способствуют повышению минерализации, особенно за счет сульфатов, содержание которых уже в первые годы мелиорации в водах магистрального канала повышается до 35,2 мг/л по сравнению с поверхностными водами водохранилища (10,2 мг/л), в 2—3 раза увеличивается содержание иона натрия. Природный гидрокарбонат-кальциевый состав поверхностных вод изменяется в водах магистрального канала на гидрокарбонатно-сульфатный.

Поверхностные воды характеризуются следующим содержанием микроэлементов: меди 24,8 мкг/л, цинка 10,5, кобальта 2,3, марганца 50,5, молибдена 2,2 мкг/л.

После 11-летнего осушения и освоения почв водосбора содержание ионов аммония в водах р. Ясельды возросло в 5,4 раза, в водах наливного водохранилища у д. Трухановичи в 10 раз, нитрат-иона соответственно в 2,3 и 16,6, нитрит-иона от следов до 0,12 мг/л и в 2,1 раза.

Для предотвращения загрязнения рек необходимо организовать замкнутый цикл использования вод мелиоративного объекта, накопление их в водохранилищах и потребление для регулирования водного режима почв и полива.

Использование мелиорированных почв в интенсивном земледелии сказалось на качестве колодезных вод. Часть вносимых удобрений попадает в водоносные слои, так как не все удобрения потребляются растениями и фильтруются почвой; продукты минерализации при осушении торфяных почв также попадают в водоносные слои и накапливаются в колодцах. Изучение химического состава колодезных вод на целинном и мелиорированном участках болотного массива в верховье р. Ясельды (д. Клепахи Пружанского района) выявило, что природный гидрокарбонатно-кальциевый класс вод в них изменен на гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный. Колодезные воды на мелиорированном

участке сильно загрязнены. Минерализация их составляет 850 мг/л, плотный остаток 1150, содержание нитратов 46,9, сульфатов 367,3, нитритов 0,18, аммония 4,1, ионов калия 88,3 и натрия 235 мг/л, что выше ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого назначения. Колодезные воды, отобранные на большом расстоянии от мелиорированных участков, менее минерализованы (546 мг/л). Выше ПДК в них только содержание ионов калия и нитритов. Количество ионов калия в 1,8 раза ниже, чем в водах колодца, расположенного рядом с мелиорированными почвами, ионов натрия в 1,7, аммонийных ионов в 2,6, нитратов в 7,0, хлор-ионов в 1,9, сульфатов в 2,0, нитритов в 1,5 раза ниже.

Следовательно, загрязнение вод мелиорированных освоенных торфяных почв происходит значительно интенсивнее, чем рядом расположенных целинных.

Проведенная математическая обработка данных по водам мелиоративного объекта «Верховье р. Ясельды» за первый и последующий пятилетние сроки с начала проведения осушительной мелиорации (в табл. 3 в качестве примера приводятся данные только по водам торфяных почв) выявила достоверность различий в содержании:

Т а б л и ц а 3

Химический состав поверхностных и почвенно-грунтовых вод мелиоративного объекта «Верховье р. Ясельды»

Показатели	Поверхностные воды мелиорированных торфяных почв, n = 59		Почвенно-грунтовые воды мелиорированных торфяных почв, n = 59			Поверхностные воды мелиорированных дерново-перегнойно-глеевых почв, n = 32		Почвенно-грунтовые воды мелиорированных дерново-перегнойно-глеевых почв, n = 32		
	х	т	х	т	т	х	т	х	т	т
Окисляемость, мг O ₂ /л	3,64	1,06	7,53	1,92	1,77	2,35	0,73	2,11	0,54	0,26
Жесткость, мг-экв/л	2,40	0,26	2,58	0,29	0,46	2,52	0,31	3,05	0,29	1,25
Гумус, мг/л	23,70	1,60	48,63	1,76	10,58	19,81	3,46	22,84	3,15	0,65
K ⁺ , мг/л	3,87	0,88	13,82	1,38	6,08	3,30	1,20	4,55	0,79	0,87
Na ⁺ , мг/л	8,93	1,14	13,64	1,88	2,14	7,34	1,07	9,70	1,02	1,59
Ca ²⁺ , мг/л	40,24	3,76	48,41	6,90	1,04	41,05	3,51	48,11	3,84	1,36
Mg ²⁺ , мг/л	5,54	0,63	5,72	1,09	0,14	5,19	0,58	7,59	1,28	1,70
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,81	0,26	2,59	0,37	3,94	0,44	0,12	0,04	0,02	3,35
Fe ³⁺ , мг/л	0,041	0,02	0,045	0,01	0	0,029	0,01	0,04	0,01	1,59
Cl ⁻ , мг/л	15,27	1,79	50,71	7,02	4,89	22,32	1,98	27,00	1,12	2,06
SO ₄ ²⁻ , мг/л	23,03	5,24	68,33	6,92	5,22	28,56	5,90	61,43	3,69	4,72
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,057	0,02	0,10	0,027	1,20	0,007	0,01	0,013	0,01	1,34
NO ₃ ⁻ , мг/л	2,25	0,07	6,05	0,32	2,34	1,75	0,09	1,87	0,19	0,09
HCO ₃ ⁻ , мг/л	126,11	15,98	88,80	17,94	1,55	106,55	12,33	103,73	9,37	0,18

