

ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета

СЕРИЯ 2

Химия
Биология
География

3'95



СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

<i>Свиридов В. В., Шевченко Г. П., Суша А. С., Осипович Н. П., Шевченко Е. В.</i> Использование реакции химического восстановления комплексами Ti (III) для получения ультрадисперсных частиц элементарных полупроводников и металлов в объеме раствора	3
<i>Капуцкий Ф. Н., Старобинец Г. Л., Юркович Т. Л., Борщевская Т. И.</i> Влияние природы боковых радикалов α -аминокислот на их необменную сорбцию слабокислотным катионитом из водно-спиртовых растворов	6
<i>Кулак А. И., Кондратьев А. В.</i> Механизм действия ультразвуковой кавитации на кинетику переноса электронов в окислительно-восстановительных реакциях	12
<i>Коктыш Д. С., Корзун Г. М., Рахманов С. К., Беленков В. В.</i> О характере выполнения закона взаимозаместимости при стандартном и модифицированном химическом проявлении галогенсеребряных фотографических материалов	16
<i>Степанова Л. И., Пуровская О. Г., Куликова О. Г.</i> Электроосаждение пленок сплавов Ni-W с высоким содержанием вольфрама	19

БИОЛОГИЯ

<i>Кахнович Л. В., Саркисова Е. А.</i> Оценка устойчивости фотосинтетического аппарата различных сортов ячменя к водному дефициту	26
<i>Потапович А. И., Маслова Г. Т.</i> Исследование влияния пирогенала на температуру тела и свободнорадикальные процессы у крыс, интоксцированных четыреххлористым углеродом	29
<i>Фролов А. В.</i> Уточнения и дополнения к фаунистическому списку пластинчатоусых жуков Беларуси (Coleoptera, Scarabaeidae)	32
<i>Шавердо Е. В.</i> Хищные водные жуки (Coleoptera, Hydradeephaga) Березинского биосферного заповедника	35
<i>Маслова Г. Т., Потапович А. И.</i> Состояние антиокислительной системы крови и печени крыс при введении пирогенала	38
<i>Буга С. В.</i> Некоторые особенности биологии пестрой дубовой тли (Thelaxes dryophila Schrank) (Homoptera: Aphidoidea) в условиях Беларуси	41
<i>Царук В. В., Костюк В. А.</i> Влияние 1,2-бензохинонов на восстановление физиологических показателей у крыс после глубокого охлаждения	44

ГЕОГРАФИЯ

<i>Антипова Е. А.</i> Новые тенденции в развитии СП Республики Беларусь	47
<i>Нестерук В. И., Лысковец М. В., Ковриго П. А.</i> Моделирование трансграничного переноса радионуклидов	49
<i>Капельщиков Н. А., Жмудяк Р. А., Шалькевич Ф. Е.</i> Интерпретация результатов структурно-геоморфологических исследований на основе применения дистанционных съемок	52
<i>Фейгельман М. Е., Шалькевич Ф. Е., Капельщиков Н. А., Новиков Г. В.</i> Методы дистанционного зондирования и их применение в экологии	57
<i>Лопух П. С.</i> Влияние водохозяйственного благоустройства территорий малыми водохранилищами на изменение природной среды	61
<i>Хомич С. А., Радевич С. В.</i> Методические подходы к оценке интенсивности химической денудации	67
<i>Чертко Н. К., Мечковский И. С.</i> Висмут в почвах техногенных ландшафтов	73

ХРОНИКА

<i>Ермоленко В. А.</i> 150 лет Русскому Географическому Обществу	77
--	----

ВЕСТНИК

Белорусского государственного
университета

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с февраля 1969 года
один раз в четыре месяца

СЕРИЯ 2

Химия
Биология
География

3'95

ОКТЯБРЬ



МИНСК
„УНІВЕРСІТЭЦКАЕ”

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

Редакционная коллегия серии:

А. И. ЛЕСНИКОВИЧ (*ответственный редактор*),
С. А. ВОРОБЬЕВА (*ответственный секретарь*), Р. А. ЖМОЙДЯК,
Ф. Н. КАПУЦКИЙ, В. Н. КИСЕЛЕВ, Л. В. КОЗЛОВСКАЯ,
Н. М. КРЮЧКОВА, А. И. КУЛАК, И. К. ЛОПАТИН, В. А. ПРО-
КУЛЕВИЧ, Е. М. РАХМАНЬКО, В. В. СЕНЧУК (*зам. ответ-*
ственного редактора), Л. С. СТАНИШЕВСКИЙ, А. В. ТОМА-
ШЕВИЧ, В. М. ШИРОКОВ (*зам. ответственного редактора*),
О. М. ШАДЫРО, А. С. ШУКАНОВ

ВЕСТНИК БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия 2: Хим. Биол. Геогр. 1995. № 3

Редактор *И. А. Лешкевич*
Младший редактор *Г. М. Добыш*
Художественный редактор *Ю. С. Сергачев*
Технический редактор и корректор *Г. И. Хмарун*

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

Сдано в набор 22.09.95. Подписано в печать 20.10.95. Формат 70×108 1/16. Бумага офс.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,0. Усл. кр.-отт. 7,52. Уч. изд. л. 7,27. Тираж 600 экз.
Заказ 1081. Цена 8000 р.

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

Типография издательства «Белорусский Дом печати». 220013, Минск, пр. Ф. Ско-
рины, 79.

© Вестник Белгосуниверситета, 1995



УДК 546.145.2.

*В. В. СВИРИДОВ, Г. П. ШЕВЧЕНКО, А. С. СУША
И. П. ОСИПОВИЧ, Е. В. ШЕВЧЕНКО.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАКЦИИ ХИМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСАМИ Ti (III) ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И МЕТАЛЛОВ В ОБЪЕМЕ РАСТВОРА

The possibility to use Ti (III) complexes as a reducing agents for the preparation of Se, Te, Sn and Ni sols in aqueous solution in the presence of number stabilizing material have been investigated. Features of the formed particles have been studied by the transmission electron microscopy method.

Реакции химического осаждения металлов из водных растворов достаточно широко применяются для получения металлических покрытий и порошков [1]. Ведется поиск возможных путей регулирования дисперсности формирующихся осадков, необходимых для получения материалов, обладающих заданными свойствами.

В работе представлены результаты исследования возможности использования комплексов Ti (III) как восстановителя для получения гидрозолей элементарных полупроводников (Se, Te) и неблагородных металлов (Sn, Ni) с регулируемой дисперсностью частиц. Интерес к комплексам Ti (III) вызван возможностью получения чистых веществ без примесей бора и фосфора, которые соосаждаются с металлом при использовании в качестве восстановителя борогидрида и гипофосфита, а также возможностью регулирования в широких пределах потенциала пары Ti(III)/Ti(IV) путем изменения состава раствора [2—5].

Золи получали из растворов, составы которых представлены в табл. 1, сливанием при интенсивном перемешивании равных объемов растворов восстанавливаемого вещества и восстановителя. Величину pH доводили до необходимого значения в обеих составляющих растворами 3М HCl, 25 % NH_3 (Se, Te) или 1М NaOH (Ni, Sn).

Для стабилизации золей использовали поливиниловый спирт (ПВС) (0,1 % для Se, Te; 1 % для Ni), желатину (1 % для Sn) и ОП-7 (1 % для Ni), а также гель $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Ni).

Полученные золи исследовали методом просвечивающей электронной микроскопии на приборе ЭМ-125 К. Препарирование осуществляли путем ультразвукового распыления золей на свежие сколы слюды или на медные сеточки с коллодиевой пленкой. Начальные стадии реакции изучали, замораживая каплю раствора жидким азотом и напыляя углеродную пленку в вакуумном посту ВУП-5 на свежий скол капли.

В процессе исследования установлено, что в отсутствие стабилизирующих добавок комплексы Ti (III) восстанавливают Se, Te, Sn и Ni из водных растворов их солей при комнатной температуре в широком интервале pH с образованием высокодисперсных осадков. Во всех случаях процесс протекает с индукционным периодом.

Т а б л и ц а 1

Составы растворов, использовавшихся для получения гидрозолей (концентрации приведены в моль/л)

Формируемый золь	Восстанавливаемое вещество	Восстановитель	Лиганды	Интервал pH
Se	H ₂ SeO ₃ 0,001	TiCl ₃ 0,05 TiCl ₄ 0,05	EDTA 0,12	−0,3—9,0
Te	H ₂ TeO ₃ 0,001	TiCl ₃ 0,05 TiCl ₄ 0,05	EDTA 0,12	−0,3—9,0
Sn	SnCl ₂ 0,04	TiCl ₃ 0,1	Na ₃ Cit 0,14 NH ₃ 0,8	7,0—9,5
Ni	NiSO ₄ 0,025	TiCl ₃ 0,05	Na ₃ Cit 0,075 NH ₃ 0,5	7,0—9,5

Золи Se и Te. В присутствии ПВС формируются стабильные оранжево-красные золи селена и коричнево-черные золи теллура, частицы которых имеют сферическую форму и размеры 10—80 нм. Размер формирующихся частиц, а также величина индукционного периода определяются, в первую очередь, концентрацией ионов водорода и величиной редокс-потенциала пары Ti (III)/Ti (IV). Смещение потенциала редокс-пары Ti (III)/Ti (IV) в катодную область, достигаемое изменением соотношения концентраций комплексных ионов Ti(III) и Ti(IV) в растворе (суммарная концентрация солей титана при этом поддерживалась постоянной), приводит к снижению индукционного периода реакции и уменьшению среднего размера частиц (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Зависимость индукционного периода реакции восстановления Se и размера формирующихся частиц от величины редокс-потенциала пары Ti(III)/Ti(IV) (pH=4,0, общая концентрация солей титана в растворе C_{Ti}=0,1 М)

E _{Ti(III)/Ti(IV)} , мВ	τ _{инд} , с	d _{ср} , нм
−490	0	20
−420	1—2	22
−400	10	40
−380	15	45
−365	20	50

П р и м е ч а н и е: величины редокс-потенциалов рассчитаны по [5].

В исследуемом интервале pH (−0,3—0,9) при C_{Ti(III)} = C_{Ti(IV)} = 0,05М наблюдается экстремальная зависимость индукционного периода реак-

ции и размеров частиц от рН: для Se максимальный индукционный период наблюдается при рН=7,0, а для Те — при рН=5,0, причем для Se он составляет несколько минут, тогда как для Те — несколько часов. При увеличении рН от 0 до 9,0 средний размер частиц меняется от 20 до 35 нм с максимумом 55 нм при рН = 5,0 для Se и от 25 до 18 нм с максимумом 32 нм при рН = 1,0 для Те. Следует отметить, что получение золь осложняется выпадением непротонированной формы H_4Edta в области рН 1—3 и выпадением TeO_2 в области рН 3,0—4,0. При рН > 8,0 со временем наблюдается растворение коллоидных частиц предположительно за счет дальнейшего восстановления до Se (-2) и Те (-2).

Отметим также, что при использовании ряда других восстановителей, таких как N_2H_4 , NH_2OH , $(NH_2)_2CS$, NaH_2PO_2 , SO_2 , $NaBH_4$, формирующиеся золи Se и Те (в условиях, аналогичных вышеописанным) характеризуются большими размерами частиц и более высокой полидисперсностью, по сравнению с золями, полученными при восстановлении комплексами Ti (III). Это иллюстрирует табл. 3 на примере золь селена.

Т а б л и ц а 3

Средние размеры частиц
и ширина пика распределения частиц
по размерам на половине высоты (1)
для золь селена полученных с использованием
различных восстановителей
($C_{H^+}=2M$)

Восстановитель	d_{cp} , нм	l, нм
N_2H_4	65	30
NH_2OH	40	30
$(NH_2)_2CS$	100	50
NaH_2PO_2	120	40
SO_2	65	50
$NaBH_4$	35	30
Ti(III)/Ti(IV)	20	5

*В случае борогидрида рН раствора составил 8,0.

Золи Sn. Согласно имеющимся в литературе данным [6], получение гидрозоль олова при использовании борогидрида как восстановителя возможно только в сильнощелочных растворах при рН>11 и низкой концентрации соли олова (порядка 0,001 M), причем процесс сопровождается выделением побочных продуктов (SnH_4 и др.). В случае восстановления комплексами Ti (III) олово легко осаждается в виде высокодисперсного порошка. Введение 1 % желатины позволяет получить устойчивый золь с размером частиц 25—75 нм при использовании даже 0,04 M раствора $SnCl_2$. Изучение начальных стадий данной реакции показало, что первоначально формируются частицы с размерами менее 20 нм, причем при использовании растворов с меньшей концентрацией соли олова средний размер частиц на начальных стадиях реакции уменьшается. Однако при отсутствии защитного вещества из-за протекающей агрегации к моменту завершения реакции в системе обнаруживаются агрегаты Sn микрометровых размеров.

Золи Ni. Устойчивые золи никеля в растворах, составы которых приведены в табл. 1, не образуются. Формирующиеся порошки представляют собой цепочечные агрегаты длиной несколько микрометров и диаметром 150—200 нм, устойчивые при высыхании и нагреве вплоть до температуры окисления металлического никеля. Исследование начальных стадий восстановления никеля комплексами Ti (III) показало, что уже за первые 5—6 с после сливания реакционных растворов в системе образуются от-

дельные зародышевые частицы сферической формы размером 10—20 нм. За счет роста и агрегации зародышевых частиц в системе формируются вторичные частицы сферической формы с размерами 30—40 нм, которые, согласно имеющимся данным [7], уже обладают ферромагнитными свойствами. Агрегация вторичных частиц протекает с образованием коротких цепочек, которые в дальнейшем, агрегируясь и ориентируясь в геомагнитном поле, формируют цепочечные структуры микрометровой длины.

Установлено, что введение в реакционную систему 1% ПВС или ОП-7 не предотвращает агрегацию образующихся частиц никеля, обусловленную их магнитными свойствами, и соответственно формирование цепочечных структур. Введение геля $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ приводит к получению частиц никеля в матрице и препятствует их ориентированной геомагнитным полем агрегации. Однако гель $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ не препятствует процессам роста частиц никеля: после введения геля формируется система изолированных в матрице $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ частиц никеля размером 50—100 нм.

Таким образом, установлена возможность использования реакции химического осаждения в водных растворах комплексами Ti (III) для получения золей элементарных полупроводников, металлов и регулирования размеров формирующихся при этом частиц. Получены стабильные золи Se , Te и Sn . В случае восстановления никеля комплексами Ti (III) получение устойчивых золей затруднено из-за агрегации нанометровых частиц, обусловленной магнитными взаимодействиями между частицами.

Данное исследование финансировалось Фондом фундаментальных исследований Беларуси.

1. Химическое осаждение металлов из водных растворов / Под ред. В. В. Свиридова. Мн., 1987.
2. Руткевич Д. Л., Шевченко Г. П., Свиридов В. В. // Весці АН БССР. Сер. хім. навук. 1990. №1. С. 22.
3. Шевченко Г. П., Афанасьева З. М., Потапенко Л. Т. // XVII Все-союз. Чугаевск. совещ. по химии координационных соединений. 29—31 мая 1990.: Тез. докл. Мн., 1990. С. 238.
4. Свиридов В. В., Шевченко Г. П., Дьяб Н. и др. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1991. № 2. С. 6.
5. Руткевич Д. Л. Дисс. ...канд. хим. наук. Мн., 1993.
6. Гиниятуллин Н. Г., Колобурдо К. П. // Изв. вузов: Химия и хим. техно-лог. 1976. Т. 19. С. 530.
7. Петров Ю. И. Кластеры и малые частицы. М., 1982.

УДК 542.61

Ф. Н. КАПУЦКИЙ, Г. Л. СТАРОБИНЕЦ,
Т. Л. ЮРКШТОВИЧ, Т. И. БОРЩЕНСКАЯ

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ БОКОВЫХ РАДИКАЛОВ α -АМИНОКИСЛОТ НА ИХ НЕОБМЕННУЮ СОРЕБЦИЮ СЛАБОКИСЛОТНЫМ КАТИОНИТОМ ИЗ ВОДНО-СПИРТОВЫХ РАСТВОРОВ

The Gibbs free energy of nonechange sorption a number of α -aminoacids from binary water-ethanol solutions on a weakacid ionexchanger in hydrogen form has been studied.

The influence of the polar groups of the aminoacids side chains on the transfer free energy has been shown.

Необменная сорбция аминокислот карбоксильными ионитами на основе полиакрильных, полистирольных и целлюлозных ионитов из водных и бинарных водно-органических сред была исследована в работах [1—10]. В большинстве из них основное внимание было уделено выяснению условий, при которых полиэлектролиты могут быть использованы в качестве носителей фармакологически активных веществ (ФАВ). В этих

работах были рассмотрены главным образом α -аминокислоты (АК), содержащие аполярные боковые радикалы. Представляется целесообразным исследовать влияние полярных боковых радикалов АК на формирование сорбционных связей между молекулами ФАВ и полярными группами полиэлектролитов-носителей. В настоящей работе изучено влияние функциональных групп боковых радикалов некоторых цвиттерионных форм АК на свободную энергию их переноса из бинарных водно-этанольных растворов в фазу слабокислотного катионита КБ-4п2 в водородной форме.

Примененные нами экспериментальные методики межфазного распределения АК описаны в [1, 6, 7]. Константы распределения АК рассчитывались по начальным наклонам изотерм в координатах $\overline{C}$ (мгэкв $\cdot$ г $^{-1}$) — C (мгэкв $\cdot$ мл $^{-1}$). Надстрочный индекс обозначает фазу катионита. Стандартная свободная энергия Гиббса межфазного распределения АК рассчитывалась по уравнению:

$$\Delta G_d^0 = -2,3 \lg K_d \text{ (кДж} \cdot \text{моль}^{-1}\text{)}. \quad (1)$$

Для расчета слагаемых ΔG_d^0 свободной энергии специфических взаимодействий, соответствующей переносу цвиттерионных групп ($\Delta G_{c.p.1}^0$), переносу полярных групп боковых радикалов ($\Delta G_{e.p.2}^0$) и свободной энергии гидрофобных взаимодействий неполярных радикалов или неполярных групп полярных боковых радикалов ($\Delta G_{r.f.6}^0$), использована разработанная нами аддитивная схема, описанная в [6,7].

В таблице приведены результаты расчетов, соответствующие следующим мольным долям спирта водно-этанольных растворов — 0,00; 0,55; 1,0: $\delta \Delta G^0$, $\Delta G_{c.p.1}^0$, $\Delta G_{c.p.2}^0$, $\Delta G_{r.f.6}^0$. Величина $\delta \Delta G^0$ равна сумме свободных энергий переноса, соответствующей специфическим взаимодействиям цвиттерионных групп и полярных групп боковых радикалов. Эта величина рассчитывалась как разность свободных энергий переноса эталонной АК, мольный объем которой равен среднеарифметическому значению мольных объемов изученных АК, и алифатического углеводорода такого же объема. Слагаемое свободной энергии переноса, соответствующее гидрофобным взаимодействиям $\Delta G_{r.f.6}^0$, рассчитано по уравнению

$$\Delta G_{r.f.6}^0 = \Delta G_d^0 - \delta \Delta G^0. \quad (2)$$

Для аминокислот с полярным боковым радикалом

$$\Delta G_{c.p.2}^0 = \delta \Delta G^0 - \Delta G_{c.p.1}^0, \quad (3)$$

$\Delta G_{c.p.1}^0$ — среднеарифметическое значение величин $\delta \Delta G^0$ алифатических кислот, равное $-2,59$ при $N_2=0,00$, $-5,83$ при $N_2=0,55$ и $-9,1$ при $N_2=1,0$ в кДж $\cdot$ моль $^{-1}$.

Результаты и их обсуждение

Общей характеристикой изотерм $\Delta G_d^0 - N_2$ (рис. 1) является возрастание термодинамической выгодности переноса АК в фазу набухшего ионита с увеличением концентрации спирта. Только у триптофана и глутамина наблюдается обратная тенденция: термодинамическая выгодность их переноса несколько уменьшается с увеличением концентрации спирта. Общий вид изотерм $\Delta G_d^0 - N_2$ определяется соотношением трех слагаемых: $\Delta G_{c.p.1}^0$, $\Delta G_{c.p.2}^0$, $\Delta G_{r.f.6}^0$.

Одинаковая для всех АК зависимость $\Delta G_{c.p.1}^0 - N_2$ (рис. 2) может быть представлена в виде двух линейных участков, один из которых прости-

рается до $N_2 \approx 0,2$, а второй охватывает остальную концентрационную область бинарного раствора, причем наклон второго участка значительно превышает наклон первого. Таким образом, начиная с $N_2=0,2$, происходит сильное возрастание $\Delta G_{\text{сп.л}}^0$, обусловленное, по-видимому, изменением природы фазы набухшего ионита (поскольку эти изменения не зависят от природы АК). Логично принять, что при достаточной концентрации спирта ($N_2 > 0,2$) радикалы его молекул ориентируются в сторону гидрофобной матрицы катионита и вступают в гидрофобное взаимодействие с ее отрезками, а полярные ОН-группы ориентируются в сторону ионогенных групп ионита. При такой ориентации ослабляется экранирование силовых полей ОН-групп боковыми радикалами, уменьшается ассоциация молекул спирта за счет образования водородных связей, повышается реакционная способность ОН-групп и возрастает полярность раствора фазы набухшего ионита по сравнению с полярностью равновесного внешнего раствора.

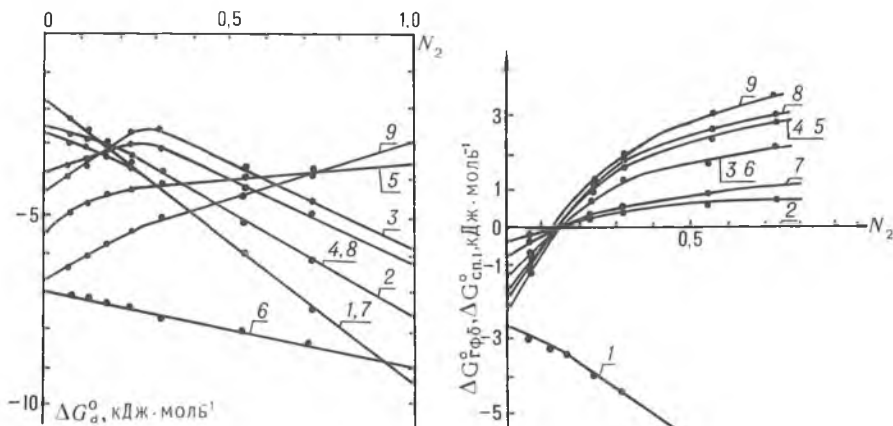


Рис. 1. Изотермы $\Delta G_d^0 - N_2$:

1 — глицин, 2 — валин, 3 — лейцин, 4 — аланин, 5 — глутамин, 6 — серин, 7 — тирозин, 8 — фенилаланин, 9 — триптофан

Рис. 2. Зависимости:

1 — $\Delta G_{\text{сп.л}}^0 - N_2$; 2 — $\Delta G_{\text{гфб}}^0 - N_2$ (2 — аланин, 3 — валин, 4 — лейцин, 5 — фенилаланин, 6 — глутамин, 7 — серин, 8 — тирозин, 9 — триптофан)

Все это позволяет понять, почему изотермы $\Delta G_d^0 - N_2$ алифатических АК проходят через максимум (см. рис. 1). Гидрофобный эффект, т.е. выигрыш свободной энергии переноса углеводородных радикалов АК из их водных растворов в углеводородную матрицу катионита, уменьшается в ряду лейцин>валин>аланин>глицин, и поэтому до $N_2=0,2$ чередование изотерм $\Delta G_d^0 - N_2$ этих кислот следует правилу Траубе. Однако при значениях $N_2 \geq 0,2$ имеет место обращение знака гидрофобного эффекта (см. рис. 2), обусловленное тем, что полярность раствора фазы ионита становится больше полярности равновесного внешнего раствора. Благодаря этому углеводородные радикалы выталкиваются из фазы набухшего ионита тем сильнее, чем больше их масса. Поэтому при $N_2 \geq 0,2$ наибольший выигрыш свободной энергии переноса в фазу ионита проявляет глицин, у которого боковой радикал отсутствует, и наименьший выигрыш свободной энергии переноса проявляет лейцин, у которого масса углеводородного радикала наибольшая. Таким образом, при значениях N_2 , превышающих 0,2, чередование изотерм сорбции следует обращенному правилу Траубе, что неизбежно ведет к появлению максимумов на изотермах $\Delta G_d^0 - N_2$. При составе, соответствующем точке пересечения изотерм, полярности обеих фаз равны и свободная энергия переноса уг-

леводородного радикала равна нулю. Перемена знака слагаемого $\Delta G_{\text{гфб}}^0$ при $N_2 \approx 0,2$ имеет место у всех АК (см. рис. 2) независимо от природы бокового радикала и это является дополнительным подтверждением того, что обращение гидрофобного эффекта обусловлено изменением свойств набухшего ионита.

Вклад боковых радикалов в свободную энергию сорбции определяется химической природой их полярных и гидрофобных групп (алифатических, ароматических, гетероциклических фрагментов радикала). Например, радикал серина содержит гидрофобную CH_2 -группу и сильнополярную OH -группу. Поэтому гидрофобная природа этого радикала очень слабо выражена. В шкале гидрофобности Нозаки—Тэнфорда серин занимает последнее место [11]. Даже в водном растворе свободная энергия гидрофобного взаимодействия радикала серина мала ($\Delta G_{\text{гфб}}^0 = -0,84 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$) и она быстро уменьшается с увеличением концентрации спирта (см. таблицу). Слабое гидрофобное удерживание CH_2 -группы радикала серина матрицей катионита не препятствует проявлению специфических взаимодействий OH -групп с ионогенными группами КБ-4п2 (H^+), поэтому перенос боковых OH -групп серина из водного раствора в фазу набухшего катионита термодинамически выгоден, причем эта выгода неуклонно возрастает по мере увеличения концентрации спирта (рис.3), что обусловлено возрастающим ослаблением гидрофобного эффекта. Некоторое уменьшение выгодности переноса OH -групп при очень высоких концентрациях спирта может быть объяснено сильным выталкиванием CH_2 -групп из матрицы и облегчением ассоциации OH -групп радикалов.

Представляет интерес сопоставление изотермы $\Delta G_{\text{сп.2}}^0 - N_2$ серина и глутамина. У последнего гидрофобный участок бокового радикала представлен двумя CH_2 -группами, а амидная группа менее полярна, чем OH -группа. В результате термодинамическая выгодность переноса амидной группы уменьшается по сравнению с OH -группой серина, т. е. кривая $\Delta G_{\text{сп.2}}^0 - N_2$ глутамина проходит гораздо выше, чем у серина, а при значениях N_2 , превышающих 0,5, перенос амидной группы становится термодинамически невыгодным. Вероятно, что и в данном случае это обусловлено ассоциацией молекул глутамина при высоких значениях N_2 .

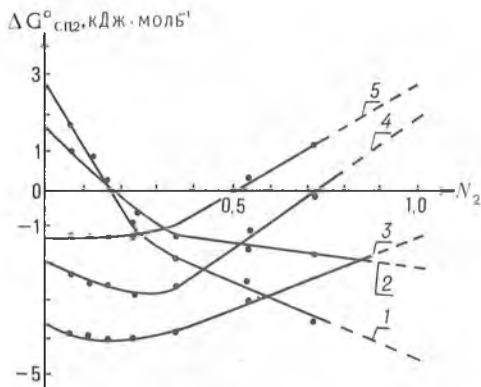


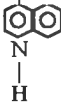
Рис. 3. Зависимость $\Delta G_{\text{сп.2}}^0 - N_2$:
1 — тирозин, 2 — фенилаланин, 3 — серин, 4 — триптофан, 5 — глутамин.

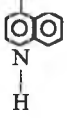
Характерна зависимость $\Delta G_{\text{сп.2}}^0 - N_2$ у фенилаланина. В качестве полярных центров здесь выступают кислые водородные атомы фенильных групп. В области функционирования термодинамически выгодного гидрофобного эффекта (до $N_2=0,2$) фенильные группы в фазе катионита малоподвижны и взаимодействие их кислых атомов водорода с водой фазы катионита, а в особенности с его ионогенными группами, заторможено. Поэтому в этой концентрационной области перенос фенильной группы в фазу катионита термодинамически невыгоден. В концентрационной области обращения знака гидрофобного эффекта картина меняется: подвижность фенильных групп сильно возрастает, усиливается их взаимодействие с водой и в особенности с ионогенными группами, в

результате кривая $\Delta G_{\text{с.п.2}}^0 - N_2$ переходит в термодинамически выгодную область (см. рис. 3).

В концентрационной области «нормального» гидрофобного эффекта зависимости $\Delta G_{\text{с.п.2}}^0 - N_2$ тирозина и фенилаланина близки. В концентрационной области обращения гидрофобного эффекта зависимость $\Delta G_{\text{с.п.2}}^0 - N_2$ тирозина сильно сдвинута в термодинамически выгодную область по сравнению с фенилаланином, что обусловлено облегчением протекания специфических взаимодействий ОН-группы тирозина с ионогенными группами КБ-4п2 (Н).

Значения ΔG^0 , $\delta \Delta G^0$, $\Delta G_{\text{с.п.2}}^0$, $\Delta G_{\text{г.ф.б}}^0$, кДж·моль⁻¹

Аминокислота	Боковой радикал	ΔG^0	$\delta \Delta G^0$	$\Delta G_{\text{с.п.2}}^0$	$\Delta G_{\text{г.ф.б}}^0$
N ₂ =0,00					
Глицин	NH ₂ -CH ₂ -COOH	-2,69	-2,69	—	—
D-аланин	-CH ₃	-2,91	-2,45	—	-0,46
D-валин	CH(CH ₃) ₂	-3,81	-2,42	—	-1,39
D, L-лейцин	-CH ₂ CH(CH ₃) ₂	-4,37	-2,52	—	-1,85
L-β-фенил-α-аланин	-CH ₂ - 	-2,58	-0,76	+1,76	-1,82
D, L-тирозин	-CH ₂ -  -OH	-1,68	+0,30	+2,82	-1,98
D-триптофан	-CH ₂ - 	-6,72	-4,44	+1,92	-2,28
D, L-серин	-CH ₂ OH	-6,94	-6,10	-3,58	-0,84
L-глутамин	-(CH ₂) ₂ CONH ₂	-5,49	-4,03	-1,51	-1,46
$\Delta G_{\text{с.п.1}}^0 = -2,52$ кДж·моль ⁻¹					
N ₂ =0,55					
Глицин	NH ₂ -CH ₂ -COOH	-5,88	-6,01	—	—
D-аланин	-CH ₃	-5,04	-5,68	—	+0,64
D-валин	CH(CH ₃) ₂	-4,14	-5,78	—	+1,64
D, L-лейцин	-CH ₂ CH(CH ₃) ₂	-3,70	-5,85	—	+2,15
L-β-фенил-α-аланин	-CH ₂ - 	-5,10	-7,24	-1,41	+2,14
D, L-тирозин	-CH ₂ -  -OH	-5,90	-8,19	-2,36	+2,29
D-триптофан	-CH ₂ - 	-4,26	-6,87	-1,04	+2,61
D, L-серин	-CH ₂ OH	-8,06	-8,87	-3,04	+0,81
L-глутамин	-(CH ₂) ₂ CONH ₂	-3,86	-5,58	+0,25	+1,72
$\Delta G_{\text{с.п.1}}^0 = -5,83$ кДж·моль ⁻¹					

Аминокислота	Боковой радикал	ΔG^0	$\Delta \Delta G^0$	$\Delta G_{\text{с п. 2}}^0$	$\Delta G_{\text{Г ф б}}^0$
$N_2=1,00$					
Глицин	$\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$	–9,50	–9,50	—	—
D-аланин	—CH_3	–7,50	–8,60	—	+1,1
D-валин	$\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	–6,20	–9,00	—	+2,8
D, L-лейцин	$\text{—CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	–5,8	–9,4	—	+3,6
L- β -фенил- α -аланин	$\text{—CH}_2\text{—}$ 	–7,6	–11,3	–2,2	+3,7
D, L-тирозин	$\text{—CH}_2\text{—}$ 	–9,4	–14,2	–5,1	+4,8
D-триптофан	$\text{—CH}_2\text{—}$ 	–2,9	–7,7	+1,4	+4,8
D, L-серин	$\text{—CH}_2\text{OH}$	–9,4	–11,1	–2,0	+2,1
L-глутамин	$\text{—(CH}_2)_2\text{CONH}_2$	–3,4	–6,4	+2,7	+3,0
$\Delta G_{\text{с п. 1}}^0 = -7,25 \text{ кДж·моль}^{-1}$					

Сопоставим зависимость $\Delta G^0 - N_2$ триптофана, тирозина и фенилаланина. По-видимому, в силу геометрической несовместимости циклических и алифатических структур, ароматические фрагменты этих АК взаимодействуют главным образом с дивинилбензольными группами матрицы КБ-4п2 (H^+). Однако в случае триптофана гетероциклический фрагмент его бокового радикала сохраняет возможность взаимодействия с ионогенными группами. Этим может быть объяснено то, что начало изотермы $\Delta G_{\text{с п. 2}}^0 - N_2$ триптофана (в отличие от изотерм тирозина и фенилаланина) лежит в термодинамически выгодной области.

Из рис. 1 и 3 видно, что полярные группы радикалов оказывают существенное влияние на зависимость $\Delta G_{\text{д}}^0 - N_2$. Наиболее сильный сдвиг свободной энергии сорбции в термодинамически выгодную область оказывают ОН-группы боковых радикалов тирозина и серина.

