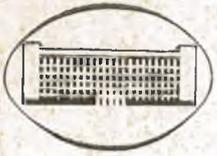


ISSN 0372-5340



# ВЕСТНИК

Белорусского государственного  
университета имени В. И. Ленина

СЕРИЯ II

ХИМИЯ

БИОЛОГИЯ

ГЕОГРАФИЯ

1

1986

## СОДЕРЖАНИЕ

### ХИМИЯ

<i>Мальченко С. Н., Баран С. В., Браницкий Г. А., Мьчко Д. И., Ачасова Т. А.</i> Pd—Pt—Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -катализатор для термохимических анализаторов метана . . . . .	3
<i>Свиридов Д. В., Кулак А. И., Стрельцов Е. А.</i> Зависимость Мотта — Шоттки для полупроводниковых электродов, модифицированных малыми частицами металлов . . . . .	8
<i>Скоруход О. Р., Шевченко Е. В.</i> Хелатные сорбенты на основе активированного угля для извлечения и разделения металлов . . . . .	12
<i>Логинова Н. В., Шевченко Г. П., Свиридов В. В.</i> Химическое проявление фотোগрафических слоев на основе соединений висмута . . . . .	14
<i>Матвейко Н. П., Храмцов П. Г., Слепнев Г. Е., Богучи Б. К.</i> Электрохимические свойства композиционных материалов на основе графита . . . . .	19
<i>Меженцев В. А., Тищенко И. Г., Новиков Л. С.</i> Синтез функционально замещенных 1,5-дикетонов конденсацией β, γ-енонов с дибензальацетоном . . . . .	22

### БИОЛОГИЯ

<i>Шуканов А. С., Гирилович И. С.</i> Мучнисто-росяные грибы деревьев и кустарников ботанического сада БГУ имени В. И. Ленина и его окрестностей . . . . .	26
<i>Каратаев А. Ю., Мярцева Е. В.</i> Фитофильные беспозвоночные подводных зарослей оз. Лукомского . . . . .	30
<i>Бибиков Ю. А.</i> Охраняемые растения Круцкого района Минской области . . . . .	34
<i>Митрахович П. А., Каратаев А. Ю.</i> Роль личинок <i>Dreissena polymorpha Pallas</i> в зоопланктоне водосама-охладителя Лукомльской ТЭС . . . . .	38
<i>Стефанович А. И.</i> Грибы семейства <i>Erysiphaceae</i> , паразитирующие на цветочно-декоративных растениях . . . . .	41

### ГЕОГРАФИЯ

<i>Горюнова А. В., Ковриго П. А.</i> Грунтовые воды и продуктивность дубовых и сосновых фитоценозов Полесья . . . . .	45
<i>Зайко С. М., Лобач Т. Я.</i> Динамика содержания подвижной меди в почвах ландшафтов мелноративного объекта «Верховье реки Ясельды» . . . . .	48
<i>Якушко О. Ф.</i> Принципы выделения и классификация аквальных ландшафтов . . . . .	53
<i>Левкевич В. Е., Лопух П. С.</i> Использование схем-аналогов при моделировании аккумулятивных форм рельефа береговой зоны малых водохранилищ . . . . .	58
<i>Загорец И. В.</i> Некоторые тенденции развития малых городских поселений . . . . .	60

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<i>Полозов Г. И., Тищенко И. Г.</i> Переаминирование в ряду алициклических α-ε-аминокетонов . . . . .	67
<i>Мардыкин В. П., Павлович А. В., Гапоник П. Н., Ирхин Б. Л.</i> О льюисовской кислотности эфиратов изобутилалюминийдихлорида . . . . .	69
<i>Кукулянская М. Ф., Хрипченко И. П., Пикулев А. Т.</i> Изменения гексокиназной и холинэстеразной активности мозга десимпатизированных крыс под влиянием пропранолола . . . . .	71
<i>Хомич С. А.</i> Карьерные водоемы как лимнистические системы . . . . .	73
<i>Бордон В. Е., Ермоленко В. А.</i> Роль докембрийского вулканизма в процессах рудообразования на западе Русской плиты . . . . .	74



# ВЕСТНИК

*Белорусского государственного  
университета имени В. И. Ленина*

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 1969 года  
один раз в четыре месяца

СЕРИЯ II

ХИМИЯ

БИОЛОГИЯ

ГЕОГРАФИЯ

№ 1  
ФЕВРАЛЬ

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

**Редакционная коллегия серии:**

**И. Г. ТИЩЕНКО** (*ответственный редактор*),  
**А. Т. ПИКУЛЕВ** (*зам. ответственного редактора*), **М. Ф. КУ-**  
**КУЛЯНСКАЯ** (*ответственный секретарь*), **Р. А. ЖМОИДЯК,**  
**И. К. ЛОПАТИН, Л. А. ПАВЛОВИЧ, Е. П. ПЕТРЯЕВ,**  
**Т. О. ПРИТЫЦКАЯ, В. В. СВИРИДОВ, Г. Л. СТАРОБИ-**  
**НЕЦ, В. Ф. ТИКАВЫЙ, Ю. К. ФОМИЧЕВ, В. М. ШИРОКОВ,**  
**А. С. ШУКАНОВ, О. Ф. ЯКУШКО**

**ВЕСТНИК БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**  
**имени В. И. ЛЕНИНА**

Серия II, хим., биол., геогр., 1986, № 1

Редактор *И. П. Стрельчя*  
Младший редактор *Л. Ф. Милушева*  
Художественный редактор *С. В. Баленок*  
Технический редактор и корректор *Г. И. Хмарун*

Сдано в набор 23.12.85. Подписано в печать 07.02.86. АТ 17041. Формат  
70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага тип. № 2. Высокая печать. Усл. печ. л. 7,0. Усл.  
кр.-отт. 7,52. Уч.-изд. л. 7,59. Тираж 915 экз. Заказ 708. Цена 85 к.

Издательство «Университетское». 220048, Минск, проспект Машеро-  
ва, 11. Адрес редакции: 220080, Минск, Университетский городок,  
ул. Бобруйская, 7, тел. 20-65-42.

Ордена Трудового Красного Знамени типография издательства  
ЦК КП Белоруссии. 220041, Минск, Ленинский пр., 79.

© Вестник БГУ имени В. И. Ленина, 1986



УДК 541.128

*С. Н. МАЛЬЧЕНКО, С. В. БАРАН, Г. А. БРАНИЦКИЙ,  
Д. И. МЫЧКО, Т. А. АЧАСОВА*

## **Pd—Pt—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-КАТАЛИЗАТОР ДЛЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ МЕТАНА**

Проблема обнаружения и контроля горючих газов в атмосфере является одной из актуальных задач, стоящих перед многими отраслями промышленности, в том числе горнорудной, газодобывающей, химической и др. Наиболее эффективным методом контроля воздушной среды является приборный метод с применением автоматических и полуавтоматических газоанализаторов и сигнализаторов. Одним из распространенных типов приборов для обнаружения и определения концентрации углеводородсодержащих газов (СН<sub>4</sub>, С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub>, С<sub>4</sub>Н<sub>10</sub> и др.), спиртов, альдегидов являются приборы с термокаталитическими преобразователями (ТП) [1, 2]. Принцип действия ТП основан на изменении энергии, выделяющейся при беспламенном глубоком окислении горючих газов в присутствии катализаторов. Их применение обусловлено простотой устройства, быстродействием, универсальностью, высокими автокомпенсационными свойствами преобразователей. Основу ТП составляют рабочий и сравнительный элементы, образующие вместе с двумя постоянными сопротивлениями мостовую измерительную конструкцию. Рабочий элемент, представляющий собой, как правило,  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, нанесенную на платиновую спираль, содержит катализатор (Pd—Pt). На нем происходит сгорание углеводородсодержащих или других восстановительных газов, приводящее к увеличению электрического сопротивления рабочего элемента, а следовательно, и к разбалансу электрического моста.

Одним из основных требований, предъявляемых к ТП, является неизменность их рабочих параметров во времени прежде всего выходного сигнала, который зависит от стабильности работы катализатора. Катализаторы, нанесенные на рабочий элемент известными способами, например, пропиткой из водных растворов солей платины (IV) и палладия (II), не удовлетворяют этому требованию и поэтому для стабилизации структуры катализатора ТП в обязательном порядке подвергаются длительному отжигу (150—300 ч) в метановоздушной атмосфере, который приводит к снижению выходного сигнала ТП и существенно усложняет технологию их изготовления [1, 3]. Другим недостатком известной технологии является то, что катализатор (Pd—Pt) распределен по всему объему носителя, тогда как реакция окисления СН<sub>4</sub> протекает на поверхности рабочего элемента.

Новый подход к решению проблемы получения стабильных высокодисперсных металлнанесенных катализаторов путем пиролиза на воздухе труднокристаллизующихся солей органических кислот или алкоксидов в присутствии соединений благородных металлов позволил разработать способ формирования на поверхности носителя тонкопленочных сплошных или островкового типа гетерогенных структур металл — оксид. При таком способе формирования частицы металла (Pd, Pt, Ag) равномерно распределены в пленке оксида (TiO<sub>2</sub>, ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), осажден-

ной на поверхности носителя, и значительно более устойчивы к процессу спекания по сравнению с частицами того же металла, нанесенного на поверхность пленки традиционными способами (пропитка, напыление) [4—6, 9, 10].

Можно было ожидать, что использование пленочных катализаторов «корочкового» типа в ТП позволит повысить стабильность их работы и снизить расход благородных металлов за счет формирования частиц катализатора в поверхностном слое носителя.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния состава и условий получения Pd—Pt—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-катализатора, формируемого при пиролизе предварительно осажденной на носитель пленки резината алюминия (РАI), содержащей хлориды Pd (II) и Pt (IV), на стабильность работы и величину выходного сигнала ТП, используемых в термохимических анализаторах метана.

В работе в основном использованы промышленные основы ТП с рабочим и сравнительным элементами сфероидальной формы (диаметр платинового терморезистора 0,02 мм, диаметр сфероидального носителя из  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1 мм). Электрическое сопротивление рабочего и сравнительного элементов при 20 °С составляло  $9,2 \pm 0,5$  Ом, рабочее напряжение ТП —  $2,4 \pm 0,5$  В. В сравнительных опытах использовались также основы ТП, у которых рабочий и сравнительные элементы представляли собой полые цилиндры из  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> диаметром 1 и длиной 2 мм.

Рабочий элемент прогревали на воздухе путем пропускания электрического тока до температуры 800 °С в течение 15 мин для удаления адсорбированных на  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> веществ. Формирование катализатора включало следующие операции: 1) нанесение на рабочий элемент заданного количества раствора, содержащего РАI и соединения Pd (II) и Pt (IV); 2) испарение растворителя; 3) пиролиз образующейся после удаления растворителя пленки РАI, содержащей соединения благородных металлов.

РАI готовился по методике, описанной в [6]. В качестве растворителя использовался третиичный бутиловый спирт. Содержание РАI в растворе изменялось от 8 до 80 г/л, что в пересчете на образующийся оксид алюминия, который идентифицируется рентгенографически, составляет 0,28—2,8 г/л. Концентрация PdCl<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub> в растворе РАI изменялась соответственно: 1—10 и 2—6 г/л. Раствор РАI и соединений благородных металлов наносился на носитель по каплям с последующим испарением растворителя при ~80 °С. Каждая последующая порция раствора наносилась лишь после полного удаления растворителя. Несоблюдение этого условия приводило к неравномерному распределению катализатора на поверхности рабочего элемента. Дальнейшее повышение температуры вызывало плавление РАI и его разложение с образованием оксида алюминия. Для полного удаления продуктов пиролиза РАI ТП выдерживались при напряжении, обеспечивающем температуру элемента 550 °С в течение 10 мин, и затем при рабочем напряжении (450—500 °С) на протяжении 30 мин. После прогрева на воздухе все ТП приводились к стандартному состоянию путем выдерживания при рабочем напряжении в 1 %-ной метано-воздушной смеси в течение 30 мин. Специально поставленные опыты по подбору условий формирования Pd—Pt—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-катализатора (различные скорости нагрева пленки РАI, содержащей соединения Pd (II) и Pt (IV), разложение ее в метано-воздушной смеси и т. д.) показали, что выбранные условия являются оптимальными.

Величина разбаланса, определяющая выходной сигнал ТП, измерялась цифровым вольтметром типа В7-16, включенным в диагональ моста. Питание преобразователя осуществлялось от стабилизированного источника питания В5-46. Изучение стабильности работы преобразователей проводилось в специальной герметизированной камере объемом 175 дм<sup>3</sup>, в которой создавалась концентрация метана, равная  $2,0 \pm \pm 0,3$  % об. Контроль за концентрацией метана осуществлялся с по-

мощью интерферометра ШИ-10. Преобразователи помещались в камеру и подключались к источнику питания. Через определенные промежутки времени измерялся выходной сигнал ТП на образцовой поверочной метано-воздушной смеси с концентрацией метана  $1,00 \pm 0,02 \%$  об.

Конечными продуктами реакции глубокого окисления  $\text{CH}_4$  на катализаторах металлов платиновой группы являются  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  [7]. Скорость окисления  $\text{CH}_4$  зависит от многих факторов, в том числе и от температуры реакции. В случае ТП выделяющаяся энергия при горении  $\text{CH}_4$  вызывает повышение температуры рабочего элемента ( $\Delta t$ )

$$\Delta t = t_t - t_{\text{исх}}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{исх}}$  — температура рабочего элемента на воздухе, а  $t_t$  — в метано-воздушной смеси. Известно [8], что

$$\Delta t = \frac{U_{\text{д}}}{I_{\text{д}} \cdot R_0 \cdot \beta_{\text{T}}} = \frac{\Delta R}{R_0 \beta_{\text{T}}}, \quad (2)$$

где  $U_{\text{д}} = I_{\text{д}} \cdot \Delta R$  — напряжение разбаланса моста, мВ;  $I_{\text{д}}$  — ток термометра сопрогрева в момент измерения, мА;  $R_0$  — величина сопротивления нагревателя при  $0^\circ\text{C}$ ;  $\beta_{\text{T}}$  — температурный коэффициент сопротивления платины. Из выражения (2) следует, что повышение температуры на рабочем элементе вызывает пропорциональное увеличение выходного сигнала ТП.

Скорость окисления  $\text{CH}_4$  ( $V$ ) можно связать с  $\Delta t$  следующим уравнением:

$$V = \frac{\alpha \cdot \Delta t^2 + \Delta t [2\alpha(t_{\infty} - t_{\text{в}}) + \alpha_0 F]}{\Delta H_{\text{p}}}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи;  $\alpha_0$  — коэффициент теплоотдачи при  $t_{\infty} = t_{\text{в}}$ ;  $t_{\infty}$  — температура рабочего элемента на воздухе;  $t_{\text{в}}$  — температура окружающей среды;  $\Delta H_{\text{p}}$  — тепловой эффект реакции;  $F$  — площадь поверхности контакта [8].

Таким образом, выходной сигнал преобразователя пропорционален скорости окисления молекул  $\text{CH}_4$  на поверхности катализатора и позволяет судить при одинаковых условиях и измерении параметров ТП об относительном изменении активности катализатора.

На рис. 1 представлены фотографии срезов рабочих элементов ТП, изготовленных пропиткой в водном растворе  $\text{PdCl}_2$  и  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  и нанесением из раствора  $\text{RAI}$ , содержащем  $\text{PdCl}_2$  и  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$ . Видно, что при традиционном способе (а) катализатор равномерно распределяется по всему объему носителя. Введение в пропитывающий раствор  $\text{RAI}$  позволяет сформировать катализатор «корочкового» типа только в поверхностном слое носителя. По-видимому, главной причиной такого существенного различия в характере формирования катализатора является то, что раствор  $\text{RAI}$ , имеющий мицеллярную структуру, не в состоянии проникнуть в мелкие поры носителя, и в результате активные компоненты катализатора распределяются по поверхности оксида алюминия. Это позволяет существенно сократить (на 1,5—2 порядка) расход благородных металлов на стадии изготовления ТП

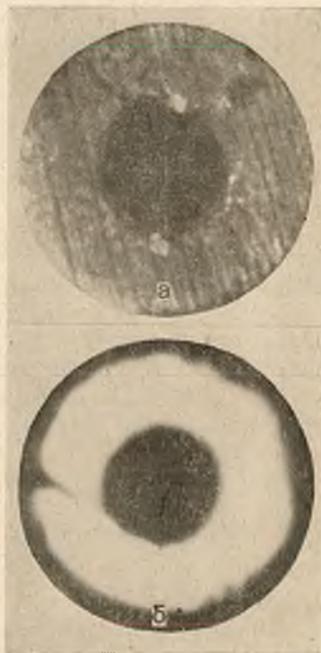


Рис. 1. Фотографии среза рабочих элементов ТП, изготовленных с использованием различных способов нанесения катализатора:

а — пропитка носителя в водном растворе  $\text{PdCl}_2$  и  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  с последующим прогревом и восстановлением катализатора (промышленный образец); б — пропитка в растворе  $\text{RAI}$ , содержащем  $\text{PdCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$ , с последующим пиролизом на воздухе. Увеличение 60X

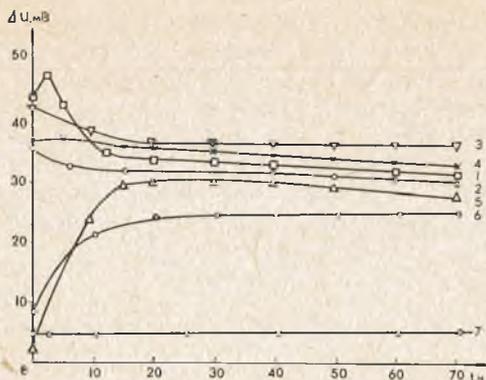


Рис. 2. Зависимость выходного сигнала ТП от длительности работы в 1,0 об. %  $\text{CH}_4$  при разном мольном соотношении Pd и Pt:

1—только Pd; 2—9,2:1; 3—5,5:1; 4—1,8:1; 5—1:1,1; 6—1:1,6; 7—только Pt. Количество благородных металлов и оксида алюминия, образующегося при пиролизе  $\text{RAI}$ , во всех случаях было постоянным ( $2,4 \cdot 10^{-5}$  и  $2 \cdot 10^{-6}$  г соответственно)

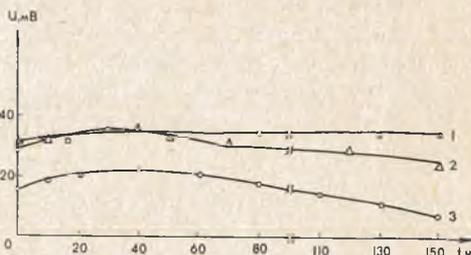


Рис. 3. Зависимость выходного сигнала ТП от длительности работы в 1,0 об. %  $\text{CH}_4$  при разном количестве платины и палладия в катализаторе:

1— $4,8 \cdot 10^{-5}$  г; 2— $2,4 \cdot 10^{-5}$  г; 3— $6 \cdot 10^{-6}$  г. Мольное соотношение Pd : Pt = 1,8 : 1. Содержание оксида алюминия  $2 \cdot 10^{-6}$  г

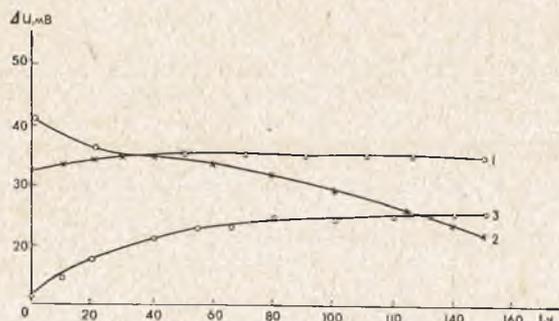


Рис. 4. Зависимость выходного сигнала ТП от длительности работы при разном способе приготовления катализатора:

1—пропитка в растворе  $\text{RAI}$ , содержащем  $\text{PdCl}_2$  и  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$ ; 2—пропитка в растворе  $\text{PdCl}_2$  и  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  (растворитель — третичный бутиловый спирт); 3—пропитка в водном растворе  $\text{PdCl}_2$  и  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$ . Содержание Pd и Pt —  $3,2 \times 10^{-5}$  г (Pd : Pt = 5,5 : 1),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  —  $2 \cdot 10^{-6}$  г (1)

без ухудшения их эксплуатационных характеристик (высокая чувствительность и стабильность работы).

Исследование показало, что форма конструкций ТП не влияет на характер изменения параметров преобразователей в зависимости от состава катализатора и формирования. Следует отметить, что выходной сигнал в 2—3 раза выше у ТП со сфероидальной формой рабочего и сравнительного элементов, что и обусловило их дальнейшее использование в работе.

Установлено, что активность Pd—Pt— $\text{Al}_2\text{O}_3$ -катализатора, формируемого при пиролизе пленки  $\text{RAI}$ , содержащей соединения Pt (IV) и Pd (II), в реакции глубокого окисления  $\text{CH}_4$  зависит от количества активных компонентов (Pd, Pt), их соотношения, условий формирования и времени работы.

Влияние соотношения палладия и платины на величину выходного сигнала ТП при длительном времени работы в метано-воздушной смеси представлено на рис. 2. Видно, что зависимость носит экстремальный характер. Максимум скорости окисления  $\text{CH}_4$  и высокая стабильность работы приходится на катализатор, содержащий в мольном соотношении Pd : Pt = 5,5 : 1, что согласуется с [3]. Катализатор, содержащий только палладий, имеет высокую первоначальную активность, которая постепенно снижается с увеличением времени его работы в метано-воздушной смеси. Наоборот, катализатор, содержащий только Pt, характеризуется низкой активностью, практически не изменяющейся во времени. Увеличение количества платины и палладия в ТП до  $5$ — $6 \cdot 10^{-5}$  г способствует повышению скорости окисления метана (рис. 3). Стабиль-

ность работы ТП при этом возрастает. При большем содержании катализатора происходит металлизация поверхности рабочего элемента. Цвет катализатора изменяется от черного до блестящего металлического. Из-за появления проводимости по поверхности носителя уменьшается сопротивление рабочего элемента, что приводит к разбалансу мостовой схемы. Выходной сигнал ТП существенно уменьшается.

Выходной сигнал ТП с катализатором, сформированным путем пропитки носителя в водном или третбутанольном растворе  $\text{PdCl}_2$  и  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  с последующей термообработкой на воздухе, зависит от времени работы в метано-воздушной смеси (рис. 4, кривые 2, 3). Для катализатора, приготовленного пропиткой из водного раствора (кривая 3), характерна невысокая активность в начале работы, которая постепенно возрастает со временем, достигая постоянного значения при 130—150 ч. По этой причине катализаторы промышленно изготавливаемых ТП подвергаются длительному термогазовому старению (150 ч). У катализатора, приготовленного пропиткой из раствора в третичном бутиловом спирте (см. рис. 4, кривая 2), наблюдается более высокая первоначальная активность, которая незначительно возрастает при работе в течение 20—30 ч и затем постепенно уменьшается. Столь существенное различие в свойствах двух катализаторов может быть объяснено разным состоянием (дисперсность, степень окисления) частиц благородных металлов на поверхности носителя. Изменение активности обоих катализаторов во времени, по-видимому, связано со спеканием частиц платины и палладия, которое имеет место при высоких температурах [7, 11].

Введение в состав пропитывающего раствора резината алюминия позволяет сформировать  $\text{Pd-Pt-Al}_2\text{O}_3$ -катализатор, характеризующийся высокой первоначальной активностью. Незначительное уменьшение выходной сигнала ( $\sim 10$ — $15\%$ ) наблюдается в течение первых  $\sim 20$  ч. Повышенная активность катализатора по сравнению с предыдущими случаями может быть обусловлена более равномерным распределением  $\text{Pd}$  и  $\text{Pt}$  преимущественно в поверхностном слое носителя, большей дисперсностью частиц катализатора и лучшим доступом к ним реагентов. Высокая стабильность катализатора заключается в том, что частицы  $\text{Pd}$  и  $\text{Pt}$  менее склонны к процессу спекания из-за образования на поверхности носителя оксида алюминия, который формируется при пиролизе пленки  $\text{RAL}$  и, как показано в [5, 10], затрудняет агрегацию мелких частиц платины и палладия при повышенных температурах. Увеличение количества  $\text{RAL}$  в пропитывающем растворе в 10 раз не приводило к существенным изменениям в стабильности работы ТП.

Рабочая температура рабочего элемента ТП составляет 450—500 °С. Однако воздействие высоких концентраций метана ( $\geq 6$  об. %  $\text{CH}_4$ ) может вызвать нагрев элемента до 700—900 °С. Поэтому представляло интерес выяснить влияние повышенной температуры при формировании  $\text{Pd-Pt-Al}_2\text{O}_3$ -катализатора на его активность. Установлено, что кратковременный нагрев при 900 °С уменьшает выходной сигнал в 2—3 раза (содержание  $\text{Pd} - 2 \cdot 10^{-5}$  г,  $\text{Pt} - 4 \cdot 10^{-5}$  г). После непродолжительной работы ТП в метано-воздушной смеси (около 30 мин) выходной сигнал приобретает первоначальное значение. По-видимому, при высоких температурах происходит изменение химического состава катализатора. Это предположение согласуется с литературными данными о различной активности металлической и оксидных форм катализаторов в реакции окисления  $\text{CH}_4$  [7, 12].

Из рассмотренного материала можно заключить, что использование  $\text{Pd-Pt-Al}_2\text{O}_3$ -катализатора, формируемого на рабочем элементе путем пиролиза предварительно сформированной пленки  $\text{RAL}$ , содержащей соединения  $\text{Pd}$  (II) и  $\text{Pt}$  (IV), в ТП, предназначенных для обнаружения  $\text{CH}_4$ , позволяет достичь высокого выходного сигнала, не изменяющего своего значения при длительном режиме работы и значительном сокращении времени отжига ( $\geq 20$  ч) в метано-воздушной смеси. Свойства такого катализатора можно целенаправленно регулировать путем изме-

нения его количества на носителе, соотношения платины и палладия, температуры формирования.

Результаты данной работы положены в основу технологии изготовления терموкаталитических преобразователей, содержащих уменьшенное количество благородных металлов при значительном сокращении времени их старения. Разработанная технология используется в производстве термокаталитических преобразователей для газоанализаторов, предназначенных для обнаружения утечек горючих газов.

### Список литературы

1. Щербань А. Н., Фурман Н. И. Методы и средства контроля рудничного газа.— Киев, 1965.
2. Шумович В. С. и др. Тенденции развития газового анализа за рубежом. ТС-4 «Аналитические приборы для научных исследований».— М., 1983, вып. 6, с. 1.
3. Грудев Ж. В., Соколан Н. И. А. с. 222330 (СССР). Способ приготовления каталитического элемента для сжигания метана и других горючих газов в газоанализаторах.— БИ, 1968, № 23.
4. Браницкий Г. А. и др. А. с. 1052965 (СССР). Способ изготовления чувствительных каталитических элементов.— БИ, 1983, № 41.
5. Браницкий Г. А.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1983, № 3, с. 20.
6. Браницкий Г. А., Мальченко С. Н., Мычко Д. И.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1985, № 1, с. 13.
7. Марголис Л. Я. Окисление углеводов на гетерогенных катализаторах.— М., 1977.
8. Семеновский В. Г.— В сб.: Вопросы теплообмена и термодинамики. Киев, 1971, вып. 1, с. 196.
9. Браницкий Г. А., Мычко Д. И., Мальченко С. Н.— Докл. АН БССР, 1984, т. 28, № 10, с. 914.
10. Ермоленко В. И., Браницкий Г. А., Мальченко С. И.— Тез. докл. на IV Всесоюз. совещ. по применению металлорг. соед. для получения неорган. покрытий и материалов. Горький, 1983, с. 105.
11. Андерсон Дж. Структура металлических катализаторов.— М. 1978.
12. Голодец Г. И. Гетерогенно-каталитическое окисление органических веществ.— Киев, 1978.

УДК 541.138 : 621.315.592

Д. В. СВИРИДОВ, А. И. КУЛАК, Е. А. СТРЕЛЬЦОВ

### ЗАВИСИМОСТЬ МОТТА — ШОТКИ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАЛЫМИ ЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛОВ

Анализ зависимости обратного квадрата дифференциальной емкости полупроводниковых электродов от потенциала (кривых Мотта — Шоттки) — наиболее распространенный электрохимический метод определения таких фундаментальных характеристик полупроводниковых электродов, как концентрация ионизованных доноров или акцепторов и потенциал плоских зон ( $E_{fb}$ ) [1]. В случае формирования в приповерхностной области полупроводника слоя, обедненного по основным носителям (что чаще всего встречается на практике), связь между емкостью области пространственного заряда (ОПЗ)  $C_{sc}$  и скачком потенциала  $\Delta E_{sc}$  в ОПЗ выражается соотношением Мотта — Шоттки:

$$C_{sc}^{-2} = \frac{2}{\epsilon \epsilon_{sc} e N_d} \left( |\Delta E_{sc}| - \frac{kT}{e} \right),$$

в котором  $\epsilon$  — электрическая постоянная вакуума;  $\epsilon_{sc}$  — статическая диэлектрическая проницаемость полупроводника;  $e$  — заряд электрона,  $N_d$  — концентрация ионизованных доноров (рассматривается полупроводник  $n$ -типа),  $k$  — постоянная Больцмана;  $T$  — температура, К.

Измеряемая в электрохимических системах дифференциальная емкость  $C_{изм}$  полупроводникового электрода может быть отождествлена с

$C_{sc}$  в том случае, когда на величину  $C_{изм}$  не влияет емкость быстрых поверхностных состояний  $C_{ss}$ , емкость слоя Гуи (диффузной части ионной обкладки двойного слоя) —  $C_G$ , слоя Гельмгольца —  $C_H$ , адсорбционная емкость, фарадеевская емкость электрохимических реакций. Минимизировать влияние этих емкостей на величину  $C_{sc}$  можно, если производить измерения емкости в индифферентных высококонцентрированных растворах электролитов (с целью снижения  $C_G$ , адсорбционной и фарадеевской емкостей) на достаточно высоких частотах переменного тока (снижается  $C_{ss}$ ). В то же время для сильно легированных полупроводников величина  $C_{sc}$  сравнима с емкостью слоя Гельмгольца  $C_H$ , и  $C_{изм}$  может быть представлена как сумма последовательно соединенных  $C_{sc}$  и  $C_H$ :  $C_{изм}^{-1} = C_{sc}^{-1} + C_H^{-1}$ . Если  $C_H$  не зависит от потенциала, то при достаточно больших отклонениях от потенциала  $E_{fb}$  ( $\Delta E_{sc} > 0,15$  В [2]) емкость электрода описывается соотношением [3]:

$$C^{-2} = C_H^{-2} + \frac{2}{\epsilon\epsilon_{sc} e N_d} \left( |\Delta E_{sc}| - \frac{kT}{e} \right) = F(\Delta E_{sc}). \quad (1)$$

При этом наличие емкости  $C_H$  не сказывается на величине  $N_d$ , определяемой по наклону кривой  $C^{-2}$ ,  $E$ , но приводит к сдвигу этой кривой параллельно оси потенциалов. В результате потенциал  $E'$ , соответствующий выполнению условия  $C^{-2} = 0$ , отличается от  $E_{fb}$  на величину:

$$E' = E_{fb} + \frac{kT}{e} - \frac{\epsilon\epsilon_{sc} N_d}{2C_H^2}.$$

Еще более сложным представляется анализ емкостных данных и учет влияния емкости слоя Гельмгольца для сложных электродных систем на основе полупроводниковых гетероструктур, в частности, в случае полупроводников, поверхность модифицированных осаждением мелких частиц металла. Закономерность электрохимического и фотоэлектрохимического поведения таких гетероструктур на примере  $TiO_2$ -электрода, модифицированного частицами  $Ag$ , рассмотрены ранее [4—6]. В настоящей работе с использованием этой гетероструктуры рассматривается влияние модифицирования поверхности полупроводникового электрода частицами металла на его вольт-фарадные характеристики, а также применимость в этом случае уравнения Мотта — Шоттки.

Пленочные  $TiO_2$ -электроды (толщина пленки порядка 100 нм) получались путем гидролиза полибутилтитаната на титановой подложке с последующим прогревом при 500 °С. Поверхностные  $Ag$ -центры наносились путем УФ облучения электродов в 0,0005 М растворе  $Ag_2SO_4$ . По данным электронной микроскопии, частицы имели размеры 1—7 нм при поверхностной концентрации

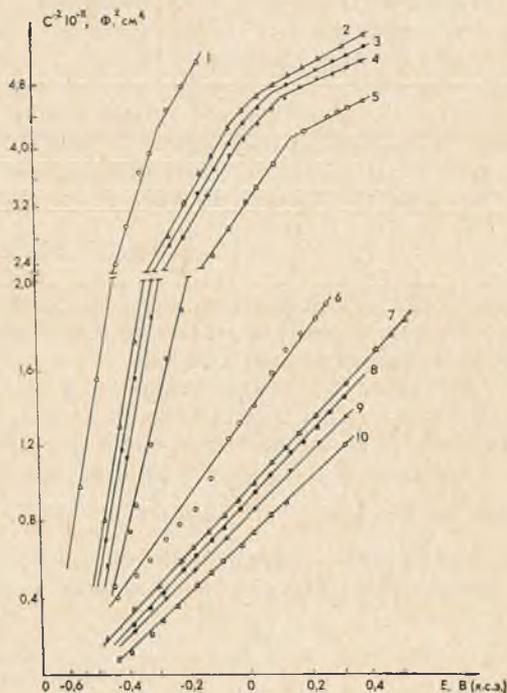


Рис. 1. Зависимости Мотта — Шоттки для немодифицированных (1—5) и модифицированных частицами серебра (6—10)  $TiO_2$ -электродов. Частота переменного тока 10 КГц (1, 6), 1 КГц (2, 7), 700 Гц (3, 8), 500 Гц (4, 9), 100 Гц (5, 10). Раствор — 0,25 М  $Na_2SO_4$ .

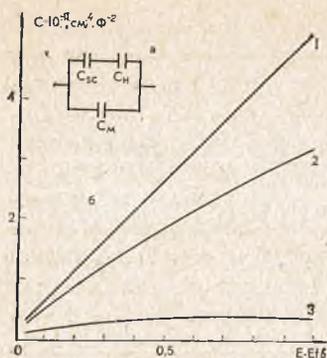


Рис. 2. Эквивалентная схема электродной системы (а) и расчетные кривые Мотта—Шоттки (б) для различных значений  $m$ :

$m = 0$  (1), 0,02 (2), 0,2 (3),  $C_H = 10$  мкФ/см<sup>2</sup>,  $C_M = 20$  мкФ/см<sup>2</sup>,  $\epsilon_{sc} = 173$ ,  $N_d = 1,5 \cdot 10^{18}$  см<sup>-3</sup>

пределах ошибки эксперимента) положения точки экстраполяции  $C^{-2}$  на ось  $E$  (т. е. величины  $E'$ ).