а) для поверхностных вод мелиорированных торфяных почв — калия, аммония, хлоридов, нитратов, гидрокарбонатов;

б) для почвенно-грунтовых вод мелиорированных торфяных почв — калия, натрия, аммония, хлоридов, сульфатов, нитритов, нитратов, гидрокарбонатов. Наиболее возросло содержание сульфатов, хлоридов, ионов натрия (источником сульфатов служат содержащие их органические и минеральные соединения, в которых они связаны в виде S²⁻ или SH-групп, окислительные процессы, связанные с минерализацией

торфа при осушительной мелиорации, переводят эти формы в устойчивую SO_4^{2-} ; возрастание хлоридов связано с внесением удобрений, содержащих их, и относительно малой трансформацией хлоридов в биологических и гидрохимических процессах);

в) для поверхностных вод мелиорированных дерново-перегнойно-глеевых почв — натрия, аммония, хлоридов, сульфатов, нитратов, гидрокарбонатов;

г) для почвенно-грунтовых вод мелиорированных дерново-перегнойно-глеевых почв — калия, натрия, железа, хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов;

д) для вод р. Ясельды — аммонийной формы азота и железа;

е) для вод водохранилища у д. Трухановичи — натрия, аммония, хлоридов, нитратов.

Математическая обработка данных по поверхности и почвенно-грунтовым водам мелиорированных торфяных почв за все годы исследований (см. табл. 3) выявила достоверность их различий: в содержании ионов калия, натрия, аммония, хлоридов, сульфатов, нитратов; для вод мелиорированных дерново-перегнойно-глеевых почв — в содержании ионов аммония, хлоридов, сульфатов.

Многолетние мониторинговые исследования природных вод позволяют сделать вывод о прогрессирующем загрязнении как поверхностных, так и почвенно-грунтовых вод мелиорированных территорий. Изменения настолько существенны, что меняется класс вод из природного гидрокарбонатно-кальциевого в гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый и гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный со значительным повышением сульфат-, хлор-, нитрат-ионов, а также ионов калия и натрия. Повышается содержание соединений азота в водах реки и водохранилища (не происходит их полного самоочищения). Загрязнения поверхностных и почвенно-грунтовых вод мелиоративных объектов распространяются на загрязнения вод крупных водосборов и регионов. Для уменьшения загрязнения необходимо строить замкнутые и полужамкнутые осушительные системы с ограниченным стоком дренажных вод за пределы мелиоративных объектов; использовать минеральные удобрения и средства защиты растений с учетом потребления ими питательных элементов в процессе вегетации; применять локальное внесение удобрений; внедрять приемы уменьшения сработки органического вещества осушенных почв, не допускать или замедлять превращение торфяных почв в антропогенные песчаные почвы с низкой влагоемкостью и низким содержанием органического вещества.

1. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л., 1977.

2. Унифицированные методы исследования качества вод: В 4 ч. М., 1977.

3. Окулик Н. В., Брезгунов В. С., Окулик В. А., Драко В. М. // Проблемы Полесья. Мн., 1986. Вып. 10. С. 209.