1. Капуцкий Ф. Н., Старобинец Г. Л., Юркштович Т. Л., Борщенская Т. И. // Докл. АН РБ. 1994. Т. 38. № 2. С. 63.

2. Капуцкий Ф. Н., Юркштович Т. Л., Старобинец Г. Л. и др. // Вестн АН РБ. Сер. хим. наук. 1985. № 5. С. 31.

3. Старобинец Г. Л., Капуцкий Ф. Н., Юркштович Т. Л. и др. // Там же. 1991. № 5. С. 25.

4. Старобинец Г. Л., Борщенская Т. И. // Там же. № 6. С. 28.

5. Капуцкий Ф. Н., Старобинец Г. Л., Юркштович Т. Л., Борщенская Т. И. // Там же. 1993. № 4. С. 22.

6. Старобинец Г. Л., Борщенская Т. И., Максимова С. Г. // Докл. АН РБ. 1983. Т. 27. № 2. С. 138.

7. Старобинец Г. Л., Капуцкий Ф. Н., Борщенская Т. И. // Вестн АН РБ. Сер. хим. наук. 1994. № 2. С. 33.

8. Капуцкий Ф. Н., Старобинец Г. Л., Юркштович Т. Л., Борщенская Т. И. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1993. № 3. С. 3.

9. Они же // Там же. 1994. № 1. С. 7.

10. Они же // Там же. № 3. С. 17.

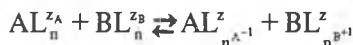
11. Nozaki Y., Tanford Ch. // J. Biol. Chem. 1971. V. 246. № 7. P. 2211.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ НА КИНЕТИКУ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНОВ В ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЯХ

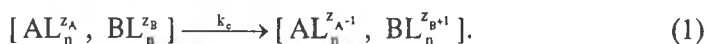
The possibility of increasing the electron transfer rate constant as a result of ultrasound influence on homogenous redox reactions in aqueous solution has been theoretically shown. It has been found that the acceleration factor of ultrasound influence (γ) increases linearly with rising the ultrasound intensity (J). At the further increase in J , this dependence of γ on J is replaced by sharper γ , $\exp(\sqrt{J})$ dependence more expressed under conditions of ultrasonic cavitation.

В настоящее время в качестве основного механизма влияния ультразвука на химические реакции в растворах принято рассматривать образование свободных радикалов за счет действия на реакционную среду импульсов давления, температуры и, возможно, электрического поля, генерируемых коллапсирующими кавитационными пузырьками [1]. Однако среди многообразия звукохимических реакций известны и такие, для которых радикальный механизм вряд ли можно признать основным. К их числу относится акустоиндуцированное ускорение гидролиза диметилсульфата и персульфата калия [2], интенсификация ряда каталитических [3, 4] и электрохимических реакций [5, 6]. Это обстоятельство дает основание для поиска новых механизмов химического действия кавитации, не связанных с учетом радикальных процессов.

В данной работе механизм действия мощных ультразвуковых полей базируется на предположении о том, что ускоряющее действие кавитации связано с локальными (в областях, примыкающих к коллапсирующим кавитационным пузырькам) импульсами давления, вызывающими снижение энергии реорганизации реакционной среды. Подобного рода подход ранее был использован в работе [7] для интерпретации активирующего действия ультразвука в модельных электрохимических процессах, где была показана принципиальная возможность многократного увеличения скорости электронного переноса через границу раздела фаз электрод/раствор в местах атаки электрода микроструями, генерируемыми асимметрично схлопывающимися кавитационными пузырьками. С целью развития данного подхода в настоящей работе анализируется влияние генерируемых кавитацией импульсов давления на скорость элементарной стадии электронного переноса в гомогенной окислительно-восстановительной системе. Рассмотрение ограничивается наиболее модельным случаем внешнесферной реакции электронного переноса между комплексными ионами $AL_n^{z_A}$ и $BL_n^{z_B}$ в растворителе (воде):



(L — лиганд; z — заряд иона). Лимитирующая стадия данной реакции связана с процессом перераспределения электронной плотности в системе (ассоциате) из двух комплексных ионов:



Константа скорости такого процесса, как известно, описывается соотношением [8]:

$$k_c = C \exp(-\Delta G_{os}/RT),$$

где C — предэкспоненциальный множитель, включающий время диэлектрической релаксации среды, энергию Гиббса внутрисферного переноса зарядов и параметры, определяющие степень адиабатичности процесса; ΔG_{os} — энергия Гиббса реорганизации среды при внешнесферном пере-

носе электронов, R — газовая постоянная, T — температура. Величину ΔG_{os} можно выразить, исходя из теории Маркуса [9]:

$$\Delta G_{os} = DRT(\varepsilon_{op}^{-1} - \varepsilon_s^{-1}), \quad (3)$$

где D — константа, включающая характерное расстояние между реагирующими частицами $AL_n^{z_a}$ и $BL_n^{z_b}$ в ассоциате (1); ε_s и ε_{op} — статическая и оптическая диэлектрические проницаемости среды.

Подставляя соотношение (3) в (2) и учитывая, что для водных сред $\varepsilon_s \gg \varepsilon_{op}$, получаем уравнение, связывающее k_e с ε_{op} :

$$k_e = C \exp(-D/\varepsilon_{op}), \quad (4)$$

в котором порядок величины D/ε_{op} примерно соответствует $E_r/4kT \approx 10 \div 20$ (E_r — энергия реорганизации среды).

При действии ультразвука относительно небольшой мощности (не вызывающего развития кавитационных процессов) акустическое давление ΔP в среде можно считать изменяющимся во времени по гармоническому закону $\Delta P = P_0 \sin \omega t$ (P_0 — амплитудное значение давления, ω — частота ультразвука, t — время) и приводящим к синхронному изменению плотности среды $\Delta \rho = \rho - \rho_0 = c^{-2} \Delta P$. Соответствующую модуляцию ε_{op} , вызванную изменениями локальной плотности среды, можно представить в виде:

$$\varepsilon_{op}^* - \varepsilon_{op}^0 = \left. \frac{\partial \varepsilon_{op}}{\partial \rho} \right|_{\rho=\rho_0} \cdot c^{-2} P_0 \sin \omega t, \quad (5)$$

где c — скорость звука в среде; ε_{op}^0 и ε_{op}^* — оптические диэлектрические проницаемости среды в отсутствие и при наличии ультразвукового воздействия. Комбинируя выражения (5) и (4), можно получить уравнение, описывающее степень возрастания (γ) скорости реакции под действием ультразвука:

$$\gamma = \frac{k_e^*}{k_e^0} = \exp \left(\frac{D}{\varepsilon_{op}^0 \varepsilon_{op}^*} \frac{\partial \varepsilon_{op}}{\partial \rho} \cdot c^{-2} P_0 \sin \omega t \right) \quad (6)$$

(k_e^0 и k_e^* — константы скорости реакции в отсутствие и при наличии ультразвукового воздействия соответственно). После интегрирования этого соотношения по периоду ультразвуковых колебаний, с учетом условия малости отклонения ε_{op} от исходного значения ($\Delta \varepsilon_{op} = (\varepsilon_{op}^* - \varepsilon_{op}^0) \ll \varepsilon_{op}^0$), получаем:

$$\gamma = I_0 \left[\frac{DP_0}{(\varepsilon_{op}^0 c)^2} \frac{\partial \varepsilon_{op}}{\partial \rho} \right], \quad (7)$$

где $I_0(F)$ — функция Бесселя нулевого порядка мнимого аргумента.

Поскольку в качестве исходного условия была принята невысокая интенсивность ультразвука (докавитационный режим), значение F невелико и функцию Бесселя можно разложить в ряд, ограничиваясь первыми двумя членами разложения ($I_0(F) = 1 + F^2/4$) и используя известную связь между величиной акустического давления и интенсивностью (J) ультразвука ($P_0 = \sqrt{c\rho_0 J}$ [10]):

$$\gamma = 1 + \chi J, \quad (8)$$

где $\chi = \frac{D^2}{4\varepsilon_{op}^0 c^3 \rho_0}$.

При переходе от низкого ($F \ll 1$) к высокому ($F \gg 1$) уровню ультразвука, но недостаточному, однако, для развития кавитационных процессов, можно использовать разложение функции Бесселя для больших значений аргумента и получить выражение ($I_0(F) = (2\pi F)^{-1/2} \exp(F)$):

$$\gamma = \left(\frac{\varepsilon_{\text{оп}}^0}{2\pi D} \sqrt{\frac{c^3 \rho_0}{J}} \right)^{\frac{1}{2}} \exp \left(\frac{D}{\varepsilon_{\text{оп}}^0} \sqrt{\frac{J}{c^3 \rho_0}} \right). \quad (9)$$

Поскольку предэкспоненциальный множитель слабо изменяется с интенсивностью ультразвука, из соотношения (9) следует линеаризация γ , J-зависимости в форме:

$$\ln \gamma = \mu \sqrt{J}, \quad (10)$$

где $\mu = D \left(\varepsilon_{\text{оп}}^0 \sqrt{c^3 \rho_0} \right)^{-1}$ — параметр, незначительная зависимость которого от J связана с ухудшением соблюдения условия $\Delta \varepsilon_{\text{оп}} \ll \varepsilon_{\text{оп}}^0$ при высоких J.

Следует указать, однако, на существенные ограничения в использовании соотношения (10), связанные с тем, что при таких высоких интенсивностях ультразвука, когда справедливым является представление функции Бесселя в форме (9), наиболее вероятным является кавитационный режим. В этом случае гармонический вид P, t-зависимости неприемлем и возникает необходимость использования ее импульсных аппроксимаций, как правило эмпирических, ввиду чрезвычайной сложности соответствующих гидродинамических задач. В качестве простейшей периодической импульсной функции для решения задач рассматриваемого типа можно предложить соотношение:

$$\Delta P = (1 + M \cos \omega t) [(1 + \alpha - \cos^{2n} \Omega t)^{-1} - (1 + \alpha)^{-1}], \quad (11)$$

в котором M — коэффициент модуляции импульсного сигнала с частотой, равной либо кратной частоте ультразвукового поля ($0 < M < 1$); Ω — частота наиболее значимой компоненты Фурье-разложения спектра частот следования кавитационных импульсов давления ($\Omega \gg \omega$); n — параметр, варьируемый от 1 до бесконечности, задающий ширину импульса. В этом выражении амплитуда давления $P_0 \rightarrow \infty$ при $\alpha \rightarrow 0$ и связана с параметром α соотношением: $P_0 = \alpha^{-1} [1 - (\alpha^{-1} + 1)]$.

Учитывая, что в условиях протекания кавитационных процессов значения P_0 весьма велики ($P_0 \rightarrow \alpha^{-1}$), уравнение (11) можно использовать в упрощенном виде:

$$\Delta P = (1 + M \cos \omega t) (1 + P_0^{-1} - \cos^{2n} \Omega t)^{-1}.$$

С целью выяснения специфики кавитационного воздействия ультразвука, по сравнению с его действием в докавитационном режиме, можно сопоставить значения γ , полученные для гармонически модулированного давления со значениями γ , обусловленными импульсным характером ΔP , t-зависимостей. Так, для равных средних мощностей акустического воздействия

$$\left(\int_{-\pi}^{\pi} \frac{P_0'(1 + \cos \Omega t)}{2} d(\Omega t) = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} (1 + P_0^{-1} - \cos^{2n} \Omega t)^{-1} d(\Omega t) \right)$$

даже при относительно невысокой амплитуде безразмерного давления ($P_0^{-1} = 0,1$) и достаточно широких импульсах ($n=1$) численный расчет отношения:

$$\frac{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \exp(1 + P_0^{-1} - \cos^2 \Omega t)^{-1} d(\Omega t)}{\int_{-\pi}^{\pi} \exp\left[\frac{P'_0(1 + \cos \Omega t)}{2}\right] d(\Omega t)}$$

указывает примерно на 13-кратное увеличение γ при переходе от гармонической к импульсной модуляции давления.

Для получения зависимости степени ускорения реакции от интенсивности ультразвука в условиях кавитации необходимо произвести усреднение значений γ как по периоду следования кавитационных импульсов давления, так и по периоду их низкочастотной огибающей:

$$\gamma = \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \exp\left[\frac{D}{\varepsilon_{op}^0 \varepsilon_{op}^*} \frac{\partial \varepsilon_{op}}{\partial \rho} \frac{c^{-2}(1 + M \cos \omega t)}{1 + P'_0 - \cos^2 \Omega t}\right] d(\omega t) d(\Omega t).$$

Учитывая, что для кавитационного режима $\Delta P = \rho_0 c v_j$; $v_j = (\beta / r_j^2)^{1/3} J^{4/9}$ (v_j — скорость кавитационных микроструй, r_j — радиус схлопывающихся пузырьков, β — параметр, зависящий от индекса кавитации) [11], в рамках приближений, использовавшихся при решении уравнения (7) для больших значений аргумента, получаем:

$$\gamma = \exp\left(\frac{D\beta^{4/3}}{\varepsilon_{op}^0 c} J^{4/9}\right) I_0\left(\frac{D\beta^{1/3} M}{\varepsilon_{op}^0 c} J^{4/9}\right) \approx \exp\left[\frac{D\beta^{1/3}}{\varepsilon_{op}^0 c} (M+1) J^{4/9}\right]. \quad (12)$$

Из уравнения (12) вытекает, что в условиях развитой кавитации имеет место линеаризация зависимости между степенью ускорения реакции и интенсивностью ультразвука в координатах $\ln \gamma - \xi J^{4/9}$, где $\xi = D\beta^{1/3}(M+1)/\varepsilon_{op}^0 c$ — параметр, слабо зависящий от J .

Таким образом, вызываемая действием ультразвукового поля модуляция оптической диэлектрической проницаемости среды может приводить к увеличению константы скорости (k_c) электронного переноса для гомогенных окислительно-восстановительных реакций в водных растворах. Степень возрастания γ константы скорости реакции прямо пропорционально зависит от интенсивности ультразвука J в области относительно небольших значений J и переходит в более резкую $\lg \gamma$, $\sqrt{J}$ -зависимость при высоких интенсивностях ультразвука. Если в данных условиях имеет место возбуждение кавитационных процессов, то акустоиндуцированное возрастание скорости реакции оказывается принципиально более высоким, чем в докавитационном режиме, причем коэффициент ускорения (γ) экспоненциально увеличивается с ростом интенсивности ультразвука, взятой в степени 4/9. Хотя эта зависимость и близка к $\lg \gamma$, $\sqrt{J}$ -зависимости (10), характерной для докавитационного режима, но переход к ней в условиях кавитации происходит при принципиально меньшей средней мощности ультразвука, чем это имеет место в отсутствие кавитации.

Работа финансировалась Фондом фундаментальных исследований Республики Беларусь.

1. Маргулис М. А. Основы звукохимии. М., 1984.
2. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. М., 1956.
3. Suslick K. S. // Modern Synthetic Methods. 1986. V. 4. P.1.
4. Мальцев А. Н. // ЖФХ. 1976. Т. 50. № 7. С. 1641.
5. Mason T. J., Lorimer J. P., Walton D. J. // Ultrasonics. 1990. V. 22. № 5. P. 333.
6. Gautheron B., Tainturier G., Degrand C. J. // J. Am. Chem. Soc. 1985. V. 107. P. 5579.

7. Dezhkunov N. V., Francescutto A., Kulak A. I., Iernetti G., Citi P. // Proc. II Int. Symp. of Cavitation. Tokyo, 1994. P. 207.
8. Sutin N. Bioorganic chemistry. Amsterdam; New York, 1971. V. 2. Ch. 19. P. 211.
9. Marcus R. A. // Ann. Rev. Phys. Chem. 1964. V. 15. P. 155.
10. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика сплошных сред. М., 1954.
11. Perusich S. A., Alkire R. C. // J. Electrochem. Soc. 1991. V. 138, № 3. P. 700.

УДК 71. 023.7+778.33

Д. С. КОКТЫШ, Г. М. КОРЗУН,
С. К. РАХМАНОВ, В. В. БЕЛЕНКОВ

О ХАРАКТЕРЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАКОНА ВЗАИМОЗАМЕСТИМОСТИ ПРИ СТАНДАРТНОМ И МОДИФИЦИРОВАННОМ ХИМИЧЕСКОМ ПРОЯВЛЕНИИ ГАЛОГЕНСЕРЕБРЯНЫХ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

The investigation of the reciprocity law failure in the low exposure region using the standard and modified development of silver-halide photographic materials was carried out. The reciprocity failure is shown to be less pronounced in the case of modified development. This fact is due to involving into development process the sub-atomic latent image centres which are not developable by standard developer.

Более ста лет в фотохимии известен закон взаимозаместимости Бунзена — Роско, в соответствии с которым масса продукта, образующегося в результате фотохимических реакций, определяется только величиной поглощенной исходными компонентами световой энергии и не зависит от интенсивности и соответственно длительности воздействия светового излучения. Правилom для галогенсеребряных фотографических материалов, являющихся широко распространенным вариантом систем, в которых протекают указанные реакции, является отклонение от выполнения названного закона в области высоких и низких освещенностей, т.е. соответственно при коротком и длительном воздействии светового излучения. Последнее в галогенсеребряном эмульсионном слое определяется природой фотостимулированных процессов, приводящих к формированию относительно устойчивых образований типа малоатомных частиц серебра, которые способны катализировать процесс химического восстановления микрокристаллов галогенида серебра на экспонированных участках указанного слоя при его контактировании с раствором фотографического проявителя. На основании характера выполнения закона взаимозаместимости можно судить как об особенностях механизма процессов, приводящих к фотостимулированному формированию в эмульсионном слое каталитически активных центров, так и о минимальных размерах указанных центров при различных условиях фотографического проявления [1].

Цель данной работы состояла в выяснении на основании характера выполнения закона взаимозаместимости различий в дисперсности центров скрытого изображения, функционирующих в условиях стандартного метолгидрохинонового и модифицированного проявления, и в определении оптимальных условий экспонирования, обеспечивающих достижение максимального фотографического эффекта. Исследование характера выполнения закона взаимозаместимости в области низких освещенностей было проведено при использовании стандартного и модифицированного химического проявления. Модифицированный химический проявитель отличается от стандартного наличием более активных проявляющих веществ, ускорителей восстановления, антиуалентов [2—4] и обеспечивает значительное повышение чувствительности черно-белых галогенсеребряных материалов различного типа к действию светового и ионизирующего излучения за счет вовлечения в процесс формирования видимого изображения дополнительного числа эмульсионных микрокристаллов. В рамках данной работы использовалась рентгеновская меди-

цинская пленка РМ-1, предназначенная для применения с люминесцентными усиливающими экранами, изображение на которой формируется под действием светового излучения этих экранов.

Экспонирование пленки осуществлялось источником видимого света через фотозатвор с выдержками в интервале от $8 \cdot 10^{-4}$ до 5 с, в пределах которого эффект невязимозаместимости (НВЗ) низких освещенностей выражен достаточно отчетливо и который включает область выдержек, используемых в практике медицинской рентгенодиагностики. Ослабление светового потока достигалось применением нейтрально-серых светофильтров марки НС. Интенсивность светового потока измерялась фотоэлектрическим люксметром Ю-116. Химико-фотографическая обработка экспонированных образцов проводилась в пластиковых кюветах и заключалась в проявлении в течение 6 мин при 20 °С в проявителе «Рентген-2» [5] или модифицированном проявителе [2], промывке и фиксировании в фиксаже БКФ [5] и заключительной промывке. Опыты проводились не менее трех раз и случайная ошибка определения оптической плотности не превышала 10 %.

Основные результаты эксперимента представлены на рис. 1 в виде общепринятой графической зависимости $\lg Et$ от $\lg t$ (изоопак) для опорной оптической плотности $D=D_0+1,0$. Особенностью пленки РМ-1 является повышение ее чувствительности (снижение величины экспозиции, необходимой для получения $D=D_0+1,0$) с возрастанием освещенности как при проявлении в метолгидрохионовом проявителе «Рентген-2», так и в модифицированном проявителе, т. е. эффект НВЗ имеет место во всем изучавшемся интервале экспозиций.

При проявлении в «Рентген-2» изоопак плавно уменьшается до времени экспонирования 0,06–0,1 с и круто уменьшается до выдержки $\sim 10^{-3}$ с. При уменьшении выдержки от 10 до 10^{-3} с величина экспозиции уменьшается с 0,35 до 0,06 лк · с.

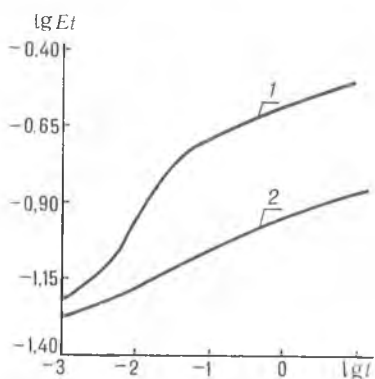
При проявлении пленки в модифицированном проявителе минимальная величина экспозиции, необходимой для получения оптической плотности, равной $D_0+1,0$, заметно понижается (более чем в 2 раза) по сравнению с метолгидрохионовым проявителем. Величина экспозиции равна 0,13 лк · с в области 6–10 с и медленно уменьшается до величины 0,05 лк · с при выдержке 10^{-3} с.

Таким образом, основным отличием модифицированного проявления от метолгидрохинового, помимо достижения более высокой чувствительности пленки [2,3], является меньшая величина эффекта НВЗ в указанном интервале значений t .

Связь между формой изоопак и минимальным размером центра проявления устанавливается уравнением изоопак [6]:

$$\frac{d \lg H}{d \lg t} = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4\nu e^{-U/KT}}{N_0^2} t}} \right],$$

где N_0 — минимальное число атомов в проявляемом центре скрытого изображения; U — энергия, необходимая для выделения электрона или



Зависимость логарифма экспозиции $\lg Et$ от логарифма времени $\lg t$ для опорной оптической плотности $D=D_0+1$ пленки РМ-1 при проявлении в проявителе «Рентген-2» (1) или модифицированном проявителе (2)

иона серебра из предцентра; ν — частота тепловых колебаний решетки; H — величина экспозиции; t — время экспонирования; T — температура.

Поскольку величины ν , U , k , T являются в данном случае константами, изменение тангенса угла наклона изоопак с увеличением времени экспонирования связано с изменением N_0 . Увеличение наклона изоопак свидетельствует об увеличении минимального числа атомов в проявляемом центре скрытого изображения.

Большой угол наклона изоопак в области выдержек 10^{-3} – 10^{-1} с после проявления в метолгидрохиноновом проявителе, по сравнению с проявлением в модифицированном химическом проявителе, свидетельствует о том, что минимальный размер проявляемого центра скрытого изображения в первом случае заметно больше, чем во втором.

В пользу этого заключения свидетельствует и сам факт меньшей величины эффекта НВЗ низких освещенностей, достигаемой для рассматриваемой пленки при использовании модифицированного химического проявления по сравнению со стандартным. Действительно, в рамках существующих представлений [6] эффект НВЗ для низких освещенностей определяется частичной диссоциацией формирующихся в процессе экспонирования отдельных центров СИ до момента присоединения очередного фотоэлектрона. В этих условиях указанный выше факт означает, что часть малоатомных центров СИ участвует в процессе модифицированного химического проявления, но остается незадействованной при стандартном проявлении.

Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что повышение количества проявляемых микрокристаллов в модифицированном проявителе связано с вовлечением в процесс проявления микрокристаллов, содержащих малоатомные центры скрытого изображения, не проявляемые в метолгидрохиноновом проявителе типа «Рентген-2».

Заслуживающим внимание фактом является такая особенность пленки РМ-1, как не зависящее от условий химического проявления повышение чувствительности к действию светового излучения с возрастанием освещенности. Учитывая это обстоятельство, можно полагать, что величина экспозиционной дозы при медицинской рентгениягностике может быть заметно сокращена при повышении светосилы усиливающих люминесцентных экранов и снижении порогового времени срабатывания рентгеновской трубки.

1. Джеймс Т. Х. Теория фотографического процесса. Л., 1980.
2. Корзун Г. М., Шишко Г. В., Рахманов С. К. // Весті АН РБ. 1993. № 2. С. 104.
3. Рахманов С. К., Сташенок В. Д. // Журн. науч. и прикл. фотограф. и кинематограф. 1991. Т. 36. № 4. С. 282.
4. Кисель Л. Ф., Врублевский А. В., Рахманов С. К. и др. // Там же. 1993. Т. 38. № 1. С. 3.
5. Румянцев С. В. Радиационная дефектоскопия. М., 1974.
6. Мейкляр П. В. Физические процессы при образовании скрытого фотографического изображения. М., 1972.

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК СПЛАВОВ Ni-W С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ВОЛЬФРАМА

Bath composition and conditions for electroplating Ni-W alloy films have been investigated. Alloys with high content of tungsten (up to 21,0—23,5 mol %) have been plated at cathodic current 15–20 A/dm², pH=8, T=70 °C from the citrate-ammoniac solution with Na₂WO₄ concentration three times higher than concentration of NiSO₄.

The formation of supersaturated solid solutions of tungsten in nickel at W content above 11,5 mol % was established.

Известно, что в процессе электролиза вольфрам в индивидуальном состоянии из водных растворов не выделяется, но относительно легко соосаждается с металлами подгруппы железа [1]. Одним из наиболее перспективных износостойких покрытий являются сплавы Ni-W с высоким (около 17,5 мол. % и более) содержанием вольфрама. Электролитические сплавы никеля с вольфрамом наряду с высоким сопротивлением износу обладают также повышенной механической прочностью и хорошими защитными свойствами при обычных и высоких температурах.

Путем электрохимического восстановления можно получать сплавы никеля и вольфрама из тартратных, аммиачных [2], тартратно-аммиачных [3], перекисно-борнокислых [4], цитратно-аммиачных [2, 5–8], пиррофосфатных [9, 10] цитратных [9, 11], сульфосалицилатных [12], сульфаматно-цитратных [13], сульфаматных [14] растворов. Содержание вольфрама в сплаве определяется природой и концентрацией лиганда, соотношением концентрации солей никеля и вольфрама в растворе, температурой и pH последнего, а также катодной плотностью тока и может колебаться от нескольких до 35—37,5 мол. %. Полной информации о влиянии всех перечисленных факторов в совокупности на состав формирующихся сплавов нет ни в одной из перечисленных работ.

Цель настоящего исследования — выявление оптимальных условий совместного электроосаждения никеля и вольфрама из цитратно-аммиачного раствора, необходимых для получения пленок сплавов с высоким содержанием вольфрама, и изучение некоторых свойств этих сплавов.

Материал и методика

Пленки сплавов Ni-W осаждались из раствора следующего состава (моль/л): NiSO₄ — 0,1, Na₂WO₄ — 0—0,45, Na₃cit — 0,35, NH₄Cl — 0,9 [2,15]. Процесс осаждения проводился при pH=6—9, T=30—80 °C и катодной плотности тока $D_{кат.}=5—25$ А/дм². Подложкой служила прокатная медная фольга толщиной 50 мкм, предварительно обезжиренная спиртом и подтравленная в течение 30с в HCl (1:1). В качестве анодов использовался металлический никель в контакте с вольфрамовой проволокой. Содержание никеля и вольфрама в пленках определялось фотоколориметрически с использованием в качестве реагентов диметил-глиоксима и роданида калия соответственно.

Рентгенографическое исследование проводили с использованием дифрактометра ДРОН-3 на монохроматизированном излучении. Дифференциальный термический анализ выполняли на дериватографе фирмы МОМ. Распределение элементов по глубине пленок сплава исследовали с помощью Оже-спектрометра Perkin Elmer PHI-660.

Микротвердость полученных пленок сплавов измеряли на приборе PMT-3 при толщине 20 мкм и более.

Выход по току рассчитывали, исходя из предположения, что вольфрам находится в полностью восстановленном состоянии.

Результаты и их обсуждение

При повышении концентрации Na_2WO_4 от 0 до 0,45 моль/л в растворе при постоянной концентрации соли никеля ($C_{\text{NiSO}_4} = 0,1$ моль/л) скорость осаждения сплава проходит через максимум при $C_{\text{Na}_2\text{WO}_4} = 0,15 - 0,25$ моль/л, содержание вольфрама в сплаве увеличивается от 6 до 18 мол. %, выход сплава по току (ВТ) также проходит через максимум и колеблется в пределах 26—42 % (рис. 1,а). Отметим, что количество вольфрама в сплаве превышает 10—12 мол. % только при условии, что концентрация соли вольфрама в 1,5—2 раза больше концентрации соли никеля.

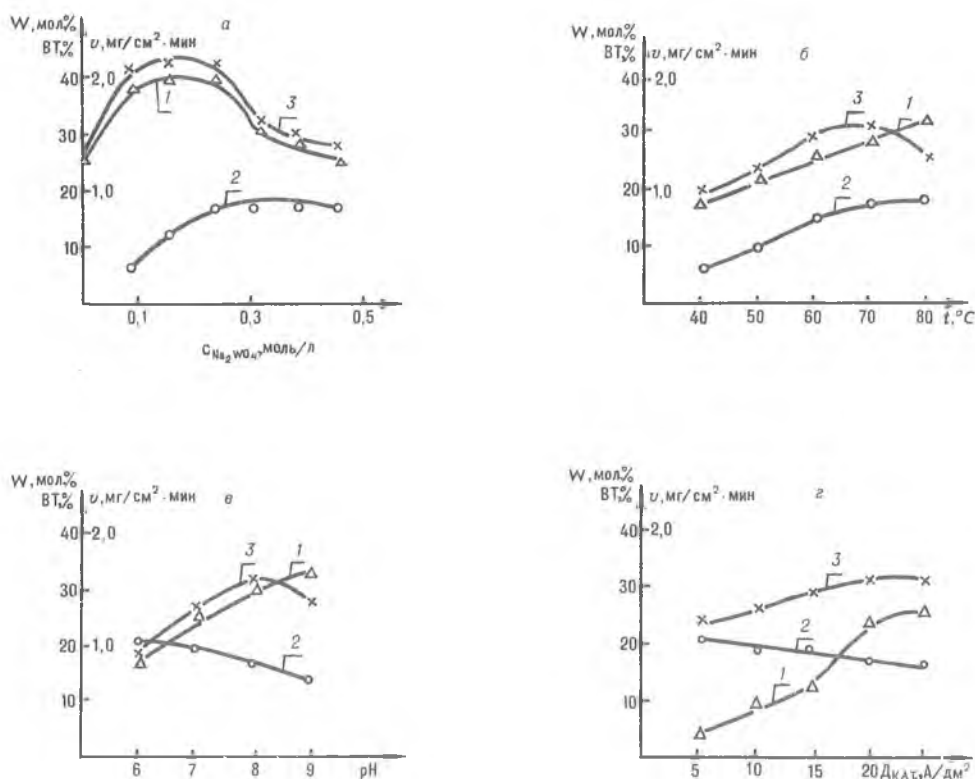


Рис. 1 Зависимость скорости процесса осаждения сплава Ni-W (1), содержания в нем вольфрама (2) и выхода сплава по току (3) от концентрации Na_2WO_4 в растворе (а), температуры (б), pH (в) и катодной плотности тока (г): pH = 8, $C_{\text{Na}_2\text{WO}_4} = 0,3$ моль/л, $T = 70^\circ\text{C}$, $D_{\text{кат.}} = 25 \text{ A/dm}^2$

По данным [16] при электроосаждении сплавов повышение температуры раствора снижает поляризацию катода, увеличивает диффузионную подвижность восстанавливаемых атомов и, как правило, приводит к увеличению содержания электроположительного (в нашем случае вольфрама) компонента. В исследуемом нами растворе при повышении температуры от 40 до 80 °C скорость процесса осаждения сплава монотонно возрастает от 0,9 до 1,45 мг/см² · мин, содержание вольфрама в сплаве растет от 5,9 до 16,9 мол.%. ВТ сплава максимален при 70 °C (рис. 1,б).

Растворы электроосаждения, содержащие металлы подгруппы железа, особенно чувствительны к изменению pH из-за невысокого перенапряжения, выделяющегося на них водорода. С изменением pH, как правило, меняется доля выделяющегося водорода, выход сплава по току, состав и дисперсность сплавов [16].

Проведенное исследование показало, что при изменении pH раствора от 6 до 9 скорость осаждения сплава увеличивается почти в два раза, а содержание в нем вольфрама падает от 20,2 до 13,3 мол.%, ВТ сплава увеличивается от 18,5 до 31 % при pH = 8, затем несколько падает (рис. 1,б).

С увеличением катодной плотности тока растет поляризация катода, в этом случае при осаждении сплавов обычно увеличивается содержание электроотрицательного компонента и уменьшается размер микрокристаллов, из которых состоит пленка [16]. Варьирование катодной плотности тока $D_{кат.}$ от 5 до 25 А/дм² при осаждении сплава Ni-W в исследованном растворе приводит к заметному росту скорости процесса выделения сплава (почти в 6 раз) и снижению содержания в нем вольфрама на 4–5 мол. %. ВТ сплава колеблется в пределах 23–31 % с максимумом при $D_{кат.}=15–20$ А/дм² (рис. 1,г).

Анализ полученных результатов показывает, что для обеспечения достаточно большой скорости процесса и высокого содержания вольфрама в сплаве осаждение целесообразно проводить при pH=8, T=70°C, $D_{кат.}=15–20$ А/дм² и $C_{Na_2WO_4} = 0,3$ моль/л. Осажденный в таких условиях сплав содержит 21,5 мол.% W.