Поскольку частицы Ag на поверхности TiO<sub>2</sub> электрически связаны с объемом полупроводника [10] и могут рассматриваться как система металлических микроэлектродов и, кроме того, размер этих частиц много больше толщины слоя Гельмгольца, то эквивалентная схема рассматриваемого модифицированного частицами TiO<sub>2</sub>-электрода может быть представлена в виде трех емкостей: последовательно соединенных  $C_{sc}$ ,  $C_H$  и параллельно подключенной к ним емкости слоя Гельмгольца на металлических микроэлектродах  $C_M$  (рис. 2, а). Предполагая, что  $C_M$  мало меняется с потенциалом, т. е. для падения потенциала на емкостях  $C_{sc}$ ,  $C_H$ ,  $C_M$  выполняется соотношение  $|\Delta E_M| = |\Delta E_{sc}| + |\Delta E_H|$ , и учитывая, что зависимость емкости сегмента эквивалентной схемы «ОПЗ — слой Гельмгольца» от потенциала описывается формулой (1), для емкости в рамках эквивалентной схемы в целом имеем:

$$C = mC_M + n [F (\Delta E_{sc})]^{-1/2}, \quad (2)$$

где  $F(\Delta E_{sc})$  следует из соотношения (1);  $m$  и  $n$  — доли поверхности электрода, покрытой металлической фазой, и свободной поверхности полупроводника соответственно.

Результаты расчета емкости в рамках данной эквивалентной схемы при различной степени покрытия металлом приведены на рис. 2, б. Появление параллельно включенной емкости меняет наклон  $C^{-2}$ ,  $E$ -кривых в направлении, соответствующем увеличению  $N_d$ . Поскольку определяемая по наклону этих кривых величина  $N_d$  составляет  $\frac{2}{\epsilon_{sc} e N_d} \frac{dE}{d(C^{-2})}$ , то искажение в определении  $N_d$ , вносимое емкостью системы металлических микроэлектродов, можно оценить следующим образом:

$$\frac{N_{d1}}{N_{d2}} = \frac{(mC_M + n [F (\Delta E_{sc})]^{-1/2})^3}{(n [F (\Delta E_{sc})]^{-1/2})^3} > 1, \quad (3)$$

где  $N_{d1}$ ,  $N_{d2}$  определены при наличии и в отсутствие параллельной емкости  $C_M$ . Это отношение в некоторой степени зависит от потенциала электрода, т. е. появление параллельно включенной емкости приводит к некоторому нарушению линейного хода  $C^{-2}$ ,  $E$ -кривой. При малых  $m$  и в области небольших поляризации это отклонение от линейности незначительно. В то же время наличие емкости  $C_M$  в эквивалентной схеме элект-

$\sim 10^{12}$  частиц/см<sup>2</sup>. Емкость измерялась мостовым методом в последовательной схеме замещения на переменном токе (амплитуда модуляции 15 мВ) при гальваностатическом задании потенциала электрода.

Зависимости Мотта — Шоттки для исследуемых электродов (рис. 1) хорошо линейризуются в широком диапазоне потенциалов и аналогичны описанным в литературе [7]. Вследствие значительной частотной дисперсии емкости значения  $N_d$ , определяемые по уравнению (1), являются эффективными величинами. Вопрос о конкретной причине частотной зависимости емкости (влияние поверхностных состояний, неравномерное распределение донорных центров в пленке, малая подвижность носителей заряда [1, 8, 9]) выходит за рамки данной публикации и нами не анализируется. Модифицирование TiO<sub>2</sub> частицами Ag оказывает значительное влияние на ход  $C^{-2}$ ,  $E$ -кривых, приводя к уменьшению их наклона при сохранении (в

родной системы не сказывается на величине определяемого экстраполяцией  $C^{-2} \rightarrow 0$  потенциала  $E'$ .

В измеряемую емкость модифицированных малыми частицами металлов полупроводниковых электродов наряду с  $C_{sc}$ ,  $C_H$  и  $C_M$  определенный вклад может вносить емкость поверхностных состояний ( $C_{ss}$ ). На  $TiO_2$ -электродах осаждение частиц металлов (Ag, Pd, Pt, Cu) приводит к появлению поверхностных состояний, активных в процессах с переносом зарядов, проявляющихся преимущественно в области высоких катодных потенциалов (близких к  $E_{fb}$ ) [6]. С учетом заряда поверхностных состояний ( $Q_{ss}$ ) величина определяемого экстраполяцией кривых Мотта — Шоттки потенциала  $E'$  связана с  $E_{fb}$  соотношением [11]:

$$E' = E_{fb} + \frac{kT}{e} + \frac{Q_{ss}}{C_H} - \frac{\epsilon\epsilon_{sc} N_d}{2C_H^2}.$$

Наблюдаемое экспериментально незначительное изменение  $E'$  в результате модифицирования ( $\sim 20$  мВ) и близкий к линейному ход зависимости Мотта — Шоттки в широком диапазоне потенциалов (см. рис. 1) указывает на то, что при использовавшихся частотах переменного тока искажения, вносимые  $C_{ss}$  в измеряемую емкость, незначительны.

Таким образом, имеет место качественное соответствие между экспериментальными (см. рис. 1) и расчетными (см. рис. 2, б) емкостными характеристиками модифицированных частицами серебра  $TiO_2$ -электродов. Кроме того, отношение  $N_d$  для модифицированного и немодифицированного электродов, полученное из экспериментальных данных (6,19 на частоте 10 КГц), близко к рассчитанному по уравнению (3) значению  $N_{d1}/N_{d2}=5,92$  при степени покрытия  $m=0,07$ , определенному из данных электронной микроскопии. Это позволяет заключить, что влияние частиц металла на емкостные характеристики полупроводникового электрода состоит прежде всего в изменении эквивалентной схемы электродной системы, которое выражается в появлении дополнительной емкости, включенной параллельно с емкостью немодифицированного электрода и связанной со слоем Гельмгольца на поверхности металлических частиц. В этом случае расчет  $N_d$  по уравнению Мотта — Шоттки дает завышенные значения (в соответствии с уравнением 3).

### Список литературы

1. Двойной слой и электродная кинетика.— М., 1981, с. 133.
2. Uosaki K., Kita H.— J. Electrochem. Soc., 1983, v. 130, N. 4, p. 895.
3. De Gryse R., Gomes W. P., Cardon F., Vennik J.— J. Electrochem. Soc., 1975, v. 122, N 5, p. 711.
4. Стрельцов Е. А., Свиридов В. В., Кулак А. И., Пахомов В. П.— Электрохимия, 1984, т. 20, № 2, с. 208.
5. Стрельцов Е. А., Кулак А. И., Свиридов Д. В., Пахомов В. П.— Электрохимия, 1983, т. 19, № 4, с. 546.
6. Стрельцов Е. А., Пахомов В. П., Лазоренко-Маневич Р. М., Кулак А. И.— Электрохимия, 1983, т. 19, № 3, с. 365.
7. Кулак А. И., Пахомов В. П., Свиридов В. В., Щукин Г. Л.— Электрохимия, 1979, т. 15, № 4, с. 538.
8. Кротов М. Д., Мямлин В. А., Плесков Ю. В.— Электрохимия, 1968, т. 4, № 5, с. 579.
9. Dutoit E. C., Van Meirhaeghe R. L., Cardon F., Gomes W. P.— Ber. Bunsenges. phys. Chem., 1975, Bd. 79, N 12. S. 1206.
10. Кулак А. И., Свиридов В. В., Пахомов В. П., Щукин Г. Л.— Электрохимия, 1980, т. 16, № 1, с. 104.
11. Ковач С. К., Васько А. Т.— Электрохимия, 1985, т. 21, № 3, с. 357.

## ХЕЛАТНЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Модифицированием активированного угля АГ-5 путем сорбции органических аналитических реагентов (пиридин, 8-оксихинолин, ксиленоловый оранжевый) получен сорбент, способный поглощать из сильно разбавленных растворов ионы меди и цинка по типу специфической (хелатообразование) сорбции [1]. Такой способ получения хелатообразующего сорбента наряду с другими [2, 3] открывает широкие возможности использования их для улавливания и концентрирования следовых количеств металлов.

В настоящей работе для получения хелатного сорбента, избирательно поглощающего ионы железа (III) и кальция, использован активированный уголь БАУ и АГ-5, модифицированный салициловой, сульфосалициловой и щавелевой кислотами. Промышленный образец БАУ имел следующую характеристику: насыпная масса 0,25 г/см<sup>3</sup>, общий объем пор 1,5 см<sup>2</sup>/г, микропор 0,23, переходных 0,08, макропор 1,19 см<sup>3</sup>/г. Характеристика АГ-5 и методика подготовки сорбента даны в [1]. Органические реагенты марки х. ч. и ч. д. а.

Сорбция органических реагентов и ионов металлов изучена из разбавленных водных растворов при температуре  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  в статических и динамических условиях. Поглощение органических реагентов на угле, сорбенте ненабухающем, рассматривается как поверхностный процесс, результат проявления сил Ван-дер-Ваальса. Сорбированные из растворов кислоты довольно прочно удерживаются на угле. Процесс сорбции описывается уравнением Ленгмюра. Рассчитанные значения  $K$  и  $A$  следующие.

	Щавелевая кислота	Салициловая кислота	Сульфосалициловая кислота
$A$	3,12	2,80	2,12
$K$	0,40	0,60	0,55

Расчетные данные и полученные изотермы сорбции щавелевой, салициловой и сульфосалициловой кислот (рис. 1) указывают на достаточно высокую емкость изученных образцов активированного угля, величины сорбции названных кислот на БАУ и АГ-5 близки. Так, из раствора сульфосалициловой кислоты при равновесной концентрации 0,45 ммоль/мл на БАУ и АГ-5 сорбируется соответственно 1,45 и 1,40 ммоль/г. Процесс поглощения изученных органических реагентов на угле является энергетически выгодным и может быть использован для получения на основе промышленных марок углей, не поглощающих ионов металлов, нового сорбента, способного сорбировать ионы металлов. Емкость и избирательность процесса сорбции металлов на таком сорбенте достаточно высоки. Так, активированный уголь БАУ, содержащий 2,8 ммоль щавелевой кислоты, 1 г сорбента, из растворов солей кальция при концентрации последнего 0,05 ммоль/мл поглощает 6,3 ммоль/г, а из раствора 0,1 ммоль/мл — 8,0 ммоль/г. Тот же уголь, содержащий 1,4 ммоль/г сульфосалициловой кислоты, из раствора  $5 \cdot 10^{-3}$  ммоль/мл железа (III) сорбирует 2,0 ммоль/г железа.

Активированный уголь, модифицированный салициловой и сульфосалициловой кислотами, как и следовало ожидать, оказался избирательным по отношению к ионам железа (III), а уголь, сорбировавший щавелевую кислоту, — к ионам кальция. Сорбционными центрами для ионов железа (III) в таком сорбенте являются сорбированные салициловая и сульфосалициловая кислоты, а для ионов кальция — щавелевая

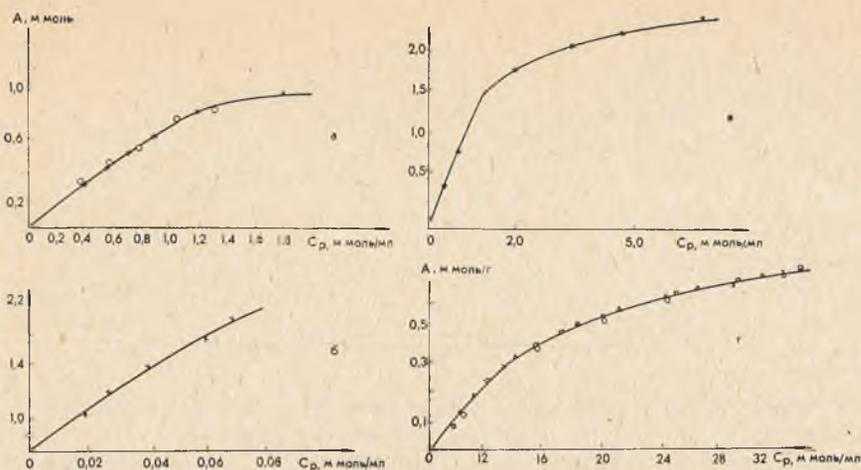


Рис. 1. Изотермы сорбции салициловой (а), сульфосалициловой (б) и щавелевой (в) кислот на БАУ:

○ — на АГ-5 (а)

Рис. 2. Изотермы сорбции ионов железа (III) на БАУ, модифицированном салициловой кислотой (0,6 ммоль/г):

○ — из чистого раствора; × — из смеси с солями кальция (1 : 5), □ — из смеси с солями кальция (1 : 10); △ — из смеси с солями кальция (1 : 100)

кислота. Изученные реагенты содержат донорные атомы кислорода, способные к координации ионов металлов, и, таким образом, поглощение металла является результатом специфического взаимодействия по типу хелатообразования. Чем больше концентрация органического реагента в сорбенте, тем больше емкость его по отношению к металлу. Коэффициенты распределения ионов металла между раствором и модифицированным углем — величины высокие и растут с разбавлением раствора. Следовательно, эффективного концентрирования ионов металлов можно достичь, работая с более разбавленными растворами.

**Коэффициенты распределения ионов железа (III) на БАУ, модифицированном салициловой кислотой:**

$C_p$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$
$K_p$	257	125	75	50

**Коэффициенты распределения ионов кальция на БАУ, модифицированном щавелевой кислотой:**

$C_p$	0,010	0,015	0,05	0,07
$K_p$	200	170	75	40

Изучение влияния pH раствора на процесс сорбции показало, что уголь, модифицированный салициловой и сульфосалициловой кислотами, сорбирует ионы железа при pH 3, а модифицированный щавелевой кислотой — ионы кальция при pH 7—9.

Высокая избирательность сорбции металлов на модифицированном органическими реагентами активном угле подтверждается опытом: АГ-5 и БАУ, модифицированные салициловой кислотой, практически не сорбируют ионов кальция, магния, цинка. Эти металлы даже в большом избытке не мешают сорбции железа (рис. 2). Активный уголь, поглотивший салициловую кислоту, оказался более удобным для извлечения железа, чем содержащий сульфосалициловую кислоту, наличие сильно гидратирующейся сульфо-группы в молекуле которой делает ее более растворимой в воде и слабее удерживающейся на поверхности угля.

Полученные в статических условиях изотермы сорбции ионов железа и кальция указывают на возможность улавливания следовых количеств этих металлов и в динамических условиях. Заметим, что сорбен-

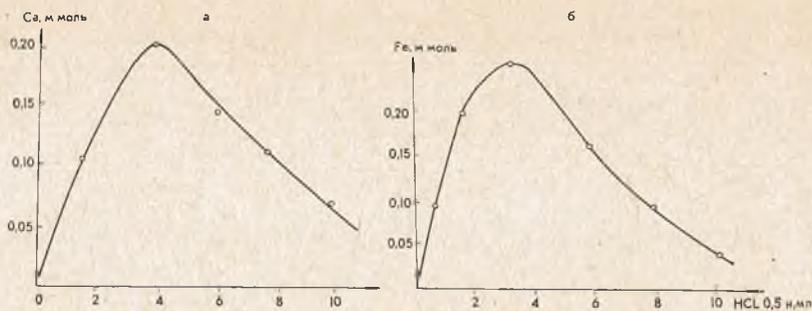


Рис. 3. Кривые вымывания ионов кальция (а) и железа (б)

ты, полученные в статических и динамических условиях, практически не различаются содержанием в них органического реагента.

Проведенные в динамических условиях опыты по улавливанию малых количеств металлов показали, что на колонке с высотой слоя сорбента 14 и диаметром 0,4 см уже при однократном пропускании 1000 мл раствора, содержащего 5 мкг железа, удалось извлечь на хелатном сорбенте АГ-5 — салициловая кислота (0,5 ммоль/г) — до 96 % железа. Сорбированные ионы железа достаточно прочно удерживаются на модифицированном угле, разбавленные растворы HCl не вымывают железо, и только 0,5 н HCl удалось практически количественно вымыть из колонки ионы Fe (III). Наличие в растворе даже стократного избытка ионов кальция, магния и цинка не мешает извлечению железа.

Модифицированные органическими реагентами образцы угля были использованы для разделения смеси ионов железа, кальция и магния. Вначале отделяли ионы Fe (III). Через колонку (14×0,4) с АГ-5, модифицированную салициловой кислотой, пропускали раствор смеси солей со скоростью 6 капель в минуту. Ионы Fe (III) задерживались на сорбенте. Для отделения кальция полученный раствор пропускали через колонку, содержащую уголь, модифицированный щавелевой кислотой. Сорбированные металлы из колонки вымывали 0,5 н HCl (рис. 3). Пропуская таким образом растворы смеси солей в определенной последовательности через колонки, заполненные модифицированным соответствующим органическим реагентом — активированным углем, можно производить разделение ионов металлов.

#### Список литературы

1. Скороход О. Р., Кищук Р. К. — Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 2, с. 8.
2. Мясоедова Г. В., Саввин С. Б. Хелатообразующие сорбенты. — М., 1984.
3. Херинг Р. Хелатообразующие ионообменники. — М., 1971.

УДК 541.144.8+772.7

Н. В. ЛОГИНОВА, Г. П. ШЕВЧЕНКО, В. В. СВИРИДОВ

#### ХИМИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ВИСМУТА

Химическое проявление фотографических слоев на основе дисперсий соединений висмута в поливиниловом спирте с использованием комплексов титана (III) описано в [1]. Показано, что фотографическая чувствительность (ФЧ) этих слоев может достигать  $10^6$  Дж<sup>-1</sup>·см<sup>2</sup>. Однако их недостатком является низкая разрешающая способность (не более 30 мм<sup>-1</sup>). Ранее нами разработаны технологические принципы получения оптически прозрачных фотослоев на основе соединений висмута и исследованы их состав и свойства при физическом проявлении (ФП) [2].

Установлено, что носителями светочувствительности в таких слоях являются смешанные органогаллоидные комплексы висмута (III) и очень мелкие (менее 100 Å) частицы основных солей висмута (в основном оксигалогенида висмута). Поскольку процесс формирования частиц твердой фазы осуществляется в матрице полимерного связующего — поливинилового спирта (ПВС), то это позволяет достигнуть однородности распределения в слое светочувствительного компонента и получить оптически прозрачный слой (пропускание в области 400—800 нм составляет ~90%), обладающий при ФП разрешением ~200 мм<sup>-1</sup>.

В данной статье рассматриваются особенности химического проявления прозрачных фотографических слоев на основе соединений висмута, которые готовились поливом соответствующей светочувствительной композиции на стеклянные подложки с предварительно нанесенным подслоем ПВС. Для приготовления прозрачной фотоэмульсии использовались следующие компоненты: соль висмута — 0,05 моль, HCl — 1 моль, ПВС — 70 г, H<sub>2</sub>O — 1 л, причем при условии хорошей растворимости этих солей в солянокислых водных растворах. Однако указанный состав фотоэмульсии не является оптимальным для получения прозрачных слоев, так как в процессе их сушки вследствие удаления растворителя HCl происходит выделение частиц малорастворимых основных солей висмута, что приводит к снижению пропускания слоев в области 400—800 нм до 50—60%.

С целью повышения растворимости соли висмута в фотоэмульсии и уменьшения вероятности образования крупных частиц основных солей при высыхании слоя в светочувствительную композицию указанного состава вводился комплексообразующий агент — тартрат калия — натрия KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> или цитрат натрия Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> (в количестве 0,05 моль на 1 л фотоэмульсии), поскольку известно [3], что растворимость соединений висмута в солянокислой среде повышается в присутствии некоторых органических лигандов благодаря образованию водорастворимых органогаллоидных комплексов. Согласно [2, 3], присутствие основных солей и органохлоридных комплексов висмута (III) может быть установлено по различию в их светопоглощении: для систем, содержащих только водорастворимые комплексы висмута (III), характерно наличие в спектре двух интенсивных максимумов поглощения, а для систем, в состав которых наряду с указанными комплексами входят основные соединения, эти максимумы слабо выражены, причем с ростом доли таких соединений поглощение стремится к сплошному. Спектрофотометрическое исследование показало (рис. 1), что доля основных солей висмута уменьшается в ряду слоев на основе Bi (III)-ацетата — Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>, BiCl<sub>3</sub> — Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>, Bi (III)-тартрата — Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>, Bi (III)-цитрата — Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>, Bi (III)-тартрата — KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>.

Экспонирование слоев осуществлялось полным спектром ртутно-кварцевой лампы ПРК-4 (интенсивность потока 5 · 10<sup>-6</sup> Дж · см<sup>-2</sup> · с<sup>-1</sup>), а их проявление проводилось в проявителе с парой Ti<sup>3+</sup>/TiO<sup>2+</sup> [4]. Оптическая плотность изображений (в проходящем свете) измерялась на денситометре ЦДФЭУ.

Химическое проявление прозрачных слоев, независимо от их состава и величины экспозиции, начинается практически сразу без индукционного периода (рис. 2). Скорость проявления зависит от продолжительности экспонирования слоев (рис. 2, а) и их состава (рис. 2, б). Макси-

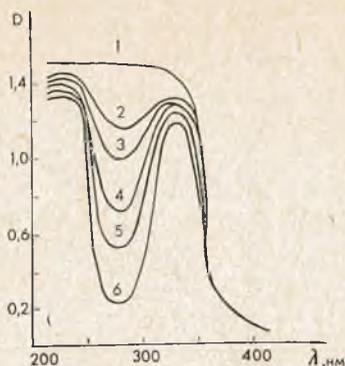


Рис. 1. Спектры поглощения прозрачных фотослоев на основе BiOCl (1), Bi (III)-ацетата — Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> (2), BiCl<sub>3</sub> — Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> (3), Bi (III)-тартрата — Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> (4), Bi (III)-цитрата — Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> (5), Bi (III)-тартрата — KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> (6)

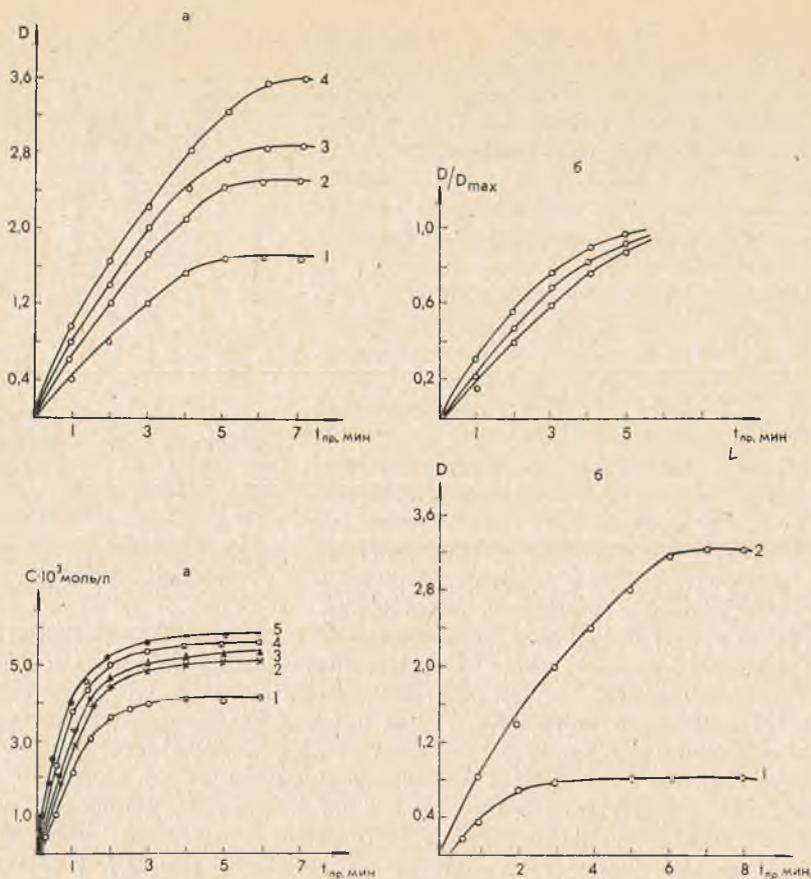


Рис. 2. Зависимость  $D$  (а) и  $D/D_{\max}$  (б) от времени проявления фотослоев на основе:

а —  $\text{Bi (III)-тартрата} - \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ , облученных УФ светом 10 с (1), 30 с (2), 60 с (3), 300 с (4); б —  $\text{Bi (III)-ацетата} - \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (1),  $\text{Bi (III)-тартрата} - \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (2),  $\text{Bi (III)-тартрата} - \text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  (3)

Рис. 3. а — Зависимость концентрации ионов  $\text{Bi}^{3+}$ , перешедших в процессе проявления в раствор проявителя, от времени проявления фотослоев на основе  $\text{Bi (III)-ацетата} - \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (1),  $\text{BiCl}_3 - \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (2),  $\text{Bi (III)-тартрата} - \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (3),  $\text{Bi (III)-цитрата} - \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (4),  $\text{Bi (III) тартрата} - \text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  (5) (содержание висмута (III) в слое —  $6,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л). Определение концентрации ионов  $\text{Bi}^{3+}$  проводилось фотокolorиметрическим методом [5].

б — Зависимость  $D$  от времени проявления фотослоев на основе  $\text{Bi (III)-тартрата} - \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  при физическом проявлении через раствор (1), при сочетании физического и химического проявления (2)

мальная плотность изображения и предельная ФЧ достигаются за 5—7 мин проявления, при этом вуаль не образуется.

Представленные на рис. 2 кривые зависимости  $D(D/D_{\max})$  от времени проявления облученных слоев, характеризующие скорость проявления, формально описываются уравнением первого порядка.

Наибольшей ФЧ ( $S_{0,2} \approx 2 \cdot 10^5 \text{ Дж}^{-1} \cdot \text{см}^2$ ) при химическом проявлении обладают слои, приготовленные с использованием в качестве соли висмута  $\text{Bi (III)-тартрата}$ , а в качестве дополнительного компонента — цитрата натрия. На этих слоях достигаются высокие плотности изображения  $D_{\max} \approx 3,5$ , а значение коэффициента контрастности составляет  $\gamma \approx 1,2$  (см. таблицу). Близкие значения  $D_{\max}$  и  $\gamma$  достигаются на слоях на основе  $\text{Bi (III)-ацетат} - \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  и  $\text{BiCl}_3 - \text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ; величина ФЧ для этих слоев меньше ( $S_{0,2} \approx 10^4 \text{ Дж}^{-1} \cdot \text{см}^2$ ). Такая же ФЧ характерна для остальных исследованных слоев, кроме слоев на основе  $\text{Bi (III)-тартрата} - \text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ , для которых ФЧ составляет  $3 \cdot 10^4 \text{ Дж}^{-1} \cdot \text{см}^2$ . Зна-

**Фотографические характеристики фотослоев  
на основе соединений висмута при химическом проявлении  
(время проявления 7 мин)**

Компоненты, использованные для приготовления композиции		$S_{0,2}$ Дж <sup>-1</sup> ·см <sup>2</sup>	$D_{\max}$	$\gamma$
соединение висмута	комплексообразующий агент			
Bi(III)-тарترات	$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	$3 \cdot 10^4$	1,0	0,5
Ri(III)-цитрат	$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	$5 \cdot 10^3$	1,0	0,6
Bi(III)-ацетат	$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	$5 \cdot 10^3$	1,0	0,5
Bi(III)-тарترات	$\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	$2 \cdot 10^5$	3,5	1,2
Bi(III)-ацетат	$\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	$2 \cdot 10^4$	2,5	0,7
Bi(III)-цитрат	$\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	$1 \cdot 10^4$	1,2	0,6
$\text{BiCl}_3$	$\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	$2 \cdot 10^4$	4,0	1,3
$\text{BiCl}_3$	—	$2 \cdot 10^5$	4,0	1,2

чения  $D_{\max}$  и  $\gamma$  для менее чувствительных слоев невысокие (0,6—1,0 и 0,5—0,6 соответственно).

Особенностью химического проявления исследованных слоев является то, что одновременно с их проявлением идет процесс растворения соединения висмута, причем висмут (III) может переходить в раствор практически полностью или частично в зависимости от состава слоя (рис. 3, а).

Принимая во внимание, что в процессе проявления происходит растворение соединений висмута, изучали особенности ФП в растворе проявителя, содержащего комплексы титана (III), по методике, описанной в [6]. Оказалось (рис. 3, б), что скорость ФП заметно меньше скорости химического проявления, протекающего на границе раздела фаз «твердая соль висмута — продукт фотолиза»\*. В отличие от химического проявления ФП характеризуется небольшим индукционным периодом. При этом реакция протекает лишь в начале процесса проявления и быстро прекращается (через 2—4 мин) после достижения небольшой оптической плотности, а максимальные для исследованных слоев значения ФЧ и  $D_{\max}$  достигаются за 6—7 мин.

Таким образом, именно химическое проявление вносит основной вклад в формирование изображения на прозрачных слоях, а доля ФП через раствор в этом случае невысока: 22—25 %.

Вследствие этого плотность проявленного изображения практически не зависит от продолжительности проявления (свыше 4 мин) и не удается повысить плотность малых экспозиций до максимального значения (см. рис. 2, а) за счет увеличения продолжительности проявления (хотя значительная часть висмута (III), около 95 %, за 4—5 мин переходит в результате растворения из слоя в раствор). Причины быстрого прекращения ФП в проявителе с парой  $\text{Ti}^{3+}/\text{TiO}^{2+}$  требуют изучения.

Малая доля ФП в общем процессе проявления является одной из причин наблюдаемой обратной зависимости между процессом растворения светочувствительного компонента в проявителе (см. рис. 3, а) и скоростью проявления (см. рис. 2, б).

На соотношение скоростей проявления и растворения светочувствительного компонента, а также на концентрацию и размеры центров проявления (ЦП) и, следовательно, на достигаемые ФХ существенное влияние оказывает состав слоя. Слои на основе Bi(III)-тарترات- $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ,

\* Скорость проявления определялась как изменение  $D$  в единицу времени, т. е.  $v = \Delta D / \Delta t$ .

Bi (III)-ацетат— $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ,  $\text{BiCl}_3$ — $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ , в которых доля основных малорастворимых солей выше, обладают меньшей растворимостью и более высокой скоростью проявления (см. рис. 2, б) по сравнению со слоями на основе Bi(III)-тарترات— $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ , Bi (III)-цитрат— $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ , Bi (III)-ацетат— $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ , Bi (III)-цитрат— $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ , у которых в составе преобладают растворимые комплексы висмута (III). На этих слоях достигаются наиболее высокие значения ФЧ и  $D_{\max}$ , поскольку создаются благоприятные условия для формирования ЦП (предполагается [2], что ЦП преимущественно возникают на микрокристаллах основных солей), а также для проявления изображения за счет протекания реакции на границе раздела «твердая соль висмута — продукт фотолиза». Меньшие значения ФЧ и  $D_{\max}$  для слоев, в которых основным компонентом являются растворимые в проявителе комплексы висмута (III), могут быть обусловлены тем, что из двух конкурирующих процессов — проявления и растворения — преобладает последний (см. рис. 3, а), т. е. происходит вымывание из слоя светочувствительного компонента и вместе с ним фотолитических частиц.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что при химическом проявлении прозрачных фотослоев на основе соединений висмута в проявителе с парой  $\text{Ti}^{3+}/\text{TiO}^{2+}$  достигается высокая ФЧ —  $10^4$ — $10^5$  Дж $^{-1}$ ·см $^2$ , что в  $10^2$ — $10^3$  раз выше, чем их ФЧ при медном ФП ( $10^2$  Дж $^{-1}$ ·см $^2$ ), и в  $10^3$ — $10^5$  раз выше, чем ФЧ при прямом почернении ( $1$ — $10^2$  Дж $^{-1}$ ·см $^2$ ) [2]. Следует отметить, что введение органических лигандов в состав исследовавшихся слоев в основном приводит к снижению ФЧ и  $D_{\max}$  по сравнению со слоями, не содержащими лигандов (см. таблицу). Но, учитывая необходимость их использования для создания условий, препятствующих образованию крупных частиц малорастворимых основных солей и тем самым обеспечивающих достижение высокой прозрачности слоев в видимой области спектра (пропускание 90—92 %), целесообразно использовать составы светочувствительных композиций на основе Bi (III)-тарترات —  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ , Bi (III)-ацетат— $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ,  $\text{BiCl}_3$  —  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ , обеспечивающие достаточно высокий уровень ФЧ и  $D_{\max}$ .

Достигнутая в настоящее время ФЧ на прозрачных фотослоях на основе соединений висмута при химическом проявлении, по-видимому, не является предельной и может быть повышена за счет совершенствования режимов их химико-фотографической обработки и состава фотослоев. При этом значительный интерес представляет выяснение возможностей повышения эффективности физического проявления фотослоев на основе соединений висмута, т. е. устранение эффекта прекращения осаждения висмута из раствора после достижения сравнительно небольших значений оптической плотности.

### Список литературы

1. Логинова Н. В., Шевченко Г. П., Свиридов В. В. — Ж. науч. и прикл. фотогр. и кинематогр., 1984, т. 29, № 4, с. 293.
2. Логинова Н. В., Шевченко Г. П., Свиридов В. В. Исследование особенностей химического усиления фотохимических эффектов в прозрачных слоях на основе соединений висмута. — Рукопись деп. в БелНИИТИ. № 878Бе-Д84. Деп. от 16.03.84.
3. Schaefer K., Hein F. — Zs. anorg. Chem., 1917, Bd. 100, S. 258.
4. Логинова Н. В., Шевченко Г. П., Свиридов В. В. — Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим. биол. геогр., 1985, № 2, с. 5.
5. Шарло Г. Методы аналитической химии. — М., 1969, ч. 2.
6. Ныш Г. В., Трушина Л. Ф., Савельев Г. Г. Выяснение доли физического проявления при химическом проявлении несеребряных фотослоев на основе оксалата меди (II). — Рукопись деп. в ВИНТИ. № 1602-75. Деп. от 09.05.75.

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГРАФИТА

Разработка коррозионностойких, высокоактивных электродов для электролиза водных растворов электролитов из недефицитных материалов — весьма важная проблема.

Особый интерес представляют электроды на основе композиций из силицидов переходных металлов, так как силициды металлов IVв, Vв и VIв подгрупп обладают высокой электропроводностью и значительной химической инертностью по отношению ко многим кислотам и даже растворам щелочей. Особенно это характерно для силицидов металлов, обогащенных кремнием [1].

Цель настоящей работы — разработка электродов на основе композиции бисилицида тантала и графита и исследование их электрохимических свойств.

Электроды изготавливали в виде дисков диаметром 12 и толщиной 3—4 мм из порошков бисилицида тантала и графита методом прессования при давлении 500 МПа и последующего спекания в атмосфере водорода при 1000—1100 °С. Объемная пористость полученных электродов, определенная методом взвешивания в воде и на воздухе, не превышала 3 % [2, 3].

Удельное электрическое сопротивление электродов, измеренное с помощью моста постоянного тока марки МО-61, практически не зависит от состава электрода и колеблется от  $1,02 \cdot 10^{-3}$  до  $0,23 \cdot 10^{-3}$  Ом · м.

Электрохимические исследования проводили на потенциостате П-5848. Электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод. Все растворы готовили на дистиллированной воде из реактивов марки х. ч.

На рис. 1 и 2 приведены поляризационные кривые катодного выделения водорода и анодного окисления иодида калия соответственно. Между поляризацией электрода и плотностью протекающего тока для всех электродов как при катодном выделении водорода, так и при анодном окислении иодида калия наблюдается тафелевская зависимость. Скорость катодного выделения водорода (см. рис. 1) на электродах из бисилицида тантала и богатых им выше, чем на электродах из графита и содержащих менее 80 мас. % бисилицида тантала. Наибольшая скорость процесса характерна для электрода с 5 мас. % графита.