4. Брезгунов В. С., Дубовец Г. А., Кецко Е. А. Изменение почвенно-грунтовых и дренажных вод под влиянием мелиорации: Тез. докл. науч.-техн. конференции по прогнозированию и планированию развития водн. хоз-ва. М., 1978. С. 77.

5. Зименко Т. Г. Микробиологические процессы в мелиорированных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование. Мн., 1977.

6. Скоропанов С. Г. Освоение и использование торфяно-болотных почв. Мн., 1961.

7. Закревский Д. В. // Водные ресурсы. № 6. 1991. С. 50.



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ГИС ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

25—27 ноября 1993 г. в Кракове (Польша) проходила международная конференция «ГИС для окружающей среды», организованная Институтом географии Ягеллонского университета, Центром географической информации, географическим факультетом Зальцбургского университета и научно-исследовательским клубом польского географического общества.

Работа конференции проходила по трем основным направлениям: представление и обсуждение пленарных и стендовых докладов; работа секций центров, фирм, специализирующихся на изготовлении и предложении пакетов прикладных географических программ, соответствующей компьютерной техники, специального географического оборудования; школа-семинар по основам геоинформатики, методики пользования пакетами прикладных программ для географических исследований.

С докладами выступили: М. Андриевская, М. Барановский — «Связь географических информационных систем с исследованиями окружающей среды» (Институт геодезии и картографии, Варшава); П. Бакуч — «Использование ГИС в подземной гидравлике» (Технический университет, Будапешт); Е. Билецка, В. Федорович-Яковски — «Компьютерный проект составления спутниковых карт горного массива Татры» («NEOKART GIS», Варшава); Т. Блашке, М. Вогель — «Использование географических и экологических информационных систем: состояние аллювиальных пойм в Зальцах (Бавария)» (Географический факультет Зальцбургского университета, Академия охраны природы и управления ландшафтами, Лауфен); М. Габровец — «Изменение структуры землепользования относительно рельефа земной поверхности за последние 40 лет в Словении» (Институт географии, Любляна); Т. П. Давсон — «Использование ГИС для классификации загрязнения окружающей среды в связи с охраной качества воды» (Географический факультет Кембриджского университета); И. Дрвал, Р. Богданович — «Географическая информационная система как база данных для оценки поверхностного стока с водосборных бассейнов» (Факультет гидрологии и климатологии Гданьского университета); Р. Дуттман, М. Франке, Р. Штельцер — «Использование геоэкологических информационных систем для анализа и оценки окружающей среды» (Отделение физической географии и ландшафтной экологии Института географии Ганноверского университета); Б. Забрержа, М. Гасборек — «ГИС и статистический анализ для охраны окружающей среды» (Факультет фотограмметрии и дистанционной информатики Краковского университета горного дела и металлургии); Т. Завила-Нидзвички — «Использование дистанционных методов и ГИС в управлении лесами» (Центр дистанционных методов и информатики Института геодезии и картографии, Варшава); З. Ковальски, М. Зевенберген — «Экономика против экологии. Воздействие окружающей среды на налоги серных рудников» («GEODAN», Варшава); Х. Кремерс — «Структурные объекты городской среды» (Административный совет городского развития и охраны окружающей среды, Берлин); Г. Летоус-Сесула, Л. Х. Кройтцер, П. Липарски, Х. Рейтнер — «Экспертные системы оценки и охраны минеральных ресурсов» (Отделение минеральных ресурсов Управления геологии, Вена), Б. Маркус — «Развитие ГИС-обучения в Венгрии» (Отделение топографии, Технический университет, Будапешт); Г. Межоси, И. Балох — «ГИС-методика для определения зон экологических конфликтов в Венгрии» (Факультет физической географии Сегедского университета); С. Мулярц, В. Мерзва — «Попытка использования ГИС-технологии для налогообложения деградации земельного фонда» (Факультет фотограмметрии и дистанционной информатики Краковского университета горного дела и металлургии); Д. Орлинска, Р. Прусс — «Фотограмметрия в ГИС-технологии» (Технологический университет, Варшава); З. Ситек — «Проблемы объединения контроля за загрязнением окружающей среды с использованием ГИС-технологии» (Университет горного дела и металлургии, Краков); П. Сихочински — «Попытка соединения сканерного и векторного методов цифровой картографической продукции через аналитические материалы» (Отделение земельной информации Краковского университета горного дела и металлургии); П. Шарек, Т. Тулнер, Г. Турчин — «ГИС для управления окружающей средой в Венгрии» (Венгерское геологическое управление, Будапешт).