Все представленные результаты получены с использованием непрерывно перемешиваемого раствора. По литературным данным перемешивание или использование нестационарных условий электролиза должно приводить к повышению содержания вольфрама в пленках сплава [15, 17]. Такое изменение состава сплава связывают со снижением различия pH в объеме раствора и в прикатодном пространстве и ускорением вывода электроотрицательных (OH^- , O^{2-}) продуктов восстановления из зоны реакции.

Нами установлено, что при использовании дополнительного механического перемешивания состав сплава изменяется незначительно (содержание W увеличивается на 1–1,5 мол.%), скорость же его осаждения при прочих равных условиях возрастает в 1,3–1,5 раза.

На экспериментальном импульсно-реверсивном источнике с прямоугольной формой импульса при частоте 200 и 1000 Гц и длительности обратного периода, равной 1/8 длительности прямого периода, осаждались сплавы, содержащие до 22,0–22,5 и 23,0–23,5 мол.% соответственно, т. е. очень существенного повышения содержания W (21,5 мол.% при использовании постоянного тока) не наблюдалось. Скорость осаждения в этих условиях в 1,4–1,6 раза превышала скорость осаждения при использовании постоянного

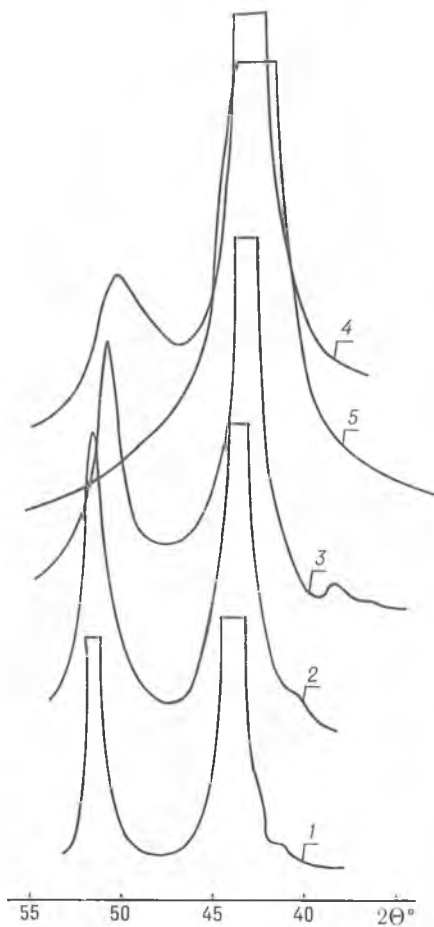


Рис. 2. Фрагменты дифрактограмм сплавов Ni-W с различным содержанием вольфрама (в мол.%) и соответствующими значениями постоянной решетки a (в скобках, нм):

при pH=6: 1 – 5,1 (0,3545), 2 – 11,9 (0,3552), 3 – 16,5 (0,3573), 4 – 17,1 (0,3575); при pH=8: 5 – 20,2 (0,3577)

тока. На основании полученных нами экспериментальных данных можно полагать, что в исследуемом растворе защелачивание приэлектродного пространства в процессе электроосаждения невелико, поэтому при использовании перемешивания или в условиях импульсного электролиза наблюдается лишь небольшое увеличение содержания вольфрама в сплаве и более заметное увеличение скорости процесса.

В результате рентгенодифракционных исследований установлено, что все полученные из данного раствора сплавы представляют собой однофазные кристаллические системы на основе кубической гранецентрированной решетки ($a_{Ni}=0,3525$ нм) никеля. С ростом концентрации вольфрама в сплаве постоянная решетки увеличивается, степень кристалличности пленок понижается (рис.2). Пленки, осажденные в оптимальных условиях при использовании постоянного и переменного токов, являются твердыми растворами вольфрама в никеле и характеризуются постоянными решетками: $a=0,3581$ и $0,3613$ нм соответственно (содержание вольфрама в сплаве 21,5 и 23 мол.%). По данным [18], область твердого раствора в системе Ni-W при низких температурах простирается до 11,5 мол.%, а при 800 °C до 12,5—13 мол.%, следовательно, полученные сплавы являются пересыщенными твердыми растворами вольфрама в никеле.

Проведенное дифференциально-термическое исследование показало, что прогрев пленок сплава, содержащих 19—23 мол.% W, в инертной атмосфере от 20 до 750 °C не приводит к каким-либо заметным структурно-фазовым превращениям. Таким образом, хотя осажденные пленки являются неравновесными пересыщенными твердыми растворами, процессы кристаллизации и низкотемпературной диффузии в них чрезвычайно заторможены.

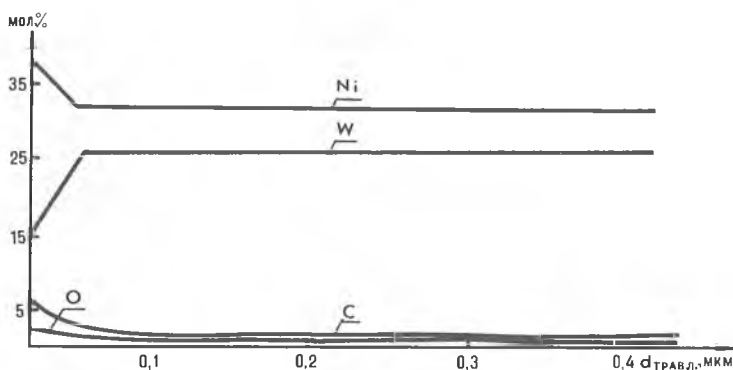


Рис. 3. Оже-профиль распределения элементов в сплаве Ni-W:

$pH=8$, $D_{хл.}=20$ А/дм², $T=70$ °C, $C_{Na_2WO_4}=0,3$ моль/л

Исследование полученных пленок сплавов методом Оже-спектроскопии позволило установить, что за исключением приповерхностного слоя толщиной около 30—40 нм пленки равномерны по составу по всей исследовавшейся толщине (рис. 3). В поверхностном слое концентрация вольфрама минимальна на поверхности и возрастает при движении в глубь образца на 7—10 мол.%. На поверхности образца фиксируется некоторое количество углерода, быстро уменьшающееся практически до нуля при ионном травлении. Кислород в пленках, за исключением упоминавшегося приповерхностного слоя, присутствует в незначительных количествах.

По имеющимся в литературе данным [19, 20], образованию сплава в случае соосаждения никеля и вольфрама предшествует формирование оксидно-гидроксидной пленки, включающей активные формы одновалентного никеля (соединение NiOH, которое получается из $NiOH^+$ по

одноэлектродной реакции [21]) и полимеризованные оксоанионы вольфрама, содержащие октаэдрические группы WO_6 с ослабленной и удлиненной W-O связью, т. е. пленки гетерополивольфрамов никеля.

Можно полагать, что наличие в исследуемых нами образцах приповерхностного слоя с изменяющимся содержанием вольфрама обусловлено протеканием процесса электровосстановления посредством формирования на катоде поверхностной пленки гетерополивольфрамов. По данным [21], ориентировочная толщина такой приповерхностной пленки, фиксируемой в кислых растворах даже визуально, в зависимости от потенциала образования сплава может колебаться от единиц до десятков нм. Авторы монографии [16] считают, что поверхностные слои пленок сплавов очень часто по своему химическому составу отличаются от их состава в объеме и отмечают, что эти слои возможной толщины от 50 до 80 нм содержат максимальное количество неметаллических компонентов (углерод, кислород, азот, сера и др.). Появление таких поверхностных слоев связывается с окислением осадка в послеелектролизный период остатками раствора, кислородом воздуха, а также с адсорбцией и превращениями при промывании компонентов электролита. В исследовавшемся нами случае появление приповерхностной пленки связано вероятнее всего с послеелектролизным превращением полупроводниковой пленки гетерополивольфрамов.

В литературе отмечается, что сплавы никеля с вольфрамом наряду с повышенной механической прочностью обладают хорошими защитными свойствами, однако конкретных данных о коррозионных и механических свойствах электролитических сплавов Ni-W определенного состава мало, поэтому исследования в этом направлении представляются весьма целесообразными.

Влияние состава пленок Ni-W на их микротвердость и скорость растворения в HNO_3

Образец	$C_{Na_2WO_4}$, моль/л	C_W в сплаве, мол. %	Микротвердость, МПа	v растворения в HNO_3 , мг/см ² ·мин
1	0	0	450	1,28
2	0,08	5,1	1120	0,73
3	0,15	11,9	1210	0,62
4	0,23	16,8	1440	0,54
5	0,30	17,6	1460	0,48
6	0,45	18,1	1680	0,43
7	0,45*	20,2	880	0,37

* Для образцов № 1—6 pH=8; для образца № 7 pH=6.

Измерение микротвердости образцов, содержащих различное количество вольфрама, показало, что при повышении концентрации вольфрама натрия в растворе, приводящем к росту содержания вольфрама в пленках, их микротвердость растет от 450 до 1680 МПа (таблица), но при изменении другого параметра, например, pH, значения микротвердости уже не коррелируют с содержанием вольфрама. По-видимому, на значения микротвердости влияние оказывает не только содержание вольфрама, но и размер зерна пленки сплава, а также включение в ее состав образующихся в прикатодном пространстве гидроксидов и других примесей.

Необходимо подчеркнуть достаточно высокую величину микротвердости получаемых пленок сплавов Ni-W, сопоставимую с аналогичным параметром пленок Ni-W в [17] и микротвердостью пленок твердого хро-

ма (1100—1300 МПа), что свидетельствует о высокой практической значимости этих сплавов.

Сплавы металлов подгруппы железа с вольфрамом характеризуются высокой коррозионной стойкостью, поэтому при использовании традиционных методов коррозионных испытаний (во влажной атмосфере, в среде NaCl) требуется достаточно длительный эксперимент. По данным работы [22], удовлетворительные результаты экспресс-оценки коррозионной устойчивости сплава Co-W можно получить при сравнении скорости растворения чистого кобальта и сплавов Co-W с различным содержанием вольфрама в кислотах.

Для выяснения влияния состава пленок на их устойчивость в агрессивных средах были проведены коррозионные испытания по следующей схеме: образцы пленок сплавов взвешивались, помещались на 10 мин в раствор концентрированной азотной кислоты при 40 °С, после чего тщательно промывались, снова взвешивались, затем рассчитывалась скорость растворения сплава. Из представленных в таблице данных следует, что введение вольфрама в состав пленок заметно их стабилизирует по отношению к воздействию HNO_3 , причем чем больше вольфрама в сплаве, тем медленнее он растворяется в кислоте.

Выводы

1. Показано, что при электроосаждении из цитратно-аммиачных растворов пленки сплавов Ni-W с содержанием вольфрама до 21,5 мол.% формируются при повышенной температуре (70 °С), достаточно высокой катодной плотности тока (15—20 А/дм²) и концентрации соли вольфрама, превышающей концентрацию соли никеля в 2—3 раза. При использовании импульсного режима электролиза содержание вольфрама можно повысить до 23,5 мол.%.

2. Такие пленки представляют собой кристаллические твердые растворы вольфрама в никеле, пересыщенные при содержании вольфрама 11,5—13 мол.% и более, устойчивые к термическим воздействиям при температуре ≤ 750 °С.

3. Независимо от толщины сплава пленки Ni-W практически однородны по составу, за исключением тонких приповерхностных слоев, образующихся, по-видимому, в результате послеэлектролизной трансформации пленки гетерополивольфраматов никеля, формирование которой на катоде предшествует образованию сплава.

4. Микротвердость изученных пленок сплава в зависимости от состава колеблется в пределах 880—1680 МПа, коррозионная устойчивость в среде концентрированной HNO_3 возрастает с увеличением концентрации в них вольфрама.

1. С кирсты монская Б. И. // Успехи химии. 1964. Т. 33. № 4. С. 477.

2. Бондарь В. В., Гринина В. В., Павлов В. Н. // Итоги науки и техники. Электрохимия. М., 1980. Т. 16. С. 266.

3. Францевич-Заблудовская Т. Ф., Заяц И. И. // Журн. прикл. хим. 1957. Т. 30. № 5. С. 723.

4. Васько А. Т., Шатуская В. П., Ермоленко В. И. // Коррозия и защита металлов. Киев., 1972. С. 92.

5. Соловьев Е. М., Юрьев Б. П. // Журн. прикл. хим. 1976. Т. 59. № 10. С. 2355.

6. Кадзаяускене В. В., Бярнотас А. К. // Деп. Лит. НИИНТИ № 2238-Лит. 1988. 10 с.

7. Котов В. Л., Грязнова Г. И., Чувилева Т. В. // Изв. вузов. Химия и хим. техн. 1985. Т. 28. № 9. С. 70.

8. Omi T., Nakamizu M., Yamamoto H. // J. Metal Finish Soc. Japan. 1988. V. 39. № 12. P. 809.

9. Przywoski A., Socha J. // Powl. Ochr. 1987. № 5—6. S. 22.

10. Петрунина Т. Е., Левченко Н. М. // Деп. в ВИНТИ 03.06.82. № 6115-82.

11. Буров Л. М., Петрунина Т. Е., Анищенко Г. И. // Деп. в ВИНТИ 11.02.81. № 1108-81.

12. Lando V., Vitek J., Nehmann J. // *Plat. and Surface Finish*. 1987. V. 74. № 5. P. 128.
13. Алехина Т. А., Шошина И. А., Карбасов Б. Т. // *Электрохимия*. 1994. Т. 30. № 2. С. 269.
14. Ротинян А. Л., Алехина Т. А., Шошина И. А. // *Журн. прикл. хим.* 1991. Т. 64. № 12. С. 2687.
15. Чупрына В. И., Рябухин А. Г., Грищенко Б. Г., Гаврилов Б. А. // *Тр. Кург. машиностр. ин-та*. 1971. Вып. 17. С. 85.
16. Поветкин В. В., Ковенский И. М., Устинов Ю. И. *Структура и свойства электролитических сплавов*. М., 1992.
17. Грязнова Г. И., Котов В. Л., Кривцов А. К. // *Замена и снижение расхода дефицитных металлов в гальванопластике*. М., 1983. С. 45.
18. Хансен М., Андерко К. *Структура двойных сплавов*. М., 1962. Т. 2. С. 1119.
19. Васько А. Т. *Электрохимия вольфрама и молибдена*. Киев, 1977.
20. Васько А. Т., Косенко В. А., Зайченко В. В. // *Тр. I Укр. конф. по электрохимии*. Киев, 1973. С. 238.
21. Erelboin J. W. // *J. Electrochem. Soc.* 1971. Т. 118. Р. 1577.
22. Петрунина Т. Е., Буров Л. М., Михайлик Е. Л. // *Вопросы формирования метастабильной структуры сплавов*. Днепропетровск, 1983. С. 172.



ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ К ВОДНОМУ ДЕФИЦИТУ

The pigment fund of photosynthetic membranes and the balance of chlorophylls in pigment-protein complexes of photosystems have been studied. It was shown, that when the amount of waters is not enough, the balance of chlorophylls in reaction centres and light gathering complexes changes.

Водный дефицит отражается на многих функциях растения на разных уровнях его организации. Воздействие стрессовых факторов может вызвать изменение структурной организации и функциональной активности многих систем растений, в том числе и фотосинтетического аппарата, от работы которого существенно зависит формирование растением биомассы и в конечном итоге — продуктивность. Устойчивые к стрессам растения способны определенным образом восстанавливать функциональные системы, обеспечивающие метаболические реакции в данных условиях. Адаптивные реакции прежде всего направлены на сохранение постоянства внутренней среды растений. В стрессовых условиях могут проявляться максимальные возможности фотосинтетического аппарата, его динамичность и пластичность. При неблагоприятных внешних условиях стабильная продуктивность растений в значительной мере зависит именно от устойчивости фотосинтетического аппарата к действию неблагоприятных факторов.

Нарушения, вызванные недостатком воды, могут изменять сбалансированность функций фотосинтетического аппарата растений [1]. Безусловно, степень этих изменений зависит от особенностей не только фотосинтетического аппарата, но и особенностей сорта. При водном дефиците могут быть изменения на уровне хлоропластов, в частности может происходить их набухание, изменение объема фотосинтетических мембран, количества гран в хлоропласте [2]. Если водный дефицит наступает быстро и является продолжительным, то наблюдаются процессы дегенерации в структуре и функции хлоропластов: снижается фотохимическая активность хлоропластов, нарушается ультраструктура и пигментные комплексы, снижается интенсивность фотофосфорилирования, эффективность миграции энергии, соотношение пигментов, ускоряется старение фотосинтетического аппарата [3—4].

Повышение продуктивности растений связано с отбором улучшенных генотипов сельскохозяйственных культур, что в свою очередь требует разработки системы тестов не только на формы с повышенной продуктивностью, но и на формы, устойчивые к действию неблагоприятных условий.

Материал и методика

Влияние водного дефицита на формирование фотосинтетического аппарата исследовали на 5—11-дневных растениях ячменя, отличающихся потенциальной продуктивностью. Использовался сорт старой селекции

Винер (экстенсивный) и сорта относительно новой селекции Зазерский-85 и Интенсивный (интенсивные). В данной статье приводятся усредненные данные нескольких серий опытов с учетом степени сформированности хлоропластов и их возможной деградации. Растения выращивали в лабораторных условиях. Исследовалось влияние водного дефицита, который не вызывал необратимых изменений структурных компонентов клетки и мог быть использован для диагностики устойчивости фотосинтетического аппарата. Засуху создавали путем прекращения полива растений, водный дефицит в среднем не превышал 20–22 % при засухе 40 %.

Исследования проводили на начальных этапах роста и развития растений с целью выявления особенностей фотосинтетического аппарата, обеспечивающих его устойчивость в неблагоприятных условиях формирования. Оценка устойчивости фотосинтетического аппарата велась с учетом степени состояния ассимиляционных тканей [5–6], обеспеченности их пигментами, распределения и сохранности пигментов в пигмент-белковых комплексах фотосинтетических мембран [7] и функциональной активности [8].

Результаты и их обсуждение

Как показывают полученные данные, наблюдалась неоднозначная ответная реакция растений различных сортов на недостаток воды. Установлены отличия в состоянии ассимиляционных тканей, показателем чего может быть изменение под действием водного дефицита площади листа, его толщины, внутренней поверхности (табл. 1). Эти показатели у интенсивных сортов (Зазерский-85, Интенсивный) изменяются в меньшей мере по сравнению с экстенсивным сортом Винер. В условиях водного дефицита сорта высокой потенциальной продуктивности сохраняли больший объем мезофилла, что может обеспечить более высокий уровень ассимиляционных процессов по сравнению с сортом старой селекции.

Т а б л и ц а 1

Состояние ассимиляционных тканей и пигментного фонда растений ячменя с различным потенциалом продуктивности в условиях водного дефицита

Сорт	Толщина листа, мкм	Поверх- ность мезо- филла / площадь листа	Хлорофилл, мг/г сырой массы	Каротиноиды, мг/г сырой массы	Хлорофилл <i>b</i> + + каротиноиды, мг/г сырой массы	Хлорофилл <i>b</i> + + каротиноиды/хлоро- филл <i>a</i>
			<i>a</i> + <i>b</i>			
Винер	130±1,5	58,5	0,771±0,010	0,233±0,008	0,428	0,743
Зазерский-85	150±1,3	67,5	1,203±0,013	0,539±0,007	0,893	1,001
Интенсивный	161±1,6	72,0	1,003±0,008	0,474±0,010	0,777	1,112

Характеризуя пигментный фонд исследуемых сортов, можно отметить, что интенсивные сорта в условиях водного дефицита содержат большее количество зеленых пигментов, чем сорт Винер (см. табл. 1). Об этом можно судить как по содержанию хлорофилла *a* и хлорофилла *b*, так и по суммарной их концентрации в листе. Особый интерес представляют данные о соотношении хлорофилла *a* и хлорофилла *b* в листьях ячменя различных сортов. Данное соотношение выше у сорта старой селекции (Винер). Это свидетельствует о том, что при недостаточном водоснабжении содержание компонентов хлорофилла может изменяться в разной степени.

Установлены сортовые отличия по содержанию желтых пигментов (см. табл. 1). Соотношение зеленых и желтых пигментов (хлорофилл *a* +

+*b*/каротиноиды) выше у сортов Зазерский-85 и Интенсивный. Аналогичная зависимость наблюдалась для показателей: хлорофилл *a*/хлорофилл *b* + каротиноиды. Очевидно, что у растений интенсивных сортов в условиях водного дефицита синтезируется и сохраняется больше вспомогательных пигментов, основная функция которых заключается в поглощении световой энергии и передаче ее на реакционные центры фотосистем.

В условиях водного дефицита изменяется распределение вспомогательных и основных пигментов в пигмент-белковых комплексах фотосинтетических мембран, что определяется принадлежностью растений к интенсивному или экстенсивному типу. Некоторое снижение соотношения хлорофилл *a*/хлорофилл *b* в листьях интенсивных сортов на фоне увеличения суммарного содержания пигментов в листе связано прежде всего с синтезом и сохранением в большей степени хлорофиллов *a* и *b* в светособирающих комплексах (55—81 %), так как значения содержания хлорофилла *a* в реакционных центрах фотосистем у исследуемых сортов имеют меньшие различия (табл. 2) по сравнению с сортом Винер (2—29 %). Такой характер изменений, вызванный недостатком воды, подтверждают данные по соотношению: хлорофилл светособирающих комплексов/хлорофилл реакционного центра.

Т а б л и ц а 2

Содержание и соотношение хлорофилла в реакционных центрах (РЦ) и светособирающих комплексах (ССК) в листьях растений ячменя различной потенциальной продуктивности в условиях водного дефицита

Сорт	Хлорофилл, мг/г сырой массы				Соотношение хлорофиллов, мг/мг	
	<i>a</i> ССК	<i>a</i> РЦ	<i>b</i> ССК	<i>a+b</i> ССК	РЦ/ССК	ССК/РЦ
Винер	0,234	0,327	0,195	0,429	0,702	1,311
Зазерский-85	0,425	0,424	0,354	0,779	0,544	1,837
Интенсивный	0,364	0,335	0,303	0,667	0,502	1,991

Следовательно, в условиях недостаточного водоснабжения потенциальные возможности фотосинтетического аппарата осуществлять процесс фотосинтеза различаются у сортов экстенсивного и интенсивного типов. Полученные данные свидетельствуют: у исследуемых сортов выявлена неодинаковая функциональная активность, оцениваемая по сохранению и накоплению органических веществ в процессе фотосинтеза (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Функциональная активность фотосинтетического аппарата растений ячменя в условиях водного дефицита

Сорт	Содержание органических веществ (по углероду)		Накопленная сухая масса		Потеря воды, %
	мг/г сырой массы	% к сорту Винер	%	% к сорту Винер	
Винер	28,00±0,50	100	7,98	100	12,95
Зазерский-85	37,38±0,30	133	11,90	149	6,22
Интенсивный	35,63±0,27	127	11,23	140	5,05

Высокопродуктивные сорта накапливали в условиях недостаточного водоснабжения на 27—30 % больше органических веществ по сравнению с сортом Винер, а накопление сухой массы составляло 140—149 % по от-

ношению к этому же сорту, что свидетельствует о большей устойчивости фотосинтетического аппарата интенсивных сортов к действию неблагоприятных факторов. О большей устойчивости интенсивных сортов к водному стрессу можно судить по количеству потерянной растениями воды (см. табл. 3).

Таким образом, сопоставление реакций растений ячменя на водный дефицит выявило зависимость изменений в структурной организации и функциональной активности фотосинтетического аппарата от принадлежности сортов к экстенсивному или интенсивному типу. Наибольшей чувствительностью к стрессу характеризуется сорт экстенсивного типа Винер. В заключение отметим, что дефицит воды существенно влияет на активность фотосинтетического аппарата на разных уровнях его организации.

Полученные данные могут быть использованы при выяснении механизмов саморегуляции растением физиологических процессов и устойчивости к действию стрессовых факторов, а также как критерии устойчивости фотосинтетического аппарата к действию неблагоприятных условий.

1. Кахнович Л. В., Ходоренко Л. А. // Устойчивость к неблагоприятным факторам среды и продуктивность растений. Иркутск, 1984. С. 113.
2. Ткачук Е. С. // Там же. С. 81.
3. Sestak Z., Pospilova I. // Photobiochem and photobiophys. 1986. V. 12. № 1—2. P. 163.
4. Gupta A. S., Bergowitz // Plant. Physiol. 1988. V. 88. № 1. P. 200.
5. Кушниренко М. Д. и др. // Экспресс-методы диагностики жаро- и засухоустойчивости и сроков полива растений. М., 1986.
6. Nobel P. S., Hartsock T. L. // Physiol. plant. 1983. V. 51. № 2. P. 163.
7. Рубин А. Б., Венедиктов Н. С., Кренделева Т. Е. и др. // Фотосинтез и продукционный процесс. М., 1988. С. 29.
8. Аликов Х. К. // Методы комплексного изучения фотосинтеза. 1973. Вып. 2. С. 6.

УДК 612.55+577.352

А. И. ПОТАПОВИЧ, Г. Т. МАСЛОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИРОГЕНАЛА НА ТЕМПЕРАТУРУ ТЕЛА И СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ У КРЫС, ИНТОКСИЦИРОВАННЫХ ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТЫМ УГЛЕРОДОМ

Effects of pyrogenal on body temperature and free radical processes in rats poisoning by carbon tetrachloride were studied. It was found that the effect of pyrogenal on body temperature of rats poisoning by CCl_4 is not related with influence of pyrogenal on metabolic activation of carbon tetrachloride.

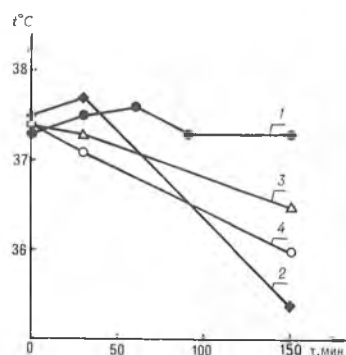
Использование пирогенов в клинической практике и высокая терапевтическая эффективность при ряде заболеваний обуславливает интерес исследователей к данной группе соединений. Установлено, что пирогенал способен повышать резистентность организма к воздействию различных неблагоприятных факторов [1, 2]. В настоящее время ксенобиотики, в том числе и галогензамещенные углеводороды, становятся мощным негативным фактором окружающей среды, воздействующим на организм. При попадании в организм большинство галогензамещенных углеводородов оказывают гепатотоксичное и канцерогенное действие, в основе которого лежат свободнорадикальные процессы [3]. В данном исследовании была предпринята попытка выявить защитное действие пирогенала в условиях отравления крыс четыреххлористым углеродом и изучить возможные механизмы, лежащие в его основе.

Материал и методика

Эксперименты выполнены на крысах линии Вистар массой 150—180 г, голодавших 48 ч. Четыреххлористый углерод вводили перорально в виде 25 %-го раствора на вазелиновом масле в дозе 250 мкл/100 г массы тела. Пирогенал вводили внутрибрюшинно за 30 мин до введения CCl_4 . Через 2 ч после введения CCl_4 в гомогенате печени исследовалось содержание продуктов перекисного окисления липидов — диеновых конъюгатов и ТБК-активных соединений — и содержание восстановленного глутатиона (GSH). Диеновые конъюгаты (ДК) экстрагировали системой гептан — изопропанол. Спиртовую фазу спектрофотометрировали при 233 нм (СФ-46) [4]. Содержание ТБК-активных продуктов (ТБАП) определяли по образованию окрашенного продукта в реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой [5]. Содержание восстановленного глутатиона определяли по реакции с реактивом Элмана [6]. Каждый эксперимент включал 4 группы животных, получавших: 1 — вазелиновое масло (интактные крысы); 2 — пирогенал; 3 — CCl_4 ; 4 — пирогенал и CCl_4 . Ректальную температуру экспериментальных животных измеряли с помощью электротермометра ТПЭМ-01 (цена деления 0,2 градуса). Для исследований по изучению состояния гидроксилирующей системы печени методом дифференциального скоростного центрифугирования выделяли фракцию микросом [7]. Реакцию N-деметилования (N-деметилазная активность микросом) амидопирина (2 мМ) проводили в 40 мМ трис-НСl-буфере, рН 7,6, содержащем 16 мМ MgCl_2 , 2 мМ НАДФН, при температуре 37 °С. Образующийся формальдегид определяли по реакции Наша [8]. CCl_4 -зависимое ПОЛ, характеризующее липооксидазную активность микросом, проводили в 0,05 М фосфатном буфере, рН 7,4, содержащем 0,02 М NaCl, 0,6 мМ ЭДТА и 3,4 мМ CCl_4 , вносимого в виде спиртового раствора с конечной концентрацией $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 2%, 1,2—1,3 мг/мл микросомального белка, в конечном объеме 5 мл. Образующийся малоновый диальдегид определяли по реакции с тиобарбитуровой кислотой [9].

Результаты и их обсуждение

Пероральное введение четыреххлористого углерода в дозе 250 мкл/100 г массы тела через 2 ч приводит к достоверному снижению температуры тела экспериментальных животных с 37,3 °С до 35,4 °С (рисунок). Предварительная (за 30 мин до введения CCl_4) инъекция пирогенала в дозах 1 и 2 мкг/100 г массы тела оказывала термостабилизирующий дозозависимый эффект. Установлено, что температура тела экспериментальных животных повышалась соответственно до 36,0—36,7 °С. При введении пирогенала в исследованных дозах интактным животным изменений температуры тела не наблюдалось, что согласуется с результатами ряда авторов [10]. В последующих экспериментах была предпринята попытка выявить возможные пути реализации термостабилизирующего эффекта пирогенала в условиях отравления крыс четыреххлористым углеродом. Можно предположить, что пирогенал способен повышать температуру, влияя на терморегуляторные процессы или предотвращая метаболическую активацию CCl_4 в системе микро-



Влияние предварительного введения пирогенала на изменение температуры тела у крыс, интоксичированных четыреххлористым углеродом (250 мкл/100 г массы тела):

1 — контрольные животные, 2 — интоксичированные CCl_4 , 3 — интоксичированные CCl_4 на фоне предварительного введения пирогенала в дозе 2 мкг/100 г массы тела, 4 — крысы, интоксичированные CCl_4 на фоне предварительного введения пирогенала в дозе 1 мкг/100 г массы тела

сомального окисления. В настоящее время общепринято, что гепатотоксичное действие четыреххлористого углерода обусловлено свободнорадикальными процессами, которые запускаются радикалами CCl_3 и CCl_3O_2 , образующимися в результате метаболической активации молекулы CCl_4 в микросомальной электронтранспортной цепи печени [11, 12]. Одним из таких свободнорадикальных процессов является перекисное окисление липидов (ПОЛ), которое, по мнению большинства исследователей, инициируется весьма активными CCl_3O_2 -радикалами [12]. Интенсивность процессов ПОЛ может контролироваться по образованию продуктов перекисидации полиненасыщенных жирных кислот — диеновых конъюгатов и ТБК-активных соединений, уровню восстановленного глутатиона, который играет важную роль в клетке как ключевой компонент антиокислительной защитной системы. Нами было определено содержание продуктов ПОЛ и восстановленного глутатиона в печени крыс, интоксцированных четыреххлористым углеродом, без и на фоне введения пирогенала (данные приведены в табл. 1). Полученные результаты свидетельствуют, что через 2 ч после введения CCl_4 в дозе 250 мкл/100 г массы тела в печени крыс достоверно увеличивается количество диеновых конъюгатов и ТБК-активных соединений и снижается уровень восстановленного глутатиона. По-видимому, в данных условиях GSH расходуется в реакциях непосредственного взаимодействия с образующимися свободными радикалами и как кофактор глутатионпероксидазы в восстановлении перекисей липидов и H_2O_2 [13]. Выявлено, что предварительное введение пирогенала в дозах 1 и 2 мкг/100 г массы тела практически не оказывало влияния на количество образующихся продуктов ПОЛ и на дефицит восстановленного глутатиона у крыс, интоксцированных четыреххлористым углеродом. Было показано, что при введении пирогенала интактным животным содержание продуктов перекисидации липидов не изменялось, отмечалось лишь незначительное снижение уровня восстановленного глутатиона, что, возможно, связано с его участием в разрушении эндогенного пирогена в условиях целостного организма [14].

Т а б л и ц а 1

Содержание продуктов перекисного окисления липидов и восстановленного глутатиона в печени крыс через 2 ч после отравления CCl_4 (250 мкл/100 г массы тела) без и на фоне предварительного введения пирогенала

Экспериментальные группы	Содержание		
	ДК, нмоль/г ткани	ТБКАП, нмоль/г ткани	GSH, нмоль/г ткани
Контроль	0	67±16	17,0±0,04
CCl_4	188±44	97±23	10,9±0,7
Пирогенал*+ CCl_4	206±46	102±13	13,2±0,8
Пирогенал**+ CCl_4	190±44	99±3	9,9±0,5

П р и м е ч а н и е. Здесь и в табл. 2: *, ** — инъекция пирогенала соответственно 1 и 2 мкг/100 г массы тела за 30 мин до введения CCl_4 .

Известно, что в реализации повреждающего действия CCl_4 , наряду с активацией процессов ПОЛ, важную роль играет ковалентное связывание его радикальных метаболитов, и прежде всего CCl_3 -радикала, с макромолекулами. В частности, данный тип свободнорадикальных реакций вызывает повреждение ферментов гидроксидирующей микросомальной системы печени [15]. Чтобы выяснить влияние пирогенала на активность системы микросомального окисления в условиях отравления крыс четыреххлористым углеродом, была исследована липооксидазная и

N-деметиلاзная активность. Показано, что через 2 ч после введения CCl_4 практически полностью (на 86,7 %) подавляется способность микросом печени к метаболической активации CCl_4 и значительно снижается (на 30,4 %) эффективность N-деметилования амидопирин (табл. 2). Предварительное введение пирогенала в дозах 1 и 2 мкг/100 г массы тела не устраняет инактивирующего действия CCl_4 на систему микросомального окисления клеток печени. Введение пирогенала интактным животным практически не изменяло липооксидазную и N-деметилазную активность микросомальной фракции печени. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что термостабилизирующее действие пирогенала не может быть обусловлено влиянием данного препарата на процесс метаболической активации четыреххлористого углерода, а, по-видимому, опосредуется через терморегуляторные механизмы.