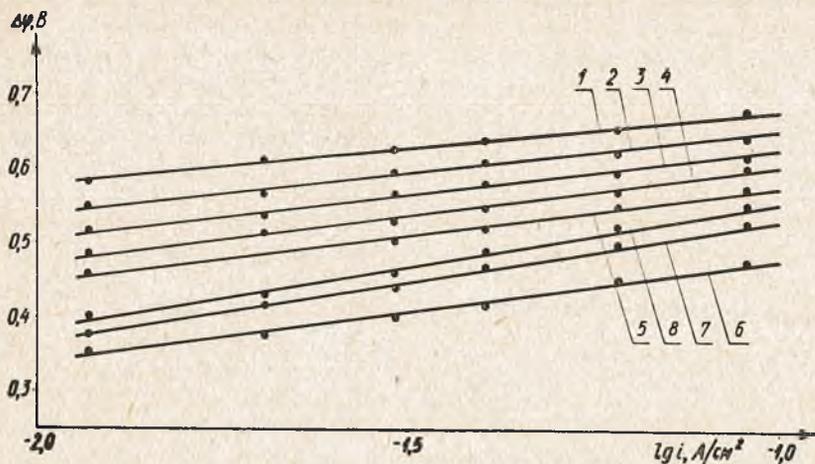


Рис. 1. Поляризационные кривые катодного выделения водорода из 1 М раствора  $H_2SO_4$  при 25 °С на электродах, содержащих бисилицид тантала и графит, мас. %:

1—0—100; 2—20—80; 3—40—60; 4—60—40; 5—80—20; 6—95—5; 7—99—1; 8—100—0

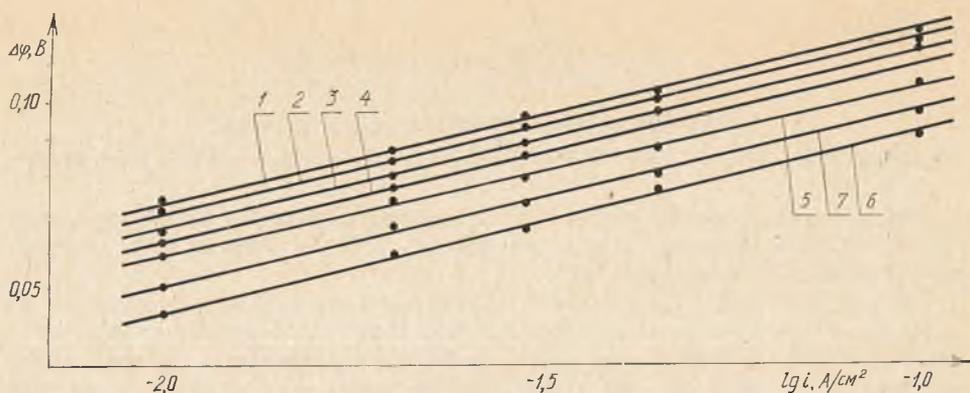


Рис. 2. Поляризационные кривые анодного окисления иодида калия при 25 °С на электродах, содержащих бисилицид тантала и графит, мас. %: 1—0—100; 2—20—80; 3—40—60; 4—60—40; 5—80—20; 6—90—10; 7—95—5. Электролит — 0,8 моль/л KI, рН 13,8

В случае анодного окисления иодида калия электроды, содержащие до 5 мас. % графита, а также электрод из чистого бисилицида тантала являются неактивными. По мере увеличения содержания графита активность электродов возрастает, и наибольшая скорость анодного окисления иодида калия наблюдается на электроде, содержащем 10 мас. % графита (см. рис. 2). При дальнейшем увеличении количества графита активность электродов в данном процессе постепенно уменьшается и приближается к активности чистого графита.

Исследование процесса анодного выделения хлора из водных растворов хлорида натрия показало, что, как и в рассмотренных процессах, между поляризацией электрода и плотностью тока наблюдается зависимость, описываемая тафелевской кривой. Скорость процесса также зависит от состава электрода, причем аналогично анодному окислению иодида калия на электродах из чистого бисилицида тантала и содержащих менее 5 мас. % графита анодное выделение хлора не происходит. Наибольшая скорость процесса также характерна для электрода, содержащего 10 мас. % графита.

Из рис. 3 видно, что для всех изученных процессов при плотности

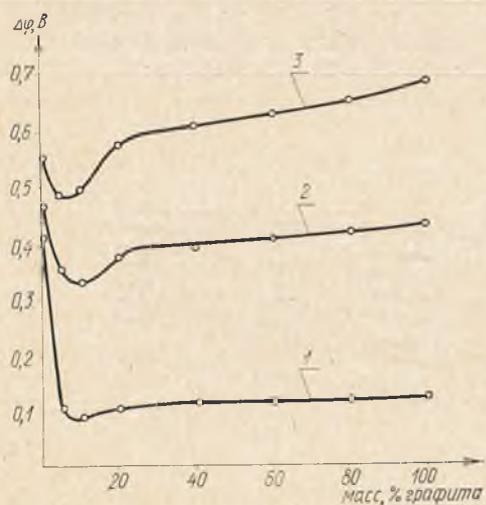


Рис. 3. Кривые зависимости поляризации электродов от их состава:

1 — анодное окисление щелочного водного раствора иодида калия (0,8 моль/л KI); 2 — анодное окисление водного раствора хлорида натрия (300 г/л); 3 — катодное выделение водорода из 1 М водного раствора  $H_2SO_4$ .

тока 100 мА/см<sup>2</sup> зависимость поляризации электродов от содержания в них графита описывается кривой с минимумом. В случае катодного выделения водорода наименьшая поляризация наблюдается для электрода с 5 мас. % графита, а при анодном окислении иодида калия и хлорида натрия — для электрода с 10 мас. % графита. С изменением содержания графита активность электродов уменьшается.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие предположения. Низкая активность электродов из чистого бисилицида тантала и электродов, содержащих до 5 мас. % графита, в процессах анодного окисления иодида калия и хлорида натрия может быть связана прежде всего с тем, что при анодной поляризации таких электродов на их по-

Основные параметры электрохимических процессов на электродах из смеси графита и бисилицида тантала при 25 °С

Состав электрода, мас. %		Катодное выделение водорода (1,0 М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )				Анодное окисление (150 г/л KI, 30 г/л KOH, 2 г/л K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )				Анодное окисление (300 г/л NaCl)			
графит	TaSi <sub>2</sub>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>αz</i>	<i>i</i> <sub>0</sub> ·10 <sup>7</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>αz</i>	<i>i</i> <sub>0</sub> ·10 <sup>4</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>αz</i>	<i>i</i> <sub>0</sub> ·10 <sup>8</sup>
100	0	0,790	0,10	0,59	0,125	0,169	0,047	1,25	2,54	0,640	0,220	0,27	1,58
80	20	0,765	0,11	0,54	1,12	0,167	0,046	1,28	2,34	0,635	0,216	0,27	1,31
60	40	0,755	0,12	0,49	5,13	0,165	0,049	1,20	4,26	0,625	0,216	0,27	1,65
20	80	0,720	0,13	0,45	29,5	0,154	0,045	1,31	3,80	0,600	0,207	0,28	1,58
10	90	0,675	0,14	0,42	151	0,146	0,050	1,18	12,0	0,540	0,205	0,29	5,49
5	95	0,625	0,14	0,42	347	0,148	0,047	1,25	7,07	0,565	0,210	0,28	4,16
1	99	0,700	0,16	0,37	421	—	—	—	—	0,675	0,224	0,28	0,95
0	100	0,735	0,17	0,35	478	—	—	—	—	—	—	—	—

верхности образуется пленка оксида кремния, которая, как известно, обладает большим омическим сопротивлением. В результате возникает дополнительная поляризация, связанная с необходимостью преодоления омического сопротивления пленки. Возможность образования пленки оксида кремния подтверждается, во-первых, тем, что стандартный электродный потенциал системы  $\text{SiO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Si} + 2\text{H}_2\text{O}$  составляет  $-0,857$  В [4], во-вторых, тем, что при поддержании постоянным потенциала вблизи значения, равного  $+3,0$  В, ток постепенно падает, а при поддержании постоянным анодного тока потенциал электрода возрастает.

Добавление в электрод графита затрудняет образование пленки оксида кремния [5] и, кроме того, повышает электропроводность этой пленки. Однако при увеличении содержания графита в электроде более 10 мас. % процесс начинает протекать и на участках из чистого графита, активность которого несколько ниже, чем бисилицида тантала.

Для процесса катодного выделения водорода различие в активности электрода из чистого бисилицида тантала и электрода, содержащего 5 мас. % графита, не столь существенно. Однако и в этом случае поверхностная пленка оксида кремния увеличивает поляризацию катода из чистого бисилицида тантала. Аналогичное явление наблюдалось также при катодном выделении водорода на титановом электроде [6].

Возрастание, а затем снижение активности электрода с добавлением в него графита можно объяснить участием в катодном процессе поверхности чистого графита, на котором выделение водорода протекает со значительной поляризацией.

Из поляризационных кривых в тафельских координатах для всех электродов были рассчитаны основные параметры процессов катодного выделения водорода и анодного окисления иодида калия и хлорида натрия (см. таблицу). Коэффициент *b* уравнения Тафеля для процесса катодного выделения водорода постепенно возрастает с увеличением содержания бисилицида тантала в электроде. Для графита значение коэффициента *b* составляет 0,1 В, а для чистого бисилицида тантала — 0,17 В. При катодном выделении водорода из водных растворов кислот значение коэффициента в уравнении Тафеля составляет 0,118 В тогда, когда замедленной стадией всего процесса является стадия разряда [7]. Наблюдающееся увеличение значения *b* для электродов из бисилицида тантала и содержащих менее 60 мас. % графита связано, по-видимому, с наличием на поверхности оксидной пленки [8]. Значения *αz* соответствуют процессу с замедленной электрохимической стадией при участии одного электрона [7]. Плотности тока обмена для электродов, содержа-

щих менее 20 мас. % графита, имеют такой же порядок, как и для электродов, активных в процессе катодного выделения водорода.

Как видно из таблицы, коэффициент  $v$  для процесса анодного окисления иодида калия практически не зависит от состава электрода и составляет 0,045—0,050 В. Значение  $\alpha z$  колеблется в интервале 1,20—1,31. Такие значения коэффициента  $v$  и  $\alpha z$  могут быть связаны либо с тем, что процесс анодного окисления иодида калия лимитируется не электрохимической стадией, либо с тем, что истинное значение коэффициента переноса медленной электрохимической стадии близко к единице [9]. Однако для окончательного вывода необходимы дополнительные исследования.

В случае анодного выделения хлора коэффициент  $v$  и значение  $\alpha z$  в области плотностей тока от 10 до 100 мА/см<sup>2</sup> мало зависят от состава электрода (см. таблицу). Наклон тафелевского участка, равный 0,20—0,24 В, для хлорной реакции на графитовом электроде может быть связан с пористостью электрода [10, 11]. При этом истинное значение коэффициента  $v$ , по мнению авторов [10, 11], 0,10—0,12 В, что соответствует замедленной электрохимической стадии с участием одного электрона.

Таким образом, полученные экспериментальные данные показывают, что электроды из смеси бисилицида тантала и графита обладают высокой активностью как в процессе катодного выделения водорода, так и в анодных процессах получения иодата калия и хлора. Для выяснения возможности их практического применения необходимы не только дополнительные электрохимические, но и исследования их коррозионной стойкости прежде всего при анодной поляризации.

#### Список литературы

1. Самсонов Г. В., Дворнина Л. А., Рудь Б. М. Силициды.— М., 1979.
2. Баранов А. П., Штейнберг Г. В., Багоцкий В. С.— Электрохимия, 1971, т. 7, № 3, с. 387.
3. Бурштейн Р. Х., Дрибинский А. В., Крюков Ю. Л., Пшеничников А. Г., Тарасевич М. Р.— Электрохимия, 1970, т. 6, № 9, с. 1356.
4. Рабинович В. А., Хавин З. Я. Краткий химический справочник.— Л., 1978, с. 318.
5. Иоффе А. Ф.— В кн.: Физика полупроводников. М., 1957, с. 35.
6. Акимов А. Г., Астафьев М. Г.— В кн.: Итоги науки и техники. Коррозия и защита от коррозии. М., 1978, т. 7, с. 62.
7. Антропов Л. И. Теоретическая электрохимия.— М., 1965, с. 359.
8. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов.— М., 1976, с. 253.
9. Астахов И. И., Графов Б. М., Кабанов Б. Н. и др. Кинетика сложных электрохимических реакций.— М., 1981, с. 178.
10. Эренбург Р. Г., Кришталлик Л. И.— Электрохимия, 1968, т. 4, № 8, с. 923.
11. Кришталлик Л. И., Ротенбург З. А.— ЖФХ, 1965, т. 39, № 2, с. 328; № 4, с. 907.

УДК 547.442

В. А. МЕЖЕНЦЕВ, И. Г. ТИЩЕНКО, Л. С. НОВИКОВ

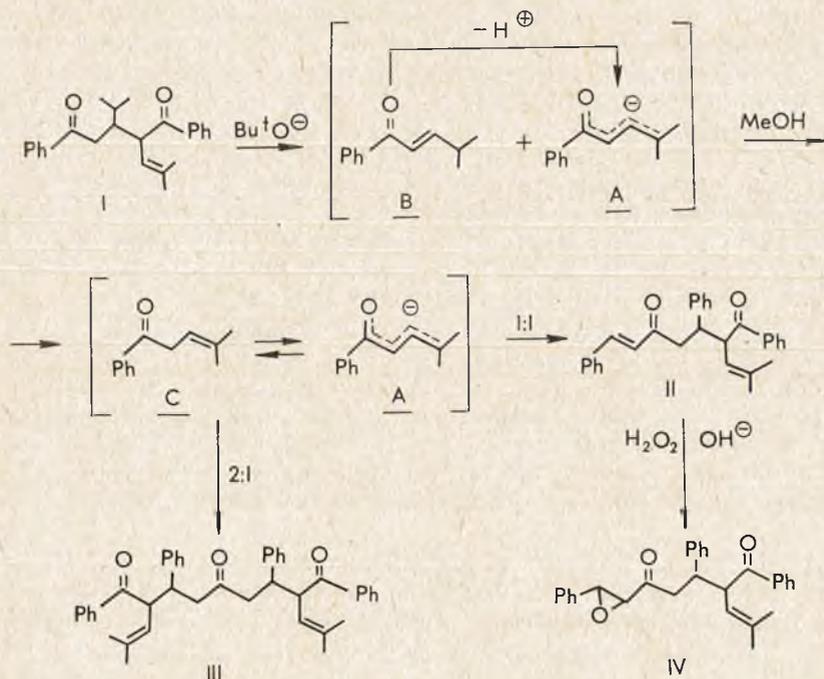
#### СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛЬНО ЗАМЕЩЕННЫХ 1,5-ДИКЕТОНОВ КОНДЕНСАЦИЕЙ $\beta$ , $\gamma$ -ЕНОНОВ С ДИБЕНЗАЛЬАЦЕТОНОМ

Конденсация Михаэля кетонов и  $\beta$ -дикетонов с симметричными дивинилкетонами приводит к продуктам присоединения по одной или двум олефиновым связям либо продуктам их последующих превращений [1—3]. В то же время использование имеющих подвижные атомы водорода  $\beta$ ,  $\gamma$ -енонов в качестве доноров в конденсации Михаэля имеет существенные ограничения ввиду возможности изомеризации их в присутствии оснований в сопряженные кетоны и самоконденсации [4—6].

В продолжение исследований по синтезу и изучению свойств функционально замещенных 1,5-дикетонов в настоящей работе на примере

4-метил-1-фенил-3-пентен-1-она изучено взаимодействие  $\beta$ ,  $\gamma$ -енонов с дибензальацетоном.

Нами установлено, что в качестве своеобразного эквивалента  $\beta$ ,  $\gamma$ -енонов ряда 4-метил-1-арил-3-пентен-1-она могут быть использованы более доступные и стабильные 2-метил-5-изопропил-4,6-диарил-2-гексены, получаемые с высокими выходами при конденсации арилметилкетонов с изомаляльным альдегидом [7, 8]. Так, дикетон I в присутствии избытка трет-бутоксид калия в трет-бутаноле подвергается распаду, который может быть представлен как результат протекания ретро реакции Михаэля, образуя  $\gamma$ -диенолят-анион A и 4-метил-1-фенил-2-пентен-1-он B, который в результате депротонирования также превращается в A. Прибавление в этих условиях к диенолят-аниону A дибензальацетона, как оказалось, сопровождается протеканием процессов полимеризации. Было найдено, что частичная нейтрализация основания при пониженной температуре ледяной уксусной кислотой и разбавление реакционной смеси метанолом не сопровождается образованием B, а протонирование диенолят-аниона в кинетически контролируемых условиях приводит к 4-метил-1-фенил-3-пентен-1-ону C, находящемуся в равновесии с диенолят-анионом A. Последующее взаимодействие с дибензальацетоном в этом случае не осложняется протеканием побочных реакций, причем в зависимости от соотношения  $\beta$ ,  $\gamma$ -енон C: дибензальацетон может быть получен как моно-, так и диаддукт. Так, при эквимолярном соотношении с выходом 71 % получен диолефиновый 1,5-дикетон II, в то время как при двукратном избытке  $\beta$ ,  $\gamma$ -енона C основным продуктом реакции является трикетон III.



Строение синтезированных дикетонов II и III доказано элементарным анализом, подтверждено спектральными данными и эпоксицированием сопряженной олефиновой связи соединения II щелочной перекисью водорода.

Спектр ПМР диолефинового 1,5-дикетона II, наряду с характерными сигналами протонов метиленовой группы (2,84 м. д., 2H, м), изобутильного фрагмента (1,50 м. д., 6H, 2с, 5,04 м. д., 1H, д,  $J=10$  Гц) и двух метиновых протонов (4,42 м. д., 2д,  $J_1=10$  Гц,  $J_2=9,5$  Гц, 3,94 м. д., 1H,

дт), содержит сигналы арильных протонов в области 6,72—7,60 м. д. (15Н, м) и протонов сопряженной олефиновой связи, из которых на спектре виден лишь один, принадлежащий углеродному атому, находящемуся в  $\alpha$ -положении к карбонилу (6,40 м. д., 1Н, д,  $J=16$  Гц-транс), а сигнал протона  $\beta$ -углеродного атома маскируется сигналами протонов арильных заместителей. Наличие сопряженной олефиновой связи в молекуле аддукта II однозначно подтверждается сопоставлением со спектром ПМР продукта эпексидирования — соединения IV, в котором имеются сигналы протонов эпексидного цикла (3,28 и 3,60 м. д., 2Н, 2д,  $J=2,5$  Гц-транс) и отсутствуют сигналы протонов стирильного фрагмента.

В спектре ПМР соединения III сигналы протонов сопряженной олефиновой связи также отсутствуют, а из сопоставления интегральных интенсивностей олефиновых, алифатических и ароматических протонов, а также данных масс-спектрометрического определения молекулярного веса следует, что синтезированное соединение является трикетонем III.

### Экспериментальная часть

ИК спектры сняты на приборе UR-20 в растворе  $CCl_4$ . Спектры ПМР записаны на спектрометре JNMPS-100 при рабочей частоте 100 МГц, внутренний стандарт ГМДС, химические сдвиги измерены в  $\delta$ -шкале. Масс-спектрометрические данные получены на масс-спектрометре Varian MAT-311 при энергии ионизирующего излучения 70 эВ. Индивидуальность полученных соединений и ход реакций контролировались методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254.

**2-Метил-5,9-дифенил-4-бензоил-2,8-нонадиен-7-он II.** К раствору 0,78 г (0,02 г-мол) калия в 25 мл трет-бутанола прибавляли 1,74 г (0,005 г-мол) 2-метил-5-изопропил-4,6-добензоил-2-гексена I и кипятили в течение 25 мин. Реакционную смесь охлаждали, добавляли 0,6 мл ледяной уксусной кислоты (0,01 г-мол), 2,34 г (0,01 г-мол) дибензальацетона, растворенного в 30 мл метанола, выдерживали при комнатной температуре в течение 5 ч. Реакционную смесь разбавляли водой, кристаллический продукт отфильтровывали, промывали на фильтре водой, охлажденным метанолом, гексаном и кристаллизовали из смеси бензол — метанол. Получено 2,9 г (71 %) аддукта II;  $t_{пл.}$  151—152 °С. Найдено, %: С 82,0; 6,8.  $C_{29}H_{28}O_2$ . Вычислено, %: С 82,1; Н 6,9.  $M^+$  408 — масс-спектрометрически. ИК спектр (КВг): 1678, 1615, 1595, 1580  $cm^{-1}$ .

**1,2-Эпокси-8-метил-1,5-дифенил-6-бензоил-7-нонен-3-он IV.** К раствору 1,0 г (0,002 г-мол) 1,5-дикетона II в 250 мл смеси диоксана и метанола прибавляли 0,02 г-мол 30 %-ной перекиси водорода и 40 %-ного раствора едкого натра, поддерживая рН 10,5. Реакционную смесь выдерживали при комнатной температуре в течение суток, разбавляли водой, кристаллический продукт отфильтровывали, промывали на фильтре водой, метанолом, гексаном и кристаллизовали из смеси этилацетат — метанол.

Получено 0,6 г (57,7 %) эпокси-1,5-дикетона IV;  $t_{пл.}$  181—182 °С. Найдено, %: С 82,2; Н 6,6.  $C_{29}H_{28}O_3$ . Вычислено, %: С 82,0; Н 6,7.  $M^+$  424 — масс-спектрометрически. Спектр ПМР,  $\delta$ : 1,60 и 1,68 (6Н, 2с,  $(CH_3)_2C$ ), 2,86 (2Н, д,  $\underline{CH}_2$ ), 3,28 и 3,60 (2Н, 2д,  $J=2,5$  Гц,  $\underline{CH-CH}$ ),

$\begin{array}{c} \diagdown \\ \text{O} \\ \diagup \end{array}$

3,84 (1Н, м,  $\underline{CH}CH_2$ ), 4,56 (1Н, 2д,  $J_1=10$  Гц,  $J_2=9$  Гц,  $\underline{CHCH=}$ ), 5,14 (1Н, д,  $J=10$  Гц,  $\underline{CH=}$ ), 6,90—7,75 (15Н, м — ароматические).

**2,12-Диметил-5,9-дифенил-4,10-добензоил-2,11-тридекандиен-7-он III.** Синтезирован аналогично соединению II из 3,48 г (0,01 г-мол) дикетона I и 9,36 г (0,04 г-мол) дибензальацетона. Получено 6,8 г (53,1 %) трикетона III;  $t_{пл.}$  200—201 °С (бензол — метанол). Найдено, %: С 84,2; Н 7,4.  $C_{41}H_{42}O_3$ . Вычислено, %: С 84,5; Н 7,3.  $M^+$  582 — масс-спектро-

метрически. Спектр ПМР,  $\delta$ : 1,56 (12H, 2с, 2 (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C), 2,56 (4H, м, 2 CH<sub>2</sub>CO), 3,60 (2H, м, CHCH<sub>2</sub>), 4,36 (2H, CHCO), 5,04 (2H, д, 2CH), 6,90—7,70 (2OH, м—ароматические).

#### Список литературы

1. Назаров И. Н. Избранные труды.— М., 1961, с. 664.
2. Тиличенко М. Н.— ЖОХ, 1960, т. 30, вып. 8, с. 2562.
3. Гудринице Э. Ю.— Изв. АН Латв. ССР. Сер. хим., 1980, с. 645.
4. Меженцев В. А., Тищенко И. Г., Новиков Л. С.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1985, № 2, с. 16.
5. Уоринг А. Дж.— В кн.: Общая органическая химия. М., 1982, т. 2, с. 588.
6. Ингольд К. Теоретические основы органической химии.— М., 1973.
7. Новиков Л. С., Тищенко И. Г.— Вестн. АН БССР. Сер. хим. наук, 1970, № 5, с. 79.
8. Тищенко И. Г., Меженцев В. А., Новиков Л. С.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1985, № 1, с. 21.



УДК 582.282.11

А. С. ШУКАНОВ, И. С. ГИРИЛОВИЧ

## МУЧНИСТО-РОСЯНЫЕ ГРИБЫ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ БОТАНИЧЕСКОГО САДА БГУ имени В. И. ЛЕНИНА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

Дендрологическая коллекция ботанического сада БГУ имени В. И. Ленина насчитывает более 320 видов и разновидностей деревьев и кустарников из различных флористических областей [1]. Основная часть произрастающих в саду растений — интродуценты, но в окрестностях и на самой территории дендрария сохранена и естественная растительность, свойственная зоне елово-широколиственных лесов БССР. Возбудители, поражающие интродуцированные деревья и кустарники, являются аборигенами или заносятся с посевным и посадочным материалом.

Наиболее распространена на деревьях и кустарниках мучнистая роса, которая проявляется в виде налетов на листьях, стеблях и даже плодах. Мицелиальный налет, покрывая листовую пластинку, уменьшает ассимиляцию листа, а при сильном развитии пораженные листья не развиваются, растения теряют свои декоративные качества.

Целью данной работы являлось изучение видового состава мучнисто-росяных грибов на деревьях и кустарниках ботанического сада БГУ имени В. И. Ленина и его окрестностей.

### Материал и методика

Микологический материал собран в результате маршрутных обследований в 1981—1984 гг. Материал обрабатывался микроскопическим способом в лаборатории кафедры ботаники БГУ имени В. И. Ленина. При микроскопических исследованиях измерялись конидии, клейстотеции, сумки, споры. Идентификацию мучнисто-росяных грибов проводили по [2—6]. Степень поражения растений определялась по общепринятой методике. Собранный гербарный материал древесных и кустарниковых растений, пораженных мучнистой росой, хранится в фондовом гербарии БГУ имени В. И. Ленина. Описание выявленных видов мучнисто-росяных грибов и питающих их растений приводится в алфавитном порядке.

### Результаты и их обсуждение

Идентифицированы следующие виды мучнисто-росяных грибов.

*Erysiphe martii* Lev. Мицелий и конидиальное спороношение хорошо развиты. Конидии цилиндрические,  $12,6 - 16,8 \times 25,2 - 42,0$  мкм. Клейстотеции темно-коричневые, шаровидные,  $84,0 - 117,6$  мкм в диаметре. Сумки продолговато-эллипсоидальные,  $39,6 - 42,0 \times 50,4 - 63,0$  мкм. Споры эллипсоидальные,  $12,6 - 21,0$  мкм. Возбудитель встречается на *Sagapana arborescens* Lam. и *Robinia pseudoacacia* L. Балл поражения 3.

*Microsphaera alphytoides* Griff. et Maubl. Мицелий и конидиальное спороношение в виде обильного войлочного налета на обеих сторонах

листа. Конидиальная стадия встречается с июня. В июле на мицелии обнаружены светлокоричневые, а затем черные шаровидные плодовые тела-клетотетии, 86,0—116,1 мкм в диаметре. Сумки эллипсоидальные, на коротких ножках, 29,1—43,0×55,9—81,7 мкм. В сумке 4—8 эллипсоидальных спор, 8,6—12,6×16,8—25,2 мкм. Ежегодно отмечено развитие возбудителя в конидиальной и сумчатой стадиях на поросли, молодых и взрослых растениях *Quercus robur* L. и *Q. robur* L. f. *heterophylla* Rgl. Балл поражения 4.

*M. berberidis* (DC. ex Merat) Lev. Обильное развитие мицелия на верхней стороне листа. Конидии цилиндрические, эллипсоидальные, 12,6—16,8×29,4 мкм. Клейстотетии в небольших группах, 64,5—98,9 мкм в диаметре. Сумки продолговато-яйцевидные на коротких ножках, 34,4—38,7×55,9—64,5 мкм. Споры эллипсоидальные, 10,7—12,9×22,5—25,8 мкм. Обильное развитие возбудителя ежегодно наблюдалось на *Berberis thunbergii* DC, *B. vulgaris* L. и *B. vulgaris* L. f. *atropurpurea* Regel. Балл поражения 4.

*M. betulae* Magn. ex Jacz. Мицелий и конидиальное спороношение на обеих сторонах листа в виде паутинистого налета. Клейстотетии в большом количестве, 79,8—96,6 мкм в диаметре. Сумки эллипсоидальные, 37,8—42,0×50,4—58,8 мкм. Споры, 12,6—14,7×21,0—25,2 мкм. В 1982—1983 гг. отмечалось обильное развитие возбудителя на поросли и молодых растениях *Betula pubescens* Ehrh. Балл поражения 4.

*M. divaricata* (Wallr. ex Link) Lev. Мицелий и конидиальное спороношение в виде ограниченных пятен на обеих сторонах листа. Клейстотетии в группах, шаровидные, 84,0—126,0 мкм в диаметре. Сумки широкоэллипсоидальные, 33,6—37,8×46,2—54,6 мкм. Споры эллипсоидальные, 10,5—12,6×16,8—21,0 мкм. Появление болезни отмечено в начале июня на листьях *Frangula alnus* Mill. В августе-сентябре наблюдается массовое образование клейстотетиев. Ежегодно отмечалось развитие возбудителя. Балл поражения 3—4.

*M. euonymi* (DC. ex Merat.) Sacc. Болезнь проявляется в виде обильного войлочного налета на обеих сторонах листа. Конидии цилиндрические, 12,9×29,1—34,4 мкм. Клейстотетии многочисленные, 98,9—129,0 мкм в диаметре. Сумки эллипсоидальные, 34,4×55,9—64,5 мкм, содержат по 3—4 споры, 12,9—17,2×24,6—29,1 мкм. В 1983 г. обнаружено обильное развитие возбудителя на *Euonymus europaea* L. Балл поражения 4.

*M. grossularia* (Wallr.) Lev. Развитие возбудителя отмечалось ежегодно в конидиальной и сумчатой стадиях. Клейстотетии шаровидные, 86,0—111,8 мкм в диаметре. Сумки шаровидные на короткой ножке, 34,4—43,0×64,5—86,0 мкм. Споры эллипсоидальные, 8,6—22,5 мкм. В июне отдельные экземпляры *Grossularia reclinata* (L.) Mill были поражены полностью.

*M. hedwigii* Lev. Развитие мицелия и конидиального спороношения наблюдается с обеих сторон листа. Конидии цилиндрические, 17,2×34,4—38,7 мкм. Клейстотетии шаровидные, разбросанные, обильные с нижней стороны листа; 92,4—129,0 мкм в диаметре. Сумки числом 2—6, широкоэллипсоидальные, 33,6—38,7×54,6—63,0 мкм. Споры, 8,6—12,6×12,9—21,0 мкм. Возбудитель отмечен на *Viburnum opulus* L. и *V. opulus* L. c. Бульденеж. Балл поражения 3.

*M. lonicerae* (DC. ex Saint-Amans) Winter. Проявляется заболевание в виде обильного паутинистого налета, сохраняющегося на обеих сторонах листа. Конидии цилиндрические, 12,6—16,8×25,2—29,4 мкм. Клейстотетии многочисленные, 64,5—113,4 мкм в диаметре. Сумки широкоэллипсоидальные, 29,1—42,0×43,0—63,0 мкм. Споры эллипсоидальные, 8,6—12,9×17,2—25,8 мкм. Ежегодно отмечается 100 %-ное поражение *Lonicera tatarica* L.

*M. palczewskii* Jacz. Мицелий и конидиальное спороношение в виде обильного налета на обеих сторонах листа. Конидии удлинненно-эллипсоидальные, 17,2×31,2—43,0 мкм. Клейстотетии в большом количестве,

темно-коричневые, 92,4—126,0 мкм в диаметре. Сумки (4—8) булаво-видные, на коротких ножках, 29,4—46,2×42,0—71,4 мкм. Споры эллипсоидальные, 14,7—16,8×21,0—29,4 мкм. Возбудитель ежегодно интенсивно развивался на *Caragana arborescens* L.

*M. penicillata* (Wallr. ex Fries) Lev. Мицелий и конидиальное спороношение на обеих сторонах листа в виде мучнистого налета, исчезающего ко времени созревания клейстотециев. Клейстотеции разбросаны, 84,0—105,0 мкм в диаметре. Сумки (6—8) эллипсоидальные, на коротких ножках, 29,4—42,0×46,2—54,6 мкм. Споры эллипсоидальные, 12,6—16,8 мкм. Возбудитель отмечен на *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. и *Fraxinus pennsylvanica* Marsch. Балл поражения 3.

*M. syringae* Jacz. Конидиальное спороношение на обеих сторонах листовой пластинки. Конидии эллипсоидальные, 12,6×21,0—37,8 мкм. Возбудитель собран в начале сентября в конидиальной стадии *Syringua vulgaris* L. Балл поражения 2.

*M. van-bruntiana* Gerard. Обильное развитие мицелия наблюдается на обеих сторонах листа, побегах в виде паутинистого налета. Клейстотеции шаровидные, темно-коричневые в большом количестве, 103,2—129,0 мкм в диаметре. Сумки (5—8 в клейстотеции) широкоэллипсоидальные, на коротких ножках, 34,4—38,7×64,5—73,1 мкм. Спор 3—5 в сумке, 12,9—17,2×25,8 мкм. Ежегодно отмечено 100 %-ное поражение *Sambucus racemosa* L. и *S. racemosa* L. f. *laciniata* Zabel.

*Podosphaera aucuparia* Eriksson. Мицелий и конидиальное спороношение в виде слабо заметного паутинистого налета. Конидии в цепочках, боченкообразные, 9,5—23,4 мкм. Клейстотеции темно-коричневые расположены на обеих сторонах листа, 71,4—75,6 мкм в диаметре. Сумки эллипсоидальные, 54,6—60,2 мкм. Споры эллипсоидальные, 12,6—16,8×21,0 мкм. Заболевание отмечалось на молодых растениях *Sorbus aucuparia* L. Балл поражения 3.

*P. clandestina* (Wallr. ex Fries) Lev. Мицелий и конидиальное спороношение на листьях, черешках и молодых побегах. Клейстотеции темно-коричневые, в большом количестве, 64,5—86,0 мкм в диаметре. Сумка широкоэллипсоидальная, 51,6—55,9×73,1 мкм. Споры эллипсоидальные, 12,9—17,2×22,5—27,9 мкм. В 1983 г. наблюдалось интенсивное развитие возбудителя на *Crataegus submollis* Sarg.

*P. leucotricha* (Ellis. et Everh.) Sm. Мицелий и конидиальное спороношение в виде белого мучнистого налета на листьях и побегах. Конидии эллипсоидальные, в цепочках, 16,8—29,4 мкм. Развитие возбудителя отмечено в конидиальной стадии на *Malus domestica* L. и *Pyrus communis* L. Балл поражения 3.

*P. myrtillina* (Schub. ex Fries.) Kunze et Schmidt. Мицелий и конидиальное спороношение слаборазвитые, со временем исчезающие. Конидии 12,6—25,2 мкм. Клейстотеции шаровидные, многочисленные, преимущественно с нижней стороны листа, 73,1—86,0 мкм в диаметре. Сумки 55,9—68,8×73,1—81,7 мкм. Спор в сумке 6—8, 12,9—15,0×22,5—25,8 мкм. Обильное развитие возбудителя отмечается на *Vaccinium myrtillus* L. Балл поражения 4.

*P. tridactyla* (Wallr.) de Bary. Мицелий и конидиальное спороношение в виде белого паутинистого налета на обеих сторонах листа. Конидии эллипсоидальные, боченковидные, 12,6—16,8×25,2—29,4 мкм. Клейстотеции темно-коричневые, разбросанные, 79,8—98,9 мкм в диаметре. Сумки широкоэллипсоидальные, 55,9—77,4×64,5—90,3 мкм. Спор 8, эллипсоидальные, 12,6—17,2×21,0—29,1 мкм. Возбудитель собран на *Radix racemosa* (Lam.) Gilib. и *P. serotina* (Ehrh.) Borch. *Prunus divaricata* Ldb. и *P. domestica* L. Поражение встречается на взрослых растениях, а также на поросли. Балл поражения 3.