На конференции был зачитан доклад географов Белгосуниверситета В. М. Широкова, Л. В. Гурьяновой «Экологическая паспортизация искусственных водоемов Беларуси как элемент формирования ГИС» и представлены материалы В. Яцухно, Н. Гагиной «Планирование оптимальной структуры землепользования с применением ГИС».

На конференции работали секции центров и фирм из Польши — «GEODAN Polska», «NEOKART GIS», «POLKART», «IMCO», «INTERGRAPH EUROPE Polska», «Jason Mac Kenzie», из США — «IDRISI Project/Clark University», которые демонстрировали возможности использования специальных программных пакетов для решения практических географических задач (планировка территорий, оперативный контроль-мониторинг, сценарии охраны, рационального использования природных ресурсов и др.).

Делегаты конференции принимали участие в работе «GIS Workshop» — школы-семинара по геоинформатике. В зависимости от уровня подготовки делегатов конференции по работе с географическими информационными системами были организованы специальные группы, занятия в которых проводили преподаватели из Зальцбургского (Австрия), Ягеллонского (Польша), Каталонского (Испания) университетов.

При подведении итогов работы международной конференции был отмечен ее представительский характер (делегаты из Англии, Австрии, Беларуси, Венгрии, Испании, Нидерландов, России, США, Украины, Чехии), актуальность рассматриваемой проблемы по подготовке специалистов-географов для работы с географическими информационными системами.

Л. В. Гурьянова

ИМЯ КОСТЮШКО НА КАРТЕ АВСТРАЛИИ

Именем Андрея Тадеуша Бонаventura Костюшко (1746—1817) — руководителя восстания 1794 г. — названы горный массив в системе Австралийских Альп с высочайшей вершиной континента (гора Костюшко, 2230 м) и национальный парк в пределах этого массива, площадью 680 тыс. га (создан в 1944 г.). Как могло появиться имя белорусского шляхтича на карте далекого континента, что представляют собой эти географические объекты?

Систематическое геолого-географическое изучение материка было начато сравнительно недавно — в начале XIX в. Бассейн р. Муррей впервые обследовали гидрограф Ч. Стерт (1829—1830) и топограф Т. Митчелл (1831—1836). В 1839 г. истоки реки исследовал польский географ П. Штелецкий. В феврале 1840 г. в верховьях Муррея он поднялся на высокую гору. В письме на родину Штелецкий писал: «Величественную вершину, на которую до меня никто не поднимался, с ее вечными снегами и безмолвием, я использовал, чтобы увековечить на этом материке в памяти грядущих поколений дорогое имя. В чужом краю, на чужой земле я назвал ее горой Костюшко». Австралийские географы закрепили это название за высшей точкой материка (2230 м), хотя в 80-х гг. XIX в. было доказано, что поляк поднялся не на нее, а на соседнюю вершину (2219 м), названную в честь Томаса Таунсенда, исследовавшего Австралийские Альпы в 1846—1850 гг. Ошибка Штелецкого была воспринята как несущественная, а его право на наименование высшей точки материка — неоспоримым в знак уважения его заслуг в геолого-географических исследованиях о. Тасмания (1842), результаты которых были опубликованы в Лондоне (1845). В Лондоне (1954) была издана, а в Варшаве (1957) переиздана книга о П. Э. Штелецком, в которой давалась развернутая биография и подробное описание его путешествий по Австралийскому континенту.

Австралийские Альпы совсем не похожи на своих европейских «однофамильцев» с остроконечными вершинами, превышающими 4000 м. Вершины Австралийских Альп — Костюшко и Таунсенд — это всего лишь более возвышенные участки высокогорья со средней отметкой около 2000 м; останцы более древних пенепленов. В опубликованных источниках приведены разные отметки горы Костюшко (И. П. Магидович, 1967 и БСЭ — 2234 м; Г. А. Гвоздецкий, 1987—2228 м); по данным ГУГК СССР — 2230 м. Окончательно она сформирована древними кристаллическими породами — гранитными интрузиями в палеозойских отложениях — на рубеже позднего плиоцена и раннего плейстоцена. И только район горного массива Костюшко оказался затронутым плейстоценовым оледенением, где небольшие ледники переработали скалистые цирки и верховья долин.