Т а б л и ц а 2

Активность системы микросомального окисления печени крыс через 2 ч после отравления CCl_4 (250 мкл/100 г массы тела) без и на фоне предварительного введения пирогенала

Экспериментальные группы	Липооксидазная активность, ТБАП, нмоль/мг мин	N-деметилазная активность, формальдегид, нмоль/мг мин
Контроль	0,98±0,43	1,91±0,21
CCl_4	0,13±0,09	1,33±0,21
Пирогенал*+ CCl_4	0,15±0,06	1,16±0,08
Пирогенал**+ CCl_4	0,13±0,06	1,38±0,38

1. Царюк В. В., Кубарко А. И. Фармакология и токсикология природных и синтетических соединений. Мн., 1989. С. 129.

2. Кубарко А. И., Царюк В. В. // Бюлл. exper. биологии и медицины. 1991. № 1. С. 110.

3. Slater T. F. // Nature. 1966. V. 209. P. 36.

4. Костюк В. А., Потапович А. И., Лунец Е. Ф. // Вопр. мед. химии. 1984. Т. 30. Вып. 4. С. 125.

5. Костюк В. А., Потапович А. И. // Там же. 1987. Т. 33. Вып. 3. С. 115.

6. Beutler E., Dubon O., Kelly B. // J. Labor. and Clinic. Med. 1963. V. 61. P. 882.

7. Карузина И. И., Арчаков А. И. Современные методы в биохимии. М., 1977. С. 49.

8. Nash T. // Biochem. J. 1953. V. 55. P. 416.

9. Bernheim M. L. C., Wibber K. M. // J. Biol. Chem. 1948. V. 174. P. 257.

10. Stitt J. T., Shimoda S. G. // Yale J. Biol. Med. 1985. V. 58. P. 189.

11. Recknagel R. O., Ghoshal A. K. // Nature. 1966. V. 210. P. 1162.

12. Benedetto C., Dianzani M. U., Ahmed M. et al. // Biochim. Biophys. Acta. 1981. V. 677. P. 363.

13. Кулинский В. И., Колесниченко Л. С. // Успехи биол. химии. 1990. Т. 31. С. 151.

14. Сорокин А. В. Пирогены. Л., 1965. С. 175.

15. Костюк В. А. // Биохимия. 1991. Т. 56. Вып. 10. С. 1878.

УДК 591.9(476)+595.764

А. В. ФРОЛОВ

УТОЧНЕНИЯ И ДОПОЛНЕНИЯ К ФАУНИСТИЧЕСКОМУ СПИСКУ ПЛАСТИНЧАТОУСЫХ ЖУКОВ БЕЛАРУСИ (Coleoptera, Scarabaeidae)

Aphodius foetidus Herbst and *Aph. linearis* Reiche et Saul. are reported from Byelorussia for the first time. The status of *Aph. Igockii* Roub. is discussed. The new data about *Aph. bimaculatus* Laxm. and *Aph. punctatosulcatus* Sturm are given. The most complete list of *Aphodius* species really founded in Byelorussia is given as well.

Сведения о составе фауны пластинчатоусых жуков Беларуси содержатся в нескольких работах (список этих работ можно найти в [1]). Однако жуков семейства Scarabaeidae фауны Беларуси нельзя считать пол-

ностью изученными. Подтверждением этому являются излагаемые ниже новые сведения, позволяющие уточнить и дополнить фаунистический список пластинчатоусых жуков.

Приводимые данные касаются рода *Aphodius* Ill. Полный список жуков этого рода из Беларуси переработан в соответствии с последними публикациями по систематике. Внутривидовые таксоны соответствуют таковым в каталоге М. Dellacasa [2] со следующим исключением: *Aphodius scybalarius* F. и *Aph. sordidus* F. рассматриваются в составе группы (подрода) *Bodilus*. Выделение их в группу *Agrilinus* было основано на том, что характерная для *Bodilus* тенденция к удлинению базального склерита эдеагуса у них не отмечена. При этом остаются без внимания некоторые африканские виды данной группы, у представителей которых базальный склерит не удлинён, но зато сильно модифицированы параметры. Общий габитус и характер пигментации *Aph. scybalarius* и *Aph. sordidus* также более соответствуют группе *Bodilus*.

Aphodius foetidus (Herbst, 1783). Вид впервые указывается для территории Беларуси. Одна самка была поймана 27.04.94 в окр. д. Каменюки (Беловежская Пуца) в смешанном лесу. Ареал вида: Ю. и З. Европа, С. Африка (Марокко, Алжир, Тунис), Малая Азия (Сирия), Кавказ. По Беларуси, вероятно, проходит северная граница распространения вида.

Aphodius (Liothorax) linearis Reiche et Saulcy, 1856. Для территории Беларуси вид указывался под названием *Aph. Igockii* Roub. [1]. Ареал вида: Ю. Европа (Португалия, Франция, Испания, Греция), Малая Азия (Палестина, Сирия), В. Сибирь (?). Псаммофил — все находки в Беларуси в поймах рек Припять и Березина. Другие данные по этому виду из Беларуси мне не известны.

Что касается *Aph. Igockii*, Roubal 1912, описанного из окрестностей Киева, то этот вид, на мой взгляд, является сомнительным. Никаких достоверных данных о нем нет. Местонахождение типа неизвестно. Балтазар [3] указывает на незначительные отличия *Aph. Igockii* от широко распространенного вида *Aph. varians* Duftsh. и высказывает предположение, что первый, возможно, является младшим синонимом второго. В каталоге М. Dellacasa [2] *Aph. Igockii* указывается как синоним аберрации *elegantulus* Hochhuth вида *Aph. linearis*. На мой взгляд, точка зрения Балтазара является более предпочтительной, так как в первоописании [4] ничего не сказано о таком специфическом признаке, как угловидные выступы наличника, который выделяет *Aph. linearis* среди других европейских представителей группы *Liothorax*.

Aph. punctatosulcatus Sturm (= *Aph. sabulicola* Th). Вид считался редким и указывался только для Беловежской Пуцы. Изучение массового материала из Беловежской Пуцы и нескольких мест Минской области показало, что данный вид встречается преимущественно весной и осенью вместе с *Aph. prodromus* Brahm в соотношении примерно 1:15—20.

Aph. bimaculatus Lachmann указан для территории Беларуси в работе Арнольда [5] по пяти экземплярам, собранным в окрестностях Могилева. С тех пор никаких данных по этому виду в Беларуси не было. В окр. д. Ровнополе (Руденский р-н) 24.04.94 была поймана одна самка этого вида. Ареал вида: С.-В. Европа, Урал; есть указания для Крыма и Казахстана. Ареал постоянно сокращается. По сведениям О. Н. Кабакова (личное сообщение), еще недавно этот вид был обычен в районе Новосибирска, теперь он там редок. Редок он стал и в районе С.-Петербурга.

Указания для *Aphodius tenellus* Say [1] относятся к виду *Aph. uliginosus* Hardi. (= *Aph. putridus* (Hbst.)). *Aph. tenellus* был описан из США и на территории Беларуси не встречается.

Список жуков р. *Aphodius* Illiger Беларуси

Гр. *Acanthobodilus* Dellacasa, 1983

1. *Aphodius (Acanthobodilus) immundus* Creutzer, 1799.

Гр. *Acrossus* Mulsant, 1842

2. *Aphodius* (*Acrossus*) *bimaculatus* (Laxmann), 1770.
3. *Aphodius* (*Acrossus*) *depressus* Kugelann, 1792.
4. *Aphodius* (*Acrossus*) *luridus* (Fabricius, 1775).
5. *Aphodius* (*Acrossus*) *rufipes* (Linnaeus, 1758).

Гр. *Agrilinus* (Mulsant et Rey, 1869)

6. *Aphodius* (*Agrilinus*) *ater* (De Geer, 1774).
7. *Aphodius* (*Agrilinus*) *nemoralis* Erichson, 1848.

Гр. *Aphodius* Illiger, 1798 s. str.

8. *Aphodius* (*Aphodius*) *fimctarius* (Linnaeus, 1758).
9. *Aphodius* (*Aphodius*) *foetens* (Fabricius, 1787).
10. *Aphodius* (*Aphodius*) *foetidus* Herbst, 1783.

Гр. *Bodilus* Mulsant et Rey, 1869

11. *Aphodius* (*Bodilus*) *ictericus* (Laicharting, 1781).
12. *Aphodius* (*Bodilus*) *scybalarius* (Fabricius, 1781).
13. *Aphodius* (*Bodilus*) *sordidus* (Fabricius, 1775).

Гр. *Calamosternus* Motschulsky, 1859

14. *Aphodius* (*Calamosternus*) *granarius* (Linnaeus, 1767).

Гр. *Chilo thorax* Motschulsky, 1859 (= *Volinus* Muls. et Rey, 1869)

15. *Aphodius* (*Chilo thorax*) *conspurcatus* (Linnaeus, 1758).
16. *Aphodius* (*Chilo thorax*) *distinctus* (Muller, 1776).
17. *Aphodius* (*Chilo thorax*) *melanostictus* W. Schmidt, 1840.
18. *Aphodius* (*Chilo thorax*) *sticticus* (Panzer, 1798).

Гр. *Colobopterus* Mulsant, 1842

19. *Aphodius* (*Colobopterus*) *erraticus* (Linnaeus, 1758).

Гр. *Esymus* Mulsant et Rey, 1869 (= *Orodalus* Muls. et Rey, 1869)

20. *Aphodius* (*Esymus*) *merdarius* (Fabricius, 1775).
21. *Aphodius* (*Esymus*) *pusillus* (Herbst, 1789).

Гр. *Euorodalus* Dellacasa, 1983

22. *Aphodius* (*Euorodalus*) *coenosus* (Panzer, 1798).
23. *Aphodius* (*Euorodalus*) *paracoenosus*? Balth. et Hrub., 1960.

Гр. *Lio thorax* Motschulsky, 1859

24. *Aphodius* (*Lio thorax*) *linearis* Reiche et Saulcy, 1856.
25. *Aphodius* (*Lio thorax*) *niger* (Panzer, 1797).
26. *Aphodius* (*Lio thorax*) *plagiatus* (Linnaeus, 1767).

Гр. *Melinopterus* Mulsant, 1842

27. *Aphodius* (*Melinopterus*) *prodromus* (Brahm, 1790).
28. *Aphodius* (*Melinopterus*) *punctatosulcatus* Sturm, 1805 = *Aph. sabulicola* (Thomson, 1868) (синонимия из [7]).
29. *Aphodius* (*Melinopterus*) *sphacelatus* (Panzer, 1798).

Гр. *Nialus* Mulsant et Rey, 1869

30. *Aphodius* (*Nialus*) *varians* Duftschmidt, 1805.

Гр. *Otophorus* Mulsant, 1842

31. *Aphodius* (*Otophorus*) *haemorrhoidalis* (Linnaeus, 1758).

Гр. Parammoecius Seidlitz, 1891

32. *Aphodius* (Parammoecius) *corvinus* Erichson, 1848.

Гр. Phalacronotus Motschulsky, 1859

33. *Aphodius* (Phalacronotus) *quadrimaculatus* (Linnaeus, 1761).

Гр. Plagiogonus

34. *Aphodius* (Plagiogonus) *putridus* (Fourcroy, 1785). = *arenarius* Olivier, 1789 (синонимия по Николаеву [6]).

Гр. Planolinus Mulsant et Rey, 1869

35. *Aphodius* (Planolinus) *borealis* (Gyllenhal, 1827).

36. *Aphodius* (Planolinus) *uliginosus* Hardi, 1847. = *Aph. putridus* Herbst, 1789. = *Aph. fasciatus* (Olivier, 1789) (синонимия из дополнения к каталогу М. Dellacasa [7]).

Гр. Teuchestes Mulsant, 1842

37. *Aphodius* (Teuchestes) *fossor* (Linnaeus, 1758).

Гр. Trichonotulus Bedel, 1911

38. *Aphodius* (Trichonotulus) *scrofa* (Fabricius, 1787).

Таким образом, в настоящее время на территории Беларуси достоверно зарегистрировано 37 видов жуков рода *Aphodius*. *Aph. parascenosus* Balth. et Hrub. приводится под вопросом, так как есть сомнения в точности определения белорусских экземпляров и валидности самого таксона. Фауну пластинчатоусых жуков Беларуси, результатом которой стала настоящая статья, нельзя считать полностью изученной. Возможно нахождение еще 4—5 видов, в частности *Aph. piceus* Gyll., встречающегося почти во всей Европе, а также в Азии (до Алтая).

Работа выполнена при поддержке фонда Дж. Сороса. Выражаю искреннюю благодарность сотрудникам кафедры зоологии МГПУ за возможность использования коллекционных материалов кафедры.

1. Александрович О. Р., Писаненко А. Д. // Фауна и экология жесткокрылых Белоруссии. Мн., 1991. С. 79.

2. Dellacasa M. // Mem. Soc. ent. Ital. Genova, 1988.

3. Balthasar W. Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae der palaearktischen und orientalischen Region. Prague, 1964.

4. Round J. // Col. Rundsch. Wien, 1912. S. 70.

5. Арнольд Н. М. Каталог насекомых Могилевской губернии. СПб., 1902.

6. Николаев Г. В. Пластинчатоусые жуки (Coleoptera, Scarabaeoidea) Казахстана и Средней Азии. Алма-Ата, 1987.

7. Dellacasa M. // Mem. Soc. ent Ital. Genova, 1991. V. 70(1). P. 5.

УДК 595.763.14(476)

Е. В. ШАВЕРДО

ХИЩНЫЕ ВОДНЫЕ ЖУКИ (Coleoptera, Hydradephaga) БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

The paper presents the results of examination of Hydradephaga of Berezinsky Biosphere Reserve. Altogether 84 species from 4 families were registered. *Hydroporus notatus* Sturm, 1835, *H. glabriusculus* Aube, 1836, *Haliphus varius* Nicol, 1787, *H. heydeni* Wehncke, 1875 are showed for the fauna of Byelorussia for the first time.

Проблема изучения и сохранения биоразнообразия в настоящее время считается одной из основных [1]. В ее решении главная роль отводится заповедникам и национальным паркам.

В процессе изучения энтомофауны Березинского биосферного заповедника нами получены новые и достаточно полные данные относительно состава фауны водных жесткокрылых 4 семейств. Всего зарегистрировано 84 вида, из которых впервые для Беларуси указываются *Hydroporus notatus* Sturm, 1835, *H. glabriusculus* Aube, 1836, *Haliplus varius* Nicol, 1787, *H. heydeni* Wehncke, 1875.

Сбор материала проводился в нескольких пунктах: окр. д. Рожно — р. Березина (1*); на территории и в окр. д. Домжерицы — р. Бузянка (2), временные проточный (4) и стоячие (5) водоемы, пруды (7), верховые болота (8), родники (10); в оз. Домжерицкое (6); в окр. д. Волова Гора — оз. Плавно (6), канал (3); в окр. д. Кветча — Сергучский канал (3), старица р. Бузянка (9).

Методика сбора материала описана в работе [2], определение проведено в основном по двум источникам [3, 4]**.

Выявленные Hydradeephaga Березинского заповедника составляют около 70 % общего количества видов данной группы, зарегистрированных ранее в республике [2, 5, 6]. Дальнейшие фаунистические исследования могут пополнить приведенный в настоящей работе список, а также получить дополнительные данные по экологии хищных водных жуков.

Биотопическое распределение и встречаемость Hydradeephaga Березинского заповедника

Вид	Биотоп										Дата сбора (месяц)	Встречаемость
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Сем. Haliplidae												
1. <i>Peltodytes caesus</i> (Duft.)			+				+				VII	единичен
2. <i>Haliplus varius</i> Nic.	+		+								VII	—»—
3. <i>H. ruficollis</i> (Deg.)		+			+		+				V, VII	многочислен
4. <i>H. heydeni</i> Wehn.			+								VII	единичен
5. <i>H. fulvicollis</i> Er.				+	+						V, VII	—»—
6. <i>H. fluviatilis</i> Aube	+		+								VII	редок
7. <i>H. wehncke</i> Gerh.			+						+		VII	—»—
8. <i>H. immaculatus</i> Gerh									+		VII	единичен
9. <i>H. flavicollis</i> Sturm			+								VII	редок
10. <i>H. fulvus</i> (F.)			+								VII	единичен
Сем. Noteridae												
11. <i>Noterus crassicornis</i> (Mull.)		+	+			+		+			VII, X	редок
Сем. Dytiscidae												
12. <i>Laccophilus minutus</i> (L.)	+		+								VII	—»—
13. <i>L. hyalinus</i> (Deg.)	+		+								VII	—»—
14. <i>Hyphidrus ovatus</i> (L.)	+		+		+				+		V, VII	—»—
15. <i>Guignotus pusillus</i> (F.)							+				VII	—»—
16. <i>Bidessus unistriatus</i> (Schr.)							+				VII	единичен
17. <i>Hygrotus decoratus</i> (Gyll.)	+	+	+	+		+			+		V, VII	многочислен
18. <i>H. inaequalis</i> (F.)	+	+	+			+	+		+		VII	—»—
19. <i>H. versicolor</i> (Schall.)	+	+	+			+			+		VII	обычен
20. <i>Coelambus impressopunc-</i> <i>tatus</i> (Schall.)	+	+	+	+	+		+				V, VII	многочислен
21. <i>Hydroporus dorsalis</i> (F.)	+	+	+		+						VII, X	обычен
22. <i>H. angustatus</i> Sturm	+	+	+	+	+						V, VII, X	многочислен
23. <i>H. tristis</i> (Pk.)		+	+		+			+	+		V, VII, X	—»—
24. <i>H. umbrosus</i> (Gyll.)	+	+	+		+	+	+	+			V, VII, X	—»—
25. <i>H. glabriusculus</i> Aube		+									VII	единичен

* Номер пункта сбора в таблице.

** Правильность определения материала проверена старшим научным сотрудником лаборатории сравнительной гидробиологии АН РБ Морозом М. Д.

Вид	Биотоп										Дата сбора (месяц)	Встречаемость
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
26. <i>H. notatus</i> Sturm								+			X	—»—
27. <i>H. palustris</i> (L.)	+	+	+	+	+	+	+	+	+		V, VII, X	многочислен
28. <i>H. incognitus</i> Sharp		+	+		+		+	+		+	V, VII, X	обычен
29. <i>H. striola</i> Gyll.	+	+	+	+	+		+	+	+		V, VII, X	многочислен
30. <i>H. erythrocephalus</i> (L.)	+	+	+		+	+	+	+	+		V, VII, X	—»—
31. <i>H. obscurus</i> Sturm	+		+		+		+	+	+		V, VII, X	—»—
32. <i>H. tartaricus</i> Lec	+	+	+				+	+			VII, X	—»—
33. <i>H. planus</i> (F.)				+	+		+				V, X	редок
34. <i>H. fuscipennis</i> Schaum.					+		+				V, VII	—»—
35. <i>H. rufifrons</i> (Duft.)		+		+	+			+			V, VII, X	—»—
36. <i>H. nigrita</i> (F.)								+		+	VII	—»—
37. <i>H. neglectus</i> Schaum.	+				+		+			+	V, VII, X	—»—
38. <i>Graptodytes pictus</i> (F.)	+										VII	—»—
39. <i>G. granularis</i> (L.)		+						+			X	—»—
40. <i>Porhydrus lineatus</i> (F.)	+	+	+		+	+					VII, X	обычен
41. <i>Scarodytes halensis</i> (F.)							+				VII	единичен
42. <i>Potamonectes depressus</i> (F.)	+										VII	редок
43. <i>Copelatus haemorrhoidalis</i> (F.)	+			+	+						V, VII	—»—
44. <i>Platambus maculatus</i> (L.)	+		+								VII	—»—
45. <i>Agabus bipustulatus</i> (L.)					+		+				X	единичен
46. <i>A. striolatus</i> (Gyll.)										+	VII	—»—
47. <i>A. subtilis</i> Er.					+						V	—»—
48. <i>A. biguttulus</i> Thoms.				+	+			+			V, VII	редок
49. <i>A. uliginosus</i> (L.)					+						X	единичен
50. <i>A. sturmi</i> (Gyll.)				+	+		+			+	V, VII	редок
51. <i>A. congener</i> (Thunbg.)					+			+			V, VII	единичен
52. <i>Ilybius fenestratus</i> (F.)	+		+								VII	многочислен
53. <i>I. ater</i> (Deg.)	+		+		+						V, VII	редок
54. <i>I. guttiger</i> (Gyll.)			+	+	+			+	+		VII	—»—
55. <i>I. angustior</i> (Gyll.)			+	+							V, VII	единичен
56. <i>I. similis</i> Er.		+			+			+			V, VII	—»—
57. <i>I. aenescens</i> Thoms.			+		+				+		V, VII	—»—
58. <i>I. fuliginosus</i> (F.)	+		+		+						V, VII	редок
59. <i>Rhantus notatus</i> (F.)		+	+	+							V, VII	—»—
60. <i>Rh. notaticollis</i> (Aube)		+		+	+		+				V, VII	обычен
61. <i>Rh. suturellus</i> (Harr.)		+	+		+						V, VII, X	редок
62. <i>Rh. bistriatus</i> (Brgrstr.)		+							+		VII	единичен
63. <i>Rh. exsoletus</i> (Forst)	+	+	+		+	+	+	+	+		VII, X	обычен
64. <i>Rh. latitans</i> Sharp		+									VII	единичен
65. <i>Rh. grapei</i> (Gyll.)				+	+						V	редок
66. <i>Colymbetes paykulli</i> Er.		+	+		+	+	+				VII, X	—»—
67. <i>C. striatus</i> (L.)			+								VII	единичен
68. <i>Hydaticus stagnalis</i> (F.)		+		+							V, VII	редок
69. <i>H. seminiger</i> (Deg.)		+	+	+	+		+				V, VII, X	обычен
70. <i>H. transversalis</i> (Pont.)		+	+		+	+					V, VII	редок
71. <i>Graphoderes bilineatus</i> (Deg.)			+			+					VII	—»—
72. <i>G. cinereus</i> (L.)	+		+								V, VII	—»—

Вид	Биотоп										Дата сбора (месяц)	Встречаемость
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
73. <i>Acilius sulcatus</i> (L.)					+						X	единичен
74. <i>A. canaliculatus</i> (Nic.)	+	+	+		+	+			+		V, VII, X	обычен
75. <i>Dytiscus dimidiatus</i> Brgr.	+				+						VII, X	редок
76. <i>D. marginalis</i> L.		+			+		+				X	—»—
77. <i>D. circumcinctus</i> Ahr.			+								VII	единичен
Сем. Gyrinidae												
78. <i>Orectochilus villosus</i> (Mull.)	+										VII	обычен
79. <i>Gyrinus paykulli</i> Ochs.						+					VII	единичен
80. <i>G. minutus</i> F.						+	+				VII	—»—
81. <i>G. marinus</i> Gyll.	+					+					VII	—»—
82. <i>G. natator</i> L.	+		+		+		+				V, VII	редок
83. <i>G. substriatus</i> Steph.				+	+		+				V, VII	обычен
84. <i>G. aeratus</i> Steph.	+		+			+			+		VII	—»—

1. Конвенция о биологическом разнообразии. Программа ООН по окружающей среде. ЮНЕП, 1992. [Ротапринт ИИП Госэкономплана. Мн., 1992].

2. Мороз М. Д. // Вопросы эксперимент. зоологии. Мн., 1983. С. 101.

3. Зайцев Ф. А. Фауна СССР. Жесткокрылые. Плавунцовые и вертячки. М.; Л. 1953. Т. 4.

4. Galewski K., Tranda E. Chrzaszczce (Coleoptera). Rodziny Plywakowate (Dytiscidae), Flisakowate (Halplidae), Mokrzelicowate (Hygrobiidae), Kretakowate (Gyrinidae). Warszawa; Poznan, 1978. S. 89.

5. Захаренко В. Б., Мороз М. Д. // Энтомол. обозрение. 1988. Т. LXVII. Вып. 2. С. 282.

6. Мороз М. Д. // Энтомол. обозрение. 1993. Т. LXXII. Вып. 2. С. 321.

УДК 612.112-02:612.397

Г. Т. МАСЛОВА, А. И. ПОТАПОВИЧ

СОСТОЯНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КРОВИ И ПЕЧЕНИ КРЫС ПРИ ВВЕДЕНИИ ПИРОГЕНАЛА

The present report describes the action of pyrogenal on the enzymes of the antioxidant defence system in the rat liver and blood. No influence of pyrogenal on the GSH and superoxide dismutase level and the production of lipid peroxides was shown. We found that pyrogenal increases the level of the GSH-dependent enzymes in those tissues. It was concluded that this effect may be related with the immunopositive action of pyrogenal.

Пирогенал относится к группе лекарственных препаратов, способных стимулировать иммунные процессы, тем самым повышая общую резистентность организма. У ряда видов животных и человека при введении пирогенала наблюдается выраженное повышение температуры на 1–2 °C [1]. Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о влиянии температурного фактора на физико-химические свойства липидов мембран, от которых зависит большинство физиологических и биохимических процессов, протекающих на клеточном уровне [2]. Даже при незначительных колебаниях температуры отмечается изменение состава липидов мозга, периферической нервной системы, печени, плазмы крови, при этом увеличивается содержание длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот, возрастает индекс ненасыщенности [3]. В этих условиях повышается вероятность активации процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ). Поэтому при нарушениях температурного гомеостаза важное значение может иметь антиокислительная система (АОС), функцией которой является защита клетки от повреждающего действия различных пероксидов.

В связи с изложенным в данном исследовании было изучено влияние экзогенного пирогена — пирогенала на состояние компонентов анти-окислительной защитной системы печени и крови у крыс.

Материал и методика

Эксперименты выполнены на крысах линии Вистар массой 150—180 г. Животные брались в эксперимент после 24 ч голодания, что обеспечивало нивелирование индивидуальных особенностей обмена веществ. В качестве экзогенного бактериального пирогена использовали препарат ЛПС *S. typhi* (пирогенал) производства НИИ эпидемиологии и микробиологии РАМН, который вводили животным внутрибрюшинно в дозах 1 и 2 мкг/100 г массы тела. Забор печени и крови осуществляли под эфирным наркозом через 2,5 ч после введения пирогенала. Определяли активность ключевых ферментов АОО: супероксиддисмутазы (СОД), КФ 1.15.1.1 [4]; глутатионпероксидазы (ГП), КФ 1.11.1.9 [5]; глутатионредуктазы (ГР), КФ 1.6.5.2 [6]. Содержание восстановленного глутатиона определяли по реакции Элмана [7], церулоплазмину по реакции с использованием в качестве субстрата пара-фенилендиамина [8]. Определяли содержание продуктов перекисного окисления липидов: степень окисленности липидов (диеновые конъюгаты — ДК) характеризовали величиной оптической плотности при 233 нм, уровень ТБК-активных продуктов по образованию окрашенного продукта в реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой [9]. Белок определяли по Лоури. Каждые 30 мин контролировали показатели ректальной температуры крыс с помощью электротермометра ТПЭМ-1 (цена деления 0,2 градуса).

Результаты и их обсуждение

Внутрибрюшинное введение пирогенала крысам в дозах 1 и 2 мкг/100 г массы тела не вызывало достоверных изменений ректальной температуры у исследованных животных в течение 2,5 ч наблюдения. При этом прослеживается некоторая тенденция к ее понижению, что согласуется с результатами других авторов [10]. В то же время есть данные, свидетельствующие, что изменения температуры тела у крыс на введение пирогенала могут иметь разнонаправленный характер [11]. Отсутствие выраженного повышения температуры, по-видимому, обусловлено наличием высокоэффективного механизма противоинфекционной защиты у данного вида животных. Однако даже при незначительных изменениях температуры тела (всего на 0,1—0,2 °С) происходит нарастание импульсной активности нейронов центральной нервной системы, изменение состава и физико-химических свойств липидов мозга крыс [3].

Т а б л и ц а 1

Показатели антиокислительной системы крови крыс
на фоне введения пирогенала

Экспериментальная серия	Активность ферментов			ЦП, мг %	GSH, мкмоль/мл
	ГП, мкмоль/мл	ГР, мкмоль/мл	СОД, мкг/мл		
Контроль	103,5±3,0	0,05±0,003	60,4±0,8	34,9±2,4	6,2±0,14
Пирогенал, 1 мкг/100 г	106,5±11,9	0,04±0,002	64,8±1,2	33,0±2,0	7,2±0,12
Пирогенал, 2 мкг/100 г	119,2±2,2*	0,09±0,002*	61,1±2,5	31,3±2,1	6,14±0,47

П р и м е ч а н и е: * достоверные изменения относительно контроля: $P < 0,05$.

На фоне введения пирогенала в крови и печени крыс была исследована активность ключевых ферментов антиокислительной защитной системы — супероксиддисмутазы, глутатионпероксидазы и глутатионредук-

тазы, а также содержание восстановленного глутатиона. В этих условиях содержание СОД в крови и печени крыс не меняется (табл. 1, 2). Остается неизменным и уровень церулоплазмينا (табл. 1), который является важным компонентом антиокислительной системы плазмы крови. В то же время, как следует из полученных данных, пирогенал в исследованных дозах вызывает значительное (почти в 2 раза) увеличение активности ГП в печени (табл. 2). В крови достоверное увеличение активности глутатионзависимых ферментов (ГП и ГР) наблюдается только при введении более высокой дозы пирогенала — 2 мкг/100 г массы тела (табл. 1). Следует также отметить некоторую тенденцию к снижению в печени содержания субстрата глутатионпероксидазы — восстановленного глутатиона (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Показатели антиокислительной системы печени крыс
на фоне введения пирогенала**

Экспериментальная серия	Активность ферментов			GSH, мкмоль/мл белка
	ГП, мкмоль/мл	ГР, мкмоль/мл	СОД, мкг/мл	
Контроль	0,35±0,04	0,18±0,007	2,97±0,24	0,14±0,06
Пирогенал, 1 мкг/100 г	0,66±0,2*	0,17±0,05	2,89±0,03	0,12±0,02
Пирогенал, 2 мкг/100 г	0,65±0,08*	0,17±0,04	3,06±0,32	0,11±0,03

П р и м е ч а н и е: * — достоверные изменения относительно контроля: $P < 0,05$.

Выявленное увеличение активности глутатионзависимых ферментов при введении пирогенала может свидетельствовать об интенсификации свободнорадикальных процессов и образовании пероксидов и других активных интермедиатов. В связи с этим была исследована интенсивность процессов пероксидации липидов, которую оценивали по содержанию ДК и ТБК-активных продуктов. Данные табл. 3 свидетельствуют,

Т а б л и ц а 3

**Содержание продуктов ПОЛ в печени и плазме крови крыс
при введении пирогенала (2,5 ч)**

Экспериментальная серия	Печень		Плазма крови
	ДК, Д ₂₃₃ /г ткани	ТБК-продукты, нмоль/г ткани	ТБК-продукты, нмоль/мл
Контроль	1,44±0,17	67,6±4,6	71,7±2,5
Пирогенал, 1 мкг/100 г	1,48±0,05	69,5±3,8	80,7±2,8
Пирогенал, 2 мкг/100 г	1,54±0,13	67,7±5,1	67,2±2,7

что через 2,5 ч после введения пирогенала в дозах 1 и 2 мкг/100 г массы тела содержание продуктов ПОЛ в печени и плазме крови достоверно не изменялось. При этом отмечается тенденция к увеличению степени окисленности липидов печени, что может быть одной из причин увеличения активности ГП в этом органе.

Следует отметить, что в организме ГП функционирует не только как компонент защитной антиокислительной системы, но и играет важную

роль в процессах биосинтеза простагландинов и лейкотриенов [12—14], которые, как известно, принимают участие в воспалительной и аллергической реакциях, модулируют иммунный ответ. Установлено, что при различных инфекциях, а также при введении экзогенного пирогена в организме происходит образование эндогенного пирогена, вызывающего лихорадочные реакции, в развитии которых участвуют простагландины группы Е и другие метаболиты арахидоновой кислоты [15, 16]. Поэтому можно предположить, что увеличение активности глутатионзависимых ферментов при введении экзотоксина пирогенала является одним из проявлений иммуномодулирующего действия данного лекарственного препарата.