*Sphaerotheca humuli* (DC.) Burt. Мицелий расположен на верхней стороне листа в виде белых разрастающихся округлых дерновинок. Конидии продолговато-эллипсоидальные, 12,6—16,8×21,0 мкм. Клейстотеции темно-коричневые, шаровидные, 86,0—98,9 мкм в диаметре. Сумка

широкоэллипсоидальная, 60,2—68,8×68,8—98,9 мкм. В сумке 7 эллипсоидальных спор 12,6—21,0 мкм. Возбудитель отмечен на *Humulus lupulus* L. Балл поражения 3.

*S. macularis* (Wallr. ex Fries.) Magnus. Мицелий и конидиальное спороношение в виде белого паутинистого налета на обеих сторонах листовой пластинки. Конидии в цепочках, боченковидные, 12,6—16,8×21,0—29,4 мкм. Клейстотеции черные, 75,6—84,0 мкм в диаметре. Сумка широкоэллипсоидальная, 54,6—71,4×71,4—82,4 мкм. Споры 14,7—18,9×16,8—29,4 мкм. Возбудитель собран на *Rubus caesius* L. и *R. idaeus* L. Балл поражения 3.

*S. mors-uvae* (Schw.) Berk. et Curt. Заболевание проявляется в виде белого войлочного налета на листьях и побегах. Конидии эллипсоидальные, 12,9—17,2×22,5—25,8 мкм. Клейстотеции многочисленные, шаровидные, 107,5—129,0 мкм в диаметре. Сумка яйцевидная, 55,9—64,5×86,0—197,5 мкм. Споры эллипсоидальные, 12,9—17,2×22,5—29,1 мкм. Возбудитель ежегодно отмечается на *Ribes nigrum* L. Балл поражения 3.

*S. ramosa* (Wallr. ex Fr.) Lev. Мицелий и конидиальное спороношение в виде белого мучнистого, затем темнеющего и уплотняющегося налета, образующегося на листьях и молодых побегах. Конидии в цепочках, боченковидные, 15,0—17,2×25,8—29,1 мкм. Клейстотеции темно-коричневые, 90,3—107,5 мкм. Сумки эллипсоидальные, 64,5—68,8×77,4—94,6 мкм. Споры 12,9—25,8 мкм. Заболевание ежегодно отмечалось на *Rosa canina* L., *R. majalis* Herrm., *R. rugosa* Thunb. и на культурных сортах роз. Балл поражения 4.

*Uncinula adunca* (Wallr. ex Fr.) Lev. Мицелий и конидиальное спороношение в виде белых войлочных пятен, которые, разрастаясь и сливаясь между собой, покрывают всю листовую поверхность. Конидии боченковидные, 10,5—14,7×21,0—25,2 мкм. Клейстотеции шаровидные коричневые, черные 126,0—168,0 мкм в диаметре. Сумки эллипсоидальные, 33,6—46,2×63,0—84,0 мкм. Споры эллипсоидальные, 12,6—16,8×21,0—29,4 мкм. Заболевание ежегодно проявляется на *Populus tremula* L., *Salix aurita* L., *S. caprea* L., *S. cinerea* L., *S. nigricans* Sm. Балл поражения 4.

*U. bicornis* (Wallr. ex Fr.) Lev. Мицелий паутинистый плотный, сохраняющийся на верхней стороне листа. Конидии продолговатые в виде удлиненного многоугольника, 12,6—17,2×25,8—38,7 мкм. Клейстотеции шаровидные, 105,0—193,2 мкм. Сумки яйцевидные, 37,8—51,6×71,4—98,9 мкм. Споры эллипсоидальные, 12,6—17,2×21,0—34,4 мкм. Возбудитель отмечен на *Acer negundo* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. saccharinum* L., *A. tataricum* L. Балл поражения 4.

*U. tulasnei* Fuck. Мицелий и конидиальное спороношение с обеих сторон листа. Конидии эллипсоидальные, боченковидные, 12,6—16,8×16,8—29,4 мкм. Возбудитель развивался на *Acer ginnala* Maxim. *A. platanoides* L. Балл поражения 3.

Таким образом, мучнисто-росяные грибы, выявленные нами на древесных и кустарниковых растениях, развивались в конидиальной и сумчатой стадиях, влияют на рост и развитие растений.

Следует отметить, что эффективные меры борьбы с этой группой патогенов можно рекомендовать лишь на основании изучения видового состава и их биологии, и подобные исследования необходимо продолжить до полного изучения их циклов развития.

### Список литературы

1. Бибинов Ю. А., Гирялович И. С. — Вестн АН БССР. Сер. биол. наук, № 2, 1978, с. 10.
2. Вилмер S. Echte Mehltäupilze (Erysiphaceae). Ein Bestimmungsbuch für die in Europa vorkommenden Arten. — Jena, 1967.
3. Васягина М. П. и др. Флора споровых растений Казахстана. Мучнисто-росяные грибы. — Алма-Ата, 1961, т. 3.

4. Головин П. Н. Мучнисто-росяные грибы, паразитирующие на культурных и полезных диких растениях.— М.— Л., 1960.

5. Горленко М. В. Мучнисто-росяные грибы Московской области (Сем. Erysiphaceae) — М., 1983.

6. Пидопличко Н. М. Грибные паразиты культурных растений. Определитель. Грибы совершенные.— Киев, 1977, т. 1.

УДК 591.524.11(476)

А. Ю. КАРАТАЕВ, Е. В. МЯРЦЕВА

## ФИТОФИЛЬНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ПОДВОДНЫХ ЗАРОСЛЕЙ ОЗ. ЛУКОМСКОГО

Для определения кормовой базы рыб и составления биотического баланса водоемов необходимо количественно оценить потери макрозоофитоса при выбрасывании растений волнами на берег — явлении, весьма распространенном на крупных озерах и водохранилищах.

### Материал и методика

Пробы, послужившие материалом для работы, собраны в августе 1983 г. в литорали оз. Лукомского на глубине 1—1,5 м. Для изучения ценозов зоофитоса различных макрофитов отобрано по 10 проб с трех видов растений: рдест стеблеобъемлющий (*Potamogeton perfoliatus* L.), уруть мутовчатая (*Myriophyllum verticillatum* L.) и нитчатка (*Spirogyra* sp). Для этого под водой на часть зарослей надевали садок, отделяли от остальной массы макрофита и поднимали на поверхность, где пробы помещали в полиэтиленовые мешочки и снабжали этикетками. Такая методика позволила исключить потерю организмов при отборе проб. Животных фиксировали 10 %-ным раствором формалина, а растения взвешивали для определения сырой массы.

Для распределения видов и форм зоофитоса в порядке доминирования внутри каждого ценоза рассчитан индекс доминирования:  $P/\sqrt{B[1]}$ , где  $P$  — встречаемость,  $B$  — средняя биомасса данного вида в данном макрофите.

Изменение комплекса фитофильных беспозвоночных после отрыва макрофитов волнами от субстрата и выбрасывания их на берег изучали на примере зоофитоса нитчатки и урути. Для этого во время шторма проводили сбор растений, оторванных от субстрата и плавающих у берега, затем находящихся на берегу в зоне заплеска и, наконец, в течение нескольких дней после выброса растений на берег. Обработку этих проб проводили описанным выше методом.

### Результаты и их обсуждение

В результате исследования зоофитоса макрофитов зарегистрированы 31 вид и форма макробеспозвоночных, из которых только 12 видов присутствуют во всех трех анализируемых ценозах.

Анализ структуры зоофитоса с применением индекса доминирования показал, что во всех ценозах доминируют олигохеты, однако это обусловлено тем, что определение малощетинковых червей до вида мы не проводили и индекс доминирования рассчитан для олигохет в целом. Исходя из этого, в дальнейшем при анализе доминирующего комплекса зоофитоса олигохет не учитывали.

В зоофитосе урути отмечено 24 вида и формы макробеспозвоночных, в том числе личинок хирономид — 9, ручейников — 5 видов. В этом ценозе доминируют моллюски рода *Limnaea* и ручейник *Orthotrichia tetensii*. В зоофитосе рдеста *Limnaea* sp. в ряду доминирования занимает 7-е, а в ценозе нитчатки 3-е место, входя в обоих ценозах в группу субдоминантов. Ручейник *O. tetensii* в ценозе рдеста занимает 6-е место,

Численность \* (экз./кг) и биомасса \*\* (г/кг) некоторых видов, групп и всего макрозоофитоса оз. Лукомского

Виды и группы животных	Уруть	Рдест	Нитчатка
<i>Orthotrichia tetensii</i>	$\frac{14274 \pm 3264}{1,43 \pm 0,21}$	$\frac{2124 \pm 931}{0,21 \pm 0,09}$	—
<i>Cricotopus gr. silvestris</i>	$\frac{1330 \pm 246}{0,58 \pm 0,13}$	$\frac{854 \pm 239}{0,41 \pm 0,13}$	$\frac{3368 \pm 1029}{0,95 \pm 0,27}$
<i>Tanytarsus gr. lauterborni</i>	$\frac{1758 \pm 467}{0,41 \pm 0,09}$	$\frac{321 \pm 139}{0,11 \pm 0,06}$	$\frac{815 \pm 226}{0,13 \pm 0,03}$
Олигохеты	$\frac{13396 \pm 4405}{5,18 \pm 1,17}$	$\frac{6424 \pm 2143}{1,53 \pm 0,52}$	$\frac{38967 \pm 3037}{5,57 \pm 1,33}$
Ручейники	$\frac{15040 \pm 327}{2,94 \pm 0,74}$	$\frac{3161 \pm 1109}{1,29 \pm 0,57}$	$\frac{378 \pm 137}{0,09 \pm 0,03}$
Хирономиды	$\frac{4747 \pm 922}{2,50 \pm 0,77}$	$\frac{3141 \pm 709}{2,19 \pm 0,67}$	$\frac{11832 \pm 3736}{2,74 \pm 0,59}$
Весь макрозоофитос	$\frac{64849 \pm 3684}{18,58 \pm 4,50}$	$\frac{13835 \pm 3520}{8,75 \pm 3,21}$	$\frac{49043 \pm 11858}{9,24 \pm 2,41}$

Примечание: знаками «±» обозначена статистическая ошибка, рассчитанная при  $P = 0,05$ .

\* Числитель

\*\* Знаменатель

входя в группу субдоминантов, а в ценозе нитчатки полностью отсутствует.

В зоофитосе рдеста также отмечено 24 вида и формы беспозвоночных, в том числе личинок хирономид — 12, ручейников и пиявок по 4 вида. Доминируют в этом ценозе ручейник *Oxyethira costalis*, хирономида *Endochironomus gr. tendens*, огневка *Acentropus niveus*. В ценозе урути *O. costalis* занимает 12-е место и отсутствует в зоофитосе нитчатки. *E. gr. tendens* в ценозе урути занимает 4-е, а в ценозе нитчатки — 9-е место. Огневка *A. niveus* в ценозе урути находится на 8-ом месте и отсутствует в составе макрозоофитоса нитчатки.

Минимальное видовое разнообразие макробеспозвоночных зарегистрировано в зоофитосе нитчатки (17 видов и форм). Доминируют здесь личинки хирономид *Cricotopus gr. algarum* и *C. gr. silvestris*. В ряду доминирования в ценозе урути *C. gr. algarum* занимает 22-е место, а в ценозе рдеста — 21-е. *C. gr. silvestris* в зоофитосе урути находится на 4-ом, а в ценозе рдеста на 5-ом месте.

Сравнительный анализ количественного развития макрозоофитоса исследуемых макрофитов показал, что наибольшей численности и биомассы фитофильные беспозвоночные достигают в ценозе урути (см. таблицу). Разница по суммарной биомассе макрозоофитоса статистически достоверна между всеми сравниваемыми ценозами, а по численности — между ценозами урути и рдеста. Кроме того, в ценозе фитофильных беспозвоночных урути численность и биомасса *O. tetensii*, *Tanytarsus gr. lauterborni* и группы ручейников в целом статистически достоверно выше, чем в остальных ценозах.

Наиболее беден в количественном отношении зоофитос рдеста. Однако численность олигохет и ручейников здесь выше, чем в ценозе нитчатки.

По численности и биомассе зоофитос нитчатки занимает второе место, причем численность *C. gr. silvestris*, олигохет, хирономид и всего зоофитоса здесь достоверно выше, чем в ценозе рдеста (см. таблицу).

Применение биоценологических коэффициентов сходства Серенсена показало, что наибольшее сходство (коэффициент равен 0,88) отмечено

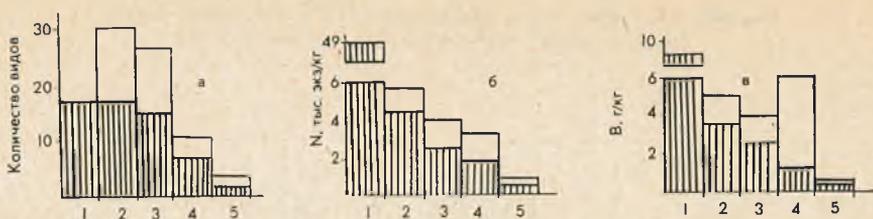


Рис. 1. Изменение видового состава (а), численности (б) и биомассы (в) зоофитоса нитчатки в оз. Лукомском:

1 — ненарушенное состояние; 2 — сорвана волнами и находится у берега на глубине 0,5 м; 3 — на берегу в зоне заплеска; 4 — на берегу под тонким слоем песка на второй день после шторма; 5 — на четвертый день после шторма. Заштрихованными прямоугольниками обозначен зоофитос нитчатки в ненарушенном состоянии

между ценозами рдеста и урути. Коэффициент сходства между зоофитосом нитчатки и рдеста оказался равен 0,65, между ценозами нитчатки и урути — 0,62. Коэффициент Серенсена для фитофильных беспозвоночных всех погруженных макрофитов оз. Лукомского, рассчитанный нами ранее [2], составляет 0,24.

Низкая величина суммарного коэффициента сходства, а также различия в видовом составе, структуре доминирующего комплекса и количественном развитии зоофитоса рассмотренных нами макрофитов указывают на существенные различия в зоофитосе разных видов растений. Это позволяет рассматривать комплекс фитофильных беспозвоночных каждого изученного вида растений как отдельное сообщество.

Нами сделана попытка проследить изменения в макрозоофитосе урути и нитчатки при выбрасывании растений волнами на берег. Анализ полученных данных показал, что резкие изменения в видовом составе и количественном развитии фитофильных беспозвоночных, населяющих нитчатку, происходят непосредственно после отрыва растений от субстрата, когда они еще находятся в воде. Так, в ценозе зоофитоса нитчатки, которая находилась в озере на глубине 0,5 м, через несколько часов после отрыва растений появился ряд новых видов, не свойственных этому ценозу в ненарушенных условиях. Увеличилось число видов ручейников, пиявок, моллюсков и хирономид за счет организмов, широко распространенных в песчаном биотопе. Общее количество видов достигло 29, в то время как в ненарушенном состоянии в ценозе нитчатки отмечено только 17 (рис. 1). Вероятно, это произошло за счет смыва волнами организмов, населяющих песок, которые затем попали в плавающую над песком макрофиты. Изменения в видовом составе сопровождались резким уменьшением количественных показателей зоофитоса. Численность олигохет уменьшилась в 16,7, биомасса — в 9,4 раза. Численность и биомасса личинок хирономид уменьшилась соответственно в 5,4 и 1,5 раза. Численность беспозвоночных в целом уменьшилась в 11, а биомасса — в два раза. На этой стадии описываемого процесса на долю макробеспозвоночных, не свойственных нитчатке в естественном состоянии, приходилось 23 % численности и 32 % биомассы.

После выброса нитчатки на берег в составе зоофитоса происходили дальнейшие изменения. Появились личинки хирономид *Limnophyes gr. pusillus*, живущие непосредственно у уреза воды. Этот вид впервые обнаружен в оз. Лукомском и, вероятно, в Белоруссии вообще. Величины численности и биомассы беспозвоночных продолжали уменьшаться, а в их составе увеличилось количество организмов, не свойственных зоофитосу. Численность таких беспозвоночных уже составляла 38, а биомасса — 39 % общего количества животных (см. рис. 1). Из состава зоофитоса исчезли моллюски.

На второй день после шторма выброшенная на берег нитчатка оказалась засыпанной тонким слоем песка. Видовое разнообразие зоофитоса резко снизилось при дальнейшем увеличении роли организмов, не свойственных нитчатке в ненарушенном состоянии. Численность таких

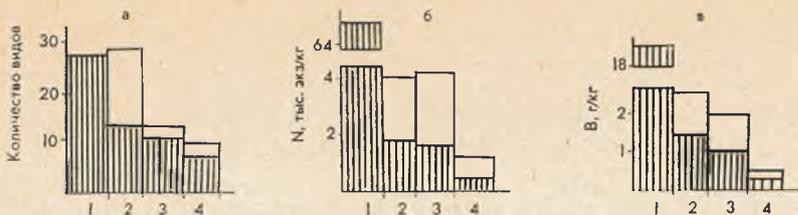


Рис. 2. Изменение видового состава (а), численности (б) и биомассы (в) зоофитоса урути в оз. Лукомском:

1 — ненарушенное состояние; 2 — на берегу в зоне заплеска; 3 — на берегу под тонким слоем песка на второй день после шторма; 4 — на четвертый день после шторма. Заштрихованными прямоугольниками обозначен зоофитос урути в ненарушенном состоянии

животных составляла 50, а биомасса — 83 % общего количества беспозвоночных. Увеличилась численность *L. gr. pusillus*. В составе зоофитоса перестали встречаться ручейники.

На четвертый день после шторма в макрофитах обнаружены только олигохеты, пиявка *Ergobdella octoculata* и хирономида *L. gr. pusillus*. Последние два вида не свойственны зоофитосу нитчатки в ненарушенном состоянии, кроме того, возможно, произошли изменения и в видовом составе олигохет.

На пятый день после шторма беспозвоночные в нитчатке отсутствовали.

Аналогичные изменения отмечены и в зоофитосе урути (рис. 2). Численность и биомасса ручейников в урути, выброшенной штормом на берег, через несколько часов после отрыва макрофитов от субстрата уменьшилась в 68,7 и в 8,9 раза, олигохет в 11,7 и в 7,5 раза, моллюсков в 27,1 и в 32,9 раза, личинок хирономид в 2,2 и в 4,4 раза. Общая численность и биомасса макробеспозвоночных уменьшилась соответственно в 16 и в 7 раз. Причем на долю организмов, не свойственных ценозу урути в ненарушенном состоянии, приходилось 55 % численности и 46 % биомассы. Общее количество видов несколько увеличилось за счет видов-иммигрантов и достигло 25, из которых только 12 видов входят в состав зоофитоса урути в естественном состоянии.

На второй день после шторма уруть, как и нитчатка, оказалась под тонким слоем песка на берегу озера. Численность макробеспозвоночных существенно не изменилась, а биомасса несколько уменьшилась. Резко снизилось видовое разнообразие животных. По численности и биомассе доминировали личинки хирономид *L. gr. pusillus*.

На четвертый день после шторма видовое разнообразие, численность и биомасса беспозвоночных резко снизились и достигли минимальных показателей (см. рис. 2). Еще более резко возросла роль *L. gr. pusillus*, на долю которой в это время приходилось 74 % общей численности макробеспозвоночных. Из состава зоофитоса исчезли моллюски.

На пятый день после шторма в выброшенной на берег урути макробеспозвоночные отсутствовали.

Таким образом, при отрыве макрофитов штормом от субстрата в составе зоофитоса происходят резкие изменения. Основная масса организмов покидает растения еще до выброса последних на берег. В оторванные от субстрата и плавающие у берега растения мигрирует большое количество беспозвоночных, отсутствующих в составе животного населения макрофитов в ненарушенном состоянии. В выброшенных на берег растениях некоторые гидробионты способны существовать до четырех суток.

#### Список литературы

1. Мордухай-Болтовской Ф. Д. — Труды Аз. Черн. НИРО, 1940, т. 12, № 2, с. 3.
2. Каратаев А. Ю. — В сб.: Итоги и перспективы гидробиологических исследований в Белоруссии. Минск, 1983, с. 98.

## ОХРАНЯЕМЫЕ РАСТЕНИЯ КРУПСКОГО РАЙОНА МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

На территории Минской области выявлено 58 видов из 85, занесенных в Красную книгу БССР. Тем не менее, в области имеются районы, флора которых исследована крайне слабо и неравномерно. Их территории представляют собой «белые пятна» на флористической карте республики. Это, в частности, Крупский район, расположенный на северо-восточной окраине области. В пятитомнике «Флора БССР» для Крупского района приводится всего 3 вида [1], некоторые единичные виды отмечены в ряде монографий [2—4]. Всего в литературных источниках указывается около 10 видов растений из числа занесенных в Красную книгу БССР. Отдельные из этих флористических находок сделаны еще в конце XIX — начале XX столетий. Нередко, к сожалению, отсутствуют подтверждающие гербарные материалы и конкретные указания мест произрастания растений.

Эти обстоятельства побудили нас провести детально-маршрутное изучение флоры района. В результате исследований определены видовой состав, распространение и дана краткая характеристика состояний популяций охраняемых видов растений, выявленных на территории исследуемого района.

1. **Арника горная** — *Agnica montana* L. Редкий горный европейский реликтовый вид. Спорадически распространен в светлохвойных лесах западных и центральных районов республики. Внесен в Красную книгу СССР. В Крупском районе нами выявлен в окрестностях д. Холопеничи, Дубровка, Язбы, Киевец, Заборье, Нача, Прошки, Выдрица, Бобр, Брище, Бабарика, Доучино, Красновка, Лисичино, Яновщина, Колодница. Чаще встречается в разреженных сосняках верескового, брусничного, мшистого и черничного типов леса. Наиболее крупные группы арники горной до 100—200 шт. приурочены к опушкам, полянам и вырубкам (окрестности д. Дубровка). Жизненность растений высокая, а состояние большинства популяций хорошее, однако некоторые нарушены из-за сбора растений и выпаса скота. Изучаемые популяции вида находятся вблизи северной границы ареала.

2. **Венерин башмачок** — *Surgipedium calceolus* L. Очень редкий исчезающий евразийский вид. Внесен в Красную книгу СССР. В Минской области известен в Мядельском (Голубые озера) и Борисовском (Березинский заповедник) районах, где произрастает в смешанных лесах [2]. Указывается для Крупского района в окрестностях д. Холопеничи [1], однако гербарными образцами это указание не подтверждено. Наши поиски *Surgipedium calceolus* L. не увенчались успехом. Возможно, на данной территории вид исчез.

3. **Пыльцеголовник красный** — *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. Крайне редкий европейский вид. В БССР спорадически встречается в хвойно-широколиственных лесах. Занесен в Красную книгу СССР. Для Минской области указывается в трех пунктах [2]. Нами этот вид обнаружен 12.07.84 в окрестностях д. Брище (Крупское лесничество, кв. 43) в березняке снытево-черничном и осиннике березово-снытево-черничном. Размеры фрагментов популяции от 3×5 до 6×8 м. Численность особей в них от 2—3 до 8 экз. Общее количество цветущих особей 14, вегетирующих — 17 шт. Растения размещаются чаще среди зарослей лещины на площади около 2 га. Рельеф местности ровный, почва — легкий суглинок. Древостой в основном состоит из осины и березы, а также примеси дуба и ели. Полнота его 0,4—0,5. Напочвенный покров разрежен, проективное покрытие около 50%. Состояние популяции пыльцеголовника красного нормальное, а цветущие особи обладают хорошей жизненностью.

4. **Баранец обыкновенный** — *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart. Реликтовый вид голарктического распространения. Изредка встречается в хвойных лесах республики. Нами обнаружена небольшая группа *Huperzia selago* L. в 1,5 км к югу от д. Прошики в сосняке чернично-мшистом (14.07.84). Жизненность растений высокая.

5. **Водосбор обыкновенный** — *Aguilegia vulgaris* L. Сравнительно редкий европейский вид. В БССР находится в пределах своего ареала. Произрастает по всей территории в лиственных и хвойных лесах. В Минской области указан для южных и центральных районов [2]. В окрестностях д. Брище 12.07.84 в березняке орляково-черничном выявлена популяция водосбора обыкновенного протяженностью около 100 м, где он произрастает небольшими группами и единичными экземплярами. Древесный полог создает неблагоприятные условия освещенности для нижних ярусов. В связи с этим большинство растений изучаемого вида вегетирует. В более освещенных местах единичные экземпляры цветут и плодоносят.

6. **Гладыш широколистный** — *Laserpitium latifolium* L. Реликтовый европейский горный вид. В БССР изредка встречается в хвойно-широколиственных лесах, приуроченных к ледниковым возвышенностям. В Крупском районе, по данным Б. К. Шишкина (1955), этот вид произрастает в окрестностях д. Холопеничи [1]. Нами он обнаружен еще в окрестностях д. Дубровка, Брище, Лисичино. Везде произрастает на склонах или вершинах гряд, на супесчаных и суглинистых почвах, в еловых, сосновых, березовых и осиновых формациях, в черничном, снытевом и орляковом типах леса. Наблюдается приуроченность его к достаточно освещенным местам: опушкам, полянам, где он обычно хорошо цветет и обильно плодоносит, а под сомкнутым пологом леса только вегетирует. Встречается как небольшими, так и более крупными группами, занимающими участки до 100 м в поперечнике, например, в окрестностях д. Дубровка и Брище. В исследуемом районе гладыш широколистный находится вблизи северо-восточной границы своего ареала.

7. **Дремлик темно-красный** — *Eriopactis atro-rubens* (Hoffm) Schult. Евро-сибирский исчезающий вид. В БССР изредка произрастает в хвойных и лиственных лесах. Для Минской области в Красной книге БССР указан только для окрестностей г. Минска [2]. Нами найден в окрестностях д. Прошики, Колодница и Дубровка в сосновых, еловых и осиновых формациях, в кисличном, снытевом, черничном и орляковом типах леса. Произрастает небольшими группами или единичными экземплярами на пологих склонах гряд, озерных террасах, тяготеет к опушкам, полянам, реже обитает под пологом леса. В наиболее благоприятных условиях достигает высоты 60—80 см, цветет и плодоносит.

8. **Касатик сибирский** — *Iris sibirica* L. Редкий евро-сибирский вид. В республике спорадически встречается на сырых лугах, опушках леса и окраинах болот. В Минской области указывается для юго-запада [2]. Нами отмечен в окрестностях д. Докучино, Лисичино и Дубровка на низинных лугах. Наиболее представительная популяция 140×160 м выявлена в 1,5 км к северу от д. Докучино в пологой ложине, заросшей по краям мелколесьем. Растения касатика сибирского отличаются обилием и жизненностью. Цветущих особей в среднем 8 шт/м<sup>2</sup>, максимально — 22, вегетирующих соответственно 12 и 56 шт/м<sup>2</sup>. Изучаемый вид произрастает совместно со шпажником черепитчатым. Границы их популяций совпадают почти полностью.

9. **Колокольчик персиколистный** — *Campanula persicifolia* L. Европейский вид, у которого сокращаются размеры и количество популяций. В БССР произрастает в лесах, на полянах, реже на лугах. В исследуемом районе встречается чаще других охраняемых видов. Нами отмечен в окрестностях пос. Крупский, д. Барсуки, Холопеничи, Обчуга, Язбы, Киевец, Заборье, Колодница, Малиновка, Прошики, Докучино, Выдрица, Нача, Брище, Худовец, Бобр, Дубровка, Красновка, Гута, Костеничи, Ухвала, Яновщина и др. Растет в основном в сосняках, реже в ельни-

ках и производных от них мелколиственных формациях, в черничном, орляковом, мшистом, снытевом и кисличном типах леса. Почти повсеместно обладает хорошей жизнеспособностью.

10. **Лилия царские кудри** — *Lilium martagon* L. Редкий евро-сибирский вид. Обитает малыми группами в лесах на юге и центральных районах БССР. В Минской области восточнее р. Березины неизвестен [2]. Нами выявлен в окрестностях д. Брище и Лисичино. Несомненный интерес представляет популяция в окрестностях д. Брище, где на пологой гряде на протяжении 1,5 км насчитывается до 200 особей, из них более 70 цветущих. Приурочена к ельникам, соснякам, осинникам, березнякам кисличного, снытевого, орлякового и черничного типов леса. Вероятно, это одна из периферийных популяций. Расположена вблизи северной границы ареала. При благоприятном освещении растения обильно цветут и достигают высоты 70—90 см.

11. **Линнея северная** — *Linnaea borealis* L. Голарктический бореальный вид. Спорадически произрастает в хвойных лесах на севере и в центре Белоруссии. В литературе имеются сведения о нахождении его в Крупском районе [3], однако эти указания не подтверждаются гербарными образцами. Нами линнея северная не найдена, вероятно, этот вид просматривается.

12. **Любка двулистная** — *Platanthera bifolia* (L.) Rich. Евро-сибирский вид, встречающийся в лесах, по опушкам и на лугах по всей территории республики. Нами отмечен в окрестностях д. Бобр, Барсуки, Брище, Бабарика, Ухвала, Докучино, Дубровка, Красновка, Колодница, Малиновка, Нача, Обчуга, Холопеничи, Худовец и др. Чаще приурочена к соснякам, березнякам черничного, мшистого, брусничного, снытевого типов леса, а на лугах — злаково-разнотравным фитоценозам. Произрастает единичными экземплярами и небольшими группами.

13. **Наперстянка крупноцветковая** — *Digitalis grandiflora* Mill. Евро-сибирский вид спорадически отмечается в хвойно-широколиственных лесах Белоруссии. Обнаружен в окрестностях д. Обчуга, Брище, Холопеничи, Лисичино, Дубровка, Колодница, где произрастает в сосновых, еловых, березовых лесах на склонах гряд в разреженных древостоях, на опушках, полянах, зарослях кустарников и на вырубках. Тяготеет обычно к черничному, орляковому, мшистому, реже снытевому и вересковому типам леса. В окрестностях д. Дубровка размер популяции достигает 50 м, а число особей 86 шт., д. Обчуга — соответственно 120 м и 47 шт., д. Брище — 150 м и 82 шт., д. Колодница — 200 м и 117 шт. Более половины особей цветет и плодоносит, некоторые из них имеют размеры 65—85 см.

14. **Первоцвет весенний** — *Primula veris* L. Европейский вид; в БССР проходит восточная граница ареала. Наиболее обилен в западных районах республики, где обитает на суходольных лугах, реже в смешанных лесах, образуя группы и даже заросли. В окрестностях д. Брище выявлена нами единственная популяция размером 20×30 м в осиннике березово-снытево-черничном (12.07.84), где насчитывается не более 100 экземпляров первоцвета весеннего. Растения нормально цветут и плодоносят. Эта популяция, вероятно, расположена за пределами сплошного ареала вида.

15. **Перелеска благородная** — *Hepatica nobilis* Mill. Европейский вид, произрастающий в хвойно-широколиственных лесах республики, кроме юго-востока [2]. Обнаружен в окрестностях г. п. Крупки, пос. Крупский, д. Бобр, Брище, Докучино, Дубровка, Выдрица, Колодница, Барсуки, Ухвала, Обчуга, Прошки, Яновщина и других, где приурочен к ельникам, соснякам, березнякам и осинникам в черничном, кисличном, мшистом, снытевом, крапивном и кочедыжниковом типах леса. Нередко образует крупные группы.

16. **Прострел широколистный** — *Pulsatilla latifolia* Rupr. Европейский вид, встречается повсеместно в хвойных и мелколиственных лесах республики. Нами отмечен в окрестностях г. п. Крупки, д. Выдрица, Кие-

вещ, Бобр, Барсуки, Лисичино, Костеничи, Нача, Докучино, Брище, Колодница и др. Везде произрастает как небольшими группами, так и единичными экземплярами в сосняках и березняках верескового, брусничного, орлякового и мшистого типов леса. Страдает от сбора на букеты.

17. **Чина гладкая** — *Lathyrus laevigatus* (Waldst. et Kit) Gren. Горный европейский реликтовый вид. Изредка встречается во влажных лесах на возвышенностях западных и центральных районов республики [2]. Найден в окрестностях пос. Крупский, д. Брище, Обчуга, Костеничи, Холопеничи, Дубровка. Везде приурочен к склонам холмов, гряд или речных террас, к плодородным, нормального увлажнения суглинистым или супесчаным почвам. Растет под пологом еловых, черноольховых и осиновых насаждений, в кисличном, снытевом и черничном типах леса. Несмотря на то, что вид обитает здесь на северо-восточной границе ареала, популяции его достигают 1—2 км в поперечнике (окрестности д. Обчуга, Костеничи). Повсеместно состояние популяций хорошее, жизнеспособность цветущих растений высокая. В оптимальных условиях на 1 м<sup>2</sup> насчитывается до 3—4 плодоносящих экземпляров.

18. **Шпажник черепитчатый** — *Gladiolus imbricatus* L. Редкий европейский вид. Спорадически встречающийся единично или небольшими группами по всей республике на лугах, в лесах и на полянах [2]). По данным Б. А. Федченко (1949), произрастает в окрестностях д. Холопеничи [1]. Нами обнаружен в окрестностях д. Гута, Играшки, Брище, Обчуга, Малиновка, Барсуки, Лисичино, Яновщина, Дубровка, Худовец, Докучино. Растет преимущественно на низинных лугах, опушках и лесных полянах, реже под пологом леса. Раньше шпажник черепитчатый, вероятно, был обычным видом для этих мест. Сейчас встречается в основном в лощинах, поросших кустарником и мелколесьем. Валуны, свезенные с полей, надежно охраняют от хозяйственного освоения эти «резерваты». Таким образом, в районе сохранились реликтовые участки лугов, которые еще ни разу не распахивались. В подобных условиях выявлены сравнительно крупные популяции: в окрестностях д. Гута около 4 га (140×290 м) и д. Докучино — 2 га (145×160 м). На 1 м<sup>2</sup> приходится в среднем 8 цветущих и 10—12 вегетирующих растений, а максимально — более 20 цветущих и около 35 вегетирующих. Жизнеспособность цветущих особей высокая.

Итак, в Крупском районе отмечено 18 охраняемых видов, из которых 3 занесены в Красную книгу СССР. Всего выявлено около 130 мест произрастаний растений, подлежащих охране.

Редкие и исчезающие виды растений неравномерно размещаются по территории района. Больше всего их в центре и на севере района, где рельеф местности определяется сглаженными моренными возвышенностями и участками озерно-ледниковых равнин. К северу от ж. д. Москва — Минск преобладают зандровые ландшафты с однообразным равнинным рельефом, бедными песчаными почвами, обширными массивами болот и сосновых лесов. Здесь отмечены единичные виды охраняемых растений.

На севере района, в окрестностях д. Дубровка, Обчуга, Прошки, Костеничи, Лисичино выявлены комплексы, включающие от 5 до 8 охраняемых видов, а в центре района — до 12 видов (окрестности д. Брище).

Обнаружено редкое явление совместного произрастания касатика сибирского и шпажника черепитчатого на площади 2 га в окрестностях д. Докучино и очень крупная популяция до 4 га шпажника в окрестностях д. Гута.

В Крупском районе на северной и северо-восточной границах ареала произрастают 5 видов охраняемых растений. Это арника горная, гладыш широколистный, лилия царские кудри, первоцвет весенний, чина гладкая.

Современная хозяйственная, техногенная и рекреационная деятель-

ность человека не одинаково отразилась на состоянии популяций охраняемых видов. Достаточно хорошо сохранились популяции чины гладкой, гладыша широколистного, баранца обыкновенного. Заметно угнетены отдельные популяции арники горной, наперстянки крупноцветковой, дремлика темно-красного и других видов. Из-за сбора растений на букеты местами сильно нарушены популяции шпажника черепитчатого, лилии царские кудри и др. Серьезное беспокойство возникает за судьбу таких видов, как башмачок обыкновенный, пыльцеголовник красный, а также локальных популяций первоцвета весеннего и водосбора обыкновенного.