Здесь в течение всего года на ледниках и в ущельях сохраняется снег (выше 1500 м). Климат окружения горы Костюшко считается на материке самым суровым: средние температуры летних месяцев 10—15°, зимних 0—1°. До отметки 1300 м поднимаются густые эвкалиптовые леса с древовидными папоротниками (отдельные экземпляры древостой проникают на высоту 1800 м). Между 1300—1800 м склоны покрыты низкорослыми зарослями снежного эвкалипта и бука-нотифагуса, выше 1800 м господствует зелень альпийских лугов. На территории национального парка «Костюшко» построено множество кемпингов и отелей — более полумиллиона туристов ежегодно посещают этот район Австралийских Альп.

Нашему национальному герою поставлены памятники во многих городах Польши и США, его имя увековечено и в далекой Австралии. В родовом поместье Костюшко «Меречовщина» (на территории Коссовского дворца с пейзажным парком в 40 га) с XVIII в. дом — одноэтажное прямоугольное деревянное здание, завершавшееся двухъярусной крышей, — уничтожен в 1943 г., дворец частично сохранился (охраняется государством). С восстановлением Коссовского дворцово-усадебного комплекса экспозиция дома-музея Костюшко должна быть пополнена материалами о географическом объекте, носящем имя нашего земляка.

В. А. Ермоленко,
Р. А. Жмоидяк

РЕФЕРАТЫ

УДК 532.773:667.467

Гриншпан Д. Д., Цыганкова Н. Г., Лущик Л. Г., Савицкая Т. А. Новый процесс получения гидратцеллюлозных волокон и пленок без применения сероуглерода // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Получены прядильные растворы целлюлозы в системе $ZnCl_2-H_2O$, охарактеризованы их стабильность и реологические свойства, найден состав осадительных ванн и условия формирования гидратцеллюлозных и смешанных с синтетическими полимерами волокон (нитей) и пленок с удовлетворительными физико-механическими показателями.

Предложена принципиальная схема процесса получения искусственных волокон и пленок из водных растворов целлюлозы в хлориде цинка, включающая стадию регенерации основных химикалий и возвращения их в производственный цикл.

Библиогр. 10 назв., ил. 5, табл. 6.

УДК 71.023.41

Коктыш Д. С., Рогач А. Л., Руткевич Д. Л., Беленков В. В., Корзун Г. М., Рахманов С. К. Электрохимическое исследование анодной стадии процесса модифицированного химического проявления // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Изучено электрохимическое влияние добавок полиэтиленгидроксида и аминов, вводимых в химический метол-гидрохиноновый проявитель для обработки радиографических пленок, на анодное окисление проявляющих веществ. Показано, что увеличение эффективности химического проявления обусловлено не только растворяющим действием добавок на микрокристаллы галогенида серебра, но и их ускоряющим влиянием на окисление проявляющих веществ. Последнее должно приводить как к росту скорости проявления за счет увеличения тока сопряжения анодной и катодной стадии процесса, так и к вовлечению в проявление дополнительного количества центров скрытого изображения за счет сдвига потенциала окисления проявляющих веществ в отрицательную область, что обеспечивает протекание сопряженного процесса проявления с участием центров скрытого изображения с более отрицательным потенциалом.

Библиогр. 5 назв., ил. 3.

УДК 541.67

Глазков Ю. В., Рудаков И. А. Химически индуцируемая динамическая поляризация ядер в системе краситель — хинон — растворитель // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Проведены исследования явления ХПЯ, возникающего при фотохимической реакции в системе краситель — хинон — растворитель. Показано, что ХПЯ возникает в процессе синглет-триплетной эволюции в радикальных парах краситель — хинон. Рассмотрен возможный механизм фотопроявления. Приведены данные, характеризующие зависимость эффективности ХПЯ от кислотности среды и концентрации акцептора.

Библиогр. 14 назв., ил. 3.