1. Слабука П. А. // Физиологические и клинические проблемы адаптации человека и животных к гипертермии, гипоксии и гиподинамии. М., 1975. С. 79.
2. Крепс Е. М. Липиды клеточных мембран. Л., 1981.
3. Кубарко А. И. // Физиология и фармакология терморегуляции. Мн., 1985. С. 63.
4. Костюк В. А., Потапович А. И., Ковалева Ж. В. // Вопр. мед. химии. 1990. Т. 36. № 2. С. 88.
5. Гаврилова А. Р., Хмара Н. Ф. // Лаб. дело. 1987. № 12. С. 721.
6. Wendel P. Z. // Biochem. Biophys. Acta. 1968. V. 159. P. 179.
7. Beutler E., Dubon O., Kelly B. // J. Labor. and Clinic. Med. 1963. V. 61. P. 882.
8. Колб В. Г., Камышников В. С. Клиническая биохимия. Мн., 1976.
9. Bernheim F., Wilbur K. M. // J. Biol. Chem. 1948. V. 174. P. 257.
10. Szekely M., Szrlenyi Z. // Acta. Physiol. Acad. Sci. Hung. 1979. V. 53. P. 265.
11. Stitt J. T., Shimoda S. G. // J. Biol. Med. 1985. V. 58. P. 189.
12. Flohe L. // Free radicals in biology. New York, 1982. V. 5. P. 223.
13. Hong Y., Li C. H., Burgess J. R., Chang M., Salem A., Skikumar K., Reddy C. C. // J. Biol. Chem. 1989. V. 264. P. 13793.
14. Burgess J. R., Hong Y., Chang M., Hildenbrandt G., Scholz R. W., Reddy C. C. // Biological oxidation system. New York; Tokyo, 1990. V. 2. P. 667.
15. Milton A. S. // Handbook of Experim. Pharm. 1982. V. 60. P. 257.
16. Samuelsson B. // Int. Arch Allergy and Appl. Immunol. 1981. V. 66. P. 98.

УДК 595.793 (476)

С. В. БУТА

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ПЕСТРОЙ ДУБОВОЙ ТЛИ (*Thelaxes dryophila* Schrank) (Homoptera: Aphidoidea) В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Field and laboratory investigations of biology of *Thelaxes dryophila* showed that late summer aestivational diapause of immature (1st instar larvae) sexuales is available in the aphid life-cycle under the conditions of Byelorussia.

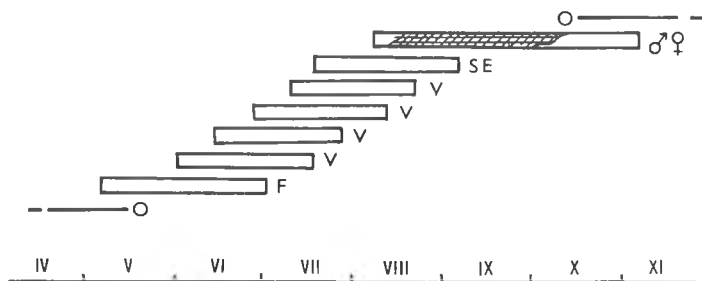
Пестрая дубовая тля — один из немногих видов семейства *Thelaxidae*, представленных в афидофауне Беларуси. Это широко распространенный, местами фоновый либо даже массовый вид, развивающийся на дубе черешчатом (*Quercus robur* L.), в том числе и на его культивируемых формах. В справочной литературе он указывается как вредитель лесных пород (особенно сеянцев в лесопитомниках) [1—3] и отнесен к группе относительно высококредоносных в зеленых насаждениях республики дендрофильных тлей [4]. Изучению особенностей биологии и экологии пестрой дубовой тли, несмотря на хозяйственную значимость вида, не уделялось должного внимания. Традиционно считалось [2, 5], что ее биологический цикл не имеет каких-либо принципиальных отличий от классического варианта нормального однодомного цикла, свойственного значительному числу настоящих тлей (*Aphidoidea*). Подобные исследования не проводились и в условиях Беларуси. Между тем изучение биологических циклов отдельных видов тлей, в том числе особенностей их

реализации в конкретных условиях регионов, и поныне остается актуальной задачей [6].

В некоторых случаях после более детальных, целенаправленных исследований даже вполне обычных и хозяйственно значимых видов приходится отказываться от сложившихся представлений об их биологии. В частности, в 1986 г. была описана эстивационная диапауза амфигонных личинок пестрой дубовой тли в условиях Англии [7]. Ранее такой вариант биологического цикла, т. е. прерывистый однодомный цикл с диапаузой личинок полового поколения, не был известен для *Aphidinea*. Неясно, является ли наличие личиночной диапаузы у особей полового поколения региональной особенностью, свойственной английским популяциям вида, либо она характерна для пестрой дубовой тли и в других частях ее ареала, в частности в условиях Беларуси.

Единственным кормовым растением *Th. dryophila* в аборигенной флоре региона является дуб черешчатый. Среди его форм, включая культивируемые декоративные, в наибольшей степени пестрой тлей заселяется пирамидальная (*Q. robur* f. *fastigiata*). На других интродуцированных в регион, представителях рода *Quercus* L. вид не регистрировался [4], вследствие чего он может быть отнесен к монофагам.

Исследования биологии пестрой дубовой тли проводились в условиях инсектария на территории Центрального ботанического сада АНБ (Минск) в соответствии со стандартными методиками [8, 9]. Использовались преимущественно 2—3-летние сеянцы пирамидальной формы дуба черешчатого, высаженные в гончарные горшки, с одетыми на них изоляторами из мельничного газа. Если позволяли размеры сеянцев, применялись ламповые стекла к фонарям типа «летучая мышь» [10]. Поверхность почвы засыпалась мелким белым песком [11], что облегчало обнаружение упавших насекомых. При появлении признаков угнетения растений их заменяли новыми. Для каждого поколения тлей использовалось не менее четырех изоляторов.



Фенограмма развития пестрой дубовой тли (инсектарий ЦБС АН (Минск), 1987 г.):

o — ovaе, F — fundatrices, V — euvingiparae, SE — sexiparae.

Проведенные исследования позволили составить фенограмму развития *Th. dryophila* (рисунок). Данные, полученные в эксперименте, были дополнены и верифицированы наблюдениями в природе. С весны и до середины лета развитие пестрой дубовой тли идет по типу нормального однодомного цикла. Личинки основательниц отрождаются в первой половине мая. С начала июня начинается отрождение личинок первого собственно виргинопарного поколения. До середины — конца июля успевает развиться 3—4 (в эксперименте — 4 (см. рисунок)) поколения, все особи которых — бескрылые самки-виргинопары. Следующее поколение (вторая половина июля — август) представлено крылатыми сексуальными самками-расселительницами. Продолжительность жизни этих особей, как правило, заметно больше, чем виргинопар предыдущих генераций. С начала августа по начало сентября они отрождают личинок амфигонных самок и самцов, которые практически сразу же, ни разу не

перелиняв, впадают в состояние диапаузы. Диапаузирующие личинки 1-го возраста размещаются преимущественно в углах жилок на нижней поверхности листовых пластинок. Они не склонны менять места своей дислокации на растении-хозяине. Тело укрыто не слишком обильными восковыми выделениями и обычно окружено розеткой длинных нитевидных восковых образований. С октября развитие личинок возобновляется. В середине октября самки приступают к откладке зимующих яиц.

Таким образом, в условиях региона пестрой дубовой тли свойствен прерывистый однодомный цикл с эстивационной диапаузой личинок амфигонного поколения. В условиях Южной Англии, где вегетационный сезон более продолжительный, дольше (с июня по сентябрь) длится и ларвальная диапауза. Кроме того, характерно развитие 1—2-х, а не 3—4-х виргинопарных поколений [7]. Следует отметить, что в отдельные годы с теплой весной и жаркой погодой в начале лета крылатые сексупары-расселительницы регистрируются на юге Беларуси (Ганцевичский р-н, Брестской обл.) уже в середине июня. К этому времени 3—4 поколения виргинопар просто не успели бы развиваться, поэтому в описанном случае биологические циклы южноанглийских и южнобелорусских популяций *Th. dryophila* оказываются практически идентичными.

В природных условиях численность пестрой дубовой тли достигает максимума во второй половине июня — первой половине июля. Виргинопарные самки формируют типичные колонии преимущественно на активно растущих побегах. Интенсивная колонизация ведет к приостановке либо прекращению роста побегов, деформации листовых пластинок и неодревесневших побегов в целом, отмиранию точек роста. Появление крылатых сексупар-расселительниц по срокам совпадает со временем затухания первой волны роста побегов растения-хозяина. Наступление неблагоприятного по трофическим условиям периода опосредуется существенным снижением численности популяций *Th. dryophila*. Если сексупарные самки еще достаточно многочисленны, то амфигонные самки и самцы крайне малочисленны и с трудом обнаруживаются в единичных экземплярах на растениях, еще пару месяцев назад интенсивно колонизированных насекомыми. Таким образом, период вредоносности пестрой побеговой тли в условиях Беларуси ограничен июнем — июлем и не затрагивает вторую (позднелетнюю) волну роста растений.

1. Вредители леса: Справ. / Под ред. А. А. Штакельберга. М.; Л., 1955. Т. 2. С. 822.
2. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений / Под ред. В. П. Васильева. Киев, 1987. Т. 1. С. 220.
3. Вредители и болезни цветочно-декоративных растений / Под ред. Ю. В. Синадского. М., 1985.
4. Б у г а С. В. Тли (*Homoptera, Aphidinea*) древесных растений Центрального ботанического сада АН БССР. 3. Семейства *Anoeciidae* и *Thelaxidae* / Ред. журн. «Всці АН БССР. Сер. біял. навук». Мн., 1991. 8 с. Деп. в ВИНТИ 17.01.91. № 308-B91.
5. Р у п а й с А. А. Дендрофильные тли в парках Латвии. Рига, 1961.
6. Ш а п о ш н и к о в Г. Х. // Систематика и экология тлей — вредителей растений: Тез. докл. 1 Межресп. афидолог. симпоз. Рига, 1983. С. 4.
7. P o l a s z e k A. // J. Nat. History (Brit. Mus.). 1986. V. 20. P. 1333.
8. К о л е с о в а Д. А. // Экология вредных и полезных насекомых. Воронеж, 1972. С. 107.
9. Р а к а у с к а с Р. П., Р у п а й с А. А. // Acta entomol. lituanica. 1983. Т. 6. С. 20.
10. К о р о л ь И. Т., Р о м а н о в с к и й З. А. // Защита растений. Мн., 1987. Вып. 12. С. 82.
11. F r a z e r B. D., G i l b e r t N. // J. entomol. Soc. Brit. Columbia. 1976. V. 73. P. 33.

ВЛИЯНИЕ 1, 2-БЕНЗОХИНОНОВ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У КРЫС ПОСЛЕ ГЛУБОКОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

It was found that 4-[4-N-sodium-N-(5-ethyl-1-thia-3,4-diazol-2-yl)sulphophenylamino]-5-methoxy-1,2-benzoquinone at a dose of 50 mg/kg substantially accelerates the restoration of physiological functions and increases the frequency of respiration in rats exposed deep cooling (16—17 °C).

Известно, что достаточно эффективным способом длительного и обратимого поддержания процессов жизнедеятельности на низком уровне является состояние гипотермии. При этом можно значительно снизить интенсивность метаболических процессов, уменьшить нагрузку на центральную нервную систему, сердечную деятельность, дыхание, повысить его устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов. Поэтому проблема восстановления замедленных жизненных процессов после охлаждения высших животных и человека приобретает, кроме теоретического, большое практическое значение в разных областях медицины. В настоящее время недостаточно изучены процессы перестройки физиологических функций организма при восстановлении температурного гомеостаза у ненаркотизированных животных после охлаждения [1, 2]. В то же время выяснение механизмов, обуславливающих выход организма из состояния глубокого охлаждения, даст возможность целенаправленно управлять этим состоянием. Рядом исследователей [1—3] получены результаты, позволяющие говорить о важной роли процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в развитии биохимических и физиологических изменений, характерных для составления гипотермии. В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение действия эффективного антиоксиданта [4] — 4-[натрий-N-(этил-1,3,4-тиадиазол-2-ил)]-сульфаниламида-5-метокси-1,2-бензохинона (ОБХ) на функциональные изменения в организме в процессе восстановления температурного гомеостаза после глубокого охлаждения.

Материал и методика

Исследования выполнены на ненаркотизированных беспородных белых крысах массой 160—180 г. Охлаждение животных осуществлялось в условиях развивающейся гипоксии по модифицированному методу Бахметьева — Джайля — Анджуса [2]. Животное помещали в герметичный сосуд объемом 0,001 куб. м и охлаждали в течение 60—70 мин в холодильной камере при температуре 5 °C, при этом происходило снижение ректальной температуры до 16—17 °C; затем переносили в специальную клетку, которая позволяла животному принимать естественное положение, но ограничивала его подвижность. В условиях самосогревания на воздухе (при температуре 21—23 °C) регистрировали температуру тела, электромиограмму (ЭМГ), частоту дыхания. Температуру тела измеряли в прямой кишке на глубине 3 см электротермометром ТПЭМ-1. В качестве показателя теплопродукции оценивали сократительную активность мышц по ЭМГ. При помощи нихромовых электродов отводили биоэлектрическую активность бедренных мышц. Измерение частоты дыхания производили при помощи датчика растяжения (резиновая манжетка, заполненная порошком угля). Предварительно усиленные (усилителем УБФЧ-03) биопотенциалы мышц регистрировались на ленте быстродействующего самописца Н-327. Запись производили при повышении температуры тела животного на каждый градус. 4-[N-натрий-N-(5-этил-1,3,4-тиадиазол-2-ил)]-сульфаниламида-5-метокси-1,2-бензохинон (ОБХ)

вводили внутривенно сразу после охлаждения в дозе 50 мг/кг массы тела. Полученные данные обрабатывали методами вариационной статистики.

Результаты и их обсуждение

Как видно на рис. 1, самосогревание интактных крыс (контрольные опыты) до восстановления нормальной для этого вида животных температуры тела ($37,6^{\circ}\text{C}$) происходило в течение 300—310 мин. Глубокая температура (от 16 до 18°C) повышалась медленно (требовалось почти 100 мин). Нарастание температуры от 18 до 34°C было более интенсивным. Так, прирост ректальной температуры в этот период составлял $0,9^{\circ}\text{C}/10$ мин. Далее отмечалось замедление скорости самосогревания животных ($0,45^{\circ}\text{C}/10$ мин). Под влиянием ингибитора перекисного окисления липидов ОБХ наблюдалось ускорение этого процесса. Уже через 210 мин температура тела крыс достигала нормального значения ($37,6^{\circ}\text{C}$). Характерной особенностью являлось то, что интенсивное самосогревание у этих животных начиналось даже при низкой собственной температуре (16 — 18°C) и происходило почти равномерно со скоростью $0,85^{\circ}\text{C}/10$ мин.

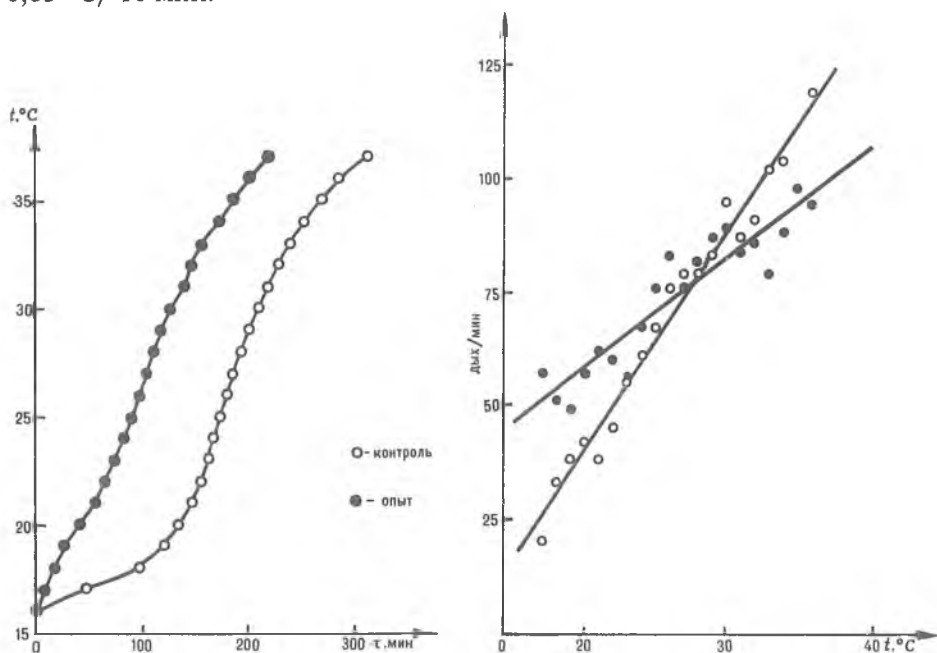


Рис. 1. Влияние ОБХ (50 мг/кг) на динамику изменения ректальной температуры у крыс в процессе восстановления температурного гомеостаза после охлаждения

Рис. 2. Влияние ОБХ (50 мг/кг) на изменение частоты дыхания у крыс в процессе восстановления температурного гомеостаза после охлаждения

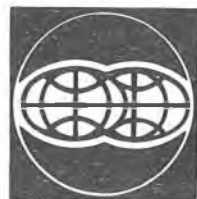
Динамика изменения частоты дыхания в процессе восстановления температурного гомеостаза у крыс после охлаждения представлена на рис. 2. Показано, что выход животных из состояния гипотермии сопровождался увеличением частоты дыхания. Однако при действии ОБХ частота дыхания у крыс на начальном этапе восстановления температурного гомеостаза была всегда выше, чем у животных в контрольных опытах, в частности при температуре тела 17°C частота дыхания в контрольной и опытной группах различалась более чем в 2 раза. Поскольку при низких значениях температуры тела ОБХ стимулировал саморазогревание животных, можно предположить, что усиление дыхания в этих условиях необходимо для обеспечения повышенных потребностей организма в кисло-

роде, идущего на метаболические процессы, сопровождающиеся дополнительным высвобождением тепла.

Анализ ЭМГ показал, что охлаждение животных до температуры тела 16—18 °С, как у интактных крыс, так и при введении ОБХ, сопровождалось угнетением электрической активности мышц, а следовательно, и сократительного термогенеза. В процессе саморазогревания, когда температура тела достигает 18,5—19,0 °С, у животных появляются первые признаки дрожи. На ЭМГ регистрировались отдельные осцилляции амплитудой 200—250 мкВ и продолжительностью не более 0,3 с. Наибольшая интенсивность дрожи отмечалась при температуре 21—27 °С, об этом можно было судить по возрастанию амплитуды ЭМГ до 500 мкВ и слиянию отдельных осцилляций в длительную непрерывную биоэлектрическую активность. В температурном интервале 33—37 °С происходило постепенное ослабление и прекращение терморегуляционной мышечной дрожи. Обращает на себя внимание тот факт, что если температурный порог возникновения холодовой дрожи у контрольных и опытных животных был одинаков (18,5 °С), то время включения данной терморегуляторной реакции существенно различалось. Так, у интактных крыс дрожь возникала через 100—110 мин от начала саморазогревания, а под влиянием ОБХ уже через 18—20 мин. Это связано с тем, что, как ранее отмечалось, ОБХ сокращает продолжительность начального периода разогревания животных, когда угнетены процессы сократительного термогенеза. Кроме того, у контрольной группы крыс после возникновения мышечной дрожи отмечалось заметное увеличение скорости нарастания температуры тела.

Одним из возможных механизмов действия ОБХ, обуславливающих быстрый разогрев тела экспериментальных животных в процессе восстановления температурного гомеостаза, является способность соединений данного типа шунтировать окислительно-восстановительные пути в митохондриях [5]. В результате происходит быстрое окисление различных восстановленных соединений (НАДН, НАДФН и др.), сопровождающееся значительным выделением энергии и увеличением теплопродукции в организме. Кроме того, в процессе восстановления температурного гомеостаза после прекращения охлаждения и гипоксии создаются благоприятные условия для инициирования перекисного окисления липидов (ПОЛ) [1—3]. Продукты ПОЛ, по-видимому, способны усугублять действие низкой температуры и тормозить восстановительные процессы. ОБХ, являясь сильным антиоксидантом [4], предотвращает накопление токсичных продуктов ПОЛ и способствует значительно более быстрому выходу животных из состояния гипобииоза.

1. Тимофеев Н. Н. // Успехи физиол. наук. 1981. Т. 12. Вып. 4. С. 52.
2. Он же. Актуальные вопросы гипобииоза. М., 1983.
3. Шепелев А. П. // Вопр. мед. химии. 1981. Т. 22. Вып. 1. С. 47.
4. Костюк В. А., Лунец Е. Ф. // Биохимия. 1983. Т. 48. Вып. 9. С. 1491.
5. Лунец Е. Ф., Титов Е. П. // Актуальные вопросы невропатологии и нейрохирургии. Мн., 1973. С. 86.



УДК 338.91(476)

Е. А. АНТИПОВА

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ СП РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

The article is devoted to the questions of jointventures development of Belarus in whole and to chemical industry in particular. Joint ventures in different aspects is considered: activities, employment, geography, country-members and others. Separately authors analyses peculiarities of chemical joint ventures: structure, volume of exports and import, partners. This article deals with the problem of future development and perspective project of creation of byelorussian joint ventures.

В мировом хозяйстве формами научно-производственного сотрудничества выступают международная промышленная кооперация, создание зон совместного предпринимательства, свободных экономических зон, холдинговых компаний, консорциумов, установление лизинговых контактов, деятельность совместных предприятий, инвестиционное сотрудничество. Среди названных форм наибольшее развитие в белорусской экономике получили совместные предприятия. Совместное предприятие — прежде всего хозяйственная организация, созданная совместно с зарубежными партнерами. Их образование дает возможность более эффективно использовать научно-производственный потенциал стран-участниц, привлекать передовые зарубежные технологии, прогрессивную технику и управленческий опыт, дополнительные материальные и финансовые ресурсы.

В 1994 г. в нашей республике зарегистрировано около 700 совместных предприятий [1]. За 6 лет существования СП на территории Беларуси их количество увеличилось почти в 35 раз. По видам деятельности существующие в республике СП можно разделить на следующие группы: производство продукции; проведение НИОКР; сбыт и услуги; разработка и проектирование; продажа машин и оборудования; ЭВМ; товаров народного потребления; продовольственных товаров.

С 1989 г. структура совместных предприятий по видам деятельности практически не изменилась. По-прежнему наибольшее количество относится к первой и третьей группам. К тому же в группе сбыта и услуг наблюдается и самый быстрый рост числа совместных предприятий. По сравнению с 1991 г. их количество увеличилось почти в 2 раза. Это связано с отсутствием ряда дефицитных услуг в государственном секторе и получаемыми значительными по сравнению с другими группами прибылями. Критериями, определяющими практическую деятельность предприятия, являются: 1) экспортные поставки; 2) импортные поступления; 3) поставки на белорусский рынок с расчетом как в рублях, так и в инвалюте. Наибольшее количество СП зарегистрировано по третьему критерию.

Белорусские совместные предприятия имеются во всех административных областях. В 1994 г. наибольшее их количество, как и в 1989 г., зарегистрировано в Минске — 765, а также в Брестской области — 98.

Эти же регионы выделяются и по количеству занятых. По объему иностранных инвестиций выделяются Минск — 142,2 и Минская область — 34,3 млн американских долларов.

Совместные предприятия можно классифицировать также по количеству стран-участниц. Выделяют группы предприятий с 1, 2, 3, 4 и более странами-участницами. Исследования показали, что в Республике Беларусь большинство совместных предприятий, кроме белорусской стороны, имеет одну страну-участницу. Наибольшее количество предприятий создано с участием Польши (более 400), Германии (около 200) и США (около 100) [1].

Проанализировав критерии классификаций, структурные особенности совместных предприятий Республики Беларусь в целом, перейдем к данному виду сотрудничества в химической промышленности. К началу 1994 г. в нашей республике действовало 11 совместных предприятий названной отрасли: в Брестской области белорусско-польское предприятие «Аура», белорусско-польское предприятие «ТермоБрест»; в Минской области белорусско-чехо-словацкое предприятие «Анатэссэк», белорусско-польское «Бориформ», белорусско-немецкое «Ялина», белорусско-польское «Данпол» и «ПАБ интерпродакшн корп.», белорусско-немецкое «Белхольц», белорусско-итальянское «Белита»; в Витебской области белорусско-польское «Новипласт»; в Могилевской области белорусско-польское предприятие «Сопотэкс».

Все перечисленные совместные предприятия по виду деятельности относятся к первой группе, т. е. производят химическую продукцию, например: «Бориформ» — пряжу, «Анатэссэк» — реагенты, «Белита» — парфюмерию, «Аура» — косметические препараты, «ТермоБрест» — нитки, пряжу, «Ялина» — каучук и резиновые изделия, «Белхольц» — растворители и красители, «ПАБ интерпродакшн корп.» — полиэтилен, «Данпол» — косметические препараты, изделия из пластмасс, бижутерию из полимеров.

Белорусские совместные предприятия, действующие в химической промышленности, имеют одного партнера. Чаще всего им является Польша.

Наибольший объем производства в 1994 г. имели «Сопотэкс», «Белита» и «Бориформ» [1]. Кроме того, «Сопотэкс» занимает первое место среди всех белорусских совместных предприятий по объему торгового оборота [1].

Все совместные предприятия поставляют свою продукцию на экспорт. Наибольший объем экспорта у «Сопотэкса». Это предприятие имеет также самое большое количество предприятий-заказчиков. Так, ткани из синтетических нитей оно экспортирует в Польшу (наибольший объем поставок), Португалию и США. Предприятие «ТермоБрест» экспортирует в Венгрию краны и клапаны, «Аура» бартерным путем поставляет стирол. Двух потребителей (Германию и Чехо-Словакию) имеет СП «Анатэссэк». Оно экспортирует реагенты. Такой же предмет экспорта у СП «Бориформ».

Импортные операции до 1992 г. осуществляли три предприятия: «Аура», «Сопотэкс», «Анатэссэк». Товарная структура импорта включала семь наименований: 1) лаки, смолы; 2) сера, соль; 3) красители; 4) моющие средства; 5) пластмассы; 6) каучук и резино-технические изделия; 7) простые химпродукты. Наибольшую долю имели лаки и смолы, а также красители, что составляло 0,3 и 0,2 % соответственно от импорта всех действующих в нашей республике совместных предприятий. В настоящее время импортные операции совершает только одно СП «Аура», которое из Польши получает смеси душистых веществ.

Обобщая изложенное, можно сделать выводы о месте и роли совместных предприятий Беларуси в структуре экспорта и импорта республики. Экспорт СП химической промышленности составляют реагенты,

пластмассы и изделия из них, нитки синтетические, пряжа из химических штапельных волокон. Доля названных видов продукции в структуре экспорта белорусских СП выглядит следующим образом: реагенты — 0,1 %, пластмассы и изделия из них — 0,00..., ткани из синтетических нитей — 5,4, пряжа из синтетических штапельных нитей — 4,1, пряжа из химических штапельных нитей — 0,1 %. Объем экспорта постепенно увеличивается. В настоящее время доля продукции химической промышленности в структуре экспорта СП республики составляет около 10 %.

Как было указано, импортные операции являлись лишь незначительной частью торговых сделок, поэтому доля химической промышленности в структуре импорта СП менее 1 %.

Намечаются проекты развития совместного предпринимательства Республики Беларусь на базе МПО «Химволокно»:

- о создании белорусско-немецкого предприятия по производству химических волокон;
- белорусско-югославского предприятия по реконструкции некоторых цехов;
- белорусско-вьетнамского предприятия по производству каучука;
- белорусско-немецкого предприятия по производству полиэтиленовой упаковки.

1. Совместный процент. Пока один // Дело: Восток + Запад. 1994. № 10. Supplement. С. 1.

УДК 614.876+504.056

В. Н. НЕСТЕРУК, М. В. ЛЫСКОВЕЦ, П. А. КОВРИГО

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСГРАНИЧНОГО ПЕРЕНОСА РАДИОНУКЛИДОВ

Equations for forecasting altitude, direction and rate of movement of a radioactive cloud for the next twenty-four hours have been obtained. To evaluate a trans-border transfer of radionuclides, methods of using bar topography maps and weather maps are proposed. Some ways of decreasing negative consequences of trans-border pollution by preventive methods of radiation protection of population are suggested.

В непосредственной близости от границ Республики Беларусь расположены четыре атомные электростанции, конструкции и условия эксплуатации которых не являются безопасными на 100 %. Известно также, что на территории нашего государства и стран ближнего зарубежья находится значительное количество взрывоопасных экономических объектов, складов и баз хранения боеприпасов. В связи с этим при угрозе возникновения аварий важно иметь прогностическую информацию о пространственно-временных характеристиках возможного трансграничного воздушного переноса агрессивных сред. Особенно это актуально относительно оценки направления, скорости и высоты переноса радиоактивных облаков.

Заметим, что по ряду субъективных и объективных причин (завышенной секретности темы, относительной благополучности работы атомных электростанций в прошлом и т. д.) методика трансграничного перемещения радионуклидов в результате аварии на АЭС в географической научной и учебной литературе освещалась недостаточно. Актуальность этой проблемы очевидна и следует из горьких уроков запоздалых мероприятий, касающихся радиационной защиты населения в период аварии на Чернобыльской АЭС. Несмотря на то, что радиоактивные облака проходили над территорией Беларуси с небольшой скоростью (до 5—10 м/с [1]), мероприятия радиационной защиты за пределами тридцатикилометровой зоны (укрытие населения в жилых домах,

иодистая профилактика и др.) проводились не повсеместно из-за отсутствия информации о координатах перемещения радиоактивных облаков и их опасности для окружающей среды и здоровья людей. В настоящее время у нас в республике созданы пункты измерений радиоактивных аэрозолей в воздухе, т. е. организован воздушный мониторинг. Необходимость развивать прогностические направления миграций радионуклидов очевидна.

Для разработки прогноза трансграничного переноса радионуклидов необходимо учитывать создавшиеся в обширном регионе условия. Для получения трансграничной модели важно остановиться на выборе предикторов, используя для этих целей количественную информацию. Исходя из физических посылок, в качестве необходимой информации расчета желательно иметь следующие предикторы [2]:

1) количественные характеристики источника: количество выброшенных радионуклидов, Ки; мощность источника, Ки/с; тепловая мощность, кВт; размеры газоаэрозольного облака; средний радиус частиц аэрозоля;

2) метеорологические параметры: скорость ветра у земли; состояние облачного покрова и осадков; высота слоя перемешивания; карты барической топографии на уровнях 925, 850, 500, 300 гПа (в зависимости от высоты выброса); приземные синоптические карты.

Что касается параметров источников выбросов радионуклидов, то информация будет поступать со значительным опозданием, так как ее получение связано с большими техническими трудностями замеров и опасностью работ в зоне взрыва.

Информативные метеорологические параметры, от которых зависит высота, скорость и направление перемещения аэрозолей, имеются в Гидрометеорологических прогностических центрах. В связи с этим имеется возможность производить моделирование в предупреждающем варианте (при угрозе выброса), т. е. заблаговременно (на предстоящие сутки) моделировать вероятную высоту облака, направление и скорость его перемещения.

Так, высота облака (при использовании карт погоды) может быть рассчитана, в первом приближении, по следующему уравнению [2]:

$$H_0 = \left[\left(\frac{t_3 + t_{925} + t_{850}}{3} \right) - \left(\frac{\tau_3 + \tau_{925} + \tau_{850}}{3} \right) \right] \cdot K, \quad (1)$$

где H_0 — вероятная высота образования радиоактивного облака, м; t_3 , t_{925} , t_{850} — температура воздуха у земли и на высотах 900 и 1500 м, °C; τ_3 , τ_{925} , τ_{850} — точка росы у земли и на высотах 900 и 1500 м, °C; K — эмпирический коэффициент пропорциональности; над лесными массивами имеет величину 110—120 м, в районе антропогенной застройки (территория АЭС) — 120—140 м.

Если использовать данные радиозондов или аэрологические диаграммы, то представляется возможным определить по ней средний дефицит влажности в слое атмосферы от земной поверхности до 1500 м. В этом случае формула (1) примет вид:

$$H_0 = K \cdot d_c,$$

где d_c — средний дефицит влажности в слое от земли до 1500 м, °.

Направление перемещения облака рекомендуется определять по следующей формуле [2]:

$$D_0 = \frac{D_3 + D_{925} + D_{850} + D_{700}}{4},$$

где D_0 — направление перемещения облака, °; D_3 — направление ветра у земли, °; D_{925} , D_{850} , D_{700} — направление ветра на высотах 900, 1500, 3000 м, °.

Скорость перемещения облака определяется по формуле [2]:

$$V_o = \frac{V_3 + V925 + V850 + V700}{4} \cdot 0,85,$$

где V_o — скорость, км/ч; V_3 — скорость на картах у земли, км/ч; $V925$, $V850$, $V700$ — скорость ветра на картах АТ на высотах 900, 1500, 3000 м, км/ч.

Следует иметь в виду, что на перемещение облака будут оказывать влияние рельеф местности и состояние подстилающей поверхности. Так, в горных районах на наветренной стороне будет происходить замедленное перемещение облака и интенсивное его оседание за счет выпадения из него осадков. На подветренной стороне возможно образование крутящихся (ротаторных) облаков, что приведет к сильному турбулентному переносу субстанций по вертикали.

Над лесными массивами облако будет перемещаться медленнее из-за преобладания нисходящих движений. Более низкая температура воздуха является причиной увеличения плотности выпадения радиоактивных осадков, в данном случае не только за счет преобладания нисходящей турбулентности, но и за счет уменьшения скорости из-за увеличения трения от воздействия деревьев на воздушный поток.

Однако необходимо иметь в виду, что при оценке переноса загрязнений следует учитывать барический рельеф, используя анализ приземной синоптической карты и карт барической топографии (воздушного потока). Если выбросы происходят в радиусе действия центральной части циклона (антициклона), то скорость рассчитывается по формуле [2]:

$$V_o = \frac{0,75 \cdot V700 + 0,5 \cdot V500}{2},$$

где V_o — скорость смещения облака, км/ч; $V700$, $V500$ — скорость ветра на высотах 3000, 5500 м, км/ч.