Сплошная вырубка лесов, осушение болот, строительство дорог, распашка лугов, сбор лекарственных и декоративных растений, высокие рекреационные и пастбищные нагрузки на растительность приводят к ее дигрессии, сокращению и гибели особей редких видов и целых популяций.

Назрела срочная необходимость создания в Крупском районе серии специализированных ботанических заказников с целью сохранения исчезающих видов. Результаты наших исследований помогут в решении этого вопроса. Материалы редких и исчезающих видов будут переданы природоохранным учреждениям, которые поручат землепользователям охрану ботанических объектов.

Гербарные материалы по флоре Крупского района хранятся в гербарии Белгосуниверситета имени В. И. Ленина.

#### Список литературы

1. Флора БССР / Под ред. Б. К. Шишкина.— Минск, 1949—1959, т. I—V.
2. Красная книга Белорусской ССР: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений / Под ред. А. В. Козлова и др.— Минск, 1981.
3. Бибииков Ю. А., Блажевич Р. Ю., Вынаев Г. В. и др. Охраняемые растения Белоруссии.— Минск, 1983.
4. Козловская Н. В., Парфенов В. И. Хорология флоры Белоруссии.— Минск, 1972.

УДК 594.1(285.2)(476)

П. А. МИТРАХОВИЧ, А. Ю. КАРАТАЕВ

#### РОЛЬ ЛИЧИНОК *Dreissena polymorpha* Pallas В ЗООПЛАНКТОНЕ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЛУКОМЛЬСКОЙ ТЭС

Оз. Лукомское (площадь 36,7 км<sup>2</sup>, средняя глубина 6,7 м, объем 243 млн. м<sup>3</sup>) с 1969 г. служит водоемом-охладителем тепловой электростанции мощностью 2,4 Мвт. В конце шестидесятых годов в озеро вселился моллюск дрейссена, который доминирует в настоящее время в макрозообентосе озера [1, 2], а его личинки являются существенным компонентом летнего зоопланктона [3, 4].

#### Материал и методика

Исследования проводили на двух постоянных станциях, расположенных в пелагиали озера на глубине 8 м. Одна из станций находилась в зоне подогрева, вторая — в зоне с естественным температурным режимом. Среднегодовой подогрев воды — 2,8—3,6 °С. Пробы отбирали с конца мая до конца ноября в 1978—1980 гг. и в 1983 г. с интервалом 7—15 дней с горизонтов: поверхность; 2; 4; 6 и 7,5 м 10-литровым планктоночерпачком Вовка в модификации Щербакова. Кроме того, для сбора качественных проб на каждой станции по несколько раз вертикально протягивали цепелиновую сеть. На орудиях лова использовали шелковое сито № 70. Пробы фиксировали 4 %-ным раствором

формалина. Для определения численности зоопланктона пробы полностью просчитывали под биноклем в камере Богорова.

Для расчета биомассы зоопланктона определяли среднюю длину тела в популяциях веслоногих ракообразных отдельно для взрослых особей, копепоидов и науплиусов. Индивидуальную массу животных измеряли по формуле связи массы и размеров тела [5] с использованием коэффициентов  $a$  и  $b$  для планктонных ракообразных [6] и коловраток ( $b=3$  [7]). Индивидуальную массу науплиусов [8] и велигеров дрейссены определяли экстраполяцией данных, полученных методом пластилиновых моделей [9].

Всего обработано около 400 количественных и качественных проб зоопланктона.

Для ориентировочной оценки роли велигеров в продукции зоопланктонного сообщества использовали суточный коэффициент  $P/B=0,26$ , полученный А. Хилбрихт-Илковской и А. Станчиковской [10] для личинок дрейссены Мазурских озер (ПНР).

### Результаты и их обсуждение

Зоопланктон оз. Лукомского представлен 70 видами, характерными для водоемов эвтрофного и мезотрофного типов, в том числе ветвистых рачков — 33, веслоногих — 10 и коловраток — 27 видов. Состав, частота встречаемости и сезонная динамика зоопланктона в подогреваемой и контрольной зонах водоема-охладителя существенно не различаются.

Характерной чертой сезонной динамики зоопланктона обеих температурных зон озера за период исследований является одновременное наступление весенне-летнего подъема и летне-осеннего спада численности и биомассы. Период депрессии наступает через 12—15 дней после подъема температуры воды в водоеме-охладителе до максимальной за сезон.

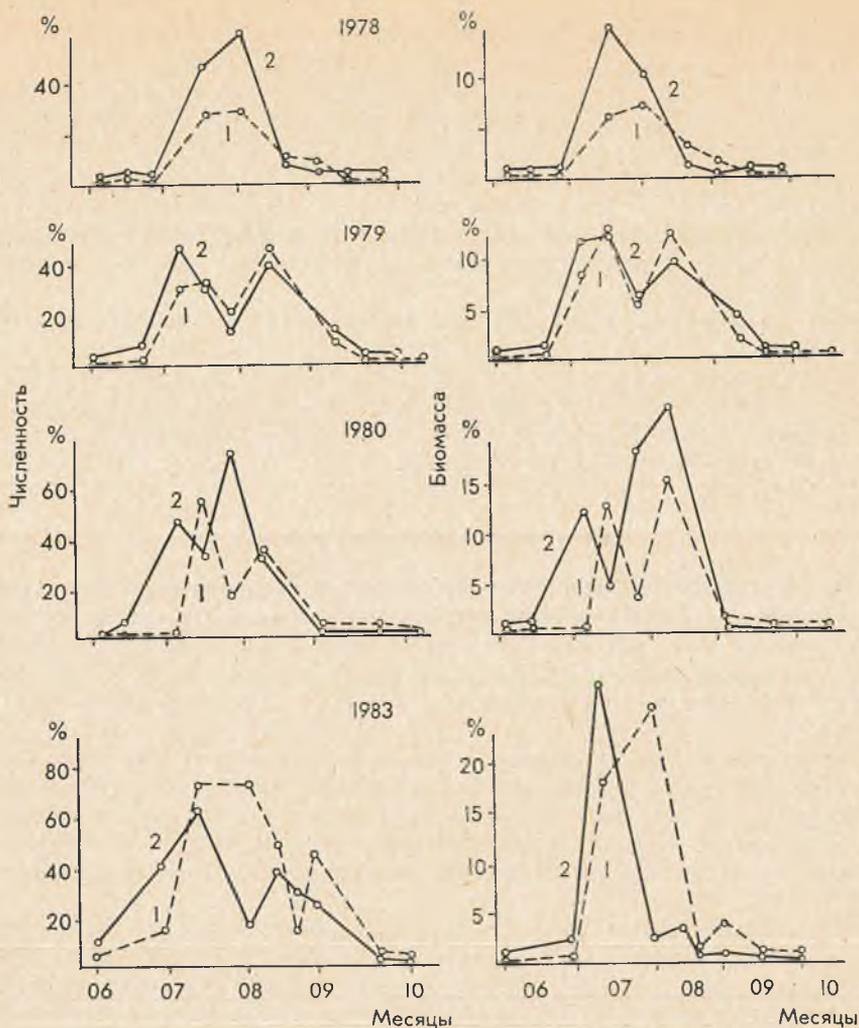
В целом для озера по двум температурным зонам особенно низкие величины численности и биомассы зоопланктона отмечены в 1980 г.: 30—76 тыс. экз/м<sup>3</sup> и 177—540 мг/м<sup>3</sup> (без учета личинок дрейссены). Среднегодовые величины численности в среднем за период исследований в контрольной зоне выше на 54, биомассы на 56 %, чем в подогреваемой.

Особую роль в летнем зоопланктоне водоема-охладителя играют личинки дрейссены.

В сезонном изменении доли велигеров в планктоне можно выделить три стадии. В первые 10—20 дней после появления роль велигеров в зоопланктонном сообществе незначительна (см. рисунок). Затем наступает вторая стадия с конца июня до второй половины августа, во время которой доля личинок дрейссены в численности зоопланктона озера чрезвычайно велика. В это время велигеры безраздельно господствуют в зоопланктоне оз. Лукомского, достигая порой 70 % суммарной численности этого сообщества. В конце августа — начале сентября наступает третья стадия, в ходе которой количество велигеров обычно уже не превышает 1 % общей численности зоопланктона (см. рисунок).

Роль личинок дрейссены в биомассе зоопланктонного сообщества менее значима, но все же в июле — августе биомасса велигеров часто превышает 10 % суммарной биомассы зоопланктона (см. рисунок). Максимальная доля велигеров в биомассе зоопланктона отмечена в середине июля 1983 г.: в подогреваемой зоне водоема-охладителя 18, в контрольной — 28 % суммарной биомассы зоопланктона.

Размножение дрейссены в оз. Лукомском, как отмечалось нами ранее [4], происходит только в течение трех летних месяцев, а личинки моллюсков, находящиеся в планктоне в сентябре — ноябре, — это организмы, отродившиеся летом, развитие которых в связи с осенним понижением температуры воды затормозилось. Количество таких велигеров



Доля велигеров дрейссены (%) в сезонных изменениях численности и биомассы зоопланктона в подогреваемой (1) и контрольной (2) зонах оз. Лукомского

крайне мало. Исходя из этого среднесезонные величины численности зоопланктона анализируются за три летних месяца.

Максимальные среднелетние величины численности и биомассы велигеров и остального зоопланктона отмечены в 1983 г. В это время доля велигеров в общей численности зоопланктона составляла 37,1—39,3 %. Можно отметить, что на протяжении всего изученного периода велигеры по численности занимают первое место в зоопланктоне оз. Лукомского. Роль личинок дрейссены в биомассе зоопланктонного сообщества менее значима, что обусловлено меньшими по сравнению с большинством организмов зоопланктона размерами велигеров. В подогреваемой зоне водоема-охладителя личинки дрейссены по биомассе составляют 3,2—5,8 %, в контрольной — 2,5—12,3 % общей биомассы зоопланктона.

В 1980 г. продукция велигеров достигла в подогреваемой зоне 359, в контрольной — 1100 мг/м<sup>3</sup>. В этом же году продукция доминирующей в планктоне оз. Лукомского популяции *Eudiaptomus graciloides* Lill равнялась 598 и 407 мг/м<sup>3</sup> в подогреваемой и контрольной зонах соответственно [4]. В среднем за исследованный период доля личинок дрейссены составляла 6—25% общей продукции зоопланктона.

Таким образом, очевидно, что личинки дрейссены играют заметную

роль в летнем зоопланктоне водоемов с интенсивным развитием этого моллюска. Велигеров необходимо учитывать как один из важных компонентов зоопланктонного сообщества при проведении планктонологических исследований.

### Список литературы

1. Ляхнович В. П., Каратаев А. Ю., Митрахович П. А. — Биол. внутр. вод: Информ. бюл. Борок, 1983, № 60, с. 25.
2. Каратаев А. Ю. — В сб.: Вид и его продуктивность в ареале. Беспозвоночные. Свердловск, 1984, ч. IV, с. 56.
3. Каратаев А. Ю. — Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1981, № 3, с. 54.
4. Ляхнович В. П., Митрахович П. А., Каратаев А. Ю. — В сб.: Проблемы экологии Прибайкалья. III. Мониторинг сообществ водных животных. Иркутск, 1982, с. 18.
5. Винберг Г. Г. — В сб.: Методы определения продукции водных животных. Минск, 1968, с. 45.
6. Балущкина Е. В., Винберг Г. Г. — В сб.: Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л., 1979, с. 58.
7. Балущкина Е. В., Винберг Г. Г. — В сб.: Общие основы изучения водных экосистем. Л., 1979, с. 169.
8. Митрахович П. А. — Биол. внутр. вод: Информ. бюл. Борок, 1984, № 61, с. 52.
9. Киселев А. И. — В сб.: Жизнь пресных вод СССР. М.—Л., 1956, т. 4, с. 184.
10. Hillbricht-Ilkowska A. and Stanczykowska A. — Polish. Archives of Hydrobiology, 1969, v. 16 (29). N 2, p. 193.

УДК 582.282.11

А. И. СТЕФАНОВИЧ

### ГРИБЫ СЕМЕЙСТВА Erysiphaceae, ПАЗАРИТИРУЮЩИЕ НА ЦВЕТОЧНО-ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЯХ

Велика роль зеленых насаждений в городах, крупных промышленных центрах. Парки и скверы, уличные посадки цветочно-декоративных растений не только являются объектами эстетического восприятия, но и очищают воздух от токсических веществ, поглощают в летний период до 50 % пыли. Условия же произрастания цветочно-декоративных растений в городской черте, на территории и в окрестностях промышленных предприятий неблагоприятные: почвы здесь обычно бедные, значительно уплотненные и засоренные строительными и другими отходами, более высокая температура воздуха и почвы, ниже их влажность, меньше проникает через атмосферу ультрафиолетовых лучей, отрицательное влияние на растения оказывают и другие факторы окружающей среды.

В таких неблагоприятных условиях на растениях чаще и обильнее поселяются грибы и другие патогенные организмы, вызывающие различные заболевания, что приводит к снижению декоративных качеств растений, угнетению их роста и развития и нередко к преждевременной гибели.

В последние годы на интродуцированных цветочно-декоративных растениях широкое распространение получили мучнисторосяные грибы [1—3], которые способны в течение короткого отрезка времени охватить значительные площади.

Большой вклад в изучение фитопатогенных грибов, в том числе и мучнисторосяных, паразитирующих на растениях городских зеленых насаждений Белоруссии, внесла С. В. Горленко [4, 5].

Наши наблюдения и исследования мучнисторосяных грибов на цветочно-декоративных растениях ведутся с 1964 г. Более тщательно, причем ежегодно, обследовались зеленые насаждения г. Минска и Минской области.

## Видовой состав и морфометрические показатели грибов семейства Erysiphaceae, выявленных на цветочно-декоративных растениях

Семейство и вид питающего растения	Вид гриба	Размер конидий, мкм	Диаметр клейстотеция, мкм	Размер асков, мкм	Размер аскоспор, мкм	Первое местонахождение гриба
<b>Сем. Ranunculaceae</b> Aconitum stoerkianum Rchb. Aquilegia vulgaris L.	Erysiphe ranunculi Grev. E. aquilegiae (D. C.) Mèrat		102	47,3×40		г. Столбцы, 23.07.75. д. Николаевщина Столбцовского р-на, 24.07.75.
<b>Сем. Berberidaceae</b> Berberis vulgaris L.	Microsphaera berberidis (D. C.) Lév.		125	51,6×38,4	17,5×8,5	г. Минск, 09.83.
<b>Сем. Violaceae</b> Viola tricolor L.	E. cicharacearum (D. C.) Mèrat. (-E. polyphaga Hammarlund)					г. Минск, 15.06.77.
<b>Сем. Begoniaceae</b> Begonia tuberosa Voss.	Oidium begoniae Putt.	30,1—35×16,5—20,3				г. Минск, 03.11.78.
<b>Сем. Cruciferae</b> Hesperis tristis L.	O. sp.	31—46,6×13,5—19,2				г. Минск, ЦБС АН БССР, 09.78.
H. matronalis L.	O. sp.	30,4—41×14,6—16,9				г. Минск, ЦБС АН БССР, 09.78.
<b>Сем. Rosaceae</b> Rosa sp.	Sphaerotheca pannosa (Wallr. ex Fr.) Lév.					г. Минск, 08.75.
Malus domestica Borkh.	Podospaera leucotricha (Ell. et Ev.) Salm.	24—33,2×10,2—14,3	68—90	58—61×48—49	13—14×12	г. Минск, 08.75.
Crataegus sp.	O. sp.	22—27×10,2—13,5				г. Минск, 08.77.
Padus racemosa (Lam.) Gilib.	P. clandenstina (Wallr. ex Fr.) Lév. (P. oxyacanthae (D. C.) dBy)		85—92	60×60	15—20×10—12	г. Минск, 08.10.72.

<b>Сем. Fabaceae</b>						
<i>Robinia pseudo-acacia</i> L.	<i>E. martii</i> Lév.	34×15,1	100—200	48—77×20—40	14—18×8—16	г. Минск, ЦБС АН БССР, 08.10.72.
<i>Caragana arborescens</i> Lam.	<i>M. palczewskii</i> Jacz.		100—125	60—70×35	20—22×10—12	г. Минск, 09.75.
<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl.	<i>E. martii</i> Lév.					г. Минск, 09.65.
<b>Сем. Onagraceae (Oenotheraceae)</b>						
<i>Fuchsia</i> sp.	Вид не установлен					г. Минск, кинотеатр «Москва», 01.82.
<b>Сем. Oleaceae</b>						
<i>Syringa vulgaris</i> L.	<i>O.</i> sp.	24×10				г. Минск, 09.66.
<b>Сем. Caprifoliaceae</b>						
<i>Lonicera tatarica</i> L.	<i>M. loniceræ</i> (D. C.) ex Saint-Amans) Wint.		76—110	45—51×34—38	17—24×8,5—12	г. Минск, 11.10.71.
<b>Сем. Polemoniaceae</b>						
<i>Phlox paniculata</i> L.	<i>E. cichoracearum</i> (D. C.) Mérat.		92—152	54—71×24—25	17—25×12—13	г. Минск, 17.10.72.
<b>Сем. Boraginaceae</b>						
<i>Myosotis alpestris</i> Schmidt.	<i>O.</i> sp.					г. Несвиж, парк, 04.07.76.
<b>Сем. Bignoniaceae</b>						
<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	<i>O. bignoniae</i> Jacz.	29×17				г. Минск, ЦБС АН БССР, 09.66.
<b>Сем. Gesneriaceae</b>						
<i>Saintpaula jonantha</i> Wendl.	<i>O. saintpaulia</i> Gorl.	29×16				г. Минск, 16.06.75.
<b>Сем. Asteraceae</b>						
<i>Calendula officinalis</i> L.	<i>S. fuliginea</i> (Schlecht. ex Er.) Poll.		85—121,8	64,8×54,2	17×14	г. Березино, 07.66.
<i>Solidago canadensis</i> L.	<i>O.</i> sp.	27—35×13,5—17,1				г. Минск, ЦБС АН БССР, 07.08.75.
<i>Rudbeckia laciniata</i> L.	<i>O.</i> sp.	25,3—30,4×15,2—18				г. Минск, 07.78.
<i>Zinnia elegans</i> L.	<i>O.</i> sp.	28,3—29,6×11,8—15				г. Минск, 07.78.
<i>Bellis perennis</i> L.	<i>O.</i> sp.	27,1—33,4×13,4—15,6				г. Минск, 08.78.
<i>Dachlia variabilis</i> L.	<i>O. erysiphoides</i>	25,3—33,8×14,2—20,2				г. Минск, 08.78.
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	<i>S. fuliginea</i> (Schlecht. ex Fr.) Poll.					д. Хочи, Пуховичского р-на, 08.78.
<i>Aster novi-belgii</i> L.	<i>O.</i> sp.		56—94	67—68×54—55	13,5×13,5	д. Хочи, Пуховичского р-на, 01.09.65.
<i>Chrysanthemum</i> sp.	<i>O. chrysanthemi</i> Rab.	37×20				г. Минск, закрытый грунт, 09.65.

На цветочно-декоративных растениях нами выявлено 16 видов мучнисторосяных грибов, относящихся к родам *Erysiphe*, *Sphaerotheca*, *Microsphaera*, *Podospaera* и *Oidium*. (см. таблицу). Род *Erysiphe* включал 4 вида, *Microsphaera* — 3, *Sphaerotheca* и *Podospaera* — по 2, *Oidium* — 5 видов. Широко распространенными патогенами, которые интенсивно поражали растения, оказались: *Erysiphe cichoracearum* на *Phlox paniculata*, *E. communis* на *Lupinus polyphyllus*, *Sphaerotheca pannosa* на видах *Rosa*, *S. fuliginea* на *Calendula officinalis*, *Microsphaera lonicerae* на *Lonicera tatarica*, *M. palczewskii* на *Caragana arborescens*, представители конидиальной стадии (*Oidium*) на *Solidago canadensis*, *Aster povi-belgii*, а также на видах рода *Chrysanthemum*. В последние годы интенсивный белый налет мучнистой росы, причем только в конидиальной стадии, ежегодно к концу вегетационного периода проявляется на листьях и стеблях *Rudbeckia laciniata*. Интересно отметить, что на 15 видах питающих растений из 31, т. е. почти на половине, мучнисторосяные грибы развивались только в конидиальной стадии, причем эта стадия выявлена чуть ли не на всех обследованных растениях из семейства *Asteraceae*.

Относительно редко мучнисторосяные грибы паразитировали на *Syringa vulgaris*, *Zinnia elegans*, *Bellis perennis*. К редким представителям мучнисторосяных грибов для условий Белоруссии следует отнести *S. fuliginea* (*S. xanthii*) на *Cosmos bipinnatus*, обнаруженный нами только один раз в августе 1978 г. в д. Хочин Пуховичского района Минской области. Гриб обильно развивался на листьях и стеблях клейстотеции с асками и аскоспорами.

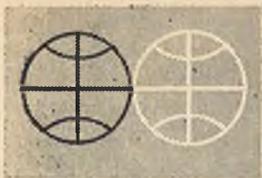
В комнатных условиях мучнистая роса (конидиальная стадия) изредка отмечалась на узумбарской фиалке и единственный раз (в январе 1982 г.) в фойе кинотеатра «Москва» на листьях и стеблях фуксии. На пораженных органах фуксии, кроме белого налета мицелия, хорошо просматривались невооруженным глазом сравнительно крупные клейстотеции.

Мучнисторосяные грибы отмечены нами на 31 виде высших растений, относящихся к 15 семействам. По количеству питающих растений доминировало семейство *Asteraceae* (10 видов). Семейство *Rosaceae* включало 4, *Fabaceae* — 3 вида. Из остальных семейств выявлено только по 1—2 представителя; 10 видов питающих растений относятся к древесно-кустарниковым породам; 21 вид представлен травянистыми формами.

Массовое и ежегодное развитие мучнисторосяных грибов на цветочно-декоративных растениях можно, вероятно, объяснить таким образом. Среди цветочно-декоративных растений резко преобладают интродуценты, которые в новых условиях произрастания заметно теряют устойчивость к заболеваниям. Вследствие этого мучнисторосяные грибы, обильно паразитирующие в основном на видах местной флоры, переходят затем на интродуценты. Причем большое влияние на степень агрессивности мучнисторосяных грибов по отношению к цветочно-декоративным растениям оказывают и условия окружающей среды. При благоприятных условиях развития мучнисторосяные грибы могут перейти на такие виды растений, на которых они обычно не паразитировали, важную роль в этом случае может сыграть степень устойчивости питающего растения к патогену.

### Список литературы

1. Горленко М. В. Мучнисторосяные грибы Московской области. (Семейство *Erysiphaceae*).— М., 1983.
2. Гришина Ю. Н.— Микология и фитопатология, 1974, т. 8, № 6, с. 519.
3. Мисько Л. А.— Бюл. ГБС АН СССР, 1979, вып. 112, с. 67.
4. Горленко С. В. Определитель болезней цветочно-декоративных растений.— Минск, 1969.
5. Горленко С. В. Формирование микофлоры интродуцированных растений: Автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра биол. наук.— Минск, 1974.



УДК 631.432 : 634.0.11.(476.2)

А. В. ГОРЮНОВА, П. А. КОВРИГО

## ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ДУБОВЫХ И СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ПОЛЕСЬЯ

Формирование уровня режима и баланса грунтовых вод Полесья, ход изменения их во времени определяются своеобразной тектонической структурой этого района в сочетании с гидрологическим строением, рельефом и климатом. На химический состав и общую минерализацию грунтовых вод влияют флювиогляциальные, нерасчлененные делювиально-аллювиальные, древнеаллювиальные и палеозойские отложения. В условиях Полесья грунтовые воды, их качественная и количественная характеристика, динамика уровня, степень проточности являются определяющим фактором генезиса и плодородия почв и, следовательно, продуктивности и структуры фитоценозов. Увлажнение жесткими проточными водами с периодической (летней) восходящей миграцией химических элементов способствует проявлению под широколиственными лесами надпойменных террас солончаковых и дерновых процессов почвообразования и создает благоприятные условия для развития на сформированных таким образом дерновых насыщенных и дерновых оподзоленных с карбонатным иллювиальным горизонтом полугидроморфных почвах высокобонитетных снытевых дубрав (I бонитет). В плоских (блюдецобразных) бессточных понижениях вероятность разгрузки подземных вод уменьшается и возрастает участие атмосферных осадков, опресняющее действие которых приводит к более слабой минерализации грунтовых вод, что наряду с их застойным характером определяет произрастание на дерновых оподзоленных полугидроморфных почвах луговиковых дубрав низкой продуктивности (III бонитет). Высокая продуктивность папоротниковых и волосистоосоковых дубрав (II бонитет), развитых на дерновых выщелоченных полугидроморфных почвах, обусловлена неглубоким залеганием от поверхности мягких (и очень мягких) проточных вод, постоянно приносящих со стороны растворенные питательные вещества и известь. Слабопроточные грунтовые воды самых низкобонитетных дубрав — черничных и орляковых — выделяются низкими значениями рН, самым незначительным содержанием кальция и магния (табл. 1, 2).

Наши наблюдения показали, что типологическое разнообразие дубрав Полесья в значительной степени зависит от содержания в грунтовых водах ионов кальция и магния, бикарбонатов, обусловленного выходом напорных вод сильной и средней минерализации или привносом их извне. Коэффициент корреляции бонитетов с общей жесткостью грунтовых вод достаточно высок — 0,82 (с содержанием  $\text{Ca}^{++}$  — 0,81), зависимость высоты дубрав от уровня залегания грунтовых вод значительно меньшая ( $r = -0,52$ ). Кислотность грунтовых вод надпойменных террас Припяти несколько выше или примерно равна кислотности почвенного профиля и отражает в общих чертах протекающие в почвах процессы

Таблица 1

Характеристика почвенно-грунтовых вод  
в разных типах грабовых дубрав

Типы дубрав	Уровень почвенно-грунтовых вод, см	Высота капиллярной каймы, см	pH	Общая жесткость, мг-экв/л	Железо общее, мг/л
Снытевая	114—137	51	7,30	7,65	0,29
Папоротниковая	100—118	22	5,77	1,04	1,31
Кисличная	198—208	95	5,60	2,90	—
Луговиковая	125—168	60	6,72	2,32	0,60
Волосистоосоковая	83—117	21	5,62	1,32	0,91
Черничная	117—125	47	5,87	0,96	—
Орляковая	167—181	83	4,51	0,38	0,57

Таблица 2

Характеристика почвенно-грунтовых вод  
в разных типах грабовых дубрав

Типы дубрав	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	мг/л				
Снытевая	136,8	9,7	8,8	431,4	0,50
Папоротниковая	16,8	2,4	5,0	9,0	2,79
Кисличная	52,0	3,6	6,5	10,7	3,95
Луговиковая	39,2	4,3	8,5	44,4	0,72
Волосистоосоковая	12,7	8,2	8,4	11,1	0,93
Черничная	11,2	4,8	4,1	10,5	0,18
Орляковая	2,4	3,1	6,7	17,1	0,22

почвообразования. Содержание NO<sub>3</sub> в водах высокобонитетных дубрав (папоротниковых, волосистоосоковых, кисличных) может быть значительным и обусловлено наличием органического вещества, содержание которого зависит от направления (восходящей или нисходящей) миграции органо-минеральных соединений и элементов. Связи содержания NO<sub>3</sub> в водах с бонитетами насаждений не обнаружено ( $r = +0,47$ ). Содержание K<sup>+</sup> в грунтовых водах невысокое и зависит от степени выноса из почвенного профиля.

При характеристике условий местопроизрастания грабовых дубрав следует учитывать также запасы влаги в метровой толще, обусловленные неоднородностью строения почвенного профиля и поэтому имеющие более тесную связь с бонитетами, чем уровень залегания грунтовых вод —  $r = +0,73$ . Почвы снытевых и луговиковых дубрав, развивающиеся на трехчленной почвообразующей породе (супесь — суглинок — песок), обладают застойным характером увлажнения весной и осенью и лучшей водоудерживающей способностью летом. Такие почвы в августе имели запасы влаги 148,6—271,6 мм (при уровне залегания грунтовых вод 114—168 см), в мае грунтовые воды были на поверхности. В почвах дерновых выщелоченных и дерново-подзолистых полугидроморфных (глеевых) с уровнем залегания грунтовых вод 100—125 см под дубравами волосистоосоковыми, черничными, папоротниковыми запасы влаги составляют 159,6—242,0 мм в августе и 150,1—352,4 мм в мае. Наименьшие запасы влаги (34,0—89,1 мм в августе, 125,4 мм в мае) присущи

Таблица 3

Химический состав почвенно-грунтовых вод  
в разных типах пойменных дубрав

Типы дубрав	рН	Общая жесткость, мг-экв/л	Гумус	Углерод	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Fe <sup>+++</sup>
Злаковая	7,54	9,08	13,8	7,8	195,2	3,8	4,8	1,6
Широкотравная	6,48	5,36	10,6	6,1	102,4	2,8	7,0	2,6
Ольховая	6,95	12,28	10,6	6,1	220,8	10,6	11,1	0,36
Лещиновая	6,64	2,48	21,2	12,3	48,0	0,9	5,3	1,54

Таблица 4

Химический состав почвенно-грунтовых вод  
в разных типах пойменных дубрав

Типы дубрав	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
	мг/л							
Злаковая	1,3	0,38	30,7	0,11	19,2	1,4	0,82	0,08
Широкотравная	1,1	0,0	1,8	0,36	3,8	17,0	1,05	0,27
Ольховая	0,8	0,0	1,7	0,0	138,2	26,0	0,70	0,0
Лещиновая	0,5	1,03	1,5	0,23	34,6	4,2	1,5	0,19

однородным песчаным почвам на древнеаллювиальных отложениях под орляковыми и кисличными дубравами благодаря высоким инфильтрационным свойствам, малой водоудерживающей способности песков и небольшому капиллярному поднятию грунтовых вод при уровне залегания 170—208 см.

Химический состав грунтовых вод пойменных дерновых и дерново-перегнойных полугидроморфных почв под дубравами злаковыми, ширококравными, ольховыми, лещиновыми отражает различие в поемности и степени развития аллювиального процесса, отличается от грунтовых вод гравовых дубрав повышенной жесткостью и значительным содержанием органического вещества, увеличивающимся по мере усиления степени гидроморфизма. По мере удаления от русла обогащенность карбонатами снижается, максимальной жесткостью выделяются грунтовые воды прирусловой и центральной поймы под дубравами злаковыми, ширококравными, ольховыми, минимальная жесткость отмечена под дубравой лещиновой, расположенной в притеррасной пойме, в формировании почвенного профиля которой начинают принимать участие зональные факторы почвообразования (наблюдается слабый процесс оподзоливания) (табл. 3, 4).

На флювиогляциальных всхолмлениях II надпойменной террасы Припяти грунтовые воды залегают глубже 2,5—3,0 м и практически не принимают участие в водном балансе формирующихся здесь сосновых фитоценозов (лишайниковых, вересковых, мшистых), в рыхлопесчаных толщах подзолистых (реже дерново-подзолистых) почв, присущих этим фитоценозам, запасы влаги в метровой толще летом не превышают 29,1—35,6 мм, горизонты полного насыщения отсутствуют, а капиллярная кайма представлена в редуцированном виде. В черничных типах сосняков запасы влаги в метровой толще в 1,5—1,9 раза выше благодаря более высокому уровню залегания грунтовых вод и, следовательно, увеличению мощности подстилки и гумусности верхних горизонтов, способствующих сохранению влаги.

Химический состав почвенно-грунтовых вод  
в различных типах сосновых фитоценозов

Типы сосняков	рН	Общая жесткость, мг-экв/л	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
			мг/л				
Вересковый	5,14	0,64	3,20	5,76	13,57	6,34	0,113
Мшистый	5,21	0,26	3,20	1,20	5,81	5,36	0,243
Черничный	4,90	0,56	4,00	4,32	12,03	4,64	0,126
<b>Открытые водотоки</b>							
Канал «Бычок»	6,72	0,50	8,80	0,72	14,11	22,2	0,653
Река Свиновод	6,74	0,38	4,80	1,68	23,11	21,7	0,451

Грунтовые воды сосновых фитоценозов, как правило, мягкие или очень мягкие (табл. 5), проточные, по химическому составу близки к водам открытых водотоков (исключая кислотность) и грунтовым водам дерново-подзолистых почв дубрав.

Запасы влаги в метровой толще сосняков также имеют тесную связь с бонитетами древостоев ( $r = +0,82$ ) и могут являться показателем продуктивности сосняков.

Таким образом, грунтовые воды долины реки Припять относятся к гидрокарбонатно-кальциевому и сульфатно-кальциевому классам с преобладанием в их составе катионов Ca и анионов HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl; содержание последних особенно значительно на участках с наибольшей поемностью (до 30 дней) и обводненностью, характеризуются высоким содержанием органического вещества и могут быть в зависимости от режима и условий формирования очень жесткими, умеренно жесткими, мягкими и очень мягкими. Степень жесткости почвенно-грунтовых вод является одним из факторов, определяющих формирование почвенного профиля на надпойменных террасах, а следовательно, и типа фитоценозов, и, таким образом, одним из основных показателей продуктивности плакорных дубрав. На бонитет пойменных дубрав и сосняков второй надпойменной террасы химический состав почвенно-грунтовых вод оказывает слабое влияние, в пойме основную роль играют степень затопляемости и срок поемности, а в сосновых фитоценозах — уровень залегания грунтовых вод и его динамика.

УДК 631.42:577.17

С. М. ЗАЙКО, Т. Я. ЛОБАЧ

### ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОЙ МЕДИ В ПОЧВАХ ЛАНДШАФТОВ МЕЛИОРАТИВНОГО ОБЪЕКТА «ВЕРХОВЬЕ РЕКИ ЯСЕЛЬДЫ»

Для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на мелиоративных почвах кроме основных элементов питания необходимы и микроэлементы: медь, марганец, кобальт, цинк, молибден и др. [1, 2]. Исследования содержания микроэлементов, их динамики в почвах под влиянием антропогенных факторов имеют важное значение и потому, что избыточное содержание многих микроэлементов в почвах, растениях и водах оказывает вредное влияние на живые организмы.

В комплекс исследований по почвенному мониторингу на мелиоративном объекте «Верховье реки Ясельды» входило изучение сезонной и годовой динамики подвижной меди в почвах. Наблюдения проводились

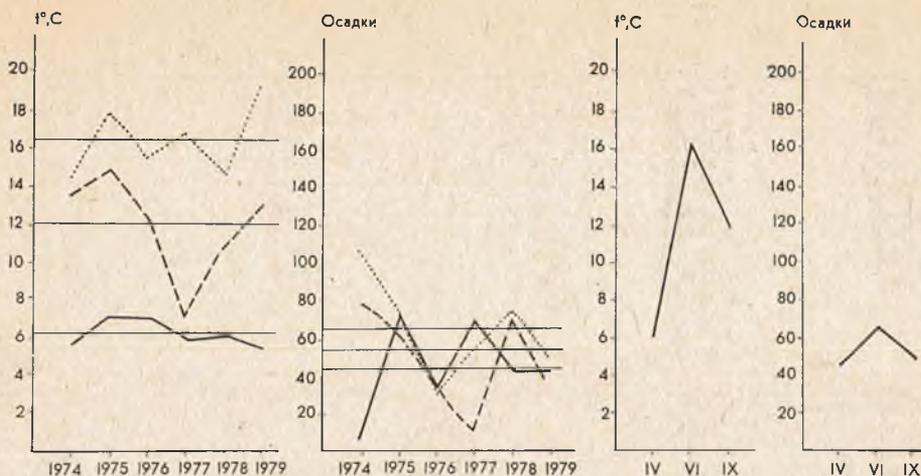


Рис. 1. Метеорологические условия за все годы наблюдений:

— апрель, ..... — июнь, - - - - - сентябрь; — — — — — среднее многолетнее

в различных ландшафтах на 10 стационарных площадках с почвами различного генезиса и мелиоративного состояния в течение 6 лет (1974—1979) по месяцам вегетационного периода, с апреля по сентябрь. Подвижная медь определялась по методике [3] в почвенных образцах верхних горизонтов ( $A_1$ ,  $AT$ ,  $ATn$ ), отобранных в апреле, июне и сентябре, а по генетическим горизонтам — в сентябре 1974, 1976 и 1979 гг.