УДК 621.793

Новоторцева И. Г., Гаевская Т. В., Цыбульская Л. С. Особенности электрохимического осаждения сплава никель-бор // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Изучены особенности электрохимического осаждения сплава никель-бор. Установлены факторы, оказывающие влияние на скорость электроосаждения, содержание неметаллического компонента бора в сплаве, структуру и некоторые свойства пленок Ni-B. Высказаны предположения относительно механизма включения бора в пленки.

Библиогр. 8 назв., ил. 3, табл. 1.

УДК 581(132 + 174)

Малашевич А. В., Кабашникова Л. Ф., Михайлова С. А., Кабанова С. Н. Состояние хлорофилла различных сортов тритикале // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Исследовано физико-химическое состояние хлорофилла тритикале. Кинетические кривые извлекаемости пигментов из хлоропластов малополярными растворителями показывают наличие двух четко разграниченных форм хлорофилла ($a+b$), отличающихся степенью извлекаемости малополярными растворителями. Количество легкоизвлекаемой формы пигментов неодинаково у сортов тритикале, различающихся по срокам созревания. Наибольшее количество извлекаемого хлорофилла обнаруживается у позднеспелого сорта на фоне относительно малого содержания белка в хлоропластах.

Библиогр. 10 назв., ил. 2, табл. 1.

УДК 616-006:612.015.348

Сенчук В. В., Ластовская Л. А. Состояние цитоскелетных белков в процессе роста злокачественных опухолей // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Результаты исследования структурного состояния белков цитоскелета клеток злокачественных опухолей крыс в процессе опухолевой прогрессии показывают, что при опухолевом росте происходит значительная реорганизация цитоскелета злокачественных клеток, изменяется внутриклеточное распределение компонентов цитоскелета, возрастает ассоциация актина с плазматическими мембранами неопластических клеток, увеличивается содержание полимерных форм актина и тубулина в составе цитоскелета.

Библиогр. 14 назв., ил. 3.

УДК 595.763.14(476)

Рындевич С. К. Экологическая структура жуков-водолюбов (Coleoptera, Hydrophilidae) фауны Беларуси // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Рассматривается экологическая структура жуков-водолюбов фауны Беларуси. Выделены 2 экологических комплекса, 6 групп, 4 подгруппы и 4 инфрагруппы. Для каждой экологической группы приводится характеристика и видовой состав. Рассмотрены факультативные экологические группы.

Библиогр. 8 назв., табл. 1.

УДК 598.829

Гричик В. В. Особенности полиморфизма и таксономический статус зеленоголовых форм желтой трясогузки (*Motacilla flava* L.). 1 // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Проанализирована изменчивость окраски оперения так называемой «желтолобой трясогузки» — *Motacilla flava lutea* Gm. Установлено, что типы окраски самцов этой формы, которые принимались за возрастные наряды, на самом деле лишь варианты полиморфизма. Близость к сероголовой *M. f. beema* Syk. и отсутствие данных о взаимной репродуктивной изолированности от нее не позволяют трактовать форму *lutea* в качестве самостоятельного вида.

Библиогр. 25 назв., ил. 2, табл. 1.

УДК 577.352; 539:591.05:539.1.047

Чубанов В. С., Шолух М. В. Влияние хронического гамма-облучения в дозе 0,5 Гр на кинетические параметры аденилатциклазы мозга крыс // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Показано, что хроническое гамма-облучение в дозе 0,5 Гр снижает максимальную скорость образования цАМФ каталитической субъединицей, не изменяя ее K_m . ГТФ вызывает увеличение V_{max} фермента контрольных и облученных животных соответственно в 2,2 и 4,2 раза. В присутствии гуанилового нуклеотида K_m фермента после хронического гамма-облучения в 3,2 раза выше контрольного значения. Эффект ингибирования активности АЦ высокими концентрациями АТФ без и с добавлением ГТФ более выражен у облученных животных.

Библиогр. 17 назв., ил. 3, табл. 1.