При оценке направления смещения необходимо иметь в виду, что перенос радиоактивного облака будет проходить совместно с барическим образованием, отклоняясь от изогипс ведущего потока на $25-30^\circ$ в циклоне влево, в антициклоне — вправо.

Заметим, что в условиях осушения заболоченных земель минерализация, эрозия и дефляция почв становятся более активными [3—5]. В болотистых и песчаных почвах произошло значительное накопление радиоактивных элементов [5], а при ветре более 8 м/с вместе с фракциями песка и пыли происходит трансграничный перенос радионуклидов на значительное расстояние.

Содержащиеся в статье уравнения и рекомендации (при их дальнейшей доработке) могут быть использованы для разработки моделей переноса радионуклидов при возникновении пыльных и песчаных бурь, смерчей и других явлений, связанных с подъемом загрязненных субстанций в воздушную среду.

1. Люцко А. М., Ромалевич И. В., Тернов В. И. Выжить после Чернобыля. Мн., 1990.

2. Нестерук В. Н., Лысковец М. В. // Физико-географические аспекты изучения урбанизированных территорий. Ярославль, 1992. С. 74.

3. Киселев В. Н. Белорусское Полесье: экологические проблемы мелиоративного освоения. Мн., 1987.

4. Кудло К. К. // История и современное состояние географического изучения Белоруссии. Мн., 1988. С. 55.

5. Лукашов В. К. Геологические аспекты охраны окружающей среды. Мн., 1987.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЕМОК

Complex structural-geomorphological research work has been carried out on the territory of the South of the Pripjat flexure. The data of interpretation of different results are brought together to the united map-scheme, which made it possible to count the density of anomalies, to point out and analyse the zones of neo-tectonic raisings and relative lowerings and their mean expression. The results were compared to the geological-geophysical research and thus the influence of the buried structures on today's landscape was followed. Complex approach of such research is recommended as it considerably raises the authenticity of the final conclusion.

Проведенные по территории юга Припятского прогиба комплексные структурно-геоморфологические исследования базировались на дешифрировании материалов аэрокосмостъемок и морфометрических построениях. При этом использовались сведения по геологическому строению кайнозойских образований, были выполнены профильные исследования гидросети, сделано сопоставление полученных результатов с временными сейсморазрезами и структурой глубоко погребенных маркирующих поверхностей платформенного чехла и кровли фундамента.

В результате обработки и интерпретации различных материалов выявлены аномальные участки в строении той или иной погребенной либо современной поверхности, аномалии фото- и радиолокационного изображения. Каждая из выявленных аномалий в отдельности представляет собой лишь какое-то локальное изменение фона, будь это отдельное возвышение (равно как и понижение) погребенной, базисной или современной поверхности, концентрация положительных (отрицательных) форм явного остаточного рельефа, аномальное изменение фототона и рисунка на аэрокосмоснимках и др. Интерпретация одного какого-то материала содержит недостаточно либо вообще не содержит сведений, дающих основание выявленную аномалию называть неотектонической структурой.

Известно также, что всякое современное вертикальное перемещение горных пород оказывает определенное воздействие как на вышележащую толщу осадков, так и на современную поверхность, вызывая локальные ландшафтные преобразования. Механизм воздействия на ландшафт таких перемещений рассмотрен достаточно подробно [1, 2]. В данном случае вопрос состоит лишь в том, насколько интенсивны эти преобразования и какой из приемов и используемых методов может дать наиболее достоверные сведения.

В частности, на морфометрических построениях воздымающиеся участки могут выразиться увеличенными (относительно фона) размерами, мощностью и плотностью остаточных форм, сгущением изобазит, возрастанием их значений, замкнутым или полужамкнутым рисунком изобазит; в строении современного рельефа — деформациями однородных геоморфологических уровней, односторонне направленными рельефообразующими процессами и т. д. Для каждого конкретного региона существует целый ряд признаков, косвенно индицирующих наличие погребенного геологического объекта. Естественно также, что чем большее количество индикаторов указывает на наличие структуры, чем большим количеством методов она интерпретирована, тем выше достоверность ее выявления.

В связи с этим полученные в результате комплексных исследований изученной территории площадные (равно как и линейные) аномалии были сведены на единую картосхему (рис. 1). На фоне общей мозаики многочисленных контуров аномалий в первую очередь было выявлено достаточно четкое разделение территории на две части. Граница деления проходила примерно по линии регионального сейсмопрофиля III—III,

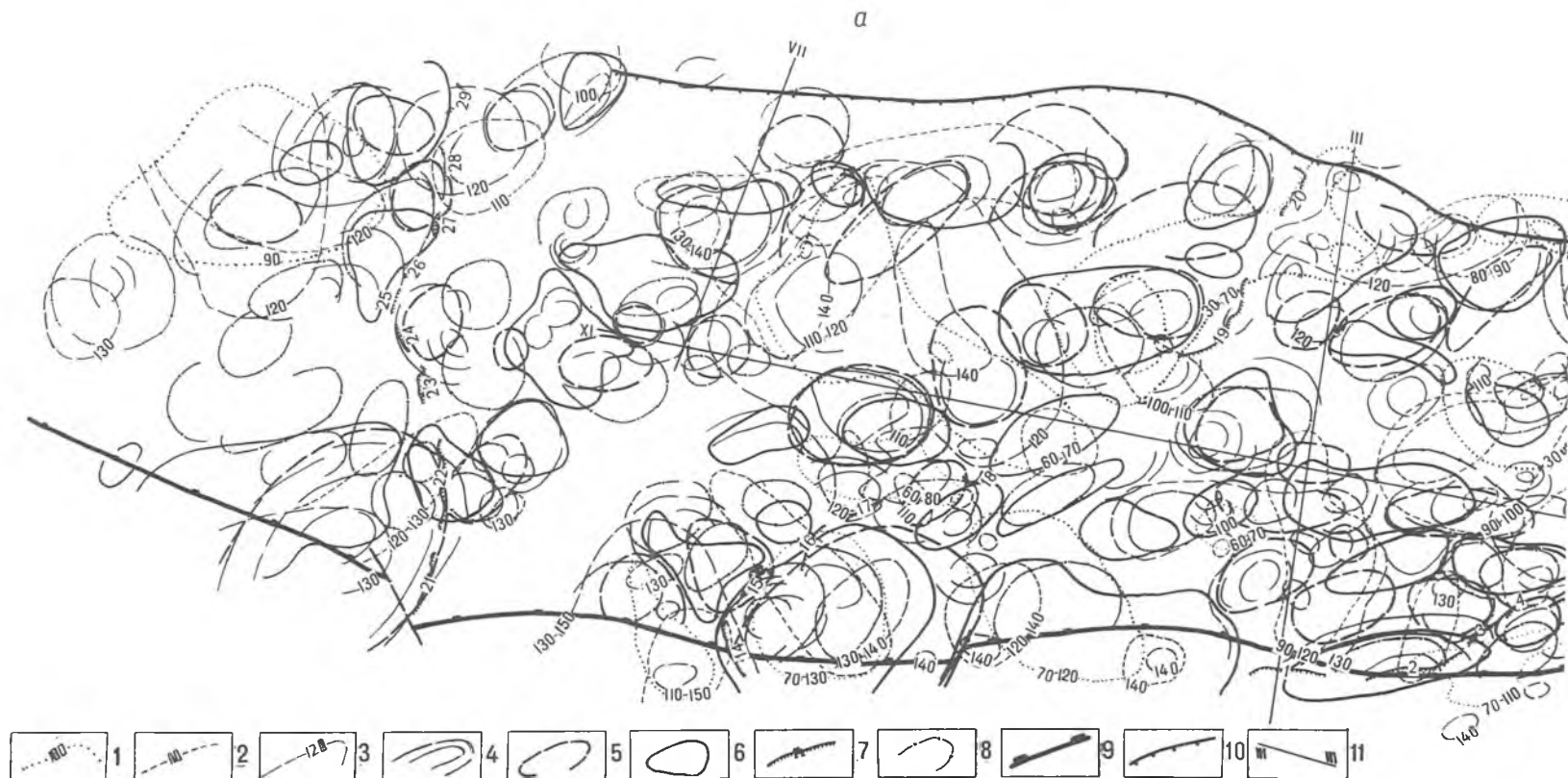


Рис. 1, а. Схема площадных аномалий (западная часть южной зоны Припятского прогиба), полученных по результатам интерпретации геологических и структурно-геоморфологических построений:

1 — поднятия допалеогеновой поверхности; 2 — поднятия донеогеновой поверхности; 3 — поднятия доантропогеновой поверхности; 4 — аномалии в строении явного остаточного рельефа; 5 — аномалии в строении базисной поверхности III порядка; 6 — положительные деформации генетически однородных уровней; 7 — участки аномальных перегибов продольных профилей рек; 8 — аномалии космического изображения; 9 — Южно-Припятский разлом; 10 — Наровлянский разлом; 11 — региональные сейсмопрофили.

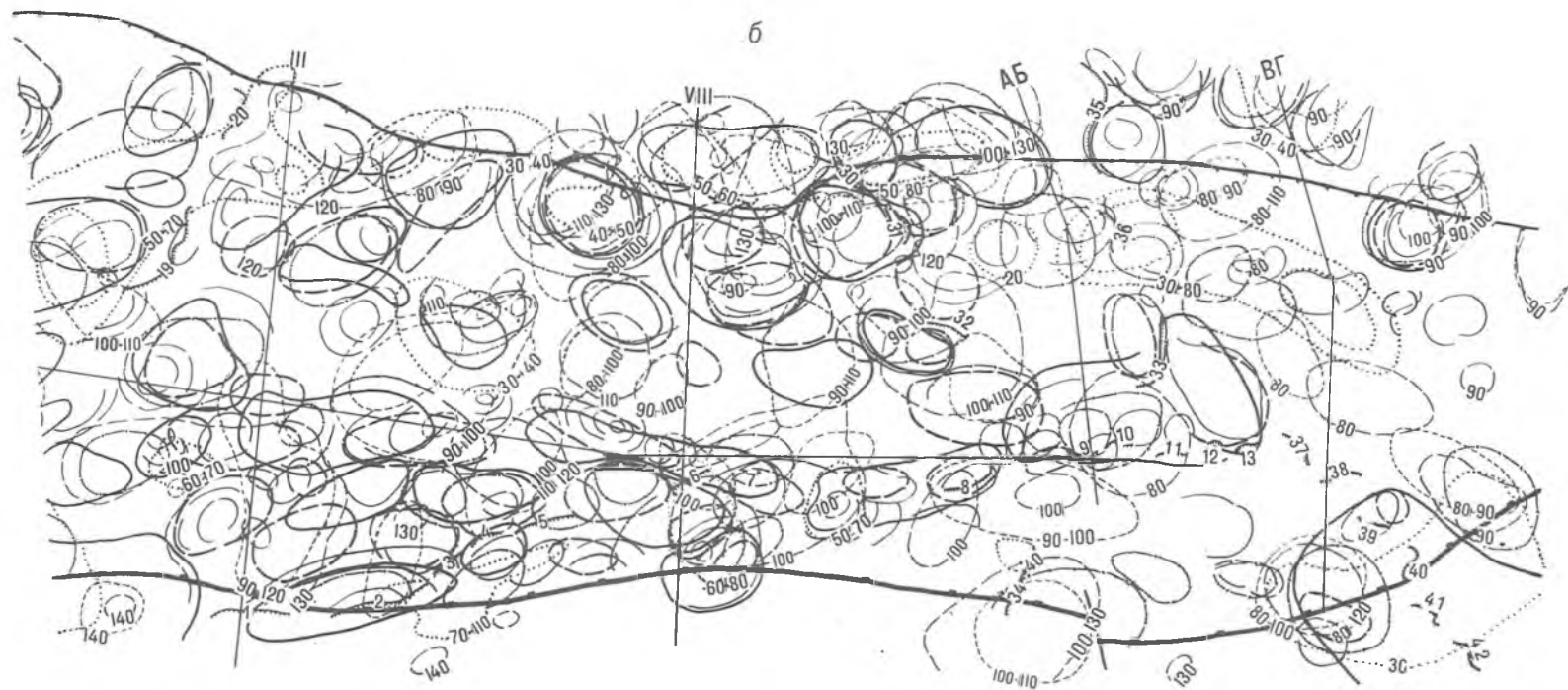


Рис. 1,б — восточная часть. Обозначения те же, что и на рис. 1,а

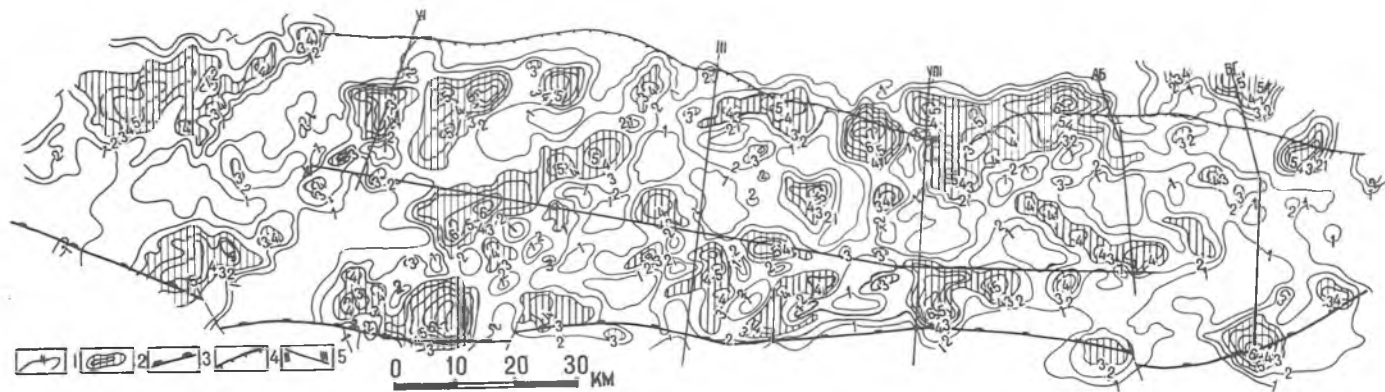


Рис. 2. Схема осредненной выраженности неотектонических поднятий по комплексным данным (поднятия в рельефе кайнозойских поверхностей, аномалии в строении явного остаточного рельефа, базисной и современной поверхностей, аномалии фото- и радиолокационного изображения):

1 — изолинии отображения поднятия комплексом методов; 2 — осредненные контуры аномалий, отображенных тремя и более методами; 3 — Южно-Припятский разлом; 4 — Наровлянский разлом, 5 — региональные сейсмопрофили

приближаясь к долине Уборти. Для западной части характерна преобладающая северо-восточная ориентировка площадных аномалий, группирование их в валы того же простирания, на севере несколько больше площадных аномалий, отклоняющихся на восток. На отдельных участках валы расширились, на других сузились, причем на расширенных площадях ориентировка некоторых аномалий приобрела северо-западное направление, повысилась их плотность. Между валами вырисовались достаточно обширные безаномальные или с единичными аномалиями пространства.

Для восточной половины района характерно преобладание северо-западной и субширотной ориентировки площадных аномалий. Концентрации их были установлены в южной и северной частях, образовав зоны увеличенной плотности аномалий, ориентированные субширотно. Между ними, а также восточнее линии сейсмопрофиля АБ количество аномалий в целом заметно уменьшилось. Как и на западе, ширина таких зон самая различная.

Сводная схема площадных аномалий была принята в качестве исходного материала; методом «скользящего окна» со стороной в 10 км подсчитана плотность аномалий и построена схема осредненной выраженности неотектонических поднятий (рис. 2). В рисунке изолиний на данной схеме прослежена та же зональность.

В целом за неотектонический этап на территории юга Припятского прогиба преобладали положительные движения, однако отдельные площадки на общем фоне поднятия территории испытали заметное отставание. В результате были выделены [3] зоны неотектонических поднятий и относительных опусканий, в пределах которых установлены локальные поднятия, активные на антропогеновом подэтапе. Наиболее уверенно неотектонические поднятия отобразились в пределах Наровлянского и Дзержинского горстов (Кустовницкая, Заозерная, Тонежская, Симоновичская и другие структуры), а также в ряде аномалий в пределах Ельского грабена и Выступовичской ступени (Боровская, Валавская, Великопольская, Выступовичская и др.). Многие из них установлены пятью — семью методами и интерпретированы как наиболее достоверные и активные на новейшем этапе.

Выраженность погребенной структуры в современном рельефе изучалась путем прямого сопоставления приведенных к одному масштабу данных структурно-геоморфологических исследований с геолого-геофизическими материалами, а комплексная интерпретация проводилась в ряде случаев совместно со специалистами производственных организаций, что способствовало существенному повышению достоверности выводов. Это позволило выделить структуры унаследованного развития, частично смещенные или выраженные только по отдельным маркирующим горизонтам, а также проследить влияние погребенных структур на характер современного рельефа.

Таким образом, каждый из примененных методов дал возможность раскрыть отдельные стороны рассматриваемых явлений. Использование же комплекса методов, основанного на изучении современного рельефа по топографическим картам, дешифрировании аэрокосмических снимков и анализе геолого-геофизического материала, позволяет получить достаточно полную информацию о структурно-геоморфологических особенностях региона, режиме неотектонических движений и их связи со структурной погребенных горизонтов. В результате такого подхода были намечены зоны, перспективные для постановки геологоразведочных работ [3]. При этом количество методов в комплексе подобного исследования на других территориях не следует ограничивать названным. Их увеличение, расширение приемов обработки картографических материалов, и в особенности многозональных аэроснимков и других дистанционных материалов, приведет лишь к повышению достоверности окончательного вывода.

1. Г р и д и н В. И. // Стратиграфия, литология и полезные ископаемые БССР. Мн., 1966. С. 221.

2. Г р и д и н В. И. // Современные экзогенные процессы. Киев, 1968. С. 178.

3. Ка п е л ь щ и к о в Н. А. Структурно-геоморфологические, геологические и неотектонические особенности Южной зоны Припятского прогиба: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Мн., 1986. 19 с.

УДК 550.814

М. Е. ФЕЙГЕЛЬМАН, Ф. Е. ШАЛЬКЕВИЧ,
Н. А. КАПЕЛЬЩИКОВ, Г. В. НОВИКОВ

МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОЛОГИИ

The opportunities of some remote probing methods are evaluated, methodic aspects of infra-red survey are set forth, which are used for environmental control of Ignalina atomic power station and industrial region of Novo-Polotsk. The results of gas and aerosol aerial screening, made simultaneously with TV screening, are shown.

Нарастающие явления техногенной нарушенности природной среды отражаются в первую очередь на качестве подземных и поверхностных вод, степени загрязнения почвенно-растительного покрова, атмосферы и в итоге — на здоровье человека. Наиболее заметны эти воздействия на территориях городских агломераций с высокой концентрацией промышленных предприятий, транспорта, объектов коммунального хозяйства. В связи с этим системность наблюдений динамических негативных влияний на окружающую среду одновременно на значительной площади могут обеспечить дистанционные методы, способствующие получению объективной и оперативной информации.

При среднемасштабном геоэкологическом картографировании, проводимом в течение ряда лет по территории Браславско-Полоцкого полигона как одного из наиболее контрастных районов Беларуси, был выполнен комплекс аэросъемок, в том числе и специализированных, экологически конфликтных участков, включающих территории воздействия Игналинской АЭС, Новополоцкого нефтеперерабатывающего комплекса и города Полоцка.

Тепловая съемка производилась на вертолете МИ-8 с помощью аэросъемочного комплекса «ТИМУР», разработанного в КАЭ ПГО «Аэрогеология». Основу комплекса составляет тепловизионная система «ВУЛКАН», оптическая головка которой смонтирована на гиростабилизирующей платформе, чем достигается устранение геометрических искажений тепловых снимков, связанных с эволюциями летательного аппарата. Тепловизор «ВУЛКАН» представляет собой оптико-электронный прибор, осуществляющий преобразования распределения плотности теплового излучения объектов земной поверхности в средней и дальней частях ИК области спектра в видимое изображение, регистрируемое на фотопленке. В процессе съемки за счет скоростного напора воздуха при движении транспортного средства и работы нагнетающего устройства с помощью малогабаритного фильтровального устройства отбирались пробы атмосферного воздуха (аэрозольная съемка). Кроме того, корреляционным спектрометром (АТМОС) определялось наличие в воздухе двуокиси азота (газовая съемка).

Игналинская АЭС. Тепловая ИК аэросъемка выполнена в масштабе 1:50 000 и охватывает 30-километровую зону влияния станции. Кроме промышленных строений, на территории АЭС имеются два канала. Один из них предназначен для забора воды и охлаждения реакторов, другой — для ее сброса в водоем-охладитель. Наибольший интерес представляет тепловая аномалия шириной до 2,5 км, сформированная в оз. Дрисвяты сброшенной водой. Тепловой факел, имеющий отчетливый восточный контур, ориентирован в северном направлении, западное его ограничение

несколько размыто. Скорее всего это обусловлено батиметрией дна озера, когда его глубина резко увеличивается до 20 м и более. При этом контур теплового загрязнения остается достаточно постоянным. Комплексный анализ эколого-геохимической обстановки зоны влияния станции показывает, что экологическое состояние отдельных участков можно определить как напряженное [1, 2].

Новополоцкий нефтеперерабатывающий комплекс. Была выполнена тепловая ИК аэросъемка. Тепловое поле участка характеризуется большой дифференциацией — выделяются объекты низкоконтрастные («холодные») и высококонтрастные («горячие»). Значительную часть площади комплекса занимает промышленная зона. Характер теплового поля здесь обусловлен тем, что промышленные здания и сооружения излучают большое количество тепла. Они отображаются на тепловых снимках объектами прямоугольной формы очень высокого контраста (ярко-белый цвет). Уровень контраста, видимо, зависит от режима функционирования отдельных цехов и предприятия в целом.

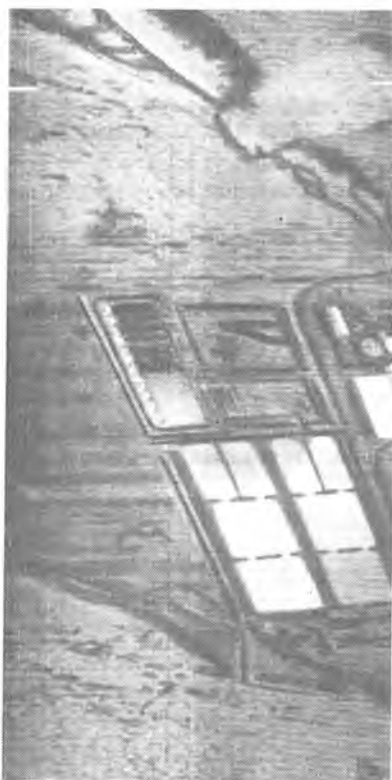


Рис. 1. Промышленные очистные сооружения (фрагмент снимка)



Рис. 2. Участок тепловой съемки высотной и малоэтажной застройки Полоцка

Продуктопроводы и теплопроводы. Характер их проявления в тепловом поле обусловлен, с одной стороны, температурой заключенного в них продукта, с другой — типом и состоянием изоляции и покрытия. Большая их часть отображается на снимках в виде протяженных белых («тепловых») полос. Остальные отрезки более контрастные. Это может быть связано как с температурой продукта и конструктивными особенностями, так и с повышенной утечкой тепла. В некоторых местах наблюдаются «узелковые» утолщения теплового следа, что свидетельствует о повышенной утечке тепла из-за нарушения изоляции или целостности теплопровода (свищ). Места утечек продукта из теплотрасс имеют характер-

ные неправильные очертания, высокий контраст с фоном и выделяются однозначно. Отдельные участки теплопроводов (продуктопроводов) отображаются черным («холодным») фототонном, что обусловлено типом изоляции.

Отстойники (рис. 1). Как правило, они имеют прямоугольные очертания. В тепловом поле их контраст с фоном от отрицательного («холодные») до положительного («горячие»). Это зависит от состояния заключенных в них жидких отходов, стадии очистки, режима функционирования. Часто площадь отстойника очень неоднородна, имеет мозаичный рисунок. Места сброса в отстойники определяются по высококонтрастным (ярко-белым) пятнам с характерным шлейфом. Достаточно однозначно выявлены четыре места сброса отработанных вод в р. Дручанку (левый приток Западной Двины).

На площади съемки выделяется ряд среднеконтрастных отрицательных аномалий, которые могут быть обусловлены локальным обводнением или подтоплением территории. На таких местах, как правило, развита кустарниковая и болотная растительность.

Результаты газовой съемки показывают, что концентрация NO_2 над территорией Новополоцкого комбината неравномерна. Измеряемый параметр весьма динамичен и зависит от направления и скорости ветра (воздушных потоков), высоты съемки, состояния атмосферы (наличие облачности и др.). Максимальные содержания двуокиси азота отмечаются на северо-востоке и востоке, а также в западной части площади съемки, что, видимо, обусловлено расположением промышленного предприятия.

По данным аэрозольной съемки в атмосферном аэрозоле района зафиксировано наличие серы, хлора, калия, свинца, никеля и др. Причем ПДК серы и хлора составляет 0,5, калия — 0,6, свинца — 0,9. Остальные элементы присутствуют в незначительных концентрациях (см. таблицу).

Результаты рентгенорадиометрического анализа
аэрозоля (высота 250 м), мкг/м³

Элемент	Место отбора проб		ПДК (по данным лаборатории Института космических исследований)
	Полоцк	Новополоцк	
Сера	10,2±6,2	17,8	30,0
Хлор	6,3±2,1	12,0±2,0	20,0
Калий	2,7	2,1	3,0
Кальций	5,1±0,6	1,7±0,5	24,0
Титан	0,5	0,5	100,0
Марганец	1,0	1,0	10,0
Железо	1,34	1,34	10,0
Никель	0,65	0,65	2,0
Медь	0,23±0,19	0,22±0,2	10,0
Цинк	0,74±0,22	0,82	60,0
Свинец	0,63±0,22	0,61	0,7
Бром	0,41±0,09	0,22	7,0
Стронций	0,12±0,04	0,11	—
Ванадий	0,14±0,04	0,039±0,034	10,0
Цирконий	0,09±0,03	0,086	40,0

Город Полоцк. По материалам тепловой ИК аэросъемки составлен по-маршрутный монтаж теплового поля города. Здесь выделяется несколько «тепловых очагов», которые соответствуют промышленным сооружениям и зданиям. Практически все жилые дома городского типа на тепловых

снимках выглядят светлыми («теплыми») (рис. 2). В некоторых случаях однотипные дома или даже части домов отображаются разным фотоном, что свидетельствует о разной интенсивности теплоизлучения. При наличии конкретных сведений о конструктивных особенностях жилых зданий можно сделать выводы о необоснованных потерях тепла (плохой теплоизоляции) либо выявлять помещения, которые «перетапливаются».

Материалы тепловой аэросъемки позволяют диагностировать состояния подземных тепловых сетей в пределах городской застройки по трем основным градациям:

1) нормальное состояние, когда утечка тепла не превышает установленную (допустимую) норму;

2) состояние повышенной утечки тепла, обусловленное, как правило, влажной или нарушенной изоляцией, наличием воды в канале, которое вызывает активизацию коррозионных процессов и является коррозионно-опасным;

3) состояние максимальной утечки тепла при наличии в канале теплофикационной воды из-за нарушения целостности теплопровода, которое является аварийно-опасным, поскольку в таких местах происходит разрыв теплопроводов при больших нагрузках, в том числе при изменении давления.

Результаты газовой съемки показывают, что распределение над Полоцком сравнительно равномерное. Локальные «всплески» наблюдаются практически на всех маршрутах. Каких-либо четких закономерностей не выявлено.

По данным аэрозольной съемки в атмосферном аэрозоле района зафиксировано наличие серы, хлора, кальция, калия, железа, никеля, свинца и др. При этом калия и свинца содержится на уровне ПДК, серы, хлора и никеля — до 0,35. Остальные элементы присутствуют в незначительном количестве (десятые и сотые доли). Для стронция ПДК отсутствует, так как считается, что стронций вообще не должен присутствовать в атмосферном аэрозоле, однако, как показал опыт работы, некоторое количество элемента фиксируется при съемке практически всех объектов.

При анализе полученных данных необходимо учитывать, что газовая и аэрозольная съемка выполнялись на высоте 250 м. Естественно предположить, что в приземном слое атмосферы (первые десятки метров) концентрации элементов могут быть значительно выше, однако особенности распределения элементов по высоте в настоящее время не изучены. Поэтому сопоставить данные, полученные для высоты 250 м и для приземной области (как наиболее важной для жизнедеятельности человека), не представляется возможным. Для получения реальной картины распределения химических элементов необходимо выполнять аэросъемку регулярно и на предельно малой высоте (100—150 м), а также проводить отборы проб воздуха на земле.

Таким образом, тепловое поле земной поверхности формируется под влиянием большого количества природных и антропогенных факторов, трудно поддающихся учету, и поэтому отличается высокой временной и пространственной изменчивостью.

При интерпретации тепловых изображений важно учитывать следующие их особенности:

тепловые снимки дают представление о распределении радиационных контрастов и не позволяют определять абсолютные значения радиационных температур;

два идентичных объекта с одинаковой термодинамической температурой отображаются на снимке одним фотоном только при условии их размещения на одинаково излучающем фоне;

при одинаково излучающем фоне более «теплые» объекты отображаются более светлым фототонном;

на величину контрастов теплового изображения влияют многочисленные природные факторы.

Кроме того, характер теплового поля существенно зависит от времени съемки — как сезона, так и суток. Так, реки и водоемы в холодный сезон выглядят более «теплыми» (светлыми), чем фон, а в теплый сезон — более «холодными» (темными). Явление инверсии наблюдается и в течение суток: реки, водоемы, переувлажненные места (участки заболачивания, подтопления) в дневное время отображаются темным фототонном, в ночное время — более светлым. Это объясняется тем, что вода обладает высокой тепловой инерцией — в течение суток ее температура изменяется сравнительно мало (на несколько градусов). Объекты суши (например, плотный сухой грунт, асфальт) имеют значительный перепад температуры в течение суток, в летнее время достигающий 20 °С и более.

Техногенные объекты, как правило, характеризуются постоянно положительным контрастом с фоном, так как имеют достаточно высокую температуру. Максимально контрастно выглядят промышленные зоны (здания ТЭЦ, котельных, заводы и т. д.). Точечные высокотемпературные объекты обычно отождествляются с малоразмерными высокотемпературными объектами (горячие трубы, костры и др.). Обычно вокруг теплового следа таких объектов наблюдается ореол.

Весьма распространенным видом источников воздействия на окружающую среду являются утечки из подземных водонесущих коммуникаций. Эти утечки, кроме неоправданных расходов энергоресурсов, способны вызывать изменения химического и бактериального состава, температуры и уровня грунтовых вод, привести к подтоплению или заболачиванию территории, развитию оползней и обвалов, активизации карстовых и суффозионных процессов. Промышленные и коммунальные стоки в реки и водоемы являются интенсивными источниками загрязнения поверхностных вод, а при соответствующих гидрогеологических условиях их воздействие может сказаться на составе и температуре подземных вод.

Тепловая аэросъемка, особенно периодическая, позволяет выявлять многие виды источников загрязнения, следить за их динамикой и интенсивностью воздействия, представить дальнейшее развитие негативных явлений и выработать экологоориентированные мероприятия. Газовая и аэрозольная съемка, позволяющие определить содержание NO₂ и отдельных химических элементов в воздухе, способны контролировать состояние воздушной среды промышленного района и значительно сузить поиск очагов загрязнения промышленными выбросами.

1. Новиков Г. В., Романов В. П., Капельщиков Н. А., Фейгельман М. Е. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1994. № 1. С. 63.

2. Капельщиков Н. А., Лукашев В. К., Новиков Г. В., Фейгельман М. Е. // Весці АН Беларусі. Сер. хім. навук. 1994. № 2. С. 101.

УДК 551.431

П. С. ЛОПУХ

ВЛИЯНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫМИ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

The estimation of the small water reserves influence upon the environment is shown. The five kind of small water reservers influence is exposed.

Практика строительства и эксплуатации водохранилищ и прудов в Беларуси позволила определить тенденции водохозяйственного благоу-

ройства водосборов малых рек в условиях достаточно высокой плотности населения и их роль в изменении окружающей среды. На современном этапе наиболее перспективными направлениями водохозяйственного благоустройства водосборов малых рек следует считать:

создание малых водохранилищ для регулирования водного стока малых рек;

водное благоустройство промышленных районов;

реконструкция водохранилищ энергетического назначения;

восстановление и оптимизация озер (строительство водохранилищ и прудов на базе озер);

создание водохранилищ промышленного назначения;

строительство полносистемных водохозяйственных комплексов;

водохозяйственная рекультивация карьеров нерудных полезных ископаемых;

создание водохранилищ и прудов, копаней при строительстве дорог, дамб и других хозяйственных объектов;

создание водохранилищ многоцелевого (комплексного) назначения.

Искусственные водоемы занимают особое место среди природных водных объектов. По В. М. Широкову, эти водоемы существенно изменяют структуру географического пространства и по сравнению с другими антропогенными ландшафтами более активно воздействуют на окружающую среду [1—3]. С одной стороны, новые гидрологические условия ведут к изменению окружающей природы, с другой — нарушенная природная среда стремится к формированию новой равновесной системы в складывающихся условиях. Кроме того, возникает необходимость проведения мероприятий по благоустройству и планировке побережий, гидротехнических и мелиоративных работ на водосборе и прилегающих землях.