Существенное влияние на динамику содержания микроэлементов оказывает гидротермический режим. Резких отклонений температурного режима в исследуемый период от многолетних данных не наблюдалось (рис. 1), за исключением сентября 1977 г., когда среднемесячная температура была на  $4,7^\circ\text{C}$  ниже средней многолетней. Более высокие температуры по сравнению со средними многолетними отмечены в 1975 и 1979 гг., а более низкие — в 1974, 1977 и 1978 гг.

В болотных ландшафтах заторфовой древнеозерной котловины заложены пять стационарных площадок: три — в осушенных ландшафтах (2013, 3014 и 3017), одна — в зоне влияния мелиорации (4001) и одна контрольная площадка в болотном ландшафте, вне зоны влияния мелиорации (3013). Площадки на болотных мелиорированных ландшафтах с торфяными среднemosными мелиорированными почвами на гипново-осоковых торфах, осушенные системой открытых каналов, используются под многолетними травами. Площадки на целинных болотных ландшафтах: 3013 — с торфяными среднemosными почвами и 4001 — с торфяными маломосными почвами.

Три площадки заложены в окраинной зоне заторфовой озерной котловины в ландшафтах заболоченных флювиогляциальных зандровых равнин: площадка 2005 с дерново-перегнойно-глееватыми (глеевыми до осушения) песчаными почвами, осушенная системой открытых каналов, используется под многолетними травами; площадка 3012 с дерново-подзолистыми глееватыми почвами, вне зоны влияния мелиорации, используется под естественным выпасом; площадка 3021 с дерново-подзолистыми с признаками временно-избыточного увлажнения песчаными почвами — под 20-летним заболоченным сосновым лесом.

Две площадки заложены на незаболоченных ландшафтах флювиогляциальных и зандровых равнин с глубоким (более 4 м) уровнем грунтовых вод (смежной с болотными ландшафтами заторфовой озерной котловины): площадка 3015 с дерново-подзолистыми песчаными почвами, подстилаемыми с глубины 1,3 м размытой суглинистой мореной, под 30-летним сосновым лесом и площадка 3508 с дерново-подзолистыми песчаными почвами на мощных песках — под 50-летним сосновым лесом-зеленомошником.



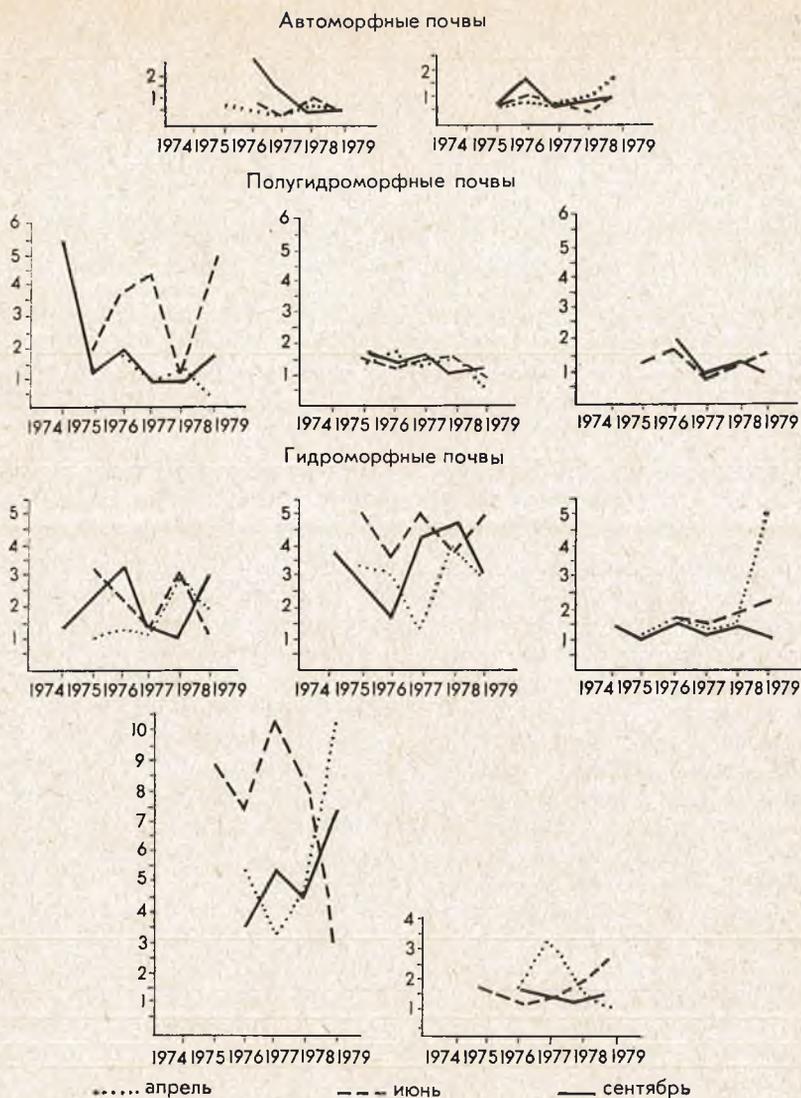


Рис. 3. Динамика содержания подвижной меди, мг/кг, в верхнем горизонте автоморфных, полугидроморфных и гидроморфных почв за период с 1974 по 1979 гг.

..... — апрель, --- — июнь, — — сентябрь

жанию подвижной меди. После снеготаяния происходит вымывание подвижной меди, в июне при интенсивных биохимических процессах и интенсивном разложении органического вещества содержание подвижной меди увеличивается, а к сентябрю — уменьшается.

Количество подвижной меди в дерново-подзолистых заболочиваемых песчаных почвах заболоченных ландшафтов зандровых и флювиогляциальных равнин низкое: 0,86—1,90 мг/кг. Дерново-перегнойно-глееватые песчаные почвы (площадка 2005) при исходных исследованиях в год проведения осушительной мелиорации относились к богатым по обеспеченности почв подвижной медью (3,92—9,24 мг/кг). Через пять лет после осушения и сельскохозяйственного использования под многолетними травами содержание меди довольно резко уменьшилось особенно в верхнем (0—50 см) слое, составляя 0,80—2,80 мг/кг (бедные по обеспеченности медью), что объясняется поглощением меди многолетними травами и элювиальными процессами в связи с резким снижением УГВ.

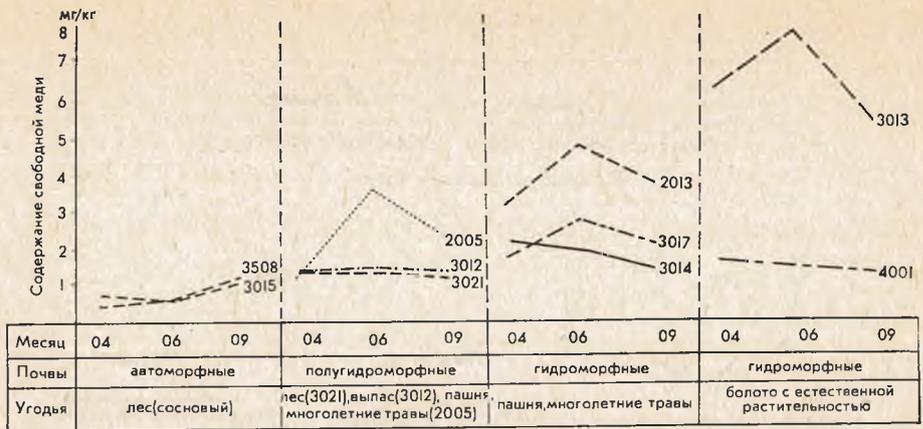


Рис. 4. Сезонные изменения содержания подвижной меди в верхнем горизонте по средним показателям за период с 1974 по 1979 гг.

..... — апрель, — — — — июнь, — — — — сентябрь

Дерново-подзолистые заболочиваемые почвы (площадки 3012 и 3021) также относятся к бедным по обеспеченности медью почвам (0,86—1,98 мг/кг). Отмечается незначительное накопление ее в верхних горизонтах. На площадке 3021, где сказалось влияние мелиорации смежных территорий, в верхнем (0—60 см) слое произошло уменьшение подвижной меди, а глубже 60 см — увеличение. На площадке 3012 повторными исследованиями установлено уменьшение количества подвижной меди в верхних горизонтах и в целом по профилю почвы.

Дерново-подзолистые песчаные почвы незаболоченной задровой равнины отличаются от песчаных почв незаболоченной флювиогляциальной равнины несколько увеличенным содержанием подвижной меди (0,84—3,10 мг/кг). Распределение ее по профилю довольно равномерное.

Содержание подвижной меди в почвах изучаемых ландшафтов подвержено значительной годовой и сезонной динамике (см. рис. 3, 4), причем менее изменчиво в дерново-подзолистых почвах, наиболее изменчиво в торфяных почвах.

Все изучаемые почвы по содержанию подвижной меди можно расположить в следующий возрастающий ряд: дерново-подзолистые песчаные > дерново-подзолистые заболоченные песчаные > дерново-болотные песчаные > торфяные осушенные > торфяные неосушенные.

Таким образом, почва является относительно консервативным продуктом природно-хозяйственных условий ландшафта и хорошо отображает его особенности. Изучение свойств почв и динамики почвенных процессов имеет важное значение для познания функционирования ландшафтов, особенно при антропогенном воздействии.

Почвы различных ландшафтов характеризуются возрастанием содержания подвижной меди с увеличением заболоченности ландшафтов от дерново-подзолистых незаболоченных почв до торфяных.

Изменение водного режима ландшафтов и почв после проведения осушительной мелиорации влечет за собой уменьшение содержания подвижной меди за счет усиления миграции и интенсивного поглощения культурной растительностью.

Выявлена высокая динамичность содержания подвижной меди в почвах болотных ландшафтов после проведения осушительной мелиорации.

#### Список литературы

1. Микроэлементы в почвах Советского Союза / Под ред. В. А. Ковда, Н. Г. Зырина.— М., 1973.
2. Микроэлементы в почвах БССР и эффективность микроудобрений / Под ред. И. С. Лупиневича.— Минск, 1970.
3. Ринькис Г. Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах.— Рига, 1963.

## ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ

В работах Б. Б. Полынова выделяются три основных типа элементарных ландшафтов: элювиальный, супераквальный и субаквальный. Последний представлен различными водными объектами, в том числе озерами, иначе — природно-аквальными комплексами (ПАК), весьма скромно освещенными в современной географической литературе. Согласно Л. Л. Россолимо [1], озерные ПАК — водоемы замедленного водообмена, для которых положительный баланс вещества и энергии является итогом деятельности всей системы. Процессы превращения вещества и энергии выражаются в круговороте аллахтонного и автохтонного органического вещества, т. е. его поступлении, деструкции и накопления в лимносистеме [2].

В задачу данной работы входило определение аквальных ландшафтов малых озер в общей системе ПТК на разных ступенях их взаимосвязей; выделение аквальных единиц разных рангов; определение основных и вспомогательных факторов формирования каждого ранга для целей классификации и прогнозирования антропогенных трансформаций лимносистем.

Каждый озерный водоем — неотъемлемая часть природной зоны. Формирование ПАК Белоруссии типично для зоны смешанных лесов. Вместе с тем озера как природные объекты являются индикаторами ландшафтных провинций. Характерными примерами могут служить провинции Белорусского Поозерья в границах распространения последнего оледенения, друмлинный ландшафт в штате Висконсин, Центральная Якутия с комплексом термокарстовых озер и проч.

В пределах каждой провинции выделяются более мелкие ПТК, образующие районы и ландшафты, в которых конкретизируется место аквального ландшафта в системе водосбор — озеро. Например, в провинции Белорусского Поозерья выделяются районы Браславский, Ушачско-Лепельский и другие с большим участием озер. В них, в свою очередь, формируются ландшафты: холмисто-моренно-озерные, камово-озерные, водно-ледниковые с участием озер [3]. Содержание каждого такого ландшафта является генетическим выражением взаимоотношений наземных и водных элементарных ландшафтов. Собственно аквальные ландшафты в этой системе представляются в типологическом ранге сложного урочища (см. таблицу).

Сложное аквальное урочище — чрезвычайно разносторонняя система, которая характеризуется своеобразным направлением круговорота вещества и энергии. Это обусловлено переплетением влияния внешних причин (водосбора и атмосферы) и проявлением внутренних лимнических процессов, нарушающих общезональную структуру ландшафта. Поступление солнечной радиации, минеральных и биогенных веществ с водосбора вызывает жизнедеятельность автотрофных организмов, синтезирующих органическое вещество. В водных ландшафтах круговорот вещества и энергии сопровождается миграцией химических элементов в воде и отложениях в зависимости от гидродинамических процессов и смены окислительно-восстановительных условий среды. Сложные озерные урочища отличаются четко выраженной ритмичностью: многолетней, сезонной, суточной.

В сложном аквальном урочище мы выделяем типичные урочища: литоральные, сублиторальные, профундальные, пелагиальные. Каждое из них включает набор взаимосвязанных и взаимообусловленных показателей, составляющих единую экологическую систему, основанием которой служат особенности строения ложа, характер отложений, тип растительности, состояние водного тела.

Система аквальных ландшафтов малых озер

№	Ранг ландшафта	Основной критерий выделения	Преобладающие процессы	Динамика (ритмичность)	Направление антропогенных трансформаций
I	Зона	Климатическая зональность (зона смешанных лесов)	Общие закономерности круговорота вещества и энергии в геосфере	Многолетняя, сезонная, суточная	Сложное, многоплановое
II	Провинция	Азональность. Морфоструктуры (Белорусско-Валдайская)	»	Многолетняя, сезонная	»
III	Район	Азональность. Часть провинции (Ушачско-Лепельский холмисто-озерный)	Взаимосвязь всех компонентов природы (ПТК)	Многолетняя, сезонная	Перераспределение земельных угодий; мелнорация; эрозия; заболачивание
IV	Ландшафт	Азональность. Система: водосбор-озеро. (Нарочанская озерная система)	Перемещение минеральных и органических в-в в бассейны аккумуляции и седиментации; их преобразование и концентрация	Сезонная	Нарушение скорости и объема миграции в-ва с водосбора. Изменение условий и состава аккумуляции в водоемах
V	Сложное аквальное урочище	Состояние лимнической экосистемы (оз. Нарочь)	Окислительно - восстановительные процессы. Накопление в-ва и энергии	Сезонная, суточная	Нарушение сложившихся окислительно-восстановительных условий. Продуцирование органического вещества
V <sup>1</sup>	Урочище литораль	Мощность водного слоя; рельеф; грунты, растительность	Горизонтальное и вертикальное перемещение воды; окислительные условия; кластогенная и хемогенная аккумуляция; влияние макрофитов	Сезонная, суточная	Заиление, зарастание надводными макрофитами
V <sup>2</sup>	Урочище сублитораль	»	Преобладание окислительных условий; склоновые процессы; накопление органо-минеральных и хемогенных осадков. Погруженные макрофиты	Сезонная	Нарушение окислительных условий; сокращение биомассы подводных макрофитов. Изменение состава растительности.
V <sup>3</sup>	Урочище профундаль	Мощность водного слоя; рельеф; грунты	Окислительно - восстановительные условия; органо-минеральные и органические осадки.	Сезонная	Усиление восстановительных условий; увеличение органического в-ва в воде и осадках
V <sup>4</sup>	Урочище пелагиаль	Физико-химические и гидробиологические особенности водной массы	Окислительно - восстановительные условия; гидродинамические процессы; деятельность автотрофов и гетеротрофов	Сезонная, суточная	Изменение гидрохимического режима; увеличение б/м фитопланктона; сокращение прозрачности
V <sup>1</sup> <sub>a</sub>	Урочище литораль. Фация песчаная	Конкретные особенности рельефа, грунтов, растительности	Окислительные условия. Рельеф плоский, волнистый грядовый. Ассоциации надводных макрофитов, редкие рдесты	Сезонная, суточная	Зарастание надводными макрофитами, нитчатые водоросли. Заиление

№	Ранг ландшафта	Основной критерий выделения	Преобладающие процессы	Динамика (ритмичность)	Направление антропогенных трансформаций
V <sub>б</sub> <sup>1</sup>	Урочище литораль. Фация каменная (галечниковая)	»	Окислительные условия. Рельеф волнистый, грядовый. Растительность бедная	»	Нитчатые водоросли
V <sub>в</sub> <sup>1</sup>	Урочище литораль. Фация глинистая	»	Окислительные условия. Рельеф плоский. Ассоциации надводных. Редкие рдесты, харовые	»	Усиление зарастания надводными; появление рдеста курчавого, лютика жестколистного, нитчатых. Заилнение
V <sub>г</sub> <sup>1</sup>	Урочище литораль. Фация карбонатная	»	Окислительные условия. Рельеф плоско-волнистый. Ассоциации погруженных: рдесты, харовые, элодея	Суточная, сезонная	Заилнение, опесчанывание. Нитчатые, телорез, уруть
V <sub>д</sub> <sup>1</sup>	Урочище литораль. Фация запыленная	»	Окислительные условия. Рельеф плоский. Ассоциации растений с плавающими листьями, рдесты, телорез	Сезонная, суточная	Увеличение органического в-ва в осадках, расширение зоны растительности, нитчатые водоросли
V <sub>а</sub> <sup>2</sup>	Урочище сублитораль. Фация песчано-глинистая	»	Окислительные условия. Склон крутой. Редкие представители подводных (рдест блестящий, роголистник, водные мхи)	Сезонная	Заилнение. Исчезновение надводных макрофитов
V <sub>б</sub> <sup>2</sup>	Урочище сублитораль. Фация карбонатная	»	Окислительные условия. Склон пологий. Широко представлены подводные макрофиты (элодея, рдесты, роголистник), харовые	»	Опесчанывание, заилнение. Сокращение площади макрофитов. Усиление элодеи, телореза
V <sub>в</sub> <sup>2</sup>	Урочище сублитораль. Фация илистая	»	Окислительные условия. Склон пологий. Подводные макрофиты	»	Увеличение органического вещества в осадках. Сокращение микрофитов
V <sub>а</sub> <sup>3</sup>	Урочище профундаль. Фация плоско-волнистая	Конкретные особенности рельефа и грунтов	Окислительно - восстановительные условия. Рельеф плоско-волнистый. Накопление органико-минеральных отложений	Сезонная	Преобладание восстановительных условий. Увеличение в осадках сульфатов, фосфатов железа
V <sub>б</sub> <sup>3</sup>	Урочище профундаль. Фация выступов ложа	»	Окислительно - восстановительные условия. Рельеф выпуклый. Накопление опесчаненных осадков оплывины	Сезонная	Увеличение процесса оплывания пелогена в соседние понижения, заилнение
V <sub>в</sub> <sup>3</sup>	Урочище профундаль. Фация впадин ложа	»	Преобладание восстановительных условий. Рельеф вогнутый. Накопление ожелезненных илов	»	Увеличение в осадках биогенных элементов, органики, соединений железа, серы

№	Ранг ландшафта	Основной критерий выделения	Преобладающие процессы	Динамика (ритмичность)	Направление антропогенных трансформаций
V <sub>a</sub> <sup>4</sup>	Урочище пелагиаль. Фация эпилимнион	Физико-химические, биологические особенности водной массы	Окислительные условия. Максимальная освещенность, волновая деятельность, максимальная б/м фитопланктона	Суточная, сезонная	Кислородное перенасыщение, щелочная среда, увеличение б/м фитопланктона
V <sub>б</sub> <sup>4</sup>	Урочище пелагиаль. Фация металимнион	»	Окислительно-восстановительные условия. Слабая освещенность. Резкое падение температуры. Заметное уменьшение бипродуктивности автотрофов	Сезонная	Уменьшение содержания кислорода; массовая гибель фитопланктона
V <sub>в</sub> <sup>4</sup>	Урочище пелагиаль. Фация гипolimнион	Физико-химические, биологические особенности водной массы	Восстановительно-окислительные условия. Низкие температуры, отсутствие света. Гидродинамическая стабильность	Сезонная	Усиление восстановительных условий. Увеличение содержания органического вещества в воде. Накопление соединений железа, фосфора, серы.

К числу отличительных признаков литоральных урочищ следует отнести их приграничное положение между водной, воздушной и наземной средами и наиболее активное влияние водосбора. Водная масса литоральных ландшафтов характеризуется высокой гидродинамической и биологической активностью [4]. Интенсивность солнечной радиации способствует мощному развитию фитопланктона и высшей водной растительности. Последняя утилизирует поступающие с водосбора питательные вещества и создает защитную зону для озера в целом. Годовые, сезонные и суточные ритмы обеспечивают быстрый круговорот вещества и энергии в условиях окислительной среды. Наши исследования [5] и работы других авторов [6] позволяют выделить в литоральных ландшафтных урочищах ряд фаций (наиболее низких единиц в системе ландшафтов) по местным особенностям рельефа, грунтов и сообществ высших водных растений, к ним приуроченных. Наиболее распространены песчаные фации с разнообразным набором ассоциаций надводных (камыш, тростник, рогоз). У фаций карбонатных литоралей наиболее богатый состав подводных растений: харовых, рдестов, элодея. Кроме того, выделяются фации заиленные, галечниковые, каменистые, торфянистые со своим набором признаков.

Сублиторальные урочища занимают склон подводной аккумулятивной террасы с различным углом наклона: от 2—3° до 25° и более. Относительно узкая полоса сублиторали занимает 5—15 % площади всего озера и на батиметрических картах прослеживается сгущением изобат. Набор сублиторальных фаций менее разнообразен (песчано-глинистые, карбонатные, заиленные). В верхней части сублиторальных урочищ еще отмечаются суточные колебания температуры, освещенности, преобладают окислительные условия. При высокой прозрачности здесь развиты ассоциации погруженных макрофитов: рдест блестящий, роголистник, элодея, водяные мхи, а на карбонатных грунтах основу составляют харовые. В неглубоких и особенно мелководных озерах сублитораль выражена хуже, представлена илистыми грунтами и ассоциациями макрофитов с плавающими на поверхности листьями, а также рдестами.

Профундальные урочища занимают основную часть ложа озерной котловины. Это темная холодная зона, за исключением мелководных

озер, прогретых и освещенных до дна. Значительные глубины способствуют застойным процессам, которые выражаются в дефиците кислорода, накоплении углекислоты, возникновении восстановительных условий. Для профундальных урочищ характерна сезонная ритмичность гидрохимических и геохимических показателей; здесь накапливается органическое вещество, что свидетельствует о положительном итоге биологического баланса.

В зависимости от состава отложений и рельефа ложа выделяются несколько фаций профундальных урочищ: плоско-волнистые илистые, фации поднятий ложа с глинистыми или опесчаненными осадками, фации углублений (впадин) ложа с илистыми отложениями. Фоновые параметры профундальных урочищ характеризуют илистые плоско-волнистые фации. В зависимости от трофности озера накапливаются илы и сапропели. Для фаций выпуклых частей профундали характерны процессы перемещения (сплывания) пелогена в понижения, что и обуславливает мозаичный состав осадков. Фации углублений ложа несут на себе экстремальные черты профундальных урочищ. Наблюдаются восстановительные условия, концентрация закисных форм железа и некоторых микроэлементов: титана и марганца, максимальное содержание фосфора и сульфатов.

Пелагиальные урочища составляют особую разновидность аквальных ландшафтов, полностью расположенных в пределах водной массы, которая образует и границы, и внутреннее содержание ландшафта. Они заметно различаются в озерах мелководных, среднеглубоких и глубоких с отличительными показателями открытости и глубинности, с разными условиями температурной стратификации и водообменности. Для пелагических урочищ особенно большое значение приобретают физические законы, присущие воде как горной породе: высокая теплоемкость, слабая теплопроводность, изменение объема при нагревании и остывании, плотностное перемешивание и т. д. Пелагические урочища — среда обитания планктонных организмов, обеспечивающих продуцирование органического вещества. Динамика процессов отличается многолетними, сезонными, суточными ритмами.

Учитывая, что лимнические процессы наиболее выразительны в период летней стагнации, мы посчитали возможным выделить в пелагических урочищах три фации, соответствующие термическому расслоению водной толщи. Фация эпилимниона характерна высоким прогреванием, динамическим перемешиванием, кислородным перенасыщением, щелочной реакцией, доминирующим значением фитопланктона в создании первичной продукции. Мощность и объем этой фации зависят от морфометрии котловины. Фация металимниона отличается высокими показателями температурного градиента, скачкообразным увеличением плотности воды, заметным изменением гидрохимических показателей.

Фации гипolimниона характерны для среднеглубоких и особенно глубоких озер. Специфическими показателями служат застойные явления водной массы в этапы стагнации, отсутствие освещения, низкие температуры, увеличение минерализации,  $\text{CO}_2$ , изменение pH в сторону кислой среды. В зависимости от смены циркуляций и стагнаций отмечается четкая ритмичность, связанная с кратковременным кислородным насыщением и его дефицитом большую часть года.

Очевидно, влияние антропогенного воздействия на аквальный ландшафт начинается с ее наиболее низких рангов — фаций. Наиболее подвержены антропогенным трансформациям профундальные и гипolimнионные фации, связанные с кислородным дефицитом, восстановительными условиями, накоплением органического вещества. Фации эпилимниона и литорали, наоборот, характеризуются высокой подвижностью водной массы, окислительными условиями и при значительном продуцировании органического вещества — активными процессами деструкции, выражающими состояние самоочистительной способности сложного аквального урочища в целом.

## Список литературы

1. Россолимо Л. Л. — В сб.: Накопление вещества в озерах. М., 1964, с. 5.
2. Винберг Г. Г. — В кн.: Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. М., 1967, с. 132.
3. Ландшафтная карта БССР. — Минск, 1983.
4. Николаев И. И. — В кн.: Литоральная зона Онежского озера. Л., 1975, с. 211.
5. Якушко О. Ф. Белорусское Поозерье. — Минск, 1971, с. 334.
6. Распопов И. М. — В кн.: Литоральная зона Онежского озера. Л., 1975, с. 219.

УДК 551.435.36(476)

В. Е. ЛЕВКЕВИЧ, П. С. ЛОПУХ

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СХЕМ-АНАЛОГОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АККУМУЛЯТИВНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Переработка берегов малых водохранилищ, как и крупных, ведет к интенсивному поступлению продуктов обрушения склонов в ложе водоемов. Значительная часть материала, перемещаясь вдоль берега под действием ветрового волнения и вдольбереговых течений, аккумулируется в береговой зоне и образует различные микроформы — косы, пересяпы, фестоны и др. (рис. 1), которые в сочетании с абразионными берегами определяют общую тенденцию выравнивания береговой линии малых водохранилищ [1]. Перемещение и аккумуляция наносов ведет к осложнению режима работы водозаборов, донных водовыпусков, оголовков насосных станций. В связи с этим прогнозирование образования, развития и расчета количественных характеристик возможных аккумулятивных форм является одной из проблем берегового процесса, разрешение которой позволит более обоснованно учитывать перемещение вдольбереговых потоков наносов при планировании размещения и эксплуатации водозаборных сооружений.

В задачу исследования входило накопление информации и анализ количественных и качественных показателей (объем, линейные размеры, особенности формирования на различных этапах эксплуатации водохранилищ БССР и др.) об аккумулятивных формах на разнотипных водохранилищах [2]. Результатом обобщения натуральных материалов явилась разработка практических схем расчета объемов наносов типичных аккумулятивных форм.

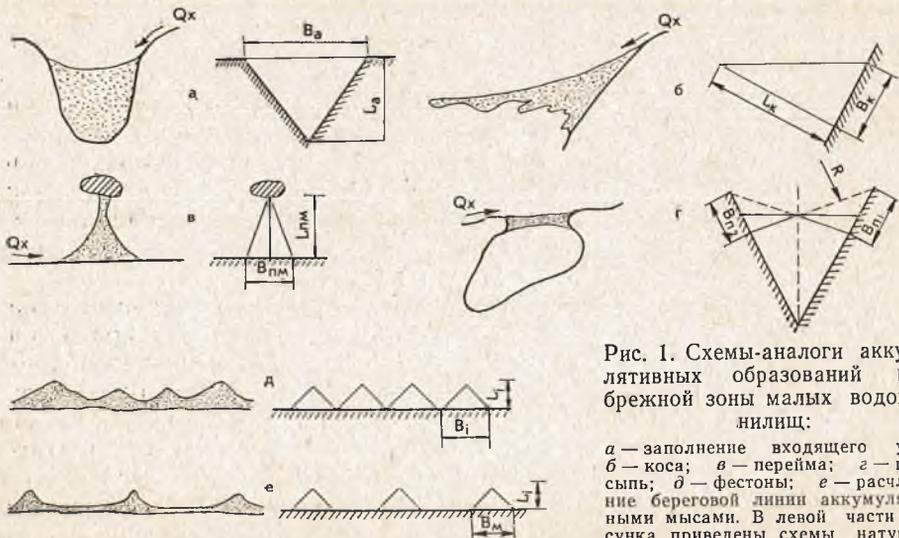


Рис. 1. Схемы-аналоги аккумулятивных образований прибрежной зоны малых водохранилищ:

*a* — заполнение входящего угла; *б* — коса; *в* — перейма; *г* — пересыпь; *д* — фестоны; *е* — расчлененные береговой линии аккумулятивные мысы. В левой части рисунка приведены схемы натуральных аккумулятивных форм, в правой — расчетные схемы-аналоги

Исследованиями установлено, что устойчивое вдольбереговое перемещение продуктов размыва берегов в виде потоков наносов наблюдается при наличии сформировавшихся береговых отмелей на 10—15 году эксплуатации малого водохранилища. Активный процесс перемещения наносов вдоль берега отмечается и при выработке профиля равновесия берегов, а также после формирования устойчивой равновесной береговой линии в плане. При этом происходит перемещение наносов на береговых отмелях с формированием сложной структуры их микрорельефа [3, 4]. Процесс аккумулятивного выравнивания береговой линии, как и абразионного, протекает поэтапно. В его развитии выделяются три этапа.

На первой стадии в береговой зоне преобладают явления образования вдольбереговых потоков наносов. Формируются источники поступления наносов, основные направления транспорта нанососодержащих потоков. Для конкретных участков берега этот период является переходным между процессами абразии и аккумуляции, определяется область аккумуляции наносов.

Вторая стадия отличается интенсивным ростом незамкнутых аккумулятивных форм: кос, перейм, прибрежных валов и др. Общая схема нарастания аккумулятивных форм усложняется колебаниями уровней и гидрометеорологическим режимом водохранилищ в различные сезоны года. Аккумулятивные формы, как правило, отличаются неустойчивостью элементов, при понижении уровня теряют свои очертания. Продолжительность стадии зависит от амплитуды колебания уровней, параметров акваторий.

Окончательное формирование замкнутых аккумулятивных форм происходит на третьей стадии развития. Образование непрерывной равновесной береговой линии сопровождается окончательным определением контуров пересыпей, баров, прибрежных валов. Поверхность аккумулятивных форм закрепляется гигрофильной растительностью.

Длительность стадии развития аккумулятивных форм охватывает период до 30 лет. Для малых водохранилищ с устойчивым режимом уровней аккумулятивное выравнивание береговой линии продолжается 15—20 лет (Осиповичское, Дрозды, Петровичское, Чигиринское и др.), для водохранилищ типа Вилейское, Заславское, Лепельское — 25—30 лет.

Как показали натурные исследования, на водохранилищах с малым сроком эксплуатации, в которых береговая отмель еще продолжает нарастать, вдольбереговое перемещение наносов уступает смещению наносов к основанию подводного склона [5]. Это подтверждается практически полным отсутствием аккумулятивных форм на водохранилищах Цнянское, Смолевичское, Бобруйковское, Млынокское и других, имеющих срок эксплуатации до 10 лет. На водохранилищах с более длительным сроком эксплуатации, развитием абразионных процессов и береговой отмелью шириной 12—25 м наблюдается активный процесс вдольберегового перемещения наносов с образованием различного типа аккумулятивных форм (Вяча, Волковичи, Лепельское, Чижовское и др.). Аккумулятивные образования формируются исключительно из песчаного материала. Тонкодисперсные глинистые фракции ( $d_{50} = 0,01 \div 0,025$  мм) вымываются и выносятся в открытую часть водохранилищ. Песчаный материал, перемещаясь вдоль уреза, заполняет объемы входящих углов, бухт, мелких заливов, устья мелиоративных каналов. При огибании потоком выступов берега происходит образование с подветренной стороны у заливов, бухт, балок и оврагов аккумулятивных кос (см. рис. 1, б). При росте кос в длину происходит отторжение небольшой части акватории (заливы, бухты и др.). Коса превращается в пересыпь (см. рис. 1, б). На водохранилищах Белоруссии наблюдается отчленение акваторий площадью до 8—10 га с глубиной 1,5—2,0 м. Отчлененные мелководные заливы зарастают камышом, осоками, погруженной растительностью, заносятся продуктами плоскостного смыва.

На некоторых водохранилищах (Дрозды, Лепельское, Вилейское) наблюдается образование «веерных» кос или «захвостьев» (см. рис. 1, б). Развитие таких форм обусловлено прохождением штормов при различных положениях уровня и изменении направления ветра. Рост кос с двух сторон залива и бухт, их последующее смыкание ведет к формированию пересыпей. Переиры соединяют берег с небольшими островками, препятствиями (см. рис. 1, з). В большинстве случаев, переиры, по классификации В. П. Зенковича, относятся к типу симметричных с двусторонним питанием. При фронтальном подходе волн к берегу возможно образование «фестонов» — мелких бухт с остроконечными аккумулятивными мысами (см. рис. 1, д). Такие явления наблюдаются на Заславском, Солигорском, Петровицком водохранилищах. Фестончатые формы в отличие от перечисленных отличаются динамичностью и нарастают в период осенних штормов, а весной несколько трансформируются и принимают очертания вдольбереговых валов, баров. Механизм развития последних обусловлен воздействием волнения при меняющемся в короткие периоды положении уровня и размыве подводной части профиля.

Возникновение и развитие тех или других форм определяется параметрами волнового режима, геоморфологическими особенностями береговой зоны, топографией ложа. Линейные размеры аккумулятивных форм характеризуются длиной ( $L_{\text{акк.}}$ ), площадью сечения и шириной у основания (берега) ( $B_{\text{акк.}}$ ), радиусом береговой дуги ( $R$ ).

Наряду с установлением профиля аккумулятивных форм, линейных характеристик важно определить тип планового очертания берега на стадии динамического равновесия. Как показали исследования, выполненные на Солигорском водохранилище, береговая линия на стадии равновесия может быть представлена системой аккумулятивных мысов и береговых дуг [5]. Причем на одном и том же участке берега наблюдается образование нескольких систем (рангов) дуг различного порядка, отличающихся своими линейными размерами. Используя положение Б. А. Попова о том, что контур равновесной береговой линии может быть описан окружностями различного радиуса, и проведя дополнительные построения, установили, что длина аккумулятивных мысов [6]:

$$L_{\text{акк.}} = k \cdot D \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности;  $D$  — длина разгона волны;  $\alpha$  — угол подхода волны к берегу.