УДК 661.728 + 615.015

Стедьмах В. А., Юркштович Т. Л., Селезнев Е. А., Голуб Н. В. Экспериментальная коррекция гипоксических состояний с помощью моно- и аминокарбоксилцеллюлозы // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Исследованы антигипоксические свойства натриевых солей монокарбоксилцеллюлозы (Na-MKЦ) и аминокарбоксилцеллюлозы (Na-AKЦ). В модельных экспериментах на белых мышах установлены протекторные эффекты Na-MKЦ и Na-AKЦ при нормобарической гиперкапнической гипоксической гипоксии и гистотоксической (тканевой) гипоксии. В этих условиях антигипоксические эффекты Na-AKЦ проявляются в 1,28—2,07 раза более значительно, чем Na-MKЦ. Оба препарата не обладают защитным действием при транспортной (гемической) гипоксии, вызванной у мышей нитритом натрия в дозе 400 мг/кг. Однако снижение дозы гипоксанта до 200 мг/кг позволяет демонстрировать Na-AKЦ защитные эффекты на крысах и мышах.

Библиогр. 14 назв., ил. 2, табл. 3.

УДК 551.431

Широкое В. М. Изменение гидроэкологических условий озерных водохранилищ при их эксплуатации // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

В статье показаны гидрологические и гидроморфологические условия, которые изменяются при создании на базе озер водохранилищ. В результате возникают береговые процессы, меняются условия седиментации. Все эти изменения формируют новый гидроэкологический режим озерных водохранилищ в ходе их длительной эксплуатации.

Библиогр. 9 назв.

УДК 551.435.4(482)

Тайбао Ян (КНР). Подтверждение гипотезы Миланковича данными по лессовым отложениям и погребенным почвам Китая // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

На основе анализа лессовых отложений и погребенных почв проведено сравнение лессовой климатической кривой с теоретической кривой Миланковича и разделение климатических фаз для последних 100 тыс. лет.

Библиогр. 11 назв., ил. 1.

УДК 551.734.5(476-13)

В ы с о ц к и й Э. А., О б р о в е ц С. М., И л ь и н Г. Г. Палеогеоморфологические условия формирования ловушек нефти в верхнесоленосных отложениях Западно-Тишковской площади Припятского прогиба // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Выявлены палеогеоморфологические условия образования отложений репера «широкого» на Западно-Тишковской площади. Установлено, что ловушками нефти являются органогенные (в основном водорослевые) постройки, сформировавшиеся на приподнятых участках северного склона Западно-Тишковского палеоподнятия. В пределах контура подсчета запасов залежи нефти связаны с разобщенными в плане разновозрастными органогенными постройками. Показано, что флуктуации уровня воды и изменения концентрации солей в бассейне детерминировали приуроченность линз органогенных известняков к определенным частям разреза, а собственно палеорельеф — локализацию таких линз в плане.

Библиогр. 5 назв., ил. 1.

УДК 551.4(476)

М и х а л ь ч и к З. (Польша). Условия круговорота воды Люблинского Полесья // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

В статье дается гидрологическая характеристика составляющих круговорота воды в пределах Люблинского Полесья. Подробно рассматривается влияние хозяйственной деятельности на водные условия.

Библиогр. 5 назв., ил. 1.

УДК 551.510.04 + 631.4(476)

К и с е л е в В. Н., У т ы р о Л. В., К у д л о К. К. Урожайность и качество сельскохозяйственных растений в условиях загрязнения почв тяжелыми металлами // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Исходя из величины ежегодного техногенного поступления в почву пригородной зоны Минска свинца, цинка и меди определена приблизительная величина их накопления в пахотном горизонте к 2010 г. В результате в почве увеличение содержания данных элементов не превысило ПДК. Угнетающего воздействия на рост и развитие пшеницы, овса, люпина и картофеля не наблюдалось. Положительное влияние отмечено для урожайности некоторых сортов зерновых. У большинства сортов люпина и картофеля продуктивность несколько уменьшилась. В ближайшие 20 лет в пригородной зоне Минска можно будет получать экологически чистую по содержанию меди, цинка и свинца продукцию зерновых, зернобобовых культур и картофеля.

Библиогр. 9 назв., табл. 3.

УДК 504:528.9:528.88(476)

Ш к у т М. А., К у з ь м и н С. И. Особенности эколого-ландшафтного картографирования на основе материалов дистанционного зондирования // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

На примере Березинского полигона Беларуси показаны особенности среднemasштабного ландшафтного картографирования в связи с геоэкологическими исследованиями, которые необходимо проводить с помощью аэрокосмических методов. Ландшафтные исследования обеспечивают выявление закономерностей пространственной дифференциации ландшафтов. Экологический подход позволяет определить способность природной системы активно сохранять свою структуру при изменении условий среды. В результате районирования выделяются типологические группы геосистем, сходные по степени устойчивости к антропогенным воздействиям. Это позволяет формировать картографическую базу для организации рационального хозяйствования и мониторинга состояния природной среды.