Строительство водохранилищ ведет к изменению уклона водной поверхности реки и возникновению кривой подпора на участке строительства водохранилища и в связи с этим — к появлению местного базиса на профиле реки. Изменение базиса может быть каскадного типа (Свислочский каскад), линейного типа (Вилейско-Минская водная система, Слепянская и Лошицкая (строящаяся) системы), а также локальным (напр., Осиповичское, Плещеничское, Солигорское, Тетеринское водохранилища). Линейные системы представляют собой чередование водохранилищ различных гидроморфологических типов и назначения и частично или полностью канализированные русла рек, каналы.

По характеру воздействия водохранилища могут вызывать направленное изменение природной среды, выразившееся в одном из негативных процессов (тепловое загрязнение, подтопление в связи с просадками грунта и др.). Так, водохранилища озерного типа, которые используются в качестве водоемов-охладителей при ГРЭС (Белое, Лукомльское), отличаются сильным тепловым загрязнением (термофикацией). Единственным водоемом-водохранилищем озерного типа, связанным с производством электроэнергии на АЭС, является оз. Дрисвяты. Ранее озеро использовалось в качестве водохранилища при ГЭС «Дружба народов».

В системе каскада водохранилища, расположенные в верхнем бьефе, активно воздействуют на природу водоемов в нижнем бьефе, во многом определяя их гидрологический режим. Поэтому каскад водохранилищ работает как единый водный природно-антропогенный комплекс, и его воздействие на прилегающую территорию следует рассматривать суммарно в единой системе.

Изменения природы линейного типа возникают на трассе каналов, канализированных русел рек и в нижнем бьефе водохранилищ, где основные изменения приурочены в основном к русловой части реки.

Аналогично природным озерно-речным системам рукотворные системы типа «река — водохранилище — канал — водохранилище», «ре-

ка — водохранилище — река — водохранилище» (Вилейско-Минская и Слепянская водные системы) представляют собой чрезвычайно сложный комплекс прямых и косвенных взаимосвязей. В отличие от каскадной системы, их зона влияния на окружающую среду имеет прерывистый характер. Площадное влияние на природу чередуется с линейным. При строительстве каналов зона их влияния искусственно расширяется в связи со строительными преобразованиями по трассе каналов, сооружением дополнительных гидротехнических сооружений. Как правило, в зоне влияния находятся многочисленные речки и ручьи, нарушаются местные водосборы.

Большинство водохранилищ оказывают площадное влияние на окружающую среду, охватывая значительные территории, иногда превышающие площадь самого водоема. Структура влияния водохранилищ Беларуси на прилегающую природную среду, выявленная в условиях Беларуси, представлена в таблице.

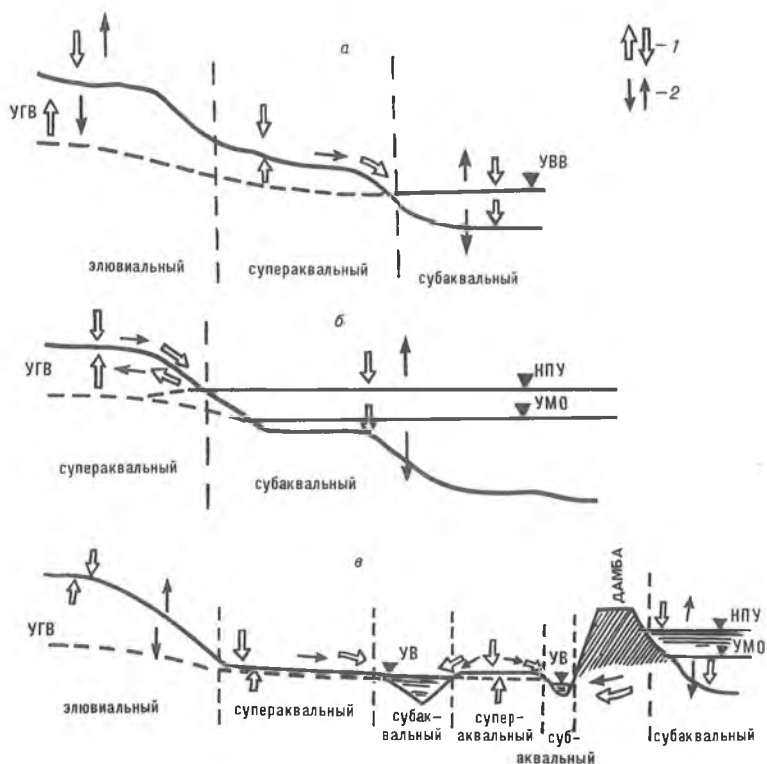


Схема перестройки элементарных геохимических ландшафтов при строительстве водохранилищ:

а — схема геохимического ландшафта, по Польшову; *б* — структура ландшафта после создания водохранилища; НПУ — нормальный подпорный уровень водохранилища; УМО — уровень мертвого объема; УГВ — уровень грунтовых вод в прибрежной части верхнего бьефа (водохранилища); 1 — поступление веществ в ландшафт; 2 — удаление веществ из ландшафта; УВВ — уровень воды водоема до создания водохранилища; *в* — структура прибрежного ландшафта у отражающих дамб и в нижнем бьефе водохранилища

В геохимическом отношении при создании водохранилищ меняется структура элементарных геохимических ландшафтов (рисунок) [4]. Представленная модель является, по сути дела, базой для анализа воздействия водохранилищ на прилегающую территорию и свидетельствует о возможности формирования техногенных аномалий и саморегулирования ландшафта, его устойчивости по отношению к воздействиям, связанным с новым напором на субаквальный ландшафт. На месте супераквальных и

**Оценка изменения природной среды
при создании малых водохранилищ в условиях Беларуси**

Типологическая группа водохранилищ	Соотношение водной акватории и нарушенной природной среды (НПС)	Качественные изменения природной среды (процессы)													
		прилегающая территория					водохранилище (верхний бьеф)			нижний бьеф					
		подпор грунтовых вод	подтопление земель	изменение микроклимата	изменение растительности	изменение животного мира	абразия берегов	заиление ложа	зарастание ложа	формирование эрозионной воронки	деформация русла	изменение водного стока	изменение химического стока	изменение температурного режима	изменение газового режима
I (малые приточные)	$S_{\text{НПС}} \ll f_0$	—	—	+	+	+	—	+++	+++	+	—	+	+++	+++	+++
II (небольшие приточные)	$S_{\text{НПС}} < f_0$	++	++	++	+	+	++	++	++	+	+	++	+++	+++	+++
III (средние приточные)	$S_{\text{НПС}} \approx f_0$	+++	+++	+++	++	++	+++	+	+	++	+	+++	++	++	+++
IV (приточно-наливные)	$S_{\text{НПС}} \geq f_0$	+++	+++	+++	+++	++	+	+	—	—	—	+++	+++	+	+++
V (наливные)	$S_{\text{НПС}} \gg f_0$	+++	+++	+++	+++	+++	—	+	—	—	—	+++	+++	+	+++

Примечание: качественные изменения природы; — отсутствует или выражен локально; + — слабое; ++ — умеренное; +++ — сильное.

элювиальных ландшафтов формируются субаквальные и супераквальные, нарушая тем самым поступление, накопление и удаление веществ в зоне влияния.

Степень воздействия рукотворных водных ландшафтов на окружающую среду определяется величиной напора в створе головного гидротехнического сооружения и их морфометрическими параметрами (площадь, ширина, длина акватории и др.) [5].

После подготовки ложа, прибрежной полосы и заполнения водохранилищ возникают условия, которые нарушают природные связи и устойчивость природной экосистемы. С момента наполнения водохранилища идет процесс формирования качественно новой равновесной природно-антропогенной системы, ориентированной на величину подъема воды в реке. При условии стабильности подпора процесс становления новой системы происходит по кривой затухания. В первую очередь по кривой затухания развиваются физические процессы (подпор уровня грунтовых вод, уровня воды в реке, процесс переформирования берегов и ложа, дифференциация терригенного материала, занесение ложа и др.), которые характеризуются перемещением значительных объемов воды и других веществ. Наиболее сложными и устойчивыми во времени являются интегральные процессы (изменение трофности, подтопление прилегающей территории, изменение нижнего бьефа, др.).

По интенсивности воздействия на окружающую среду водохранилища Беларуси можно подразделить на пять групп.

Первую группу образуют малые водохранилища с небольшой площадью зеркала (до 10 км^2) и объемом водной массы до 20 млн м^3 . Для них характерно слабое влияние на прилегающую территорию. Зона нарушенной природной среды значительно меньше площади создаваемой водной акватории ($S_{\text{нпс}} \ll f_0$). Наиболее существенные изменения за счет внутриводоемных автохтонных процессов происходят здесь в самих водохранилищах. Они интенсивно заиляются и зарастают. Зона подтопления выражена слабо, процесс обрушения берегов наблюдается локально. Эта группа водохранилищ является в условиях Беларуси преобладающей. К ней можно отнести озерные водохранилища Поозерья и большую группу водохранилищ с объемом менее 1 млн м^3 , которые условно относятся к прудам.

Вторую группу образуют небольшие водохранилища площадью $10\text{--}30 \text{ км}^2$ и объемом водной массы от 20 до 60 млн м^3 (Солигорское, Чигиринское, др.). Для этой группы характерно более значительное влияние на прилегающую территорию с существенным изменением природы самих водохранилищ ($S_{\text{нпс}} < f_0$). В прибрежной полосе четко прослеживаются зоны слабого, умеренного и сильного подтопления. В результате береговых процессов водоемы получают значительные объемы терригенного материала (до 150 тыс. м^3). В верховьях и больших заливах водохранилищ образуются участки сплошного зарастания. Хорошо выражена зона климатического влияния.

Третью группу образуют средние по величине водохранилища площадью $30\text{--}80 \text{ км}^2$, с объемом водной массы более 100 млн м^3 (Вилейское, Заславское), для которых характерен весь комплекс изменений природных условий прилегающей территории, наблюдаемый для крупных равнинных водохранилищ СНГ. С целью уменьшения зоны подтопления создаются ограждающие дамбы и польдерные системы. Фильтрационные и воды местного стока с малого водосбора насосными станциями закачиваются в водохранилища. С учетом зон климатического влияния и подтопленных земель общая зона влияния на прилегающую территорию соизмерима с площадью их акватории ($S_{\text{нпс}} \approx f_0$).

Четвертая группа водохранилищ занимает промежуточное положение между приточными водоемами и водохранилищами наливного типа (Краснослободское, др.). Это водохранилища полуналивного типа. Одна-

ко в гидрологическом режиме большую роль играет поверхностный приток. Зона влияния на прилегающую территорию равновелика площади водной акватории водохранилищ ($S_{\text{нпс}} \geq f_0$). Длина береговой линии с искусственными берегами составляет до 50 % и более от их общей протяженности. Это обстоятельство обуславливает значительные фильтрационные потери и подпор грунтовых вод на прилегающей территории. Уровень воды в водохранилище на протяжении укрепленной береговой линии значительно выше поверхности прилегающей территории, где идет интенсивный болотный процесс.

Особую, пятую, группу составляют наливные водохранилища, у которых без специальных гидротехнических решений зона влияния на прилегающую территорию была бы значительно больше площади акватории самого водохранилища ($S_{\text{нпс}} \gg f_0$). Эти водохранилища предназначены для регулирования уровня грунтовых вод на мелиорированных землях. Фактор подтопления в условиях Полесской низменности, выражающийся в подъеме грунтовых вод и рассматриваемый традиционно как отрицательное явление, выполняет исключительно положительную функцию. При проектировании водохранилищ и разработке схем комплексного использования водных и земельных ресурсов бассейнов малых рек предусматривается двухстороннее регулирование стока в пределах мелиоративных объектов и максимальное использование эффекта подтопления.

Формирование нового ландшафта сопровождается процессом увязки (притирки) новой гидросистемы с окружающей природной обстановкой, который можно подразделить на отдельные этапы или стадии, характеризующие интенсивность проявления абиотических и биотических процессов внутри искусственных водоемов и в зоне контакта их с прилегающей территорией. В итоге в створе регулирующего сооружения формируется качественно новый ландшафт. Наибольшие изменения на прилегающей территории связаны с возникновением подпора уровня грунтовых вод и, как следствие, с подтоплением прилегающих земель. При этом у наливных водохранилищ зона подтопления формируется в основном на мелиорированных землях и используется в сельском хозяйстве. Создание водохранилищ в иных целях нежелательно в связи с максимально возможным подтоплением. Наименьшие изменения природной среды на прилегающей территории возникают при создании малых и небольших водохранилищ. Климатическое воздействие зависит от морфометрических показателей. С увеличением площади и ширины водоемов увеличивается зона их климатического воздействия.

В верхнем бьефе существенные изменения происходят в малых водохранилищах. За довольно короткий срок (30—50 лет) они практически теряют свои эксплуатационные характеристики.

В нижнем бьефе наиболее существенные изменения происходят в режиме водного и химического стока (в частности, биогенных элементов), заметны изменения температуры воды и обогащение кислородом сбрасываемых вод. В самих водоемах первой и второй группы за счет внутриводоемных процессов происходит биологическая детоксикация и седиментация сточных вод, поступающих в водохранилище. В нижний бьеф сбрасывается значительно осветленная и аэрированная вода. За счет самоочищения воды прозрачность в приплотинной части водохранилищ увеличивается в 1,5—2 раза.

Учитывая значительную площадь водосборов водохранилищ, несбалансированность алахантных и автохтонных процессов, отметим, что водохранилища более подвержены эвтрофированию, чем природные водные объекты. Поэтому трофность водохранилища с момента его заполнения быстро повышается и через 5—10 лет достигает уровня, который соответствует эвтрофному, а чаще высокоэвтрофному озеру [6]. Как правило, водохранилища отличаются интенсивным развитием фитопланктона и практически сжегодным явлением «цветения» воды.

1. Лопух П. С., Кухарчик М. В., Пидопличко В. А. // Актуальные проблемы охраны, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов. Мн., 1984. С. 165.
2. Широков В. М., Лопух П. С., Кухарчик М. В., Пидопличко В. А. // Конструктивные задачи географических исследований в Белорусской ССР. Мн., 1984. С. 25.
3. Широков В. М. // География и природные ресурсы. 1988. № 1. С. 48.
4. Охрана ландшафтов: Толковый словарь. М., 1982.
5. Широков В. М., Лопух П. С., Левкевич В. Е. Оценка воздействия малых водохранилищ на окружающую среду. Мн., 1994.
6. Базыленко Г. М., Бурдыко П. И., Лопух П. С. // Вестн. БГУ. Сер. 2. 1977. № 1. С. 59.

УДК 551.4.012 (476)

С. А. ХОМИЧ, С. В. РАДЕВИЧ

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ДЕНУДАЦИИ

The possibility to estimate the chemical denudation from the dissolved material runoff has been analyzed within a model region with consideration for the non-denudation ions. Some special features of calculation of terms, that form an equation of chemical denudation have been described. Eleven of the dissolved material runoff, as well as dissolved substances of non-denudation origin have been calculated from the chemical denudation equation for the Zapadnaya Berezina, Isloch and Olshanka outlets.

Изученность химической денудации как процесса рельефообразования до настоящего времени уступает представлениям о других экзогенных процессах. Невнимание к этому фактору морфогенеза обусловлено, в первую очередь, геоморфологической невыраженностью следов химической денудации, отсутствием специфических форм рельефа, а также недостаточно опробованными методами количественного определения интенсивности процесса.

В качестве модельного района для отработки методических подходов к оценке химической денудации использован бассейн р. Зап. Березина.

В основу расчета величин выноса химических элементов положена методика, разработанная в Казанском университете и состоящая в оценке химической денудации по стоку растворенных веществ с учетом поправок на неденудационное поступление некоторой их части [1].

Основное рабочее уравнение для расчета химической денудации

$$D = [(I - P_c - P_{аз.}) + K + MЭ] + P_{исп.} \pm P_{обм.} - P_{атм.} - P_{антр.} \quad (1)$$

включает элементы речного стока растворенных веществ: ионный сток $I(Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, SO_4^{2-}, Cl^-, HCO_3^-)$, минеральные коллоиды $K(Si, Fe, Al)$, микроэлементы $MЭ$, а также растворенные вещества неденудационного происхождения:

атмосферный и биогенный CO_2 , поступающий при растворении карбонатных пород и выветривании алюмосиликатов и мигрирующий в дальнейшем в форме карбонатных ионов P_c ;

атмосферные и биогенные соединения азота $P_{аз.}$;

растворенные вещества, поступающие в речные воды данного бассейна из глубинных минерализованных слоев $P_{обм.}$;

растворенные вещества, поступающие с атмосферными водами $P_{атм.}$;

растворенные вещества промышленных, сельскохозяйственных и бытовых стоков $P_{антр.}$.

Факторологическую основу работы составили результаты полевых гидрологических, гидрохимических и геоморфологических исследований, проводившихся в период с 1991 по 1993 г. Кроме того, для расчета общей химической денудации привлечены данные Белорусского гидрометцентра и фондовые материалы Института геологических наук АНБ.

Замеры скоростей течения, выявление морфометрических характеристик речных русел (см. рис. 1) и гидрохимическое опробование вод про-

водилось на четырех створах р. Зап. Березина (д. Литва, д. Городьки, геобазы, д. Мильва) и на четырех створах ее притоков — р. Исloch (пос. Первомайский), р. Ольшанка (д. Десятники и канализированное устье), р. Кревлянка (д. Боярск). Содержание компонентов солевого состава в речных, грунтовых и дождевых водах охарактеризовано по результатам 1500 анализов, проводившихся по стандартным методикам [2—4].

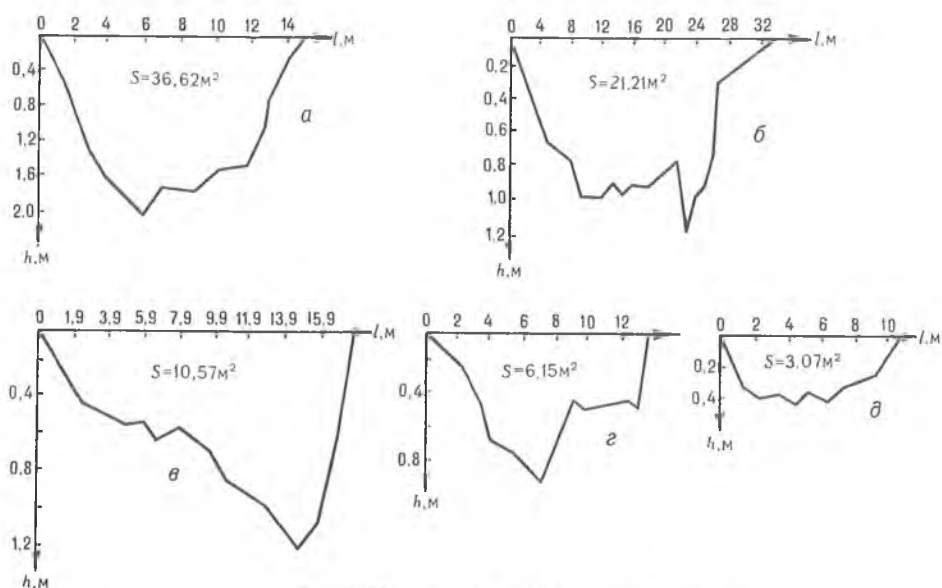


Рис. 1. Поперечные профили русел рек:

а — Зап. Березина (д. Мильва), б — Зап. Березина (геобазы), в — Исloch (пос. Первомайский), г — Ольшанка (д. Десятники), д — Ольшанка (канализированное устье)

Речной сток ионов I установлен путем непосредственного расчета для каждого исследуемого створа с использованием формулы

$$I = Q \cdot M \cdot 10^{-3} \quad [5], \quad (2)$$

где Q — водный сток или срочный расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$), рассчитанный по площади поперечного сечения реки (см. рис. 1) и средней скорости течения $V_{\text{ср.}}$ (табл. 1) ($Q = W \cdot V_{\text{ср.}}$) [3], M — минерализация речных вод ($\text{мг}/\text{л}$), рассчитанная как сумма основных ионов (табл. 2).

Концентрация неденудационных ионов НСО_3^- получена по [1] исходя из того, что неденудационными являются в среднем от 50,8 до 55 % всех ионов НСО_3^- (табл. 2). Сток неденудационных карбонатных ионов P_c рассчитан по формуле (2).

Аналогичным образом с использованием концентраций (табл. 2) и срочных расходов (табл. 1) получен сток соединений азота ($P_{\text{аз.}}$) и микроэлементов ($MЭ$).

Отсутствие данных о содержании Fe и Al в исследованных речных водах не позволяет определить величину стока коллоидов K .

Вынос растворенных веществ с испарением ($P_{\text{исп.}}$) определен с использованием данных об испарении из раздела «Испарение с водной поверхности» [6]. Среднее за сезон (апрель — октябрь) испарение E за десятилетний период составило в районе исследования 458,75 мм/год. Далее, рассчитав по формуле $\lg M_{\text{и}} = (0,0549 + 0,0653 \lg M_{\text{исх.}}) - \lg M_{\text{исх.}}$ [4] минерализацию конденсата $M_{\text{и}}$ (табл. 2) ($M_{\text{исх.}}$ — исходная минерализация речных вод), по формуле $P_{\text{и}} = (E \cdot F \cdot M_{\text{и}}) / (31,5 \cdot 10^6)$ [5] (F — площадь водосбора, дренируемого рекой от верховья до замыкающего исследуемого створа) получаем суммарные потери солей с поверхности каждого исследуемого бассейна.

Величина расхода атмосферной составляющей вычислялась по формуле $P_{\text{атм.}} = (H \cdot F \cdot M_a) / (31,5 \cdot 10^6) \cdot [5]$, где H — среднегодовое количество осадков (мм/год), составляющее в Воложинском р-не по данным Управления гидрометеорологической службы Беларуси 702 мм [7]; F — площадь водосбора, замыкаемого исследуемым створом; M_a — минерализация атмосферных осадков с учетом поправки на карбонатные ионы, рассчитанная по формуле $M_a = 0,566 M_{\text{п}} + 5,044$ [6] ($M_{\text{п}}$ — минерализация атмосферных осадков, составляющая для района исследования 11,29 мг/л, а $M_{\text{н}}$ — содержание ионов HCO_3^- в атмосферных осадках, равное $0,434 M_{\text{п}} - 5,044$).

Т а б л и ц а 1

Некоторые гидрографические характеристики
р. Зап. Березина, Ислочь, Ольшанка, Кревлянка

Створ реки	Дата опробования	Площадь поперечного сечения реки, м ²	Скорость течения реки, м/сек	Срочный расход воды, м ³ /сек	Площадь водосбора, км ²
<i>Зап. Березина</i>					
Геобазы	23.05.91	21,21	0,31	6,57	1070
— » —	20.10.92	21,21	0,41	8,70	1070
— » —	27.05.93	21,21	0,35	7,42	1070
д. Мильва	19.05.91	36,62	0,80	29,30	2354,3
— » —	03.07.92	26,61	0,78	20,76	2354,3
— » —	20.10.92	36,62	0,68	24,90	2354,3
— » —	25.05.93	36,62	0,75	27,46	2354,3
д. Городьки	04.07.92	12,00	0,27	3,24	621,5
— » —	27.05.93	12,00	0,19	2,28	621,5
д. Литва	04.07.92	10,40	0,15	1,56	412
— » —	25.05.93	10,40	0,26	2,70	412
<i>Ислочь</i>					
пос. Первомайский	19.05.91	10,97	0,78	8,56	896,9
— » —	02.07.92	9,44	0,77	7,27	896,9
— » —	20.10.92	9,21	0,86	7,92	896,9
— » —	28.05.93	8,66	0,93	8,05	896,9
<i>Ольшанка</i>					
д. Десятники	22.05.91	6,15	0,40	2,46	201
— » —	04.07.92	9,25	0,50	4,62	201
— » —	26.05.93	3,68	0,42	1,54	201
канализированное устье	04.07.92	3,07	0,58	1,77	544,6
— » —	21.10.92	3,07	0,65	1,99	544,6
— » —	26.05.93	3,07	0,72	2,20	544,6
<i>Кревлянка</i>					
д. Боярск	04.08.92	0,75	—	—	99,43

Расход растворенных веществ, поступающих с подземными водами ($P_{\text{обм.}}$), рассчитывался по формуле $P_{\text{обм.}} = (Q_{\text{в}} \cdot M_{\text{гл.}}) / 1000$, где $Q_{\text{в}}$ — величина разгрузки подземных вод в зону дренирования речного бассейна

Химический состав речных, грунтовых и атмосферных вод, мг/л

Створ реки	Дата опробова- ния	Характеристика речных вод по:				Минерализация		
		минера- лизации	концен- трации неденуа- ционных ионов НСО ₃	содержа- нию сум- марного минер- ального азота	содержа- нию микроэле- ментов	грунтовых вод	атмосфер- ных осад- ков	конден- сата
Зап. Березина								
Геобаз	23.05.91	564,23	221,01	3,1	0,030	410,0	11,43	4,419
— » —	20.10.92	366,00	139,04	3,2	0,034	410,0	— » —	3,714
— » —	27.05.93	398,60	154,06	0,6	0,040	410,0	— » —	3,840
д. Мильва	19.05.91	464,82	199,55	—	0,037	302,1	— » —	4,083
— » —	03.07.92	394,80	154,55	0,6	0,038	178,0	— » —	3,825
— » —	20.10.92	254,00	93,22	0,6	0,036	260,0	— » —	3,233
— » —	25.05.93	372,00	144,26	0,6	0,036	260,0	— » —	3,737
д. Городь- ки	04.07.92	472,30	177,76	1,5	0,030	500,0	— » —	—
— » —	27.05.93	449,50	171,65	0,6	0,044	500,0	— » —	—
д. Литва	04.07.92	461,90	180,73	0,6	0,032	345,0	— » —	—
— » —	25.05.93	393,80	150,37	0,6	0,037	345,0	— » —	—
Ислочь								
пос. Пер- вомайский	19.05.91	446,20	175,39	3,1	—	225,0	— » —	4,017
— » —	02.07.92	236,20	87,17	0,6	—	225,0	— » —	3,150
— » —	20.10.92	274,10	106,04	0,6	—	225,0	— » —	3,150
— » —	28.05.93	370,09	147,67	0,9	—	347,5	— » —	3,730
Ольшанка								
д. Десятни- ки	22.05.91	483,59	188,81	4,9	—	440,0	— » —	4,149
— » —	04.07.92	447,90	177,43	0,7	—	440,0	— » —	4,023
— » —	26.05.93	407,70	159,77	3,5	—	440,0	— » —	3,875
канализи- рованное устье	04.07.92	389,90	149,54	0,6	—	360,0	— » —	3,807
— » —	21.10.92	303,20	115,00	3,2	—	360,0	— » —	3,455
— » —	26.05.93	432,50	167,25	0,7	—	360,0	— » —	3,967
Кревлянка								
д. Боярск	04.07.92	445,70	175,78	4,7	—	340,0	— » —	—

(м³/сек.), М_{гл.} — средняя минерализация вод у нижней границы зоны активного водообмена (мг/л). Расход подземных вод, участвующих в питании исследуемых рек, определялся с использованием подходов, обоснованных в работах [8—10]. Для получения расходных величин, характеризующих подземное питание исследуемых рек по данным гидрологических ежегодников, строились гидрографы и проводилось их расчленение по типам питания (рис. 2, 3). При определении долевого участия подземного питания за основу принято положение [10] об отсутствии подземного питания в момент прохождения пика половодья через данный гидроствор, а также представление о равномерном уменьшении подземного питания на подъеме половодья и увеличении на спаде. Подземное питание отделялось на гидрографе от поверхностного отрезками прямых ли-

ний, идущих от низкого расхода воды перед началом половодья до нуля в момент прохождения пика и до низкого расхода в конце спада (см. рис. 2, 3). Площадь, ограничивающая на графиках подземное питание, определялась с помощью планиметра и при внесении поправки на период исследования соответствовала расходу подземных вод на питание реки в данном створе. Сведения о минерализации подземных вод взяты из отчетных материалов Института геологических наук АНБ.

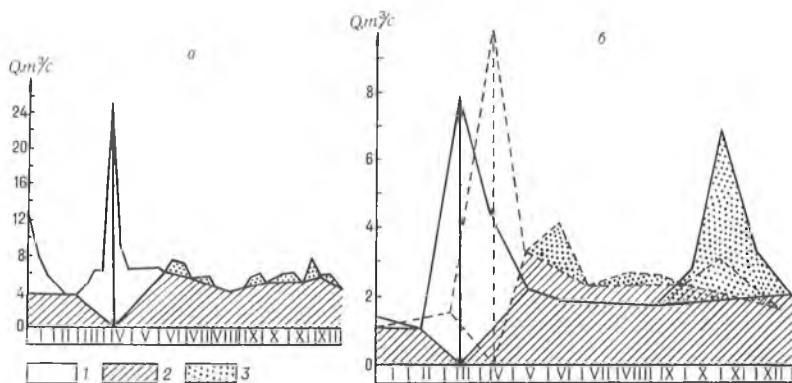


Рис. 2. Гидрографы р. Зап. Березина:
а — д. Неровы, б — д. Литва

Антропогенная составляющая ионного стока $R_{\text{антр.}}$, обусловленная сбросом промышленных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод, определялась на основании данных параллельных наблюдений за минерализацией речных вод выше и ниже крупнейших населенных пунктов по течению рек Зап. Березина, Исlochь, Олышанка. Увеличившаяся минерализация ниже населенного пункта при практически неизменившемся водном стоке позволяет рассчитать по формуле (2) расход растворенных веществ выше и ниже населенного пункта. Разность этих величин ΔP и характеризует антропогенный прирост растворенных веществ.

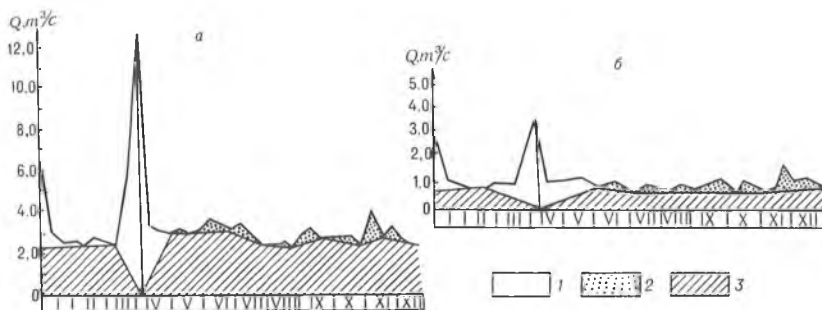


Рис. 3. Гидрографы:
а — р. Исlochь (д. Боровиковщина), б — р. Олышанка (д. Богданово)

Недостаточное количество исходных данных по минерализации речных вод, отбираемых к тому же лишь вблизи самого населенного пункта (исследуемые створы близ д. Литва, Городьки, Мильва, пос. Первомайский), к сожалению, не позволило получить полную характеристику антропогенной составляющей ионного стока для рек Зап. Березина и Исlochь. Неприемлемой для исследованных створов этих рек оказалась и методика, предлагаемая Казанским университетом [1], состоящая в сравнении современной минерализации речных вод с доагрикультурной и доиндустриальной. Данные о минерализации речных вод прошлых лет, содержащиеся в Государственном водном кадастре [6], во-первых, привя-

Основные компоненты рабочего уравнения химической денудации (расход основных частей выноса растворенных веществ, кг/сек)

Створ реки	Дата опробования	Речной сток				Вынос с испарением (для замыкающего створа), $R_{исп.}$	Поступление с атмосферными осадками (для замыкающего створа), $R_{атм.}$	Расход растворенных веществ, поступающих с подземными водами, $R_{обм.}$	Антропоген- ное поступле- ние, $R_{антр.}$	Химическая денудация, Д
		ионов, И	неденудацион- ных ионов HCO_3^- , P_c	соединений азота, $P_{аз.}$	микроэлемен- тов, МЭ					
Зап. Березина										
Геобазы	23.05.91	3,706	1,452	0,020	0,0002	0,068	0,272	1,626	—	0,4042
—»—	20.10.92	3,184	1,209	0,028	0,0003	0,058	0,272	1,626	—	0,1073
—»—	27.05.93	2,958	1,143	0,004	0,0003	0,060	0,272	1,626	—	0,0267
д. Мильва	19.05.91	13,619	5,846	—	0,0011	0,140	0,600	1,198	—	6,1161
—»—	03.07.92	8,196	3,208	0,012	0,0008	0,131	0,600	0,706	—	3,8018
—»—	20.10.92	6,324	2,321	0,015	0,0009	0,111	0,600	1,031	—	2,4689
—»—	25.05.93	10,215	3,961	0,016	0,0010	0,128	0,600	1,031	—	4,7361
д. Городьки	04.07.92	1,530	0,576	0,005	0,0001	0,035	0,158	0,699	—	0,1271
—»—	27.05.93	1,020	0,391	0,001	0,0001	0,035	0,158	0,699	—	0,1939
д. Литва	04.07.92	0,721	0,282	0,001	—	0,023	0,105	0,483	—	0,1270
—»—	25.05.93	1,063	0,406	0,002	0,0001	0,023	0,105	0,483	—	0,0901
Исloch										
пос. Первомайский	19.05.91	3,819	1,501	0,026	—	0,052	0,228	0,445	—	1,6710
—»—	02.07.92	1,720	0,634	0,004	—	0,041	0,228	0,445	—	0,4500
—»—	20.10.92	3,326	0,840	0,005	—	0,043	0,228	0,687	—	1,6090
—»—	28.05.93	2,989	1,189	0,007	—	0,049	0,228	0,687	—	0,9270
Ольшанка										
д. Десятники	22.05.91	1,190	0,464	0,012	—	0,012	0,051	0,344	0,071	0,2600
—»—	04.07.92	2,069	0,819	0,003	—	0,012	0,051	0,344	0,071	0,7930
—»—	26.05.93	0,628	0,246	0,005	—	0,011	0,051	0,344	0,071	0,0780
канализированное устье	04.07.92	0,690	0,264	0,001	—	0,030	0,139	0,281	0,071	0,0360
—»—	21.10.92	0,603	0,228	0,006	—	0,027	0,139	0,281	0,071	0,0950
—»—	26.05.93	0,951	0,367	0,001	—	0,031	0,139	0,281	0,071	0,1230

заны к пунктам наблюдения УГМС, а во-вторых, не всегда регулярны и относятся лишь к последним 10—15 годам исследований, не характеризуя начальный период антропогенных изменений.