В то же время следует отметить, что при фронтальном или близком к фронтальному (Петровици, др.) подходе волн, по Пельнар — Консидеру, береговая линия может быть описана уравнением теплопроводности [7]:

$$\frac{dy}{dt} = c \cdot \frac{d^2y}{dx^2}$$

или, преобразовав его в ряд Фурье,

$$y = y_0 + \sum_{i=0}^{\infty} A_i e^{-m_i t} \sin \alpha x,$$

имеем, что береговая линия в плане аппроксимируется уравнением синусоиды, т. е.

$$y = y_0 + A \cdot e^{-mt} \sin \alpha x, \quad (2)$$

где  $y_0$  — расстояние от оси абсцисс, расположенной параллельно фронту волнения в момент времени  $t$ ;  $x$  — ордината на конечной стадии, т. е. на стадии равновесия. В работе Ю. Н. Сокольниковца [8] процесс дугообразного расчленения береговой линии предлагается описывать уравнением циклоиды:

$$x = r(1 - \cos \alpha), \quad y = r(1 - \sin \alpha), \quad (3)$$

где  $r$  — постоянная, определяющая прогиб дуги,  $\alpha = (0 \div 6\pi)$ . Однако, как показал анализ материалов натуральных наблюдений, выполненных на

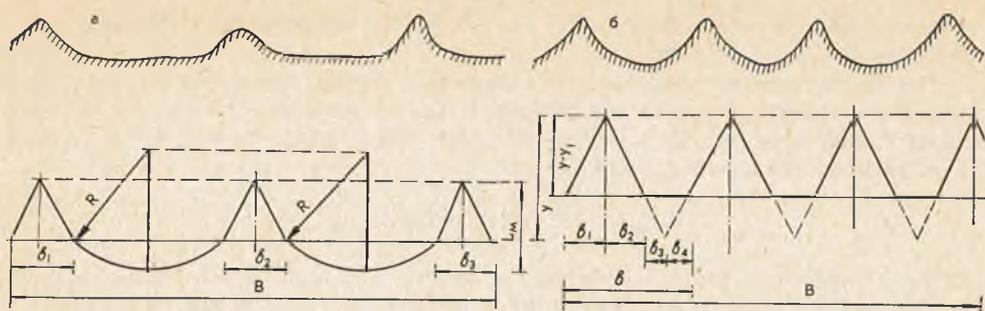


Рис. 2. Расчетные схемы для определения объемов аккумуляции:

*a* — берег, расчлененный аккумулятивными мысами на Солигорском водохранилище; *b* — фестоны Заславского водохранилища

ряде водоемов Белоруссии, очертания внешнего контура аккумулятивной формы различного типа в первом приближении описываются уравнением эллипса:

$$x = a \cos \alpha, \quad y = b \sin \alpha.$$

Суммарная форма участка аккумулятивного берега, по всей видимости, в зависимости от конкретных природных условий и гидродинамических особенностей водохранилищ определяется уравнениями (1), (2), (3).

На основании проведенной типизации аккумулятивных форм в береговой зоне малых водохранилищ Белоруссии нами разработаны схемы-аналоги одиночных аккумулятивных форм, которые позволяют перейти к расчету объемов, аккумулярованных в их теле.

Объем косы, переймы или угла заполнения равен площади образования, умноженной на среднюю мощность отложений:

$$Y_{(W_{акк.})} = F(x); \quad Y_{(W_{акк.})} = \bar{h}_{отл.} \int_a^b Fx dx.$$

Объем наносов в пересыпи может быть в первом приближении представлен как сумма объемов двух смыкающихся кос:

$$Y_{(W_{акк.})} = \bar{h}_{отл.1} \int_a^b F_1(x) dx + \bar{h}_{отл.2} \int_b^a F_2(x) dx$$

или одной косы:

$$Y_{(W_{акк.})} = \bar{h}_{отл.к} \int_a^b F_k(x) dx.$$

Следует отметить, что некоторая идеализация и упрощение схем-аналогов, полученных на основании обследования ряда водохранилищ, ведет к отклонениям в расчетах по сравнению с натурными объемами. Однако при отсутствии надежной информации применение схем-аналогов при моделировании процесса аккумуляции продуктов абразии является более целесообразным способом количественной оценки процесса в конкретных условиях. В качестве примера рассмотрим случай расчленения береговой линии мысами на Солигорском водохранилище. На рис. 2, *a* изображена схема-аналог распределения наносов ( $Q_{акк.}$ ) вдоль уреза при образовании мысов. Обозначив через  $b$  ширину мыса в основании, а через  $L_M$  длину, получим уравнение для расчета объема аккумулярованного материала на участке:

$$Y_{(W_{акк.})} = Q_{акк.} = \left[ \frac{1}{2} (b_1 + b_2) h_i L_M \right] n + \left[ \frac{1}{2} (y_1 - y) (b_3 + b_4) h_j \right],$$

где  $h_i$ ,  $h_j$  — средняя мощность отложений наносов на мысах (1,5—2,0 м в пределах литоральной зоны водоема) и соответственно на аккумулятивных дугах (0,6—0,7 м по данным съемок). Учитывая, что  $L_M/B =$

$= (1,1-5,06)$ , имеем  $y_1-y=10$  м;  $(n-1)$  — количество опорных дуг  $n=8$ , тогда  $Q_{\text{акк.}}=1600$  м<sup>3</sup>.

Частным случаем мысового расчленения берега при нормальном подходе волн к берегу являются фестоны (см. рис. 2, б). Здесь расчетная схема более проста, так как отсутствуют прямолинейные участки берега в промежутках между мысами:

$$Q_{\text{акк.}} = \left[ \frac{1}{2} y (b_1 + b_2) h_i \right] n,$$

где  $h_i$  — мощность слоя отложений в фестолах. По данным наблюдений на Заславском водохранилище, она колебалась в пределах 0,6—0,8 м; число мысов  $n=30$ , а объем аккумулированных при этом наносов  $Q_{\text{акк.}}=1050$  м<sup>3</sup>.

Схемы-аналоги и порядок расчета аккумулированного материала в аккумулятивных формах можно использовать в практических рекомендациях по размещению водосбросных и водозаборных сооружений на малых равнинных водохранилищах.

### Список литературы

1. Широков В. М. Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ Сибири.— Новосибирск, 1974.
2. Левкевич В. Е. — В кн.: Вопросы эксплуатации осушительно-увлажнительных систем. Минск, 1983, с. 110.
3. Левкевич В. Е. — В кн.: Проблемы изучения, охраны и рационального использования водных ресурсов. М., 1983, с. 127.
4. Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов.— М., 1962.
5. Широков В. М., Лопух П. С. — Геоморфология, 1983, № 2, с. 84.
6. Попов Б. А. — В кн.: Труды Ин-та океанологии АН СССР. М., 1965, т. 76, с. 167.
7. Пышкин Б. А. Динамика берегов водохранилищ.— Киев, 1973.
8. Сокольников Ю. Н. Инженерная морфодинамика берегов и ее приложения.— Киев, 1976.

УДК 338:91(С)

И. В. ЗАГОРЕЦ

### НЕКОТОРЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

Развитие малых городских поселений в СССР — одна из важнейших задач градостроительной политики, связанной с совершенствованием территориальной организации общества и расселения. Проведение этой политики в жизнь требует глубокого понимания фактической роли и значения городов в экономической и социальной жизни страны на современном этапе.

Развитие малых городов должно быть подчинено решению трех основных задач формирования единой системы расселения (ЕСР) на территории СССР [1]. Первая из них — обеспечение дальнейшего развития и рационального размещения производительных сил. В народнохозяйственном отношении малые города представляют собой одну из форм комплексного освоения ресурсов территории страны. Партией и правительством проводится курс на преимущественное развитие малых и средних городов (при сдерживании роста крупнейших). Основной тенденцией развития их производственной базы становится формирование ее в качестве специализированного комплекса.

Вторая, не менее важная задача ЕСР, — создание условий для всестороннего развития человека, обеспечение возможностей для широкого социального общения независимо от типа и величины населенного пункта — места проживания. Усиление и усложнение связей малых городов с крупными и с окружающими сельскими населенными пунктами создает необходимые предпосылки для решения этой задачи. Малые горо-

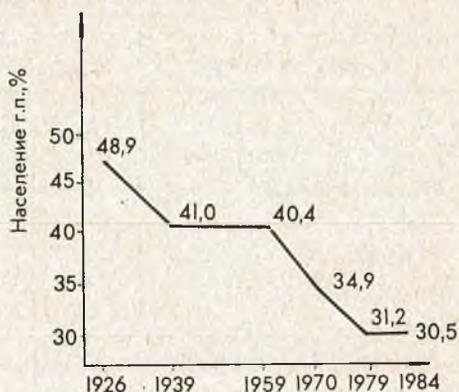
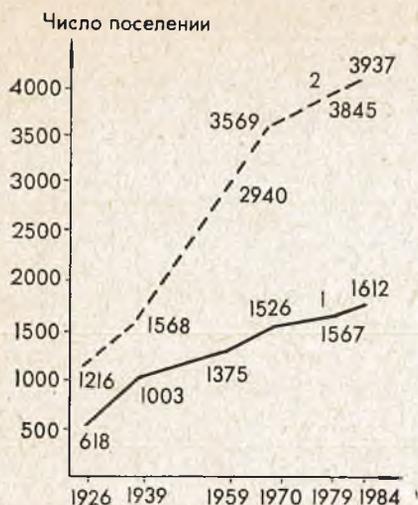


Рис. 1. Динамика численности городских поселений СССР [2]:

1 — малые города; 2 — поселки городского типа

Рис. 2. Изменение доли городского населения, проживающего в малых городских поселениях [2]

да — связующее звено, которое обеспечивает органическое единство сельского и городского расселения, способствуя преодолению существующих различий между городом и деревней.

Третья задача создания ЕСР — обеспечение рационального взаимодействия городов как элементов систем расселения с окружающей природной средой. Многие малые города расположены в живописных природных ландшафтах, санитарно-гигиенические условия в них обычно лучше, чем в больших промышленных городах. Это создает предпосылки для формирования на их базе центров курортного и рекреационного обслуживания населения.

В литературе по вопросам урбанизации в СССР к малым городам относятся поселения до 20 тыс. жителей, к полусредним — 20—50 тыс. Однако анализ литературных источников по отдельным областям и экономическим районам СССР, справочников ЦСУ СССР выявил определенные трудности в рассмотрении малых и полусредних городов в отдельности, поэтому будем рассматривать все городские поселения с численностью жителей до 50 тыс.

По данным на 1 января 1984 г. [2], в СССР насчитывалось 1612 малых и полусредних городов и 3937 поселков городского типа, что составляет 91,3 % общего числа городских поселений. Кроме того, по ориентировочным данным СОПСа при Госплане СССР, в стране насчитывается около 1500 сельских населенных пунктов, рассматриваемых как «кандидаты» в города, что свидетельствует о наличии значительного резерва роста категории малых городов [3]. Только за 1984 г. их число увеличилось на 15, а всего с 1959 г. — в 1,3 раза (рис. 1).

Одной из важнейших тенденций развития сети малых городских поселений является общее укрупнение, а также переход малых городов в категорию средних. В период 1959—1970 гг. 101 малый город перешел в категорию средних, за 1970—1979 гг. — 84 города, в 1983 г. — 11 городов [2]. Рост числа более крупных городов происходит более быстрыми темпами, чем возникновение новых малых, что сопровождается незначительным, но все же постоянным снижением их удельного веса в общем количестве городских поселений.

Доля городского населения, проживающего в малых городских поселениях, снижается более быстрыми темпами в результате опережающего роста средних и крупных городов. Одна из основных причин замедления роста численности населения в малых городах — интенсивная

Малые города в структуре городских поселений  
экономических районов СССР, 1984 г.

Экономические районы	Количество административно-территориальных единиц с удельным весом малых городов, %					
	в численности городского населения			в общем количестве городских поселений		
	до 30	30—50	более 50	до 90	90—95	более 95
Северо-Западный	2	2	—	2	2	—
Северный	—	4	2	1	3	2
Волго-Вятский	1	3	1	1	3	1
Поволжский	7	1	—	5	3	—
Центральный	2	10	—	3	6	3
Центрально-Черноземный	2	3	—	3	2	—
Уральский	6	1	1	5	2	1
Северо-Кавказский	2	7	—	7	2	—
Прибалтийский	2	2	—	—	3	1
Западно-Сибирский	4	1	3	—	4	4
Восточно-Сибирский	—	5	6	3	—	8
Дальневосточный	—	5	4	1	3	5
Донецко-Приднепровский	3	5	—	2	5	1
Южный	2	1	—	—	2	1
Юго-Западный	1	6	6	—	10	3
Закавказский	1	2	5	2	1	5
Казахстанский	8	9	2	10	9	—
Белорусский	2	4	—	3	3	—
Среднеазиатский	6	8	13	11	9	7
Молдавия	—	1	—	—	1	—
Всего:	51	80	43	59	73	42

\* Рассчитано по [2, с. 11, 18—23].

межгородская миграция. Малые городские поселения стали одним из основных источников рабочей силы для крупных городов (рис. 2).

Региональные различия в структуре и характере развития сети малых городских поселений можно проследить по их удельному весу в общем числе городских поселений, по доле проживающего в них населения, по плотности их сети.

Наиболее плотная сеть малых городских поселений в Европейской части СССР, в Армении, южной части Среднеазиатских республик (от 0,5 до 5—6 малых городских поселений на 1000 км<sup>2</sup>). На севере Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Западном Казахстане, где очень редкая сеть поселений вообще, одно малое городское поселение приходится на 100—200 и более тыс. км<sup>2</sup> территории.

В процессе регионального анализа (табл. 1) выявлены зоны и целые регионы, где малые города и поселки играют особенно заметную роль. Это области Западной Украины (Винницкая, Закарпатская, Ровенская, Тернопольская), республик Средней Азии и Казахстана (Талды-Курганская, Ленинадская, Марыйская), Каракалпакская, Якутская, Карельская АССР, Магаданская и Сахалинская области. Здесь малые города и поселки городского типа составляют 95 % всех городских поселений, в них проживает свыше половины всех городских жителей. В двух среднеазиатских областях — Сырдарьинской и Нарынской, Гор-

## Структура городских поселений БССР

Группы городских поселений	1959 г.		1970 г.		1985 г.	
	количество	% общего кол-ва	количество	% общего кол-ва	количество	% общего кол-ва
Крупнейшие	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Крупные	—	—	1	0,5	3	1,4
Большие	3	1,6	7	3,4	7	3,3
Средние	6	3,3	4	2,0	9	4,3
Полусредние	6	3,3	15	7,4	16	7,6
Малые	52	28,4	53	26,0	62	29,7
Поселки городского типа	115	62,9	123	60,2	111	53,1

но-Бадахшанской и Горно-Алтайской АО, в пяти автономных округах Крайнего Севера все городское население проживает в малых городских поселениях. Таким образом, малые города занимают особое место в системе расселения регионов с низким уровнем урбанизации, с недостаточно развитой сетью средних и крупных городов и выполняют ряд их функций.

Невелика роль малых городских поселений в тех районах, где территориально-производственные комплексы развиваются на базе разработок крупных месторождений полезных ископаемых. В Донецкой области в них живет 27 % городского населения, в Липецкой — 25, в Павлодарской — 24, Карагандинской — 17 %. Еще ниже доля населения, проживающего в малых городах в областях, на территории которых образовались городские агломерации, например, в Киевской — 20 %, Московской — 14, Ленинградской — 17, Ташкентской — 12 %.

Белорусский регион характеризуется густой сетью малых городских поселений. На 1 января 1985 г. в республике насчитывалось 111 поселков городского типа, 62 малых и 16 полусредних городов (табл. 2). В них проживало около 27 % городского населения.

Для Белоруссии, как и для всей страны, характерен процесс перерастания малых городов в полусредние и средние. В период с 1959 по 1984 г. в категорию средних и больших перешло 10, а в категорию полусредних — 15 малых городов, еще два города имеют вероятность увеличить население до 50 тыс. жителей до конца этого десятилетия.

Число поселков городского типа уменьшилось за счет их преобразования в города. Только после переписи 1970 г. 17 поселков городского типа получили статус города. В республике имеется значительный резерв пополнения этой категории городских поселений. Однако темпы роста населения малых городов отстают от общих темпов роста городского населения. Особенно это касается самых мелких (до 10 тыс. жителей) поселений, половина из которых вообще не имеет прироста населения. С 1970 по 1984 г. численность жителей в малых городских поселениях выросла на 41,1, а всех городских поселений республики — на 59 %. Это вызвало снижение их доли в городском населении республики с 36 % в 1970 до 27 % в 1984 г. [4].

Малые городские поселения выполняют важные народнохозяйственные функции, являясь административно-хозяйственными центрами сельских районов, опорными центрами больших, малых и местных систем расселения. 82 % райцентров Белоруссии — малые городские поселения. На них, как на связующее звено село — город, возлагаются основные функции перераспределения сырья и продовольствия, снабжения, материально-технического обеспечения в системе агропромышленного комплекса, поэтому многие задачи, связанные с выполнением Продовольственной программы, касаются прежде всего малых городских поселений.

Тенденции развития, народнохозяйственная структура, функции, демографический и трудовой потенциал, системообразующие связи этой категории поселений в Белорусской ССР на данном этапе изучены недостаточно. Необходимы комплексные географические исследования для целей перспективного планирования и проектирования, обоснования структуры агропромышленного комплекса, принципов формирования локальных систем расселения.

#### Список литературы

1. Генеральная схема расселения на территории СССР. ЦНИИТИ. Обзорная информация. Сер. градостроительство.— М., 1980, вып. 1, с. 3.
2. Народное хозяйство СССР: Стат. ежегодник.— М., 1960—1984 г.г.
3. Марков Е. М., Бутузова В. П., Таратынов В. А.. Малые города в системах расселения.— М., 1980.
4. Народное хозяйство Белорусской ССР в 1983 г.: Стат. ежегодник.— Минск, 1984.

# Краткие сообщения

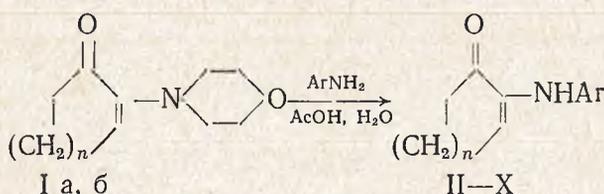
УДК 547.592

Г. И. ПОЛОЗОВ, И. Г. ТИЩЕНКО

## ПЕРЕАМИНИРОВАНИЕ В РЯДУ АЛИЦИКЛИЧЕСКИХ $\alpha$ -ЕНАМИНОКЕТОНОВ

Реакция переаминирования является одной из наиболее используемых реакций в химии енаминов, применяемой как для синтеза новых енаминов, так и для получения различных гетероциклических соединений.

$\alpha$ -Енаминокетоны (ЕК) являются доступными и реакционноспособными соединениями, их синтез, строение и синтетические приложения рассмотрены в недавнем обзоре [1]. Переаминирование ЕК и родственных им соединений описано лишь в единичных случаях [2—4]. Как известно, диалкиламиногруппа в енаминах действием нуклеофильных реагентов замещается более легко, чем монозамещенная или незамещенная аминогруппа [5]. В настоящем сообщении изучено переаминирование алициклических ЕК ароматическими аминами и показано, что 2-морфолиноциклопентенон (Ia) и 2-морфолиноциклогексенон (Iб) являются удобными исходными объектами в синтезе 2-N-арилзамещенных ЕК (II—X), получение которых другими методами представляет определенные трудности [1]. Наиболее легко реакция переаминирования Ia, б ароматическими аминами протекает в водной уксусной кислоте, выход ЕК II—X при этом приближается к количественному (см. таблицу):



$n=1$ ,  $\text{Ar}=\text{C}_6\text{H}_5$  (II),  $p\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4$  (III),  $p\text{-CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4$  (IV),  $\alpha$ -нафтил (V),  
 $n=2$ ,  $\text{Ar}=\text{C}_6\text{H}_5$  (VI),  $p\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4$  (VII),  $p\text{-CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4$  (VIII),  $p\text{-BrC}_6\text{H}_4$  (IX),  
 $o\text{-HOOC}_6\text{H}_4$  (X).

2-N-Арилзамещенные ЕК (II—X) получали добавлением к раствору 0,001—0,01 моля Ia, б в 50 %-ной уксусной кислоте эквимолекулярного количества ароматического амина и выдерживанием реакционной смеси при комнатной температуре. Выпавшие продукты фильтровали, промывали водой и после сушки перекристаллизовывали из гексана. Данные о II—X представлены в таблице.

В ИК спектрах полученных соединений, записанных на спектрофотометре Spеcord IR-75 в растворе  $\text{CCl}_4$ , максимальная по интенсивности полоса карбонильного поглощения находится в области  $1710\text{—}1690\text{ см}^{-1}$  для II—V и в области  $1675\text{—}1670\text{ см}^{-1}$  для VI—X. Несколько меньшая по интенсивности полоса поглощения сопряженной двойной связи на-

## Синтезированные соединения II—X

Соединение	Выход, %	$t_{пл}$ , °C	Найдено, %			Формула	Вычислено, %			Спектры ПМР ( $\delta$ , м. д., $J$ , Гц)
			C	H	N		C	H	N	
II	90	109—110	76,14	6,54	7,95	$C_{11}H_{11}NO$	76,28	6,40	8,09	7,3 м (5H), 6,47 т (1H, 3,0), 5,9 шс (1H), 2,7—2,2 (4H)
III	95	114—115	76,77	6,87	7,39	$C_{12}H_{13}NO$	76,98	6,99	7,48	7,2—6,6 м (4H), 6,43 т (1H, 3,0), 6,0 шс (1H), 2,6—2,2 м (4H), 2,2 с (3H)
IV	87	93—94	70,78	6,34	6,98	$C_{22}H_{13}NO_2$	70,92	6,45	6,89	7,0—6,5 м (4H), 6,26 т (1H, 3,0), 5,2 шс (1H), 3,64 с (3H), 2,6—2,2 м
V	90	87—88	80,43	5,95	6,07	$C_{15}H_{13}NO$	80,69	5,87	6,27	8,0—7,0 м (7H), 6,7 шс (1H), 6,47 т (1H, 3,0), 2,6—2,2 м (4H),
VI	93	52—53*	—	—	—	—	—	—	—	7,3—6,7 м (5H), 6,3 шс (1H), 6,20 т (1H, 4,0), 2,6—1,6 м (6H)
VII	93	58—59	72,42	7,64	7,03	$C_{13}H_{15}NO$	77,58	7,51	6,96	7,1—6,5 м (4H), 6,0 шс (1H), 5,97 т (1H, 4,0), 2,6—1,6 (6H), 2,07 с (3H)
VIII	89	48—49	71,69	7,06	6,53	$C_{13}H_{15}NO_2$	71,87	6,96	6,45	7,0—6,5 м (4H), 6,0 шс (1H), 5,86 с (1H, 4,0), 3,63 с (3H), 2,6—1,6 м (6H)
IX	94	84—85	53,87	4,62	5,05	$C_{12}H_{12}BrNO$	54,16	4,54	5,26	7,3—6,6 м (4H), 6,2 шс (1H), 6,10 т (1H, 4,0), 2,5—1,6 м (6H)
X	92	163—164	67,38	5,81	5,93	$C_{13}H_{13}NO_3$	67,52	5,67	6,06	9,5 шс (1H), 7,9—7,0 м (4H), 6,6 шс (1H), 6,53 т (1H, 4,0), 2,6—1,6 м (6H)

\*  $t_{пл}$  52—53,5 °C [6]

блюдается соответственно при 1640—1630 и 1630—1625 см<sup>-1</sup>. Широкая интенсивная полоса с максимумом при 3370 см<sup>-1</sup> обусловлена валентными колебаниями NH-группы.

В спектрах ПМР, снятых на спектрометре Tesla BS 467 А в растворе ССl<sub>4</sub> с ГМДС в качестве внутреннего стандарта, сигнал винильного протона (см. таблицу) в виде триплета находится в слабом поле. Сигнал протона NH-группы имеет вид уширенного синглета и исчезает после встряхивания образца с тяжелой водой.

### Список литературы

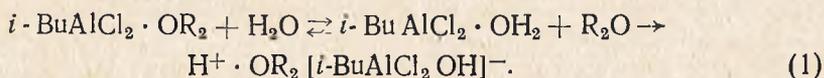
1. Полозов Г. И., Тищенко И. Г.—Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1984, № 3, с. 3.
2. Vaughan W. R., Gripp R. S.—J. Am. Chem. Soc., 1960, v. 82, p. 4370.
3. Toda T., Ryu S., Nozoe T.—Bull. Chem. Soc. Japan, 1969, v. 42, p. 2028.
4. Sami S. M., Iyengar B. S., Tarnow S. E., Remers W. A., Brodner W. T., Schurig J. E.—J. Med. Chem., 1984, v. 27, p. 701.
5. Pietra F.—Chem. Rev., 1973, v. 73, p. 293.
6. Lewis J. W., Myers P. L., Ormerod J. A.—J. Chem. Soc., Perkin Trans. I, 1972, № 20, p. 2521.

УДК 547.256.2+541.49

В. П. МАРДЫКИН, А. В. ПАВЛОВИЧ,  
П. Н. ГАПОНИК, Б. Л. ИРХИН

### О ЛЬЮИСОВСКОЙ КИСЛОТНОСТИ ЭФИРАТОВ ИЗОБУТИЛАЛЮМИНИЙДИХЛОРИДА

Из анализа электрофильной активности систем акцептор (кислота Льюиса) — электронодонорная добавка (основание) в превращении олефиновых мономеров следует, что в случае алкилалюминийдихлоридов проявляется дифференцирующий эффект в их действии на доноры [1]. В связи с этим представляет интерес установление льюисовской кислотности в ряду эфиратов изобутилалюминийдихлорида (ЭИБАДХ) общей формулы *i*-BuAlCl<sub>2</sub>·OR<sub>2</sub>, предложенных для олигомеризации пиперилена [2]. В качестве эфиров исследованы: этиловый (Et<sub>2</sub>O), *n*-бутиловый (Bu<sub>2</sub>O), *n*-гексилловый (Hex<sub>2</sub>O), анизол (MeOPh), дифенилоксид (Ph<sub>2</sub>O), 1,4-диоксан (Diox) и тетрагидрофуран (ТГФ). Следует отметить, что дифференцирующий эффект для эфиратов, как и их иницирующая способность, проявляется только в присутствии активного сокатализатора (воды). Образование активного центра в присутствии ЭИБАДХ можно представить схемой:



Для характеристики льюисовской кислотности изобутилалюминийгалогенидов и их комплексов воспользуемся значениями электроотрицательности атома алюминия  $\epsilon_{\text{Al}}$ , для расчета которой было предложено уравнение [3]:

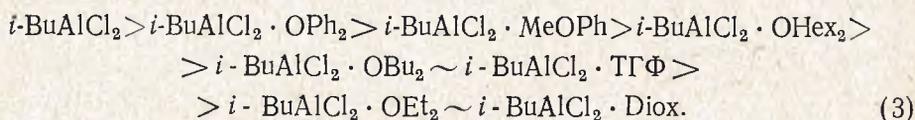
$$\epsilon_{\text{Al}} = 2,08 - 0,73 (\delta_{\text{CH}_3} - \delta_{\text{CH}_2}), \quad (2)$$

где  $\delta_{\text{CH}_3} - \delta_{\text{CH}_2}$  — величина внутреннего химического сдвига протонов радикала акцептора в ПМР спектрах. Значения  $\epsilon_{\text{Al}}$ , полученные по (2), для *i*-BuAlCl<sub>2</sub> и его эфиратов позволяют расположить каталитические комплексы по их льюисовской кислотности в ряд, который не согласуется с общепринятыми представлениями о донорной способности эфиров [4] и с рядом данных тех же эфиратов этилалюминийдихлорида [3]. Однако, если для нахождения  $\epsilon_{\text{Al}}$  использовать величину другого внутреннего химического сдвига —  $(\delta_{\text{CH}} - \delta_{\text{CH}_2})$ , получается ряд, лишенный отмеченных противоречий:

**Олигомеризация транс-пентадиена-1,3  
под действием *i*-BuAlCl<sub>2</sub> и его эфиров**

Катализатор	$[\eta] \cdot 10, \text{ дЛ/г}$	Иодное число, г J <sub>2</sub> /100 г
<i>i</i> -BuAlCl <sub>2</sub>	1,05	168
<i>i</i> -BuAlCl <sub>2</sub> · Et <sub>2</sub> O	0,84	185
<i>i</i> -BuAlCl <sub>2</sub> · Bu <sub>2</sub> O	0,89	183
<i>i</i> -BuAlCl <sub>2</sub> · Hex <sub>2</sub> O	0,90	179
<i>i</i> -BuAlCl <sub>2</sub> · MeOPh	0,92	175
<i>i</i> -BuAlCl <sub>2</sub> · Ph <sub>2</sub> O	1,04	170
<i>i</i> -BuAlCl <sub>2</sub> · Diox	0,83	188

Опыты проводили в среде толуола. Концентрации растворителя, мономера и катализатора соответственно: 5,58, 3,96, 0,04 моль/л; [H<sub>2</sub>O]/[катализатор] = 1,0.



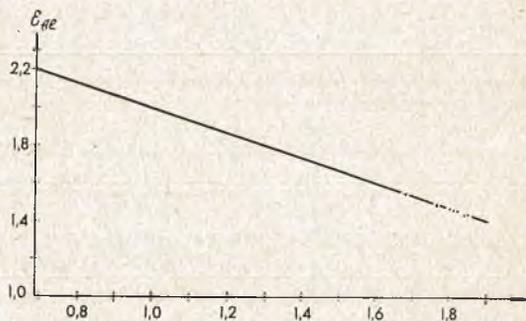
Из графической зависимости  $\epsilon_{\text{Al}} - (\delta_{\text{CH}} - \delta_{\text{CH}_2})$  для серии ЭИБАДХ (см. рисунок) получено новое уравнение для расчета электроотрицательности атома алюминия в комплексах:

$$\epsilon_{\text{Al}} = 2,2 - 0,65 [(\delta_{\text{CH}} - \delta_{\text{CH}_2}) - 0,69]. \quad (4)$$

При Al = H (изобутан) внутренний сдвиг  $\delta_{\text{CH}} - \delta_{\text{CH}_2}$  равен 0,69, и рассчитанная электроотрицательность соответствует  $\epsilon$  атома водорода.

Изучение скорости олигомеризации транс-пентадиена-1,3 в присутствии ЭИБАДХ показало, что по активности инициирования эти комплексы располагаются в ряд, идентичный (3). Исключение составляет только тетрагидрофуранат, который оказался неэффективным, так как тетрагидрофуран, возникающий по уравнению (1) и являющийся к тому же катионным мономером, выступает в качестве конкурирующего сомономера по отношению к диеновому мономеру. Кроме того, оказалось, что с увеличением льюисовской кислотности используемого комплекса возрастает молекулярная масса синтезируемого олигомера пиперилена и уменьшается его иодное число (см. таблицу).

Таким образом, при использовании комплексов *i*-BuAlCl<sub>2</sub> с различными эфирами появляется возможность регулирования скорости полимеризации и свойств получаемого продукта, что находится в соответствии с представлениями об индивидуальности комплексов алкилалюминийдихлоридов в зависимости от природы компонентов.



Зависимость  $\epsilon_{\text{Al}} - (\delta_{\text{CH}} - \delta_{\text{CH}_2})$  для изобутилалюминийдихлорида и его эфиров

### Экспериментальная часть

Растворители, эфиры и мономер (содержание транс-пентадиена-1,3 95 %) очищали по общепринятым методикам, сушили и перегоняли над гидридом кальция. Эфираты синтезировали из изобутилалюминийдихло-

рида и соответствующего эфира. ПМР спектры записаны на спектрометре Tesla BS-467 А с рабочей частотой 60 МГц в бензоле (4 моль %).

### Список литературы

1. Сангалов Ю. А., Нелькенбаум Ю. Я., Пономарев О. А., Минскер К. С. — Высокомолекулярное соединение, 1979, т. А21, № 10, с. 2267.
2. Мардыкин В. П., Ирхин Б. Л., Павлович А. В. и др. — Журнал прикладной химии, 1984, т. 57, № 5, с. 1157.
3. Takeshita T., Frankle W. — Tetrahedron Lett., 1968, N 56, p. 5913.
4. Гурьянова Е. Н., Гольдштейн И. П., Ромм И. П. Донорно-акцепторная связь. — М., 1973.

УДК 577.15 : 577.391

*М. Ф. КУКУЛЯНСКАЯ, И. П. ХРИПЧЕНКО, А. Т. ПИКУЛЕВ*

## ИЗМЕНЕНИЯ ГЕКСОКИНАЗНОЙ И ХОЛИНЭСТЕРАЗНОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА ДЕСИМПАТИЗИРОВАННЫХ КРЫС ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОПРАНОЛОЛА

В регуляции активности некоторых ферментов углеводно-энергетического обмена и холинэстеразы определенная роль принадлежит адренергической системе и, в частности, состоянию ее рецепторов [1]. В связи с этим представляет интерес изучение активности холинэстеразы (3.1.1.7 КФ) и гексокиназы (2.7.1.1 КФ) в мозгу крыс в условиях длительного введения гуанетидина и последующего ингибирования  $\beta$ -рецепторов пропранололом.

### Материал и методика

Опыты были поставлены на рандомбредных конвенциональных крысах массой 150—170 г, находившихся в постабсорбтивном состоянии и на десимпатизированных крысах. Десимпатизацию вызывали 4-кратным ежедневным введением гуанетидина в дозе 50 мг/кг. В опыт животные брались через 1 сутки после последней инъекции препарата. На фоне гуанетидина вводили пропранолол в дозе 2 мг/100 г за 20 мин до опыта; адреналин, норадреналин или изадрин в дозе 20 мкг/100 г за 20 мин до взятия в опыт. Каждая серия опытов имела свой контроль. Субклеточные фракции из мозга крыс выделяли по методике [2]. Активность холинэстеразы определяли по [3], гексокиназы по [4] и выражали в нкатал/мг белка. Полученные данные обработаны методом биологической статистики [5] и представлены в таблице.

### Результаты и их обсуждение

Как следует из данных таблицы, десимпатизация, вызванная длительным введением гуанетидина, приводит к повышению активности гексокиназы в исследуемых фракциях мозга. Этот эффект, по-видимому, опосредуется через ряд физиологических механизмов: снижение кровяного давления и тонуса кровеносных сосудов, нарушение кровоснабжения мозга в целом [6, 7]. Следствием этих процессов может быть усиление использования глюкозы за счет увеличения активности «ключевого» фермента анаэробного гликолиза.

Проведенные ранее исследования с выяснением состояния  $\alpha$ -рецепторов у десимпатизированных крыс [1] показали, что последние теряют свою чувствительность под влиянием гуанетидина. Судьба  $\beta$ -рецепторов нами была уточнена в условиях введения пропранолола. Так, после введения пропранолола активность гексокиназы в надснадочной жидкости сохраняется на уровне, характерном для десимпатизированных крыс, и несколько снижается в митохондриях. Введение адреналина на фоне

Активность гексокиназы и холинэстеразы в мозгу десимпатизированных крыс \*  
(нкатал/мг белка)

Серии опытов	Гексокиназа		Холинэстераза		
	митохондрии	надосад. жидкость	ядерная фракция	митохондрии	надосад. жидкость
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$				
Интактные	0,65 ± 0,016	1,42 ± 0,018	5,84 ± 0,04	17,99 ± 0,08	10,04 ± 0,02
Гуанетидин	1,11 ± 0,018	1,85 ± 0,018	6,77 ± 0,03	18,60 ± 0,02	11,50 ± 0,03
Гуанетидин + про- пранолол	0,89 ± 0,02	1,85 ± 0,022	9,63 ± 0,03	24,7 ± 0,05	17,6 ± 0,04
Гуанетидин + про- пранолол + адрена- лин	0,83 ± 0,020	1,45 ± 0,022	7,75 ± 0,04	25,3 ± 0,04	15,0 ± 0,03
Гуанетидин + про- пранолол + норадре- налин	1,01 ± 0,018	1,71 ± 0,022	6,93 ± 0,02	29,9 ± 0,02	15,5 ± 0,02
Гуанетидин + про- пранолол + изадрин	1,16 ± 0,021	1,90 ± 0,025	8,85 ± 0,02	26,5 ± 0,02	16,8 ± 0,02

\* Примечание: в серии 6—8 животных.

пропранолола незначительно угнетает активность гексокиназы тоже в надосадочной фракции, а норадреналин в этих условиях активизирует фермент. Повышенный уровень гексокиназной активности сохраняется и при введении изадрина — β-адреномиметика. Можно предположить, что состояние и чувствительность β-адренорецепторов мозга являются важным моментом в регуляции уровня гексокиназной активности в субклеточных фракциях головного мозга крыс в условиях десимпатизации.

Характер изменения холинэстеразы несколько иной: на фоне гуанетидина отмечается увеличение ее активности во всех исследуемых фракциях мозга. Введение пропранолола в условиях десимпатизации еще больше повышает активность холинэстеразы, особенно в ядерной и надосадочной фракциях. На фоне блокады β-рецепторов адrenaлин уменьшает активность холинэстеразы в ядерной и надосадочной фракциях мозга, но одновременно отмечалось повышение ее в митохондриях. При этом распределение фермента, судя по его активности, оставалось таким же, как и у десимпатизированных крыс. Введение норадреналина и изадрина давало одинаковый эффект — стабильное повышение холинэстеразной активности в митохондриях (см. таблицу).

Проведенные исследования позволяют предположить, что чувствительность β-рецепторов на фоне десимпатизации достаточно велика, так как блокирование их не снижает сродства к β-адреномиметикам. Это, по-видимому, связано с резким истощением запасов катехоламинов под влиянием длительного введения гуанетидина и высокой чувствительностью рецепторов адренергической системы к ним, необходимой для поддержания обменных процессов в мозге на достаточно высоком для организма уровне.

### Список литературы

1. Кукулянская М. Ф., Хрипченко И. П., Пикuleв А. Т. Пушкарчук А. А. — Весті АН БССР. Сер. біял. навук, 1985, № 1, с. 71.
2. Somogyi J., Fonio A., Vincze J. — Acta Physiol., 1962, v. 21, N 4, p. 146.
3. Hestrin S. — J. Biol. Chem., 1949, v. 180, N 1, p. 249.
4. Райцис А. Б., Устинова А. О. — Лабор. дело, 1965, № 1, с. 33.
5. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. — Минск, 1973.
6. Каверин Н. В. Фармакология моноаминоэргических процессов. — М., 1971, с. 110.
7. Харкевич А. Д., Фармакология. — М., 1984, с. 107.

## КАРЬЕРНЫЕ ВОДОЕМЫ КАК ЛИМНИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Карьерные водоемы представляют собой результат заполнения карьерных выемок, образованных открытой добычей нерудных полезных ископаемых грунтовыми водами, водами поверхностного стока и атмосферными осадками с целью рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых открытым способом.

Становление, функционирование и перспективы существования этих новообразованных природно-антропогенных систем практически не известны. Систематическое изучение карьерных водоемов Белоруссии осуществляется на протяжении двух последних лет в лаборатории рационального природопользования Института геохимии и геофизики АН БССР в рамках общей проблемы рекультивации земель.

В условиях Белоруссии создание карьерных водоемов генетически связано с отработанными месторождениями глин, песков, песчано-гравийных и карбонатных (мел, доломиты) материалов [1]. При этом котловины карьерных водоемов, как и котловины естественных озер региона, в своем большинстве расположены в теле отложений ледникового комплекса [2].

Морфометрические характеристики исследуемых водоемов отличаются значительным разнообразием и зависят от типа добываемого сырья, технологии разработки месторождения и особенностей горнотехнической рекультивации [3]. Площади карьерных водоемов не превышают, как правило, 150 га, глубины варьируются в пределах 2—25 м, что соответствует диапазону глубин естественных озерных водоемов региона [2].

Подобно природным лимнистическим системам карьерные водоемы обладают замедленным водообменом, следствием чего является формирование водной массы, отличной по своим характеристикам от питающих вод, а также аккумуляция элементов, поступающих в процессе стока, и материала, возникающего в самом водоеме.

При различном долевым участии названных источников питания карьерных водоемов преобладает поступление грунтовых вод. Этим, по-видимому, объясняется незначительное колебание уровней воды в карьерных водоемах, а следовательно, и отсутствие необходимости постоянного регулирования их уровенных режимов, в чем также проявляется сходство карьерных водоемов с озерами.

Морфометрическое подобие, замедленный водообмен, генетическое единство источников питания карьерных водоемов и естественных озер обусловили, как показали исследования, сходство и других лимнистических характеристик: температурного режима, режима растворенных газов, некоторых физических свойств и химического состава воды.

Все это, как нам кажется, позволяет рассматривать новообразованные карьерные водоемы как аквальные системы озерного типа. Вместе с тем представляется необоснованным отождествлять белорусские карьерные водоемы с прудовыми образованиями.

Карьерные водоемы, являясь водоемами озерного типа, обладают и рядом специфических черт. Это ограниченные площади водосборов, невыработанность ложа и берегов, малая мощность донных отложений и еще не окончательно сформированные продукционные характеристики. Указанные отличия выступают как результат техногенной природы карьерных водоемов и их молодости (возраст исследованных объектов не превышает 20 лет), благодаря которой (в отличие от естественных водоемов, где уже сформирована продукционно-функциональная структура, выработан и действует механизм устойчивости ко внешним воздействиям) в карьерных водоемах такая структура еще только начинает складываться. Существующие в настоящее время карьерные водоемы Белоруссии как лимнистические системы крайне неустойчивы к внешним воздействиям среды и тем более к воздействиям антропогенным. Не-

устойчивость карьерных водоемов усугубляется слабой выраженностью инерционных свойств небольших, как правило, объемов их водной массы. Все это, в сочетании с интенсивным хозяйственным использованием водосборов, представляет угрозу нормальному существованию новообразованных карьерных водоемов, созданных на месте карьерно-отвальных комплексов.

Исходное генетическое своеобразие, с одной стороны, и принадлежность карьерных водоемов к развивающимся лимнистическим системам, с другой,— определяют необходимость и возможность управления новообразованными аквальными системами.

Предпосылки управления заложены, на наш взгляд, в отмеченном сходстве карьерных и естественных озерных водоемов. Как известно, морфометрические параметры озерной котловины закономерно определяют особенности распределения температур, растворенных газов, химических ингредиентов, показателей продуктивности водоема. Эта зависимость прослеживается не только в естественных озерах, но и в разнотипных карьерных водоемах.

Таким образом, уже на этапе формирования котловины будущего карьерного водоема можно рекомендовать технически возможные, экономически и экологически обоснованные мероприятия по подготовке ложа, способствующие целенаправленному становлению продукционно-функциональной структуры карьерного водоема. Становление новообразованного водоема в зависимости от планируемого характера его использования может идти по одному из известных для естественных озерных водоемов путей развития: макрофитному или фитопланктонному [4].

Реальность этого подтверждается результатами исследований, выполненных на различных по морфометрическим показателям карьерных водоемах, которые в настоящее время развиваются не только как фитопланктонные, но и как макрофитные водоемы.

Другим эффективным способом управления системами карьерных водоемов является технически возможная целенаправленная организация водосборов, их размерности, дренированности, характера использования.

Эти и другие возможные способы управления призваны обеспечить создание устойчивых, сбалансированных аквальных систем, способных к выполнению природных и хозяйственных функций.

#### Список литературы

1. Прокопеня В. А. Основные направления рекультивации карьерно-отвальных ландшафтов: Обзорная информация.— Минск, 1981.
2. Якушко О. Ф. Озероведение. География озер Белоруссии.— Минск, 1981.
3. Прокопеня В. А.— В сб.: Влияние хозяйственной деятельности на природу Белоруссии. Минск, 1981.
4. Покровская Т. Н.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1978, № 2.

УДК 551.71/72+553.2(470.1)

В. Е. БОРДОН, В. А. ЕРМОЛЕНКО

### РОЛЬ ДОКЕМБРИЙСКОГО ВУЛКАНИЗМА В ПРОЦЕССАХ РУДООБРАЗОВАНИЯ НА ЗАПАДЕ РУССКОЙ ПЛИТЫ

Реконструкция глубокометаморфизованных эффузивов на западе Русской плиты (часто до стадии образования гранита) производилась нами с учетом характера изменений, наблюдаемых для эффузивных пород более молодого возраста различных регионов. Наиболее важными диагностическими показателями являются: переход стекловатой основной массы в микрогранобластовую (роговиковую) под влиянием пере-

кристаллизации; развитие процессов окварцевания; идиоморфная форма фенокристаллов и их состав в различных эффузивах; наличие специфических по форме акцессорных минералов (сферолиты и т. д.) и характер распределения элементов-примесей. Выявленные в различных породах (кварц-полевошпатовых сланцах типа «роговика», биотитовых, биотит-хлоритовых, эпидот-хлорит-мусковитовых, кварц-серицитовых сланцах, разных типах метасоматических гранитоидов) совокупности указанных признаков позволили установить в пределах Белоруссии и смежных регионов широкое развитие вулканизма как в архее, так и в нижнем-среднем протерозое [1].

В наиболее древнюю, архейскую, эру вулканизм носил преимущественно основной характер. Согласно тела эффузивов фиксируются среди биотит-амфиболовых, амфибол-пироксеновых гнейсов, относящихся по ряду признаков, вероятно, к первично-осадочным образованиям. Как правило, основные эффузивы представлены диабазами и легко распознаются по наличию реликтовых офитовых структур, специфической ассоциации акцессорных минералов из тонкопризматического апатита, сфена, магнетита. Часто тела древних диабазов пространственно тяготеют к интрузивным основным породам: габбро, габбро-норитам [2].

Наиболее интенсивные процессы вулканизма проявились в нижнем протерозое в начальный период формирования прогибов. Крупные прогибы заполнялись осадочно-вулканогенным материалом, причем здесь преобладали эффузивы среднего (типа андезитов) и кислого (риолиты, кератофиры) составов. Последующими наложенными процессами эффузивы были интенсивно метаморфизованы и гранитизированы. В настоящее время древние прогибы представляют собой вытянутые в субмеридиональном направлении участки неправильной формы, характеризующиеся полем отрицательных магнитных аномалий, ограниченные по краям глубинными разломами.

В пределах Белоруссии выявлены также узкие локальные структуры типа древних авлакогенов, приуроченные к разломным зонам. Такими структурами, в частности, являются Житковичская разломная зона и Околовский синклиниорий, выполненные вулканогенными породами. Заложение этих локальных структур произошло, по-видимому, позднее (в нижнем-среднем протерозое), возможно, в период инверсии крупных древних прогибов. Околовский синклиниорий выполнен вулканогенной толщей пород, которая по составу слагающих ее эффузивов и генетической связи с ней железных руд может быть отнесена к лептитовой формации (по Н. С. Шатскому), так как именно с ней связывается накопление джеспилитов. Житковичская разломная зона также сложена вулканогенной толщей с преобладанием эффузивов кислого и щелочного составов.

Наличие интенсивных поствулканических изменений первичных пород обусловило развитие образований типа «вторичных кварцитов» и различных метасоматических гранитоидов, с которыми связаны рудопроявления ряда ценных элементов.

Изучение докембрийского вулканизма и его эволюции в архее, раннем-среднем протерозое имеет большое общетеоретическое и прикладное значение (рудопроявления железа, алюминия, редких металлов), что позволяет более точно оценить громадную роль палеовулканизма в формировании земной коры на западе Русской плиты, более обоснованно решать задачи комплексного освоения минерально-сырьевых ресурсов в связи с проблемой охраны окружающей среды [3].

### Список литературы

1. Бордон В. Е. Геохимия и металлоносность осадочного чехла Белоруссии.— Минск, 1977.
2. Корзун В. П., Махнач А. С. Верхнедевонская щелочная вулканическая формация Припятской впадины.— Минск, 1977.
3. Ермоленко В. А., Жмойдяк Р. А., Корзун В. П.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1985, № 1, с. 47.

## УКАЗАТЕЛЬ

статей, опубликованных в 1985 году в «Вестнике Белорусского государственного университета имени В. И. Ленина», серия II (химия, биология, география)

### ХИМИЯ

Алиновская В. А., Капуцкий Ф. Н., Юркович Т. Л. Исследование влияния рН на набухание монокарбоксилцеллюлозы в воде . . . . .	1	8
Браницкий Г. А., Мальченко С. Н., Мычко Д. И. Электронно-микроскопическое исследование тонкопленочных систем $TiO_2 - Pd$ и $ZnO - Pd$ , моделирующих поверхностный слой катализатора . . . . .	1	13
Бильдюкевич Т. Д., Кумачев А. И., Герт Е. В., Гриншпан Д. Д., Капуцкий Ф. Н. Структурные и физико-механические характеристики волокон, сформированных из растворов смесей целлюлозы с полиакрилонитрилом и их привитым сополимером . . . . .	2	20
Бильдюкевич А. В., Капуцкий Ф. Н. Селективные свойства ультрафильтрационных мембран . . . . .	2	24
Бурдь В. Н., Ревинский И. Ф., Тищенко И. Г. Эпоксидирование $\beta$ -алкилзамещенных пропеналей перекисью водорода в щелочной среде . . . . .	3	14
Врублевский А. И., Глазков Ю. В., Зотова М. А. Определение термодинамических параметров реакции экстраординации на порфиринах меди методом ЭПР . . . . .	2	3
Вязовкин С. В., Лесникович А. И. О применении корреляционного анализа в обратных задачах неизотермической кинетики . . . . .	3	8
Жук П. П., Самохвал В. В., Вечер А. А. Электрические свойства системы $La_{1-x}Ca_xMnO_3$ . . . . .	1	3
Жук П. П., Вечер А. А., Самохвал В. В., Мёбиус Х. Х. Электрические свойства хромита гадолиния, легированного кальцием . . . . .	1	5
Любкина И. Я., Кононюк И. Ф. Электропроводность композиций системы $BaPbO_3 - BaTiO_3$ . . . . .	1	11
Логина Н. В., Шевченко Г. П., Свиридов В. В. Химическое проявление фотослоев на основе дисперсий соединений висмута в поливиниловом спирте . . . . .	2	5
Леонова Т. М., Браницкий Г. А. Усиление серебряных изображений на галогеносеребряных фотослоях в кобальтовых физических проявителях . . . . .	3	3
Меженцев В. А., Тищенко И. Г., Новиков Л. С. Некоторые аспекты основно-каталических превращений $\alpha$ , $\beta$ - и $\beta$ , $\gamma$ -непредельных кетонов . . . . .	2	16
Петряев Е. П., Герасимович О. А., Шлык В. Г. Радиационно-химическая очистка сточных вод выпарных цехов целлюлозно-бумажных предприятий . . . . .	1	18
Пищеничный Г. В., Машенков В. А., Станишевский Л. С. Синтез замещенных 2-оксофуоро [2, 3-с] пиперидинов на основе 3 $\epsilon$ -гидрокси-4-пиперидона . . . . .	3	17
Скорород О. Р., Кищук Р. К. Получение и исследование хелатного сорбента на основе активного угля АГ-5 . . . . .	2	8
Самаль Г. И., Звонарев Е. В., Фрайман Л. И., Гребнев Н. П., Скоропанов А. С., Вечер А. А. Исследование диффузии хрома в порошковых легированных сталях . . . . .	2	11
Сидерко В. М., Бильдюкевич Т. Д., Капуцкий Ф. Н., Мечковский С. А., Свиридович Н. В. Ионные функции мембран на основе привитых сополимеров целлюлозы . . . . .	2	14
Скоропанов А. С., Скумс В. Ф., Альфер С. А., Вечер А. А., Филонов Б. О. Дилатометрический анализ соединений системы $GeTe - Sb_2Te_3$ . . . . .	3	11
Тищенко И. Г., Меженцев В. А., Новиков Л. С. Синтез $\beta$ , $\gamma$ -непредельных 1,5 дикетонов и циклизация их в производные пиридина . . . . .	1	21

### БИОЛОГИЯ

Анохина В. С., Крупнова Э. В. Реакция различных сортов люпина желтого на условия возделывания . . . . .	3	21
Бабицкий В. А., Дерендовская Р. А., Никитина Л. В. Гидробиологическая характеристика реки Палаяваам (Чукотка). Сообщение I. Температурный и кислородный режим, содержание сухого вещества и золы в обростах . . . . .	1	32
Бабицкий В. А., Инкина Г. А., Макаревич Т. А., Ковалевская Р. З., Деренговская Р. А. Гидробиологическая характеристика реки Палаяваам (Чукотка) . . . . .	3	33
Виегас А., Терехович В. Ф. Распространение и численность доминирующих видов мелких млекопитающих в различных биотопах Белорусского Полесья . . . . .	1	35
Зырянова Т. Н., Лаврова В. М., Лобанов В. В., Лобазов А. Ф., Мостовников В. А., Пикулев А. Т., Хохлов И. В. Регуляция биологических процессов низконтентсивным лазерным излучением в клинике и эксперименте . . . . .	1	26
Игнатенко А. В., Сикорская С. В., Черенкевич С. Н. Изучение качественного и количественного состава продуктов окисления триптофана озном . . . . .	1	42
Казющиц А. В., Писаненко А. Д. Новые для Белоруссии виды жуков-дровосеков (Coleoptera, Cerambycidae) . . . . .	2	31

Колешко О. И. Механизм негативного влияния аммонийного азота на бово-ризобияльный симбиоз	2	36
Кахнович Л. В., Прохоренко Н. А. Особенности фотосинтетического аппарата растений ячменя различной продуктивности	3	23
Лемеза Н. А., Астапович И. Т., Лемеза З. Ф. Видовой состав, обилие и продукция макрофитов левых притоков реки Припять	2	32
Лобанок Т. Е., Игнатович Л. Ф. Рост бактерий различных видов на после-спиртовой барде	2	39
Ляхович В. П., Воронова Г. П., Куцко Л. А. Количественное развитие микрофлоры в грунтах рыбоводных прудов	3	26
Писаненко А. Д. Фаунистический очерк стрекоз (Insecta, Odonata) Белоруссии	3	37
Ромашко А. М., Сельсков А. Н., Фомичев Ю. К. Характеристика природных штаммов бактерий, утилизирующих нафталин, салициловую кислоту, камфору и октан	1	44
Рябушко Т. А., Новик И. И. Характеристика мутанта и исходной культуры <i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	2	28
Стефанович А. И. О распространении фитопатогенных микромицетов на лугах	3	41
Трибуш С. С., Белявский К. М. Конъюгационный перенос F'-плазмид в системе <i>E. Coli</i> — <i>Pseudomonas</i>	3	29
Чернов С. П., М. С. Абдель-Сабур, Фомичев Ю. К. Обнаружение систем рестрикции и модификации у бактерий <i>Erwinia herbicola</i>	1	30
Черник В. В. Особенности развития и строения зародышей у лип европейской и мелколистной ( <i>Tilia Europaea</i> L., <i>Cordata</i> Mill)	2	42

### ГЕОГРАФИЯ

Аниченко Г. В. Особенности развития и размещения льнообработывающей промышленности Минской области	1	51
Витченко А. Н. Оптимизация структуры посевных площадей зерновых сельскохозяйственных культур с учетом агроклиматических ресурсов	2	46
Гурьянова Л. В., Базиленко Г. М. Оценка гидродинамических факторов малых эвтрофных озер Белоруссии	2	60
Ермоленко В. А., Жмойдяк Р. А., Корзун В. П. Проблема эндогенного га-логенеза к решению некоторых задач горной экологии (на примере Белорусского калиеносного бассейна)	1	47
Зайко С. М., Кожуро И. А. Содержание магния в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах БССР	1	56
Иванов Н. П., Липская Г. А., Чертко Н. К., Куликов Я. К., Дорохова В. В., Ляхович С. Р., Скоропанова А. И. Влияние оптимизации мелнирированных дерново-подзолистых почв на урожай и качество многолетних трав	3	62
Ковхута А. М. Особенности проявления экзогенных процессов в пределах Витебской возвышенности и их классификация	2	55
Клесов С. К. Динамическое равновесие гидросферы как мера взаимодействия природных и антропогенных факторов	3	54
Комаровский М. Е. К истории изучения Минской возвышенности	3	58
Медведев А. Г., Чубаков А. С., Иванов Н. П., Дорохова В. В. Влияние оптимизации на водно-физические свойства мелнирированных торфяно-болотных почв	1	62
Пидопличко В. А. Заращение искусственных водоемов (на примере Белоруссии)	1	65
Рылок Г. Я. Ветровая эрозия на территории Брестского Полесья	1	59
Трофимов А. М., Рубцов В. А. В единой системе методов автоматического районирования и классификации	2	64
Фещенко Ф. С., Ждановская Т. А. Эффективность производства технического картофеля в БССР	2	52
Широков В. М. Преобразование термического режима малых рек после их регулирования прудами и водохранилищами	3	45
Швецов А. А. Структурно-динамическая классификация урочищ Мозырского Полесья	3	50
Якушко О. Ф., Жуховицкая А. Л., Рачевский А. Н. Карбонатные отложения современных озер Белоруссии	2	70

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Ананьев А. М., Мардыкин В. П., Павлович А. В., Кульбицкий А. Л., Архипцев В. М. Модификация бетона олигомером пиперилена	1	71
Бурлакова Л. Е., Герасимова Л. К., Татаринов Б. А. Сравнительное изучение влияния ультрафиолета, $\alpha$ -излучения, двуокиси серы и озона на интенсивность транспирации яблок и клубней картофеля	3	68
Ермоленко В. А., Жмойдяк Р. А. К проблеме рационального использования недр на нефтепромыслах Белоруссии	3	71
Звонок А. М., Пашковский Ф. С., Тищенко И. Г. Синтез 5-арил-4-бром-2-бромметил-2-метил-(2Н)-фуранонов-3	2	74

<i>Тищенко И. Г., Ревинский И. Ф., Нахар Саумен.</i> Синтез производных хинолина на основе ацетала 2-этил-2-хормилоксирана . . . . .	1	70
<i>Тыворский В. И., Тищенко И. Г., Кухарев А. С.</i> Синтез фенилзамещенных 2-галогено-4-галогенометил-2-бутенолидов-4 . . . . .	3	67

#### РЕЦЕНЗИИ

<i>Коровин В. И., Мищенко А. А. В. А.</i> Еремина. Физико-географическое районирование . . . . .	3	73
<i>Левков Э. А.</i> География Белоруссии: Учебное пособие / Под ред. М. С. Войтовича и Б. Н. Гурского . . . . .	3	73

#### ПАМЯТИ УЧЕНОГО

Андрей Григорьевич Медведев . . . . .	3	75
Вадим Андреевич Жучкевич . . . . .	3	77

#### ПАМЯТИ ТОВАРИЩА

Михаил Демьянович Тиво . . . . .	3	76
----------------------------------	---	----

#### НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Григорий Лазаревич Старобинец (К 75-летию со дня рождения) . . . . .	2	75
--	---	----

## РЕФЕРАТЫ

УДК 541.128

Мальченко С. Н., Баран С. В., Браницкий Г. А., Мычко Д. И., Ачасова Т. А. Pd—Pt—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-катализатор для термохимических анализаторов метана.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Изучено влияние состава и условий получения Pd—Pt—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-катализатора, формируемого при пиролизе осажденной на носитель пленки резината алюминия (РА), содержащей хлориды Pd (II) и Pt (IV), на стабильность работы и выходной сигнал термокаталитических преобразователей, используемых для обнаружения метана. Показано, что рабочие характеристики термокаталитических преобразователей зависят от количества активных компонентов (Pd, Pt), их соотношения, условий формирования и времени работы катализатора. Установлено, что введение в состав пропитывающего раствора резината алюминия позволяет сформировать Pd—Pt—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-катализатор, характеризующийся высокой активностью в реакции глубокого окисления метана, не изменяющейся при длительном режиме работы.

Библ. 12 назв., ил. 4.

УДК 541.138 : 621.315.592

Свиридов Д. В., Кулак А. И., Стрельцов Е. А. Зависимость Мотта — Шоттки для полупроводниковых электродов, модифицированных малыми частицами металлов.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

На примере TiO<sub>2</sub>-электродов с осажденными на их поверхность частицами серебра анализируется влияние поверхностного модифицирования полупроводников малыми частицами металлов на емкостные характеристики электродной системы. Показано, что эквивалентная схема электродной системы может быть представлена в виде цепи из последовательно соединенных емкости области пространственного заряда и слоя Гельмгольца в полупроводнике и параллельно подключенной к ним емкости слоя Гельмгольца на металлических частицах.

Библ. 11 назв., ил. 2.

УДК 541.183.12 : 541.49

Скороход О. Р., Шевченко Е. В. Хелатные сорбенты на основе активированного угля для извлечения и разделения металлов.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Путем сорбции салициловой, сульфосалициловой и щавелевой кислот активированным углем БАУ и АГ-5 получен хелатный сорбент, способный избирательно поглощать из сильно разбавленных растворов микрограммовые количества железа (III) и кальция. Показана возможность применения указанного сорбента для улавливания и разделения смеси ионов железа, кальция и магния.

Библ. 2 назв.

УДК 541.144.8+772.7

Логинова Н. В., Шевченко Г. П., Свиридов В. В. Химическое проявление фотографических слоев на основе соединений висмута.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Изучены фотографические свойства слоев на основе композиций соль висмута (III) (ацетат, тартрат, цитрат, хлорид) — цитрат натрия (или тартрат калия-натрия) в поливиниловом спирте при использовании химического проявителя с парой Ti<sup>3+</sup>/TiO<sup>2+</sup>. Основные фотографические характеристики слоев в зависимости от их состава лежат в пределах S<sub>0,2</sub> ≈ 5 · 10<sup>3</sup> — 2 · 10<sup>5</sup> Дж<sup>-1</sup> · см<sup>2</sup>, D<sub>max</sub> ≈ 1,0—4,0, γ ≈ 0,5—1,2. Установлено, что слои проявляются без заметного индукционного периода. Одновременно с химическим проявлением слоев протекает физическое проявление через раствор, которое прекращается после достижения небольшой оптической плотности изображения.

Библ. 6 назв. ил 3, табл. 1.

УДК 541.13

Матвейко Н. П., Храмов П. Г., Слепнев Г. Е., Богуш Б. К. Электрохимические свойства композиционных материалов на основе графита.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Проведено исследование процессов катодного выделения водорода, анодного окисления иодида калия и анодного окисления хлорида натрия на электродах из смеси графита и бисилицида тантала различного состава. Установлено, что активность электродов зависит от содержания в них графита. На основании поляризационных кривых рассчитаны основные кинетические параметры исследованных процессов для всех электродов.

Библ. 11 назв., ил. 3, табл. 1.

УДК 547.442

Меженцев В. А., Тищенко И. Г., Новиков Л. С. Синтез функционально замещенных 1,5-дикетонов конденсацией  $\beta$ ,  $\gamma$ -енонов с дибензальацетоном.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Взаимодействие 2-метил-5-изопропил-4, 6-добензоил-2-гексена с трет-бутоксидом калия в трет-бутаноле приводит к диенолят-аниону 4-метил-1-фенил-3-пентен-1-она, который реагирует с дибензальацетоном с образованием продуктов присоединения по одной или двум олефиновым связям.

Библ. 8 назв.

УДК 582.282.11

Шуканов А. С., Гирилович И. С. Мучнисто-росяные грибы деревьев и кустарников ботанического сада БГУ имени В. И. Ленина и его окрестностей.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Исследования с 1981 по 1984 гг. позволили выявить 25 видов мучнисто-росяных грибов, которые паразитировали на 47 видах питающих растений. Приводится краткая характеристика выявленных патогенов.

Библ. 6 назв.

УДК 591.524.11(476)

Каратаев А. Ю., Мярцева Е. В. Фитофильные беспозвоночные подводных зарослей оз. Лукомского.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

В сравнительном плане проанализирован макрозоофитос рдеста стеблеобъемлющего, урути мутовчатой и нитчатки. Фитофильные беспозвоночные изученных макрофитов существенно различаются по видовому составу, доминирующему комплексу и количественному развитию и могут рассматриваться как отдельные ценозы зоофитоса. При отрыве макрофитов волнами от субстрата в составе зоофитоса происходят изменения, заключающиеся в резком уменьшении численности и биомассы беспозвоночных. Основная масса организмов покидает растения еще до выброса их на берег. В выброшенных на берег растениях некоторые гидробионты способны существовать до четырех суток.

Библ. 2 назв., ил. 2, табл. 1.

УДК 581.9 476.1

Бибиков Ю. А. Охраняемые растения Крупского района Минской области.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

В исследуемом районе отмечено 18 видов растений, занесенных в Красную книгу СССР и БССР. Дана эколого-фитоценологическая характеристика условий местопроизрастания этих видов. Приведены сведения о состоянии популяций охраняемых растений и о влиянии антропогенного воздействия.

Библ. 4 назв.

УДК 594.1(285.2)(476)

Митрахович П. А., Каратаев А. Ю. Роль личинок *Dreissena polymorpha* Pallas в зоопланктоне водоема-охладителя Лукомльской ТЭС.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Личинки дрейссены доминируют по численности в летнем зоопланктоне оз. Лукомского, составляя в разные годы от 18 до 43 % суммарной численности зоопланктона. Роль личинок дрейссены в биомассе зоопланктонного сообщества менее значима, но все же в июле — августе биомасса велигеров часто превышает 10 % суммарной биомассы зоопланктона. В продукции на долю личинок дрейссены в среднем за четыре рассматриваемых года приходится около 11 % летней продукции зоопланктона.

Библ. 10 назв., ил. 1.

УДК 582.282.11

Стефанович А. И. Грибы семейства *Erysiphaceae*, паразитирующие на цветочно-декоративных растениях.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

На цветочно-декоративных растениях выявлено 16 видов грибов из семейства *Erysiphaceae*, развивающихся на 31 виде высших растений из 15 семейств. Указаны широко распространенные и редкие представители микромицетов.

Библ. 5 назв., табл. 1.

УДК 631.432 : 634.0.11.(476.2)

Горюнова А. В., Ковриго П. А. Грунтовые воды и продуктивность дубовых и сосновых фитоценозов Полесья.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Выявлены факторы формирования уровенного режима и химического состава почвенно-грунтовых вод поймы и надпойменных террас в пределах Припятского ландшафтно-гидрологического заповедника. Приведены качественная и количественная характеристики степени увлажненности территории, режима почвенно-грунтовых вод, динамики их уровня, определяющие генезис и плодородие почв и, следовательно, продуктивность и структуру дубовых и сосновых фитоценозов.

Табл. 5.

УДК 631.42 : 577.17

Зайко С. М., Лобач Т. Я. Динамика содержания подвижной меди в почвах ландшафтов мелиоративного объекта «Верховье реки Ясельды» — Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Рассматривается динамика подвижной меди в незаболоченных и заболоченных ландшафтах мелиоративного объекта «Верховье р. Ясельды». Показана наиболее высокая динамичность содержания подвижной меди в торфяных осушенных и освоенных почвах по годам и сезонам.

Библ. 3 назв., ил. 4.

УДК 550.46; 551.48

Якушко О. Ф. Принципы выделения и классификация аквальных ландшафтов.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Дается разработка системы аквальных ландшафтов для малых озер на основе комплексного географического подхода. Выделяются сложные урочища, урочища и фации природных аквальных комплексов.

Библ. 6 назв., табл. 1.

УДК 551.435.36(476)

Левкевич В. Е., Лопух П. С. Использование схем-аналогов при моделировании аккумулятивных форм рельефа береговой зоны малых водохранилищ.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Приводятся сведения о поэтапном развитии аккумулятивных берегов, их типизация, схемы-аналоги и расчетные приемы определения наносов, отложившихся в разнотипных аккумулятивных формах.

Библ., 8 назв., ил. 2.

УДК 338 : 91(С)

Загорец И. В. Некоторые тенденции развития малых городских поселений.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Рассматриваются основные тенденции развития малых городских поселений СССР с 1926 по 1984 гг., региональные различия в сети малых городов. Характеризуется роль малых городских поселений и тенденции их развития в системе расселения БССР.

Библ. 4 назв., ил. 2, табл. 2.

УДК 547.592

Полозов Г. И., Тищенко И. Г. Переаминирование в ряду алициклических  $\alpha$ -енаминокетонов.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Исследована реакция алициклических  $\alpha$ -енаминокетонов с ароматическими аминами, легко протекающая в водной уксусной кислоте и приводящая к получению 2-N-арилзамещенных енаминокетонов.

Библ. 6 назв., табл. 1.

УДК 547.256.2+541.49

Мардыкин В. П., Павлович А. В., Гапоник П. Н., Ирхин Б. Л. О льюновской кислотности эфиратов изобутилалюминийдихлорида.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

На основании данных спектров ПМР установлен ряд изменений льюновской кислотности комплексов изобутилалюминийдихлорида с простыми эфирами: этиловым, н-бутиловым, н-гексильным, анизолом, дифенилоксидом, 1,4-диоксаном и тетрагидрофу-

рапом. Предложена формула для расчета электроотрицательности атома алюминия в указанных комплексах. Найдено, что ряд изменений электроотрицательности алюминия в эфирах изобутилалюминийдихлорида (ЭИБАДХ), полученный на основании спектральных данных, совпадает с рядом активности ЭИБАДХ в олигомеризации транс-пептидадена-1,3.

Библ. 4 назв., ил. 1, табл. 1.

УДК 577.15 + 577.391

Кукулянская М. Ф., Хрипченко И. П., Пикунев А. Т. Изменения гексокиназной и холинэстеразной активности мозга десимпатизированных крыс под влиянием пропранолола.— Вести. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

В условиях длительного введения гуанетидина и последующего ингибирования  $\beta$ -адренорецепторов пропранололом изменяется активность гексокиназы (2.7.1.1 КФ) и холинэстеразы (3.1.1.7 КФ) мозга крыс. Важная роль в этих изменениях принадлежит состоянию  $\beta$ -адренорецепторов.

Библ. 7 назв., табл. 1.

УДК 551.481.2

Хомич С. А. Карьерные водоемы как лимнистические системы.— Вести. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Охарактеризовано морфометрическое подобие, замедленный водообмен, гипетическое единство источников питания карьерных и естественных озерных водоемов, которые определяют сходство и других лимнистических характеристик: температурного режима, режима растворенных газов, некоторых физических свойств и химического состава воды. Приводятся специфические черты карьерных водоемов, обусловленные их молодостью.

Библ. 4 назв.

УДК 551.71/72 + 553.2(470.1)

Бордоп В. Е., Ермоленко В. А. Роль докембрийского вулканизма в процессах рудообразования на западе Русской плиты.— Вести. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1986, № 1.

Отражена роль палеовулканизма в формировании земной коры и в процессах рудообразования на западе Русской плиты.

Библ. 3 назв.