Библиогр. 4 назв., ил. 1, табл. 1.

УДК 631.6:543.3

Л о б а ч Т. Я., З а й к о С. М. Мониторинг почвенно-грунтовых и поверхностных вод мелиорированных территорий // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 2.

Показано многолетнее исследование природных вод мелиорированных территорий с начала проведения осушительной мелиорации. Изучались воды мелиорированных торфяных и дерново-перегнойно-глеевых почв, воды целинных болот и немелиорированных дерново-подзолисто-глееватых песчаных почв, а также поверхностные воды каналов, р. Ясельды и водохранилища. Показано прогрессирующее загрязнение природных вод, выражающееся в значительном увеличении сульфат-, хлор-, нитрат-ионов, а также ионов калия и натрия.

Библ. 7 назв., табл. 3.

CONTENTS

CHEMISTRY

<i>Grinshpan D. D., Tsygankova N. G., Luschik L. G., Savitskaya T. A.</i> New Process of Making Hydrocellulose Fibers and Films without Using Carbon Disulfide	3
<i>Koktysh D. S., Rogach A. L., Rutkevich D. L., Belenkov V. V., Korzun G. M., Rakhmanov S. K.</i> Electrochemical investigation of the anodic part of the modified chemical development	11
<i>Glazkov U. V., Rudakov I. A.</i> CIDNP in the dye — quinone — solvent system	13
<i>Novotortseva I. G., Gaevskaya T. V., Tsybul'skaya L. S.</i> Features of electrodeposition of Ni-B alloy	16

BIOLOGY

<i>Malashevich A. V., Kabashnikova L. F., Michailova S. A., Kabanova S. N.</i> State of chlorophyll in different varieties of triticale	21
<i>Senchuk V. V., Lastovskaja L. A.</i> The structural state of cytoskeletal proteins during tumour progression	25
<i>Ryndevich S. K.</i> Ecological pattern of the fauna of water-beetles of Byelorussia	28
<i>Gritschik V. V.</i> Polymorphism patters and taxonomical status of green-headed races of Yellow Wagtail (<i>Motacilla flava</i> L.). 1	30
<i>Chubananov V. S., Sholukh M. V.</i> Influence of chronic gamma-irradiation (0,5 Gy) on kinetic properties of rat brain adenylate cyclase	35
<i>Stelmakh V. A., Yurkstovich T. L., Seleznev E. A., Golub N. V.</i> Experimental correction of hypoxic conditions with mono- and aminocarboxylcellulose	39

GEOGRAPHY

<i>Shirokov V. M.</i> Changes of hydroecological conditions of water-reservoirs during their exploitation	44
<i>Taibao Jan.</i> Evidence for Milancovitch hypotheses from studies of loess and buried soils in China	48
<i>Vysotsky E. A., Obrovets S. M., Ilyin G. G.</i> Paleogeomorphological environment during the formation of oil traps in the Upper Salt measures of the West Tishkov prospect, Pripyat Depression	51
<i>Mihalchic Z.</i> Conditions of water circle of Lublin Polesie	55
<i>Kiselev V. N., Utyrro L. B., Cudlo K. K.</i> Productivity and quality of the agricultural produce in the conditions of the pollution of heavy metals	59
<i>Shkut M. A., Kuzmin S. I.</i> Features of ecologic-landscape mapping on a basis of remote sensing data	65
<i>Lobach T. Ya., Zaiko S. M.</i> Monitoring of soil, unconfined ground and surface waters at the meliorated territories	69

CHRONICLE

<i>Guryanova L. V.</i> International conference «GIS for surrounding environment»	76
<i>Ermolenko V. A., Zhmoydyak R. A.</i> Kostjushko's name on the map of Australia	77

400 р.

Индекс 74852

ISSN 0372—5340. Вестн. Бєлорус. ун-та. Сєр. 2: Хим. Биол. Геогр. 1994. № 2. 1—80