На основании приведенных подходов к оценке отдельных компонентов рабочего уравнения химической денудации (1) рассчитаны: сток ионов, содержание неденудационных ионов HCO_3^- , соединений азота и микроэлементов, а также вынос химических элементов с испарением, поступление с подземными водами, атмосферными осадками и из антропогенных источников. Получены показатели общей химической денудации (в кг/сек) (табл. 3). Для сопоставления величин химической денудации и ее составных частей между собой, а также с результатами предыдущих исследований полученные значения могут быть представлены в виде площадного модуля химической денудации D_s (т/км²/год — сток растворенных веществ с единицы площади в единицу времени). Для расчета D_s , а также модулей слагаемых химической денудации I_s , P_{cs} , $M\Delta_s$, $P_{атм.s}$, $P_{исп.s}$, $P_{антрг.s}$, и т. д. используется формула $D_s = (31,5 \cdot 10^3 \cdot R)/F$ [1].

1. Можерин В. И., Шарифуллин А. Н. Химическая денудация гумидных равнин умеренного пояса. Казань, 1988.
2. Алёкин О. А. Основы гидрохимии. Л., 1970.
3. Алёкин О. А., Семенов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л., 1973.
4. Цыцарин Г. В., Шмидеберг Н. А. Гидрохимический практикум. М., 1973. Ч. II.
5. Лучшева А. А. Практическая гидрометрия. Л., 1972.
6. Государственный водный кадастр: Многолетние данные о качестве поверхностных вод суши. Мн., 1989. Ч. 1. Т. 3.
7. Агроклиматический справочник Минской области. М., 1965.
8. Белецкий С. С. Опыт оценки подземного стока в реки БССР. Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии. Мн., 1974. С. 60.
9. Куделин Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М., 1980.
10. Поляков Б. В. Гидрологические расчеты при проектировании гидротехнических сооружений на реках малых бассейнов. М.; Л., 1948.

УДК 631.41

Н. К. ЧЕРТКО, И. С. МЕЧКОВСКИЙ

ВИСМУТ В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

The present article refers to original method of instant form of bismuth (Bi^{+++}) determination in the soils. Ecologo-geochemical estimation of antropogenios landscapes is made.

Техногенные ландшафты формируются вокруг промышленных предприятий, городов и зон. Они равномерно распределены по территории Беларуси. Техногенез является следствием деятельности человека, поэтому для него, как и для природных ландшафтов, характерны протекающие одновременно положительные и отрицательные процессы. Если в природных ландшафтах противоположно направленные процессы нейтрализуются, то в техногенных ландшафтах деятельность человека направлена на интенсивное развитие положительных процессов. Возможные отрицательные процессы и механизмы их сдерживания или нейтрализации практически не исследовались. Отсюда появление высоких концентраций тяжелых металлов и целой гаммы ксенобиотиков в атмосфере, водах, почвах, породах, формирование техногенных ландшафтов эволюционирующих иногда в сложные по сочетанию загрязнителей биогеохимические эндемии. В результате этих процессов возникает важная экологическая проблема — изучение концентрации отдельных химических элементов и их сочетаний в различных формах, разработка критериев эколого-геохимической оценки создавшейся ситуации в ландшафтах.

Нами была поставлена задача изучить особенности концентрации висмута в почвах техногенного ландшафта вокруг крупного промышленного объекта и дать эколого-геохимическую оценку данному явлению.

Закономерности миграции, концентрации и рассеяния висмута почти не изучены в природных и техногенных ландшафтах. В научной литературе [1—4] имеются отдельные отрывочные сведения, которые нуждаются в уточнении и дополнении.

В природе встречается 70 минералов висмута, но ни один из них не образует рудных концентраций. Поэтому висмут является спутником свинцовых, медных, серебряных, оловянных, вольфрамовых и кобальтовых месторождений с концентрацией в них висмута от 0,0001 до 0,01 % [3]. Кларк висмута в земной коре равен $2 \cdot 10^{-5}$ % (на одну тонну породы приходится 0,2 г висмута) [2]. Основными потребителями висмута являются металлургическая, фармацевтическая, химическая промышленность, ядерная техника, электроника. Мировая потребность в нем составляет 5—6 тыс. т ежегодно.

Висмут наименее токсичный из всех тяжелых металлов. Его применяют для изготовления лекарственных препаратов при желудочно-кишечных заболеваниях, антисептических и заживляющих средств. Однако избыток висмута опасен для живых организмов, так как обладает широким спектром токсического действия с многообразными клиническими проявлениями. Характерные симптомы интоксикации висмутом: набухание слизистой оболочки рта, появление серой каймы на деснах с последующим выпадением зубов, периферический неврит, недостаточность функции почек и другие менее специфические симптомы [4]. В техногенных ландшафтах концентрация висмута может достигать и превышать его содержание в рудах.

Материал и методика

Почвенные образцы из гумусового горизонта на глубине до 10 см были отобраны 12 июля 1994 г. вокруг завода в восьми точках на расстоянии 30—50 м от его территории. Висмут в почвы поступает из атмосферы с твердым конденсатом (пыль, дым) (рис. 1).

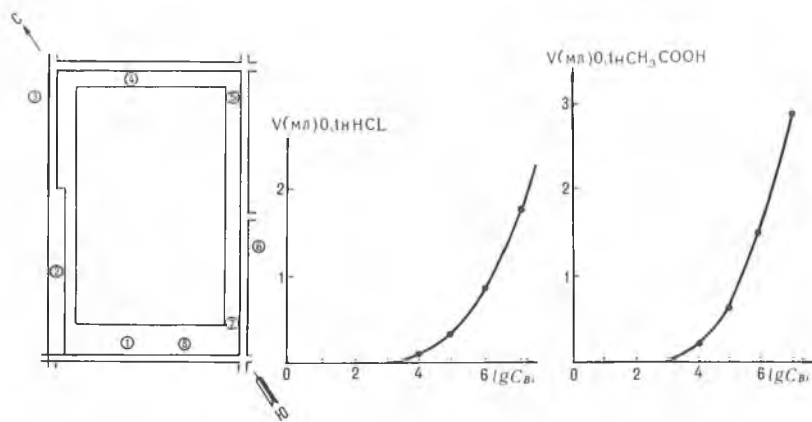


Рис. 1. Схема отбора проб почв вокруг промышленного объекта

Рис. 2. Зависимость аналитического сигнала V от отрицательного логарифма концентрации $C_{\text{Bi(III)}}$, раствора 0,1 н HCl

Рис. 3. Зависимость аналитического сигнала V от отрицательного логарифма концентрации $C_{\text{Bi(III)}}$, раствора 0,1 н CH_3COOH

Почвенные образцы просушивались до воздушно-сухого состояния, просеивались через сито с диаметром ячеек 0,25 мм. Определение подвижных форм висмута (III) как наиболее экологически опасных прово-

дили новым сорбционно-колористическим методом следового анализа, разработанного на кафедре аналитической химии Белгосуниверситета [5]. Метод пригоден для определения висмута без предварительного концентрирования. Рабочая область метода 10^{-3} — 10^{-9} моль/л. В основу метода положена функциональная зависимость между концентрацией элемента в жидкой фазе и ее объемом. Сорбционно-колористический датчик прибора устанавливает сигнал заданной интенсивности. На сорбенте образуется узкая окрашенная зона. Индикация зоны осуществляется визуально или фотометрическим методом. Погрешность определения элемента на уровне предельно допустимой концентрации не превышает 10 %. Время определения 2—10 мин.

На рис. 2, 3 приведены калибровочные графика для ионов висмута (III), полученных на фоне 0,1 н HCl (рис. 2) и 0,1 н CH_3COOH (рис. 3). В качестве исходного стандарта использован 1 н раствор $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, очищенной сорбционным методом в динамических условиях путем фильтрования через колонки соли (d 2 мм, h 10 мм) с сорбентом А-С 2.

Градуировочные графики для определения Bi (III) в почвах построены в полулогарифмической форме, где приведенная величина объема исследуемого раствора, отвечающего появлению сигнала, находится в зависимости от отрицательного логарифма концентрации висмута в растворе. В качестве датчика использована микромасштабная хроматографическая колонка (d 2 мм, h 5 мм) с сорбентом АРА-5п-I, являющимся специфическим по отношению к ионам Bi(III). Другие тяжелые металлы определению не мешают, навеска почвы 5 г.

Для приготовления солянокислой и уксуснокислой вытяжек навески почв помещали в химические стаканы, предварительно обработанные в течение суток 1 н HCl и обмытые очищенной дистиллированной водой. Этим достигалось удаление тяжелых металлов со стенок сосудов. К навескам почвы добавляли по 25 мл 0,1 н CH_3COOH и 0,1 н HCl. Содержимое стаканов перемешивалось в течение 30 мин, раствор фильтровали через беззольный фильтр, затем через колонку (d 5 мм, h 20 мм) с сорбентом полисорб-2 с целью удаления окрашенных органических веществ. Очищенный раствор пропусклся через датчик СКД-АРА-5п-I со скоростью 1 мл/мин до появления окраски на верхнем срезе слоя сорбента. В момент появления окраски поток раствора останавливался краном бюретки, к которой присоединен датчик. По бюретке снимался объем раствора, а по градуировочному графику находили концентрацию Bi(III) в растворе. Для каждого образца почв проводилось пять параллельных измерений. По полученным данным рассчитывали средний результат (М) и стандартное отклонение (δ).

Результаты и их обсуждение

Общее содержание висмута в различных природных объектах колеблется в значительных пределах. Кларк висмута, по А. П. Виноградову, составляет 9 мкг/кг породы, по А. Е. Ферсману — 100, по С. Р. Тейлору — 170 мкг/кг породы. Больше висмута содержится в кислых, осадочных и средних породах, меньше — в ультраосновных и основных породах [2]. Данные по содержанию висмута в воде также противоречивы. По [6], среднее содержание висмута в гидросфере составляет 0,2 мкг/л, по Ливингстону (цит. по [7]), содержание висмута в поверхностных водах 0,1 мкг/л. Сведения по висмуту в живом веществе и почвах отсутствуют [2].

Известно, что растения концентрируют практически все химические элементы, поэтому в гумусе и гумусовом горизонте почв должно быть больше висмута, чем в породе.

Количество растворимой (подвижной) формы висмута в образцах почвы, отобранных в восточном и юго-восточном направлении около промышленного объекта, существенно превышает кларковую величину в

поверхностных водах (см. таблицу). Сравнение с кларком поверхностных вод содержания растворимой формы висмута в почвах рекомендуется для оценки эколого-геохимической ситуации по тяжелым металлам [8]. Допускается также, что у химических элементов, не имеющих ПДК, гигиеническим пределом концентрации является пятикратное превышение над кларком или фоном. В таблице сравнение содержания растворимой формы висмута в почвах проведено с кларком висмута в поверхностных водах (0,2 мкг/л). Пятикратное превышение кларка по висмуту характерно для одного образца (№ 3) вытяжки 0,1 н HCl и в пяти образцах почвы (№ 1, 5, 6, 7, 8) вытяжки 0,1 н CH₃COOH. Это указывает на сильное загрязнение зоны у промышленного объекта в восточном и юго-восточном направлениях.

В целом, содержание растворимой формы висмута в почвах по периметру промышленного объекта колеблется весьма существенно: в вытяжке 0,1 н HCl от 0,11 до 1,44 мкг/кг, в вытяжке 0,1 н CH₃COOH от 0,13 до 32,17 мкг/кг почвы.

Содержание растворимых форм висмута (III)
в почвах техногенного ландшафта (мкг/кг)

№ образца почвы	Экстрагенты				Превышение над кларком (0,2 мкг/кг)	
	0,1 н HCl	δ	0,1 н CH ₃ COOH	δ	Экстрагенты	
					0,1 н HCl	0,1 н CH ₃ COOH
1	—	—	1,26	0,018	—	6,30
2	0,11	0,011	0,13	0,049	0,55	0,65
3	1,44	0,13	0,57	0,17	7,20	2,85
4	0,16	0,014	0,16	0,037	0,80	0,80
5	0,25	0,13	7,13	0,50	1,25	35,65
6	0,15	0,078	6,45	0,52	0,75	32,25
7	0,23	0,0064	10,42	0,57	1,15	52,10
8	0,20	0,09	32,17	0,62	1,00	160,85

Сопоставление содержания висмута в одних и тех же образцах в разных вытяжках показывает более высокий переход в раствор элемента из вытяжки уксусной кислоты по сравнению с соляной кислотой. Исключение составляют величины по второму и третьему образцу (см. таблицу). Особенно заметно это различие в образцах № 5, 6, 7, 8 на тех участках, где загрязнение от промышленного объекта максимальное (в восточном и юго-восточном направлении) и согласуется с розой ветров для Беларуси.

Таким образом, полученные данные по содержанию растворимой формы висмута (III) в почвах техногенного ландшафта представляют практический интерес и могут быть использованы для эколого-геохимической оценки ситуации в конкретных ландшафтах. Для получения более достоверной картины закономерностей распределения висмута в почвах и других компонентах ландшафтов Беларуси исследования необходимо продолжить.

1. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М., 1966.
2. Краткий справочник по геохимии. М., 1977.
3. Популярная библиотека химических элементов. М., 1977. Кн. 2. С. 278.
4. Москалев Ю. И. Минеральный обмен веществ. М., 1985.
5. Мечковский С. А., Абугоффа А. А., Муравская Н. В. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1993. № 3. С. 8.
6. Перельман А. И. Химический состав Земли. М., 1975.
7. Шварцев С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М., 1978.
8. Ильин В. Б. // Агрохимия. 1995. № 1. С. 94.



150 ЛЕТ РУССКОМУ ГЕОГРАФИЧЕСКОМУ ОБЩЕСТВУ

6 августа 1845 г. в Санкт-Петербурге было учреждено Русское Географическое Общество (РГО). К этому времени Россия уже имела большой опыт в «возделывании географии» своего государства подвижничеством землепроходцев и мореплавателей мирового масштаба — Семёна Дежнёва (1605—1673), Ерофея Хабарова (1610—1667), Степана Крашенинникова (1711—1755) и многих других. И среди этих славных имен наши соотечественники-литвины: Иван Козыревский (1680—1734), составитель первой карты Курильских островов; Василий Прончищев (1702—1736), первый исследователь Таймыра; Дмитрий Павлункий (16...—1747), первый исследователь северных островов и берегов Аляски и др.

Идею создания РГО впервые сформулировал естествоиспытатель К. М. Бэр (1792—1876), а основная организаторская роль принадлежала адмиралу Ф. П. Литке (1797—1882). Он и стал первым руководителем РГО.

Среди семнадцати учредителей Русского Географического Общества, кроме двух названных, были известные ученые и путешественники — адмиралы И. Ф. Крузенштерн и Ф. П. Врангель, географ П. А. Чихачев, астроном В. Я. Струве, видные деятели русской культуры — В. И. Даль и В. Ф. Одоевский, сенатор М. Н. Муравьев, наш соотечественник М. П. Вронченко и др.

Михаил Вронченко (1801—1855) родился в д. Копысь (ныне Шкловский р-н Могилевской обл.), учился в Московском и Дерптском университетах, военный геодезист (генерал-майор); известен переводами Шекспира, Байрона и Гёте.

За свою 150-летнюю историю РГО неоднократно меняло свое название: Русское Географическое Общество (1845—1850), Императорское Русское Географическое Общество (1850—1917), Государственное Географическое Общество (1917—1938), Всесоюзное Географическое Общество (1938—1945), Географическое Общество СССР (1946—1992) и, наконец, с 1993 г. вновь Русское Географическое Общество.

Под эгидой РГО (ГО СССР) были осуществлены многочисленные экспедиции, связанные с изучением территории России (СССР) и других стран. Наиболее значительные успехи в области географической науки связаны с именами наших соотечественников Н. М. Пржевальского (Перевальский, 1839—1888) и И. Д. Черского (1845—1892). Отметим, что РГО почти не уделяло внимания изучению полярных морей — с XIX в. они были объектом гидрографической службы морского ведомства. Но и здесь наши соотечественники внесли существенный вклад в мировую географическую науку (А. И. Вилькицкий, 1858—1913; Б. А. Вилькицкий, 1885—1961; О. Ю. Шмидт, 1891—1956 и др.).

Об истории Русского Географического Общества написано немало. Самые монументальные труды приурочены к юбилейным датам: «История полувековой деятельности Императорского Русского географического Общества». Ч. I—III. СПб., 1896 (автор П. П. Семенов-Тянь-Шанский); «Всесоюзное Географическое Общество за 100 лет». М.—Л., 1946 (автор Л. С. Берг); коллективные монографии «Географическое Общество за 125 лет. Л., 1970; «Русское Географическое Общество. 150 лет». М., 1995.

На юбилейном съезде РГО (август 1995 г.) ее Президентом избран профессор Санкт-Петербургского университета С. Б. Лавров, видный ученый и талантливый организатор географической науки.

География — это система естественных (физико-географических и экономико-географических) наук. И все великое — религия, философия, наука, искусство, промышленность, вся цивилизация и мощь человеческой мысли связаны с этой системой наук.

Сейчас, когда традиционные связи народов значительно ослаблены, ответственность географов за будущее нашей планеты несоизмеримо возросла. Русское Географическое Общество — организационный центр, способный сплотить наши народы на пути к единению и прогрессу.

РЕФЕРАТЫ

УДК 546.145.2

Свиридов В. В., Шевченко Г. П., Суша А. С., Осипович Н. П., Шевченко Е. В. Использование реакции химического восстановления комплексами Ti(III) для получения ультрадисперсных частиц элементарных полупроводников и металлов в объеме раствора // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Исследована возможность использования комплексов Ti(III) для получения гидрозолей элементарных полупроводников и металлов в присутствии ряда стабилизаторов. Получены устойчивые золи Se, Te и Sn. В случае восстановления никеля комплексами Ti(III) образование стабильного золя затруднено из-за магнитных взаимодействий между частицами. Методом электронной микроскопии изучено влияние условий получения гидрозолей на размеры формирующихся частиц.

Библиогр. 7 назв., табл. 3.

УДК 542.61

Капуцкий Ф. Н., Старобинец Г. Л., Юркштович Т. Л., Борщенская Т. И. Влияние природы боковых радикалов α -аминокислот на их необменную сорбцию слабокислотным катионитом из водно-спиртовых растворов // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

При помощи предложенной ранее аддитивной схемы рассчитаны вкладываемые стандартной свободной энергии молекулярной сорбции АК из бинарных водно-этанольных растворов слабокислотным катионитом КБ-4п2 (Н): свободная энергия гидрофобных взаимодействий боковых радикалов или их неполярных групп ($\Delta G_{\text{гф}}^0$), свободная энергия переноса цвиттер-ионных полярных групп ($\Delta G_{\text{сп.1}}^0$) и полярных групп боковых радикалов ($\Delta G_{\text{сп.2}}^0$). Установлено, что при мольной доле спирта (N_2), равной 0,2 и выше, полярность раствора фазы ионита становится больше полярности равновесного внешнего раствора, следствием чего является обращение знака гидрофобного эффекта и появление максимума на изотермах $\Delta G_d^0 - N_2$ алифатических АК.

Рассмотрено влияние полярных групп боковых радикалов на свободную энергию сорбции аминокислот.

Библиогр. 11 назв., табл. 1, ил. 3.

УДК 541.118

Кулак А. И., Кондратюк А. В. Механизм действия ультразвуковой кавитации на кинетику переноса электронов в окислительно-восстановительных реакциях // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Теоретически показана возможность увеличения константы скорости электронного переноса в результате воздействия ультразвука на протекание гомогенных окислительно-восстановительных реакций в водных растворах. Установлено, что коэффициент инициирующего действия (γ) ультразвука увеличивается линейно с возрастанием интенсивности (J) ультразвука и при более высоких интенсивностях $\gamma - J$ -зависимость переходит в более резкую $\gamma, \exp(\sqrt{J})$ -зависимость, наиболее выраженную в условиях протекания кавитационных процессов.

Библиогр. 11 назв.

УДК 71.023.7+778.33

Коктыш Д. С., Корзун Г. М., Рахманов С. К., Беленков В. В. О характере выполнения закона взаимозаменяемости при стандартном и модифицированном химическом проявлении галогенсеребряных фотографических материалов // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Проведено исследование характера выполнения закона взаимозаменяемости в области низких освещенностей при использовании стандартного и модифицированного химического проявления галогенсеребряных фотографических материалов. Показано, что меньшая выраженность эффекта невязности взаимозаменяемости низких освещенностей при использовании модифицированного химического проявления связана с вовлечением в процесс проявления мик-

рокристаллов, содержащих малоатомные центры скрытого изображения, не проявляемые в стандартном проявителе.

Библиогр. 6 назв., ил. 1.

УДК 621.357.7

Степанова Л. И., Пуровская О. Г., Куликова О. Г. Электроосаждение пленок сплавов Ni-W с высоким содержанием вольфрама // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Изучено влияние состава раствора и условий протекания процесса при электроосаждении пленок сплавов Ni-W, позволяющих получить сплавы с высоким содержанием вольфрама (до 23,5 мол. %) из цитратно-аммиачного раствора.

Установлено, что полученные пленки представляют собой кристаллические твердые растворы вольфрама в никеле и практически однородны по составу.

Показано, что микротвердость пленок сплавов колеблется в пределах 880–1680 МПа, коррозионная устойчивость возрастает с увеличением в них содержания вольфрама.

Библиогр. 22 назв., табл. 1, ил. 3.

УДК 581.132

Кахнович Л. В., Саркисова Е. А. Оценка устойчивости фотосинтетического аппарата различных сортов ячменя к водному дефициту // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Исследовались особенности фотосинтетического аппарата растений ячменя интенсивных и экстенсивных сортов в условиях водного дефицита.

Показано, что различная устойчивость растений к водному дефициту связана с изменением структуры, соотношения пигментов в пигмент-белковых комплексах и функциональной активности фотосинтетического аппарата.

Библиогр. 8 назв., табл. 3.

УДК 612.55+577.352

Потапович А. И., Маслова Г. Т. Исследование влияния пирогенала на температуру тела и свободнорадикальные процессы у крыс, интоксцированных четыреххлористым углеродом // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Пероральное введение четыреххлористого углерода приводит к достоверному снижению температуры тела экспериментальных животных. Установлено, что предварительное введение пирогенала оказывает термостабилизирующий дозозависимый эффект.

При исследовании влияния пирогенала на свободнорадикальные процессы, инициируемые в печени крыс CCl₄, установлено, что термостабилизирующее действие пирогенала не может быть обусловлено влиянием данного препарата на процесс метаболической активации четыреххлористого углерода, а, по-видимому, опосредуется через терморегуляторные механизмы.

Библиогр. 15 назв., ил. 1, табл. 2.

УДК 591.9(476)+595.764

Фролов А. В. Уточнения и дополнения к фаунистическому списку пластинчатоусых жуков Беларуси (Coleoptera, Scarabacidae) // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Aphodius foetidus Herbst и Aph. linearis Reiche et Saul. впервые указываются для территории Беларуси. Обсуждается статус Aph. Igockii Roub. Приводятся новые данные по Aph. bimaculatus Laxm. и Aph. punctatosulcatus Sturm из Беларуси, а также наиболее полный список видов данного рода достоверно известных с территории Беларуси.

Библиогр. 7 назв.

УДК 595.763.14(476)

Шавердо Е. В. Хищные водные жуки (Coleoptera, Hydradephaga) Березинского биосферного заповедника // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

В работе приведены результаты изучения Hydradephaga Березинского биосферного заповедника. Всего зарегистрировано 84 вида из 4 семейств. Hydroporus notatus Sturm, H. glabriusculus Aube, Halipilus varius Nic., H. heydeni Wehn. впервые указаны для фауны Белару-

си. В таблице дан полный список видов хищных водных жуков, а также их распределение по биотопам и встречаемость.

Библиогр. 6 назв., табл. 1.

УДК 612.112-02:612.397

Маслова Г. Т., Потапович А. И. Состояние антиокислительной системы крови и печени крыс при введении пирогенала // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Исследовано влияние пирогенала на состояние компонентов антиокислительной защитной системы печени и крови крыс. Выявлено увеличение активности глутатионзависимых ферментов, что, учитывая отсутствие изменений в содержании продуктов ПОЛ, можно рассматривать как одно из проявлений иммуномодулирующего действия данного лекарственного препарата.

Библиогр. 16 назв., табл. 3.

УДК 595.793 (476)

Буга С. В. Некоторые особенности биологии пестрой дубовой тли (*Thelaxes dryophila* Schrank) (Homoptera: Aphidoidea) в условиях Беларуси // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

В условиях Беларуси пестрой дубовой тле свойствен прерывистый однодомный биологический цикл с ларвальной диапаузой особей амфигонного поколения. Единственное кормовое растение — дуб черешчатый, в том числе его культивируемые декоративные формы. Период максимальной численности и, как следствие, вредоносности тлей приходится на начало — середину лета. В августе популяции состоят главным образом из находящихся в состоянии эстивационной диапаузы личинок 1-го возраста последней в сезоне генерации.

Библиогр. 11 назв., ил. 1.

УДК 612.55

Царюк В. В., Костюк В. А. Влияние 1,2-бензохинонов на восстановление физиологических показателей у крыс после глубокого охлаждения // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Установлено, что 4-[N-натрий-N-(5-этил-1,3,4-тиадиазол-2-ил)]-сульфаниламидо-5-метокси-1,2-бензохинон (ОБХ) в дозе 50 мг/кг массы тела существенно ускоряет восстановление температурного гомеостаза крыс после глубокого охлаждения (16—17 °С). Показано, что при введении ОБХ более чем в два раза, увеличивается частота дыхания животных на начальном этапе восстановления температуры тела, а следовательно, активируются метаболические процессы, сопровождающиеся дополнительным высвобождением тепла.

Библиогр. 5 назв., ил. 2.

УДК 338:91(476)

Антипова Е. А. Новые тенденции в развитии СП Республики Беларусь // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Статья посвящена вопросам развития совместного предпринимательства на территории Республики Беларусь в целом, и в химической промышленности в частности. Дается представление о совместных предприятиях республики в разрезе различных классификаций: по видам деятельности, числу занятых, географическому распределению, количеству стран-участниц, критериям практической деятельности. Рассматриваются особенности совместных предприятий химической промышленности республики на основании приведенных классификаций, объемы экспорта и импорта, их товарная структура. Приводятся перспективные проекты создания совместных предприятий с зарубежными партнерами из Германии, Вьетнама и др.

Библиогр. 1 назв.

УДК 614.876+504.056

Нестерук В. Н., Лысковец М. В., Ковриго П. А. Моделирование трансграничного переноса радионуклидов // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Получены уравнения для прогнозирования на предстоящие сутки вперед высоты, направления и скорости перемещения радиоактивного облака. Для оценки трансграничного

переноса радионуклидов предлагается методика использования карт барической топографии и приземных синоптических карт погоды. Предложены некоторые рекомендации по снижению отрицательных последствий трансграничного загрязнения упреждающими методами радиационной защиты населения.

Библиогр. 5 назв.

УДК 551.40

Капельщиков Н. А., Жмойдяк Р. А., Шалькевич Ф. Е. Интерпретация результатов структурно-геоморфологических исследований на основе применения дистанционных съемок // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

По территории юга Припятского прогиба выполнены комплексные структурно-геоморфологические исследования. Данные интерпретации различных построений сведены на единую картосхему, на базе которой были подсчитаны плотности аномалий, выделены зоны неотектонических поднятий и относительных опусканий, проанализирована их осредненная выраженность. Сопоставлением с геолого-геофизическим материалом прослежено влияние погребенных структур на современный ландшафт. Рекомендовано подобные исследования проводить комплексно, повышая достоверность окончательного вывода.

Библиогр. 3 назв., ил. 2.

УДК 0.814

Фейгельман М. Е., Шалькевич Ф. Е., Капельщиков Н. А., Новиков Г. В. Методы дистанционного зондирования и их применение в экологии // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Оценены возможности некоторых дистанционных методов зондирования, изложены методические аспекты применения тепловизионной съемки в целях экологического контроля Игналинской атомной электростанции и промышленного района Полоцка—Новополоцка. Приведены результаты газовой и аэрозольной аэросъемок, выполненных одновременно с тепловизионной.

Библиогр. 2 назв., ил. 2, табл. 1.

УДК 551.431

Лопух П. С. Влияние водохозяйственного благоустройства территорий малыми водохранилищами на изменение природной среды // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

Проведена оценка влияния малых водохранилищ на изменение природной среды. Выделены пять типов водохранилищ по степени их воздействия на природу.

Библиогр. 6 назв., ил. 1, табл. 1.

УДК 551.4.012 (476)

Хомич С. А., Радевич С. В. Методические подходы к оценке интенсивности химической денудации // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

В пределах модельного района опробирована возможность оценки химической денудации по стоку растворенных веществ с учетом поправок на неденудационные ионы. Охарактеризованы особенности расчета компонентов, составляющих рабочее уравнение химической денудации. В соответствии с уравнением химической денудации рассчитаны элементы речного стока растворенных веществ, а также растворенные вещества неденудационного происхождения для замыкающих створов рек Зап. Березина, Исlochь, Ольшанка.

Библиогр. 10 назв., ил. 3, табл. 3.

УДК 631.41

Черток Н. К., Мечковский И. С. Висмут в почвах техногенных ландшафтов // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1995. № 3.

В статье рассматривается оригинальный метод определения разных форм висмута (Bi^{+++}) в почвах и его эколого-геохимическая оценка в техногенных ландшафтах.

Библиогр. 8 назв., ил. 3, табл. 1.

CONTENTS

CHEMISTRY

<i>Sviridov V. V., Shevchenko G. P., Osipovich N. P., Susa A. S., Shevchenko E. V.</i> Electroless reduction with Ti(III) complexes used to prepare ultrafine particles of elemental semiconductors and metals in solution bulk.....	3
<i>Kapytsky F. N., Starobinets G. L., Yurkshovich T. L., Borshchenskaya T. I.</i> The influence of the nature of the aminacids latetal-radicals on their molecular sorption from water-alcohol solutions by a weak-acid exchanger.....	6
<i>Kulak A. I., Kondrat'uk A. V.</i> Mechanism of ultrasound cavitation influence on electron transfer kinetics in redox reactions.....	12
<i>Koktysh D. S., Korzun G. M., Rakhmanov S. K., Belenkov V. V.</i> About the character of the reciprocity law failure in the low exposure region under the standard and modified chemical development of silver-halide photographic materials.....	16
<i>Stepanova L. I., Purovskaya O. G., Kulikova O. G.</i> Electrodeposition of Ni-W alloy films with high content of tungsten.....	19

BIOLOGY

<i>Kahnovich L. V., Sarkisova E. A.</i> Estimation of the stability of photosynthetic apparatus of various barley sorts under conditions of water deficiency.....	26
<i>Potapovich A. I., Maslova G. T.</i> Investigation of pyrogenal effect on body temperature and free radical processes in rats poisoning by carbon tetrachloride.....	29
<i>Frolov A. V.</i> Contribution to a faunistic list of Scarabaeidae (Coleoptera) of Belarus.....	32
<i>Shaverdo H. V.</i> Predatory water beetles (Coleoptera, Hydradephaga) of Berezina Biospheric Reserve.....	35
<i>Maslova G. T., Potapovich A. I.</i> The effect of pyrogenal on the antioxidant system status in the rat liver and blood.....	38
<i>Buga S. V.</i> Some biology features of Thelaxes dryophila Schrank (Homoptera: Aphidoidea) in Byelorussia.....	41
<i>Tsaryuk V. V., Kostyuk V. A.</i> Effect of 1,2-benzoquinones on restoration of physiological functions in rats exposed deep cooling.....	44

GEOGRAPHY

<i>Antipova E. A.</i> The structure and peculiarities of joint ventures development of chemical industry of Republic Belarus.....	47
<i>Nesteruk V. N., Lyskovets M. V., Kovrigo P. A.</i> Modelling of Trans-border Transfer of Radionuclides.....	49
<i>Capelschikov N. A., Zhmoidyak R. A., Shalkevich F. E.</i> To the Quotion of Interpretation of the Results of Structural-Geomorphological Research on the Basis of the Distance Surveys....	52
<i>Feigelman M. E., Shalkevich F. E., Kapelschikov N. A., Novikov G. V.</i> Methods of Remote Probing and their Application in Ecology.....	57
<i>Lopukh P. S.</i> The water public welfare by the small water reserves and their influence upon the environment.....	61
<i>Khomich S. A., Radevich S. V.</i> Methods of approach to the estimation of the chemical dehudation intensity.....	67
<i>Chertko N. K., Mechkowski I. S.</i> Bismuth in the soils of antropogenios landscapes.....	73

CHRONICLE

<i>Ermolenko V. A.</i> 150-th Anniversary of the Russian Geographic Society.....	77
--